

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

Жбанова Е. В. Плоды малины <i>Rubus idaeus</i> L. как источник функциональных ингредиентов.....	5
Краснова Т. А. Водоподготовка в пищевой промышленности.....	15

ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Гуринович Г. В., Патракова И. С., Кудряшов Л. С. Исследование влияния состава посолочных смесей на процесс окисления липидов мясных систем.....	31
Журавлева С. В., Бойцова Т. М., Прокопец Ж. Г. Структурно-механические свойства фаршевых систем на основе гидробионтов и мяса птицы механической обвалки.....	41
Крикунова Л. Н., Дубинина Е. В. Влияние способов дистилляции на качественные характеристики дистиллятов из сушеного топинамбура.....	48
Миронцева А. А., Цед Е. А., Волкова С. В. Обоснование применения биоактивированного зерна тритикале в спиртовом производстве.....	57
Панасюк А. Л., Макаров С. С. Влияние различных рас дрожжей на качественные показатели и антиоксидантную активность вин из черной смородины.....	66
Пермякова Л. В. Особенности физиолого-биохимических характеристик пивных дрожжей при хранении с природными минералами.....	74
Смирнова И. А., Гутов Н. Ю., Лукин А. А. Изучение состава молочно-белковых концентратов.....	85
Старовойтова К. В., Терещук Л. В. Разработка рецептур майонеза с учетом основных тенденций совершенствования ассортимента.....	91

ПРОЦЕССЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Шмалько Н. А., Смирнов О. С. Плющение зерна амаранта на вальцовом станке.....	99
Шорсткий И. А. Влияние импульсного электрического поля на реологию масличного материала.....	108

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Пономарева Е. И., Кривошеев А. Ю., Лукина С. И., Алексина Н. Н., Габелко Е. А., Азапов Б. Л. Хлебные палочки повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания.....	114
Скрипко О. В., Стациенко Е. С., Покотило О. В. Разработка рецептур и оценка качества пищевого концентрата «Каша гречневая» повышенной пищевой и биологической ценности.....	125

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ

Вайскробова Е. С., Барышникова Н. И., Резниченко И. Ю., Покрамович Л. Е. Разработка интегрированной системы управления на пищевом предприятии.....	132
Какимов А. К., Какимова Ж. Х., Смирнова И. А., Жарыкбасов Е. С. Перспективные направления применения цеолита для очистки молока от токсикоэлементов.....	143
Орымбетова Г. Э., Шамбулова Г. Д., Орымбетов Э. М., Касымова М. К., Кобжасарова З. И. Оценка содержания нитратов в овощах ЮКО (г. Шымкент).....	150

<p>Ответственный за выпуск А. И. Лосева Литературный редактор А. В. Стародубцева Литературный редактор (англ. язык) А. А. Телегуз Дизайн и компьютерная верстка М. В. Горбунова</p> <p>Выходит 4 раза в год ISSN 2074-9414 (Print) ISSN 2313-1748 (Online)</p> <p><i>Учредитель:</i> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» (ФГБОУ ВО «КемГУ»), 650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, Красная, 6</p> <p><i>Адрес редакции:</i> 650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, Красная, 6, ауд. 1432г, тел.: +7 (3842) 58-81-19 http://fptt.ru e-mail: fptt98@gmail.com</p> <p><i>Адрес издателя:</i> 650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, Красная, 6, ФГБОУ ВО «КемГУ»</p> <p><i>Адрес типографии:</i> 650000, Россия, Кемеровская обл. г. Кемерово, ул. Мичурина, 13а</p> <p>Журнал включен в международные базы данных: AGRIS, FSTA (на платформах Thomson Reuters Web of Science, EBSCOhost и т. д.), ProQuest, CABI, EBSCOhost (Food Science Source), AGRICOLA, Ulrich's Periodicals Directory.</p> <p><i>Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС77- 72312 от 01 февраля 2018 г. Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций</i></p> <p><i>Подписной индекс по объединенному каталогу «Пресса России» – 41672</i></p> <p>Мнение авторов публикуемых материалов не всегда совпадает с мнением редакции. Ответственность за научное содержание статей несут авторы публикаций.</p> <p>Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Красная, 6 © КемГУ, 2018</p>	<p><i>Сергазиева О. Д., Долганова Н. В. Применение пленок на основе желатина для сохранения качества пищевых продуктов.....</i> 156</p> <p style="text-align: center;">ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ</p> <p><i>Сачико Т. В., Коваленко Н. А., Сутиченко Г. Н., Босак В. Н. Энантиомерный состав компонентов эфирных масел Ocimum L.....</i> 164</p> <p style="text-align: center;">ЭКОНОМИКА</p> <p><i>Сурай Н. М., Сагина О. А. Современное состояние и перспективы развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в Липецкой, Тамбовской и Смоленской областях.....</i> 172</p> <p><i>Черниченко С. Г., Котов Р. М., Гильмулина С. А. Экспериментально- синтетический подход к сегментарной оценке интегрального кредитного риска.....</i> 184</p> <p style="text-align: center;">ИНФОРМАЦИЯ</p> <p>Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей..... 190</p> <p>Требования к оформлению статьи..... 190</p>
---	---

The Ministry of Education and
Science of the Russian
Federation

Kemerovo State University

**FOOD PROCESSING:
TECHNIQUES AND
TECHNOLOGY**
No. 1, Vol. 48, 2018

**Scientific technical
Journal**

Issued since 1998

Editor-in-Chief

A.Yu. Prosekov, Doctor of technical sciences, professor RAS, a recipient of The RF Government Prize in the domain of science and engineering;

Deputy-chief editor

A.N. Petrov, Doctor of agricultural sciences, academician of RAS;
O.O. Babich, Doctor of agricultural sciences, associate professor

Editorial board members:

P.P. Baranov, Doctor of economic sciences, associate professor;

A.L. Vereshchagin, Doctor of chemical sciences, professor;

G.B. Gavrilov, Doctor of technical sciences, Honoured Worker of Food Industry;

I.F. Gorlov, Doctor of agricultural sciences, academician of RAS;

G.M. Gritsenko, Doctor of economic sciences, professor;

G.V. Gurinovich, Doctor of technical sciences, professor;

N.I. Dunchenko, Doctor of technical sciences, academician of RANS;

V.P. Zotov, Doctor of economic sciences, professor;

T.A. Krasnova, Doctor of technical sciences, professor, Honoured Ecologist of RF, Honorary Worker of Higher Vocational Education of RF;

L.A. Mayurnikova, Doctor of technical sciences, professor;

L.A. Ostroumov, Doctor of technical sciences, professor, Honoured Worker of Science and Engineering, a recipient of The RF Government Prize in the domain of science and engineering;

V.M. Poznyakovskiy, Doctor of biological sciences, professor, Honoured Scientist, Honorary Worker of Higher Vocational Education of RF;

V.A. Pomoza, Doctor of technical sciences, professor;

L.V. Tereshchuk, Doctor of technical sciences, professor;

S.N. Khabarov, Doctor of agricultural sciences, academician of RAS;

A.G. Khramtsov, Doctor of technical sciences, academician of RAS;

V.G. Shelepo, Doctor of agricultural sciences, corresponding member of RAS;

Gösta Winberg, M.D., Ph.D. Associate professor, Karolinska Institutet;

Marco Tieman, Ph.D. in Business Management, Adjunct Professor, Universiti Tun Abdul Razak, Universiti Malaysia Pahang

16+

ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

CONTENTS

REVIEW

Zhbanova E.V. Fruit of raspberry <i>Rubus Idaeus</i> L. as a source of functional ingredients (review).....	5
Krasnova T.A. Water treatment in food industry	15

FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

Gurinovich G.V., Patrakova I.S., Kudryashov L.S. Study of the effect of curing mixture compositions on oxidation of lipids in meat systems.....	31
Zhuravleva S.V., Boytsova T.M., Prokopets Zh.G. Structural and mechanical properties of forcemeat systems based on hydrobiotics and poultry of mechanical separation.....	41
Krikunova L.N., Dubinina E.V. Effect of distillation methods on qualitative characteristics of distillates obtained from dried Jerusalem artichoke.....	48
Mirontseva A.A., Tsed E.A., Volkova S.V. Justification of bioactivated grain triticale use in alcohol production.....	57
Panasyuk A.L., Makarov S.S. Influence of different yeast races on quality parameters and antioxidant activity of wines produced from blackcurrant.....	66
Permyakova L.V. Peculiarities of physiological and biological characteristics of brewer's yeast stored with natural minerals.....	74
Smirnova I.A., Gutov N.Yu., Lukin A.A. Research of composition of milk protein concentrates.....	85
Starovoytova K.V., Tereshchuk L.V. Development of mayonnaise recipes considering the main trends in product range improvement.....	91

**PROCESSES, EQUIPMENT, AND APPARATUS
FOR FOOD PRODUCTION**

Shmalko N.A., Smirnov S.O. Amaranth grain processing in a grain roller mill.....	99
Shorsikii I.A. Influence of pulse electric field on oil-bearing material rheology.....	108

FOOD HYGIENE

Ponomareva E.I., Krivosheev A.Y., Lukina S.I., Alekhina N.N., Gabelko E.A., Agapov B.L. Breadsticks with enhanced nutritional value for salt-free nutrition.....	114
Skripko O.V., Statsenko E.S., Pokotilo O.V. Recipes development and quality evaluation of food concentrate "buckwheat porridge" with higher nutritional and biological value.....	125

**STANDARDIZATION, CERTIFICATION,
QUALITY AND SAFETY**

Vayskrobova E.S., Baryshnikova N.I., Reznichenko I.Yu., Pokramovich L.E. Development of the integrated management system in food production company.....	132
Kakimov A.K., Kakimova Zh.H., Smirnova I.A., Zharykbasov E.S. Promising areas of zeolite application in milk purification from toxic elements.....	143
Orymbetova G.E., Shambulova G.D., Orymbetov E.M., Kasymova M.K., Kobzhasarova Z.I. Assessment of nitrates content in vegetables grown in South Kazakhstan Region (Shymkent city).....	150

<p>Publishing editor A.I. Loseva Script editor A.V. Starodubtseva Script editor (Eng) A.A. Teleguz Layout of magazine M.V. Gorbunova</p> <p>Issued 4 times a year ISSN 2074-9414 (Print) ISSN 2313-1748 (Online)</p> <p><i>Founder:</i> Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kemerovo State University" (KemSU) 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia</p> <p><i>The editorial office address:</i> room 1432G, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia Phone: +7 (3842) 58-81-19 http://fptt.ru e-mail: fptt98@gmail.com</p> <p><i>The publisher office address:</i> 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia KemSU</p> <p><i>Printing Office:</i> 13A, Michurina Str., Kemerovo, 650000, Russia,</p> <p>The Journal is included in the International Databases: AGRIS, FSTA (on platforms Thomson Reuters Web of Science, EBSCOhost, etc.), ProQuest, CABI, EBSCOhost (Food Science Source), AGRICOLA, Ulrich's Periodicals Directory.</p> <p><i>The certificate of mass media registration</i> <i>is PI № FS 77-72313 of 01 February 2018.</i> <i>Given by the Federal Service on</i> <i>Supervision in the sphere of communication</i> <i>industry, information technologies and</i> <i>public communications</i></p> <p>Passed for printing Date of issue Printed sheet 22,66. Conventional printed sheet 22,66. Circulation 100 cop. Order № Open price.</p> <p><i>Subscription index for the unified «Russian Press» catalogue – 41672</i></p> <p>Opinions of the authors of published materials do not always coincide with the editorial staff's viewpoint. Authors are responsible for the scientific content of their papers.</p> <p>Kemerovo State University (KemSU), 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia © 2018, KemSU</p>	<p><i>Sergazieva O.D., Dolganova N.V.</i> Using food wraps based on gelatin to preserve food quality..... 156</p> <p style="text-align: center;">CHEMISTRY AND ECOLOGY</p> <p><i>Sachyuka T.V., Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Bosak V.N.</i> Enantiomeric composition of essential oils <i>Ocimum</i> L. components. 164</p> <p style="text-align: center;">ECONOMICS</p> <p><i>Surai N.M., Dibrova J.N., Sagina O.A., Orlov B.L.</i> Modern condition and development prospects for agricultural consumer cooperation in the Central Federal District of the Russian Federation..... 172</p> <p><i>Chernichenko S.G., Kotov R.M., Gilmulina S.A.</i> Experimental synthetic approach to segment assessment of aggregate credit risk..... 184</p> <p style="text-align: center;">INFORMATION</p> <p>Order of consideration, approval and rejection of articles..... 190</p> <p>Requirements for the article formatting..... 190</p>
---	--

DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-5-14

УДК 634.71:581.192

ПЛОДЫ МАЛИНЫ *RUBUS IDAEUS L.* КАК ИСТОЧНИК ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ (ОБЗОР)

Е. В. Жбанова

ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина»,
393774, Россия, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Мичурина, 30

e-mail: info@fnc-mich.ru

Дата поступления в редакцию: 02.03.2018

Дата принятия в печать: 04.04.2018

© Е. В. Жбанова, 2018

Аннотация. В работе представлен сравнительный анализ данных отечественных и зарубежных ученых по содержанию в плодах малины витаминов и других ценных веществ, обуславливающих их высокие антиоксидантные свойства. Цель исследования состояла в обобщении информации, отражающей специфику культуры малины по комплексу витаминов и полифенольных соединений. Показано, что содержание витамина С в плодах малины обыкновенной (*R. idaeus L.*) составляет 5–40 мг/100 г, фолиевой кислоты – 26–44 мкг/100 г. Употребление всего 100 г плодов малины обеспечивает суточную потребность в витамине С (60 мг) на 8,3–66,7 %, в фолатах (200 мкг) на 13–22 %. Суммарное содержание антоцианов в красной малине варьируется в широких пределах – 20–100 мг/100 г, в черной малине – 200–600 мг/100 г. Эллаговой кислоты в плодах культивируемых сортов накапливается от 38 до 270 мг/100 г. В небольших количествах в плодах культивируемых сортов красной малины содержатся: каротиноиды (β-каротин – 9,3 мкг/100 г, зеаксантин – 11 мкг/100 г, лютеин – 320 мкг/100 г), витамин Е – 0,15–0,44 мг/100 г токоферольных эквивалентов, тиамин – 0,020 мг/100 г, рибофлавин – 0,034 мг/100 г, ниацин – 0,036 мг/100 г, пиридоксин – 0,05 мг/100 г, биотин – 5,7 мкг/100 г. Суммарное содержание антиоксидантов в плодах культивируемых сортов малины составляет 1,71 мг/г (стандарт – кверцетин). В результате анализа литературных источников выявлено, что в значительной степени антиоксидантные свойства плодов малины связаны с высоким содержанием полифенолов. Вклад витамина С в общую антиоксидантную активность относительно низкий. Несмотря на достаточно глубокую степень изученности химического состава плодов малины, необходима дальнейшая, более детальная характеристика сортового фонда как по суммарной антиоксидантной активности, так и по отдельным биохимическим компонентам, составляющим антиоксидантный комплекс плодов данной культуры. Представленная информация будет служить базой для дальнейших направленных исследований фитохимических соединений плодовых культур, составляющих неотъемлемую важнейшую часть в здоровом питании человека, а также для создания нутрицевтических продуктов.

Ключевые слова. Малина, антиоксидантные свойства, биофлавоноиды, антоцианы, аскорбиновая кислота, фолиевая кислота, эллаготанины

Для цитирования: Жбанова, Е. В. Плоды малины *Rubus idaeus L.* как источник функциональных ингредиентов (обзор) / Е. В. Жбанова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 5–14. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-5-14.

FRUIT OF RASPBERRY *RUBUS IDAEUS L.* AS A SOURCE OF FUNCTIONAL INGREDIENTS (REVIEW)

E.V. Zhbanova

I.V. Michurin Federal Scientific Centre,
30, Michurina Str., Michurinsk, Tambov Region, 393774, Russia

e-mail: info@fnc-mich.ru

Received: 02.03.2018

Accepted: 04.04.2018

© E.V. Zhbanova, 2018

Abstract. The article gives a comparative analysis of the data obtained by Russian and foreign scientists considering the content of vitamins and other valuable substances in raspberry fruit. That determines high antioxidant properties of raspberry. The goal of the study was to generalize information which shows specific nature of that plant in relation to the complex of vitamins and polyphenol compounds which it contains. The author shows that fruit of raspberry *R. idaeus L.* consists of 5–40 mg/100 g of vitamin C, folic acid – 26–44 µg/100 g. Consumption of only 100 g of raspberries satisfies daily requirement of vitamin C (60 mg) by 8.3–66.7%, in folates (200 µg) by 13–22%. Total anthocyanin content in red raspberry varies within wide range (20–100 mg/100 g), in black raspberry – from 200 to 600 mg/100 g. Raspberry accumulates from 38 to 270 mg/100 g of ellagic acid. In small amounts the cultivated red raspberry consists of the following substances: carotenoids (β-carotene – 9.3 µg/100 g, zeaxanthin – 11 µg/100 g, lutein – 320 µg/100 g), vitamin E – 0.15–0.44 mg/100 g tocopherol equivalents, thiamine – 0.020 mg/100 g, riboflavin – 0.034 mg/100 g, niacin – 0.036 mg/100 g, pyridoxin – 0.05 mg/100 g, biotin – 5.7 µg/100 g. Total content of antioxidants in the cultivated raspberry fruit is 1.71 mg/g (standard quercetin). As a result of the analysis of different literary sources the author determined that raspberry antioxidant properties are mainly connected with high polyphenol content. Contribution of vitamin C into total antioxidant activity is relatively low. Though raspberry

fruit chemical composition has already been studied quite well it is necessary to perform further more detailed research of different raspberry cultivars considering their total antioxidant activity as well as certain biochemical components which comprise antioxidant complex of raspberry fruit. The obtained results will form the base for further research aimed at investigating phytochemical compounds of fruit crops which have become an essential part of healthy human diet and developing nutraceutical products.

Keywords. Raspberry, antioxidant properties, bioflavonoids, anthocyanins, ascorbic acid, folic acid, ellagotannins

For citation: Zhanova E.V. Fruit of Raspberry *Rubus Idaeus* L. as a Source of Functional Ingredients (Review). *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 5–14 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-5-14.

Введение

Малина, наряду с земляникой, смородиной и крыжовником, является одной из основных ягодных культур. По данным FAO (Food and Agriculture Organization) в 2012 г. в мире было произведено свыше 400 тыс. т плодов малины. Производственные посадки малины находятся на территории 37 стран, на площади 184 000 акров (74 465 га). В пятерку стран с самым высоким уровнем производства плодов малины в мире входят: Россия (доля производства составляет 24 %), Сербия и Черногория (23 %), США (13 %), Польша (11 %), Германия (7 %) [1]. В настоящее время в мире выращивают свыше 600 сортов малины, однако всего около 30–40 сортов имеют промышленное значение [2]. Кроме потребления в свежем и замороженном виде ее плоды широко используются в пищевой промышленности для изготовления варенья, джема, конфет, соков, сиропов, ликеров и т. д. Плоды малины – один из перспективных сырьевых источников при получении функциональных продуктов питания. Хотя содержание сахаров и органических кислот, а также их соотношение являются значимыми показателями при определении вкусовых качеств свежих плодов и рекомендаций их использования для переработки, повышенное накопление биологически активных компонентов имеет весьма важное значение. В условиях дефицита витаминов и микроэлементов в рационе питания большинства населения оценка плодового сырья с позиций потребительских качеств рассматривается в комплексе с вопросами изучения пищевой ценности и лечебно-профилактических свойств.

В связи с этим цель настоящего исследования состояла в обобщении информации, отражающей специфику культуры малины по комплексу витаминов и полифенольных соединений.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований служили научные публикации, посвященные характеристике биохимического состава и антиоксидантных свойств ягодных культур, в частности малины. Основным методом исследований являлся сравнительный анализ данных отечественных и зарубежных ученых по содержанию витамина С, фолиевой кислоты, антоцианов, других полифенолов, обусловливающих антиоксидантные свойства плодов малины.

Результаты и обсуждение

1. Витаминный состав плодов малины

В целом малина относится к культурам, плоды которых накапливают в эффективных количествах

витамин С, Р-активные соединения, богаты фолиевой кислотой [3]. Установлено, что витамин С участвует в окислительно-восстановительных реакциях, функционировании иммунной системы, способствует усвоению железа [4]. Содержание витамина С в плодах различных сортов малины составляет от 5 до 40 мг/100 г, в среднем – 25 мг/100 г [3, 5]. При суточной потребности в витамине С, равной 60 мг [6], всего 100 г плодов обеспечивают ее на 8,3–66,7 %. Фолаты в качестве кофермента участвуют в метаболизме нуклеиновых и аминокислот. Дефицит фолатов ведет к нарушению синтеза нуклеиновых кислот и белка, следствием чего является торможение роста и деления клеток, особенно в быстро пролиферирующих тканях: костный мозг, эпителий кишечника и др. Показана выраженная связь между уровнем фолата, гомоцистеина и риском возникновения сердечно-сосудистых заболеваний [4]. По содержанию фолиевой кислоты (26–44 мкг/100 г) малина красная мало уступает таким богатым культурам, как виноград, земляника и вишня [7, 8]. Употребление всего 100 г плодов покрывает суточную потребность в фолатах (200 мкг) [6] на 13,0–22,0 %. В плодах культивируемых сортов малины довольно много железа (2,0–3,6 мг/100 г), больше, чем у других культур, за исключением крыжовника и вишни [7]. Комплекс кроветворных веществ представлен микроэлементами (железом и медью) в сочетании с фолиевой кислотой. Кроме того, малина, хотя и в меньшей степени, является источником ряда других витаминов, таких как π-А, В₁, В₂, Е, РР [9, 10]. Содержание витамина Е в плодах различных сортов составило в среднем $0,32 \pm 0,05$ с варьированием в пределах от 0,15 до 0,44 мг токоферольных эквивалентов в 100 г съедобной части [11]. Витамина В₁ в плодах различных сортов накапливалось в среднем ($0,020 \pm 0,03$) мг/100 г, витамина В₂ – ($0,034 \pm 0,03$) мг/100 г [12]. По данным бельгийских исследователей, группа витамина Е в плодах малины обыкновенной (красной) представлена: α-токоферолом – 4,3 мг/кг, γ-токоферолом – 5,1 мг/кг, δ-токоферолом – 5,8 мг/кг. Каротиноиды плодов малины включают: лютеин – 2,8 мг/кг, β-каротин – менее 0,01 мг/кг, α-каротин – 0,44 мг/кг [13, 14]. По сообщениям болгарских исследователей, каротиноидный комплекс плодов малины красной представлен следующими соединениями: лютеин – (320 ± 37) мкг/100 г, зеаксантин – ($11,0 \pm 2,6$) мкг/100 г, β-криптоксанチン – ($5,9 \pm 1,5$) мкг/100 г, α-каротин – ($24 \pm 1,9$) мкг/100 г, β-каротин – ($9,3 \pm 3,3$) мкг/100 г (суммарное содержание 370 мкг/100 г) [13, 15]. По данным австралийских исследователей, плоды малины

обыкновенной (красной) содержат биотин – 5,7 мкг/100 г, пиридоксин – 0,05 мг/100 г, пантотеновую кислоту – 0,39 мг/100 г, ниацин – 0,36 мг/100 г [13]. На основе литературных источников составлен витаминный профиль, отражающий специфику накопления для данной культуры групп витаминов (табл. 1).

2. Эллаговая кислота и эллаготанины

Соединения, содержащие эллаговую кислоту, накапливаются только в некоторых фруктах, малина, наряду с земляникой, является важным источником этих компонентов [17–19]. Суточная потребность в эллаговой кислоте составляет 90 мг [17]. Эллаговая кислота – дилактон гексагидроксидифеновой кислоты, относится к низкомолекулярным фенольным соединениям, принадлежит к группе фенолкарбоновых кислот. В связанном виде является компонентом эллаготанинов. Эллаготанины относятся к классу гидролизуемых танинов, представляют собой сложные эфиры гексагидроксидифеновой кислоты и моносахарида (чаще всего глюкозы). Эллаготанины гидролизуются в пищеварительном тракте, высвобождая молекулу эллаговой кислоты. Их химическая структура определяет физико-химические свойства и биологическую активность. Они обладают противовоспалительной, противоопухолевой, антиоксидантной и противомикробной (антибактериальная, противогрибковая и противовирусная) активностью [19]. Однако опыты по исследованию антиоксидантных свойств эллаговой кислоты были проведены *in vitro*. Исследований по биодоступности эллаговой кислоты в организме человека проведено недостаточно.

M. P. Kahkonen с соавторами (2001) при определении различных классов фенольных соединений в красной малине (данные выражены на сухой вес плодов) сообщают, что эллаготанины (1717 мг/100 г) и антоцианы (230 мг/100 г) являются преобладающими фенольными соединениями с гораздо более низким содержанием флавонолов (23 мг/100 г), гидроксикоричных кислот (25 мг/100 г) и гидроксибензойных кислот (24 мг/100 г) в плодах [20]. K. Viljanen с соавторами (2004) также выявили, что эллаготанины и антоцианы были основными фенольными компонентами в красной малине, составляя 51 и 31 % соответственно от общего содержания фенолов, определенных методом ВЭЖХ [21]. Процианидины и свободная эллаговая кислота составляли соответственно 8 и 9 % от общего количества фенолов, тогда как на флавонолы приходилось менее 1 % [22].

Эллаготанины являются главными фенольными веществами как в красной, так и в желтой малине, причем общее содержание эллаговой кислоты составляет от 38 до 270 мг/100 г в красных плодах и от 58 до 194 мг/100 г сырого веса у желтоплодных форм [22]. В красной малине в ряде исследований были идентифицированы такие эллаготанины, как sanguin H-6, lambertianin C [22–24]. Семена красной и черной малины также являются богатым источником эллаготанинов, с

содержанием 870 и 670 мг/100 г эллаговой кислоты соответственно. Хотя семена содержат более высокий уровень эллаговой кислоты, чем мякоть, они составляют лишь около 1–5 % массы плодов. Соответственно, 95 % эллаговой кислоты находится в мякоти, а в семенах содержится только 4 % [22]. Другие исследователи также сообщают, что мякоть малины содержала 87,8 % эллаговой кислоты, а семена – 12,2 %. Сок плодов содержал незначительное количество эллаговой кислоты [24]. В табл. 2 на основе литературных источников показан уровень накопления эллаготанинов в плодах малины.

Таблица 1 – Витаминный профиль плодов малины обыкновенной (*Rubus idaeus L.*)

Table 1 – Vitamin profile of raspberry fruit (*Rubus idaeus L.*)

Витамин	Среднее содержание в 100 г плодов		Рекомендуемый уровень суточного потребления, мг [6]
	по [5] (Скурихин, Тутельян, 2007)	по [16] (Saxholt E., 2008)	
Тиамин (витамин В ₁), мг	0,02	0,03	1,4
Рибофлавин (витамин В ₂ , флавин-мононуклеотид), мг	0,05	0,05	1,6
Ниацин (никотиновая кислота, витамин PP), мг	0,6	0,5	18
Витамин В ₆ (пиридоксин), мг	–	0,09	2,0
Пантотеновая кислота (витамин В ₅), мг	–	0,24	6
Биотин (витамин Н, витамин В ₇), мг	–	0,002	0,05
Фолацин (витамин В ₉), мкг	–	0,044	0,2
Витамин С (аскорбиновая кислота), мг	25	24	60

Таблица 2 – Содержание эллаготанинов в плодах малины (по Quideau, 2009) [25]

Table 2 – Ellagitannins content in raspberry fruit (according to Quideau, 2009) [25]

Культура	Содержание эллаготанинов, мг/кг сухого веса	Источник
Малина обыкновенная (<i>Rubus idaeus L.</i>)	1500 ± 100	Daniel et al., 1989 [26]
	510–660	Häkkinen et al., 2000 [27]
	1600	Mattila, Kumpulainen, 2002 [28]
	1900	Määttä-Riihinen et al., 2004 [29]
	380–1180	Anttonen and Karjalainen, 2005 [30]
	2640–3310	Koponen et al., 2007 [31]
	1717	Kahkonen et al., 2001 [20]
Малина обыкновенная, лесная	2700	Määttä-Riihinen et al., 2004 [29]

Таблица 3 – Основные компоненты антоцианового комплекса плодов красной и черной малины
Table 3 – Basis components of anthocyanins complex of red and black raspberry fruit

Гликозид антоциана	Сокращенное название	Малина красная <i>R. idaeus</i> L.	Малина черная <i>R. occidentalis</i> L.
Цианидин-3-софорозид <i>cyanidin-3-sophoroside</i>	Cy-3-Sopho	+	-
Цианидин 3-(2'-глюкозил) рутинозид <i>cyanidin-3-(2'-glucosyl) rutinoside</i>	Cy-3(2GluRut)	+	-
Цианидин-3-глюкозид <i>cyanidin-3-glucoside</i>	Cy-3-Glu	+	+
Цианидин-3-(2'-ксилозил) рутинозид <i>cyanidin-3-(2'-xylosyl) rutinoside</i>	Cy-3(2XylRut)	+	+
Цианидин-3,5-диглюкозид <i>cyanidin-3,5-diglucoside</i>	Cy-3,5diGlu	+	-
Цианидин-3-рутинозид <i>cyanidin-3-rutinoside</i>	Cy-3-Rut	+	+
Цианидин-3-самбубиозид <i>cyanidin-3-sambubioside</i>	Cy-3-Samb	+	+
Пеларгонидин-3-софорозид <i>pelargonidin-3-sophoroside</i>	Pgd-3-Sopho	+	-
Пеларгонидин-3-(2'-глюкозил) рутинозид <i>pelargonidin-3-(2'-glucosyl) rutinoside</i>	Pgd-3(2GluRut)	+	-
Пеларгонидин-3-глюкозид <i>pelargonidin-3-glucoside</i>	Pgd-3-Glu	+	-
Пеларгонидин-3-рутинозид <i>pelargonidin-3-rutinoside</i>	Pgd-3-Rut	+	+
Пеонидин-3-рутинозид <i>peonidin-3-rutinoside</i>	Pnd-3-Rut	-	+

Антоцианы

Антоцианы являются второй после эллаготанинов по величине группой фенольных антиоксидантов, обнаруженных в плодах красной малины [29, 32]. Возросший в последнее время объем исследований по антоцианам плодов и ягод связан с их использованием в пищевой, фармацевтической, косметической промышленности. Для пищевой промышленности антоцианы представляют большой интерес, поскольку включают широкий диапазон окраски многих ягод (красный, оранжевый, фиолетовый, синий) и могут использоваться в качестве источников натуральных пищевых красителей как альтернатива синтетическим красителям. В особенности интерес к данной группе флавоноидов увеличился в связи с открытием их антиоксидантных свойств и установлением положительного влияния на здоровье человека (снижение риска сердечно-сосудистых, раковых заболеваний и т. д.). Это весьма мощные антиоксиданты, обладающие большей эффективностью, чем витамины С и Е [33, 34]. В этой связи ягодные культуры, в частности малина, представляют значительную ценность. По содержанию антоцианов малина обыкновенная

(красная) сходна со смородиной красной, немного превышает землянику, но уступает ежевике (в 2,5 раза) и смородине черной (при мерно в 6 раз) [35]. Антоциановая композиция плодов красной малины разнообразна (выявлено 11 различных антоцианидинов). Наиболее распространенными пигментами в зависимости от сорта являются цианидин-3-софорозид, цианидин-3-глюкозилрутинозид и цианидин-3-рутинозид. Установлено, что основной антоциан, отвечающий за окраску плодов малины, – цианидин-3-софорозид. Второй по значению антоциан плодов красной малины – цианидин-3-глюкозид [36–39]. В работе L. Wada, B. Ou (2002) сообщается об обнаружении в плодах малины красной наряду с цианидин-3-глюкозидом другого антоциана – 3,5-диглюкозида [40]. По данным финских исследователей (Heinonen, 2007), цианидин-3-глюкозид составляет 15,6 %, цианидин-3-софорозид – 5,3 %, цианидин-3-арабинозид – 59,4 %, пеларгонидин-3-глюкозид – 0,9 %, пеларгонидин-3-рутинозид – 0,7 %, пеларгонидин-3-софорозид – 2,5 % суммарного количества антоцианидинов красной малины [13, 41]. Антоцианы в черной малине представлены в основном (до 90 %) цианидин-3-рутинозидом и цианидин-3-ксилозилрутинозидом. Цианидин-3-самбубиозид и пеларгонидин-3-рутинозид обнаружены в гораздо меньших количествах, примерно 1–5 % от общего количества антоцианинов [42–45]. На основе обобщения литературных данных [34, 36, 37, 39, 42–47] показан антоциановый профиль плодов красной и черной малины (табл. 3).

По сообщению литовских исследователей (Viskelis et al., 2012), количество антоцианов составляло 47,9 % от общего количества фенолов в черной малине, тогда как в красной малине отмечено гораздо меньшее процентное их соотношение – от 9,9 до 21,1 % [42]. Это указывает на то, что антоцианы не являются основными фенольными соединениями, содержащимися в красной малине. Уровни накопления антоцианов в красной малине находятся под влиянием генотипа, условий окружающей среды, в которых выращиваются плоды, степени спелости во время сбора и условий хранения после сбора урожая. Концентрация антоцианов в начале созревания плодов (зеленые плоды) низкая, с присутствием только цианидин-3-глюкозида и некоторых следов цианидин-3-рутинозида. Когда плоды малины становятся розовыми, образуются небольшие количества цианидин-3-софорозида и цианидин-3-глюкозилрутинозида. К тому времени, когда плоды становятся красными, количество этих антоцианов резко возрастает и начинают формироваться гликозиды пеларгонидина [32, 43]. Содержание антоцианов заметно варьируется в зависимости от сорта. В целом суммарное содержание антоцианов в красной малине составило от 20 до 100 мг в 100 г свежих ягод, в черной малине – от 200 до 600 мг в 100 г свежих ягод [3, 43, 48–52]. Из-за присутствия

рецессивных генов, подавляющих образование антоциановых пигментов, сорта желтой малины содержат незначительное их количество. Так, в Литве содержание антоцианов в сортах желтой малины Poranna Rosa и Beglianka составило 3,5 и 2,0 мг/100 г соответственно. У сорта черной малины Bristol накапливалось антоцианов в количестве 330,8 мг/100 г [42].

3. Другие фенольные соединения

Суммарное содержание фенольных соединений в плодах малины сходно с земляникой, составляет около половины их количества, в сравнении с ежевикой, в четыре раза меньше, чем в чернике. Красная и черная смородина характеризуются в 2,5–3 раза более высоким накоплением фенолов, чем малина обыкновенная (красная) [35].

Фенольные кислоты, выделенные в красной малине, включают: п-кумаровую, кофейную, феруловую, галловую, 5-кофеилхинную (хлорогеновую), п-гидроксибензойную, ванилиновую и протокатехиновую кислоты. Флавонолы можно рассматривать как незначительные фенольные составляющие плодов малины, независимо от цвета, со значениями от менее 1 до 19 мг/100 г сырого веса [22]. В табл. 4 представлен комплекс флавоноловых гликозидов плодов красной малины. Эпикатехин является преобладающим флаван-3-олом в красной малине с концентрацией от 2 до 5 мг/100 г, в то время как желтые плоды содержат низкие уровни (менее 1 мг/100 г сырого веса) как катехина, так и эпикатехина. Флаван-3-олы обнаруживаются преимущественно в семенах, которые накапливают в четыре раза более высокие уровни эпикатехина, чем целые плоды [22, 29].

4. Антиоксидантная активность малины в сравнении с другими ягодными культурами

В результате многочисленных исследований выявлена наибольшая суммарная антиокислительная способность для таких ягодных культур, как голубика, клюква, ежевика – свыше 20 ммоль/г. У малины красной она составляет 10–20 ммоль/г, что значительно превышает данный показатель для других плодов и ягод [34, 48, 54]. Т. Г. Причко и Н. В. Дрофичевой (2015) отмечено, что высокая антиоксидантная активность плодов малины обыкновенной (красной) обусловлена накоплением ресвератрола, аскорбиновой, хлорогеновой, никотиновой, оротовой, кофейной, салициловой, протокатехиновой кислот [10]. Многие исследователи подчеркивают, что в значительной степени антиоксидантные свойства плодов красной малины связаны с высоким содержанием полифенолов [49]. По сообщениям J. Beekwilder с соавторами (2005), G. Borges с соавторами (2010), вклад антоцианов достигает 16–25 % антиоксидантного потенциала плодов красной малины, эллаготанинов – 55 %, витамина С – 11–20 % [32, 51]. Так, в плодах черники и черной смородины основными составляющими антиоксидантной

способности являются антоцианы (84 и 73 % соответственно), в красной малине и красной смородине их вклад не превышал 21 % [35]. Другие исследователи (Kalt et al., 1999; Remberg et al., 2010) также указывают, что наиболее распространенными фенольными соединениями в красной малине являются антоцианы и производные эллаговой кислоты (эллаготанины и гликозиды эллаговой кислоты). Эти соединения – основные источники высокой антиоксидантной активности малины, в то время как на витамин С приходится всего 6 % суммарной антиоксидантной способности [18, 55]. Однако общая антиоксидантная активность плодов малины красной может быть оценена путем понимания взаимосвязи различных биоактивных соединений, работающих аддитивно или синергически [35]. В ряде зарубежных публикаций приводятся следующие данные по антиоксидантной активности ягодных культур по методу ORAC (oxygen radical absorbance capacity) (табл. 5).

Таблица 4 – Флавонолы плодов красной малины [22, 53]

Table 4 – Flavonols of red raspberry fruit [22, 53]

Наименование флавоноловых гликозидов	
кверцетин 3-рутинозид (рутин)	quercetin 3-rutinoside (rutin)
кверцетин 3-глюкозид	quercetin 3-glucoside
кверцетин 3-глюкуронид	quercetin 3-glucuronide
кемпферол глюкуронид	kaempferol glucuronide
кверцетин 3,4-диглюкозид	quercetin 3,4-diglucoside
кверцетин-галактозилрамнозид	quercetin-galactosylramnoside
кверцетин (2'-глюкозил) рутинозид	quercetin (2'-glucosyl) rutinoside
кверцетин галактозид	quercetin galactoside
метилкверцетин глюкуронид	methylquercetin glucuronide

Таблица 5 – Антиоксидантная активность ягодных культур (по Borowska, 2009) [56]

Table 5 – Antioxidant activity of berry crops (according to Borowska, 2009) [56]

Культура	ORAC, мкмоль тролокс/г	Источник
Черника <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	44,6	Prior et al., 1998 [57]
Ежевика <i>Rubus fruticosus</i> L.	14,8–22,6 26,7–78,8	Jiao, Wang, 2000 [58] Moyer et al., 2002 [48]
Черная смородина <i>Ribes nigrum</i> L.	36,9–93,1	Moyer et al., 2002 [48]
Голубика <i>Vaccinium corymbosum</i>	10,0–42,3	Prior et al., 1998 [57]
Клюква <i>Vaccinium macrocarpa</i>	8,2–14,1	Wang, Streth, 2001 [59]
Малина обыкновенная <i>Rubus idaeus</i> L.	13,1–45,2	Moyer et al., 2002 [48]
Земляника <i>Fragaria × ananassa</i> Duch.	12,2–17,4	Wang, Lin, 2000 [50]

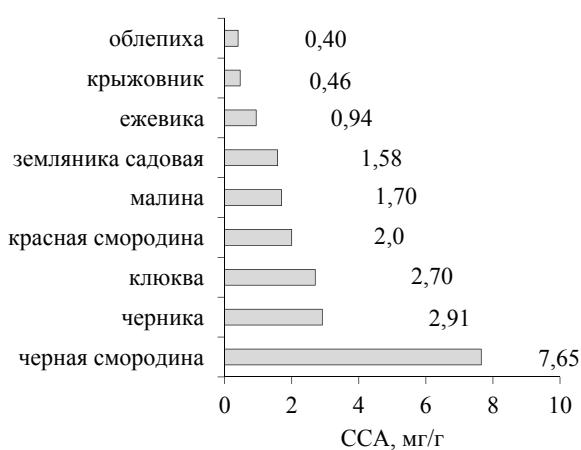


Рисунок 1 – Суммарное содержание антиоксидантов в соке культивируемых сортов ягодных культур (по А. Я. Яшину, 2008) [60]

Figure 1 – Total content of antioxidants in the juice of the cultivated berry crops (according to A.Ya. Yashin, 2008) [60]

Согласно исследованиям А. Я. Яшина (2008), суммарное содержание антиоксидантов (CCA) в соке плодов малины обыкновенной (красной) культурных сортов составило 1,71 мг/г (стандарт –

кверцетин) [60]. По суммарной антиоксидантной активности плодов малина красная уступает таким ягодным культурам, как черная смородина, черника, клюква, красная смородина; превосходит такие культуры, как ежевика, крыжовник, земляника, облепиха (рис. 1). Вместе с тем важно отметить, что пищевая ценность малины, как и других ягодных культур, не ограничивается содержанием витаминов. Ее плоды служат богатым источником сахаров, органических кислот, минеральных веществ, пектина и др.

Заключение

Малина обладает высоким антиоксидантным потенциалом, обусловленным повышенным накоплением в ее плодах антоцианов, эллаговой, аскорбиновой, фолиевой кислот и других биоактивных соединений. Несмотря на достаточно глубокую степень изученности химического состава плодов малины, необходима дальнейшая более детальная характеристика сортового фонда как по суммарной антиоксидантной активности, так и по отдельным биохимическим компонентам, составляющим антиоксидантный комплекс плодов данной культуры.

Список литературы

1. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org>.
2. Витковский, В. Л. Плодовые растения мира / В. Л. Витковский. – СПб. : Лань, 2003. – 592 с.
3. Жбанова, Е. В. Оценка сортового фонда малины по биохимическому составу плодов в различных регионах / Е. В. Жбанова, Е. И. Ознобкина // Плодоводство. – 2014. – Т. 26. – С. 443–451.
4. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. – Введ. 18.12.2008. – М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. – 41 с.
5. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : ДeЛи принт, 2007. – 276 с.
6. ТР ТС 022/2011. Пищевая продукция в части ее маркировки. – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 дек. 2011 г. № 881. – 29 с.
7. Ильин, В. С. Земляника, малина и ежевика / В. С. Ильин. – Челябинск : Южно-Уральское книжное издательство, 2007. – 344 с.
8. Strålsjö, L. Folates in Berries Evaluation of an RPBA method to study the effects of cultivar, ripeness, storage and processing / L. Strålsjö // Doctoral thesis. – Uppsala : Swedish University of Agricultural Sciences, 2003. – 58 p.
9. Причко, Т. Г. Оценка качества плодово-ягодного сырья для создания новых видов функциональных продуктов питания / Т. Г. Причко, Л. Д. Чалая // Разработки, формирующие современный облик садоводства. – Краснодар : ГНУ СКЗНИСиВ, 2011. – С. 298–314.
10. Причко, Т. Г. Влияние заморозки на показатели качества ягод малины / Т. Г. Причко, Н. В. Дрофичева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2015. – № 4. – С. 40–45.
11. Содержание витамина Е в ягодах и фруктах российской селекции / Н. А. Бекетова [и др.] // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № 3. – С. 226–227.
12. Содержание витаминов В₁ и В₂ в отечественных сортах плодово-ягодных культур / О. А. Вржесинская [и др.] // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № 3. – С. 228.
13. Probst, J. A review of the nutrient composition of selected *Rubus* berries / J. Probst // Nutrition & Food Science. – 2015. – Vol. 45, iss. 2. – P. 242–254.
14. Metabolism of carotenoids and apocarotenoids during ripening of raspberry fruit / J. Beekwilder [et al.] // BioFactors. – 2008. – Vol. 34. – P. 57–66.
15. Marinova, D. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries / D. Marinova, F. Ribarova // Journal of Food Composition and Analysis. – 2007. – Vol. 20, iss. 5. – P. 370–374. DOI: org/10.1016/j.jfca.2006.09.007.
16. Danish Food Composition Databank, revision 7 [Электронный ресурс] / E. Saxholt [et al.] // Department of Nutrition, National Food Institute, Technical University of Denmark, 2008. – Режим доступа: <http://www.foodcomp.dk>.
17. Clifford, M. N. Ellagitannins: Nature, occurrence and dietary burden / M. N. Clifford, A. Scalbert // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2000. – Vol. 80. – P. 1118–1125. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1118::AID-JSFA570>3.0.CO;2-9.

18. Influence of postflowering temperature on fruit size and chemical composition of Glen Ample raspberry (*Rubus idaeus* L.) / S. F. Remberg [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58. – P. 9120–9128. DOI: 10.1021/jf101736q.
19. Lipińska, L. Structure, occurrence and biological activity of ellagitannins: a general review / L. Lipińska, E. Klewicka, M. Sójka // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. – 2014. – Vol. 13 (3). – P. 289–299. DOI: org/10.17306/J.AFS.2014.3.7.
20. Kakkonen, M. P. Berry phenolics and their antioxidant activity / M. P. Kakkonen, A. I. Hopia, M. Heinonen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2001. – Vol. 49 (8). – P. 4076–4082. DOI: 10.1021/jf010152t.
21. Inhibition of protein and lipid oxidation in liposomes by berry phenolics / K. Viljanen [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – Vol. 52, iss. 24. – P. 7419–7424. DOI: 10.1021/jf049198n.
22. Berry fruit: Value added products for health promotion / Y. Zhao ed. – Boca Raton : CRC Press Naylor and Francis Group. LLC., FL., 2007. – 430 p.
23. Ellagitannins, flavonoids, and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties / W. Mullen [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50, iss. 18. – P. 5191–5196. DOI: 10.1021/jf020140n.
24. Lim, T. K. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Vol. 4. Fruits / T. K. Lim. – London ; New York : Springer Dordrecht Heidelberg, 2012. – 1022 p.
25. Chemistry and biology of ellagitannins an underestimated class of bioactive plant polyphenols / S. Quideau ed. – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2009. – 374 p.
26. Extraction, stability, and quantification of ellagic acid in various fruits and nuts / E. Daniel [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. – 1989. – Vol. 2. – P. 338–349.
27. Häkkinen, S. H. Ellagic acid content in berries: Influence of domestic processing and storage / S. H. Häkkinen, S. O. Kärenlampi, H. M. Mykkänen // European Food Research and Technology. – 2000. – Vol. 212. – P. 75–80. DOI: org/10.1007/s002170000184.
28. Mattila, P. Determination of free and total phenolic acids in plant-derived foods by HPLC with diode-array detection / P. Mattila, J. Kumpulainen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 3660–3667. DOI: 10.1021/jf020028p.
29. Määttä-Riihinens, K. R. Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (family Rosaceae) / K. R. Määttä-Riihinens, A. Kamal-Eldin, A. R. Törrönen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – Vol. 52, iss. 20. – P. 6178–6187. DOI: 10.1021/jf049450r.
30. Anttonen, M. J. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry / M. J. Anttonen, R. O. Karjalainen // Journal of Food Composition and Analysis. – 2005. – Vol. 18, iss. 8. – P. 759–769. DOI: org/10.1016/j.jfca.2004.11.003.
31. Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland / J. M. Koponen [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55. – P. 1612–1619. DOI: 10.1021/jf062897a.
32. Antioxidants in raspberry: on-line analysis links antioxidant activity to a diversity of individual metabolites / J. Beekwilder [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2005. – Vol. 53. – P. 3313–3320. DOI: 10.1021/jf047880b.
33. Антоцианы и антиоксидантная активность плодов некоторых представителей рода *Rubus* / Н. Ю. Колбас [и др.] // Весці НАН Беларусі. Серыя біялагічных науак. – 2012. – № 1. – С. 5–10.
34. Антиоксидантные свойства видов малины / В. Н. Сорокопудов [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2011. – Т. 13, № 4-2 (99). – С. 196–198.
35. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries / S. Skrovankova [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2015. – Vol. 16. – P. 24673–24706. DOI: 10.3390/ijms161024673.
36. Инкрементный подход в анализе антоцианов / В. И. Дейнека [и др.] // Химия природных соединений. – 2003. – № 2. – С. 137–139.
37. Goiffon, J.-P. Anthocyanic pigment determination in red fruit juices, concentrated juices and syrups using liquid chromatography / J.-P. Goiffon, P. P. Mouly, E. M. Gaydou // Analytica Chimica Acta. – 1999. – Vol. 382. – P. 39–50. DOI: 10.1016/S0003-2670(98)00756-9.
38. Determination of total and individual anthocyanins in raspberries grown in South Serbia / M. Ivanović [et al.] // «XXI Savetovanje o Biotehnologiji», 2016. – Vol. 21 (23). – P. 263–267.
39. De Ancos, B. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition / B. de Ancos, E. González, M. P. Cano // Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung. – 1999. – Vol. 208, iss. 1. – P. 33–38.
40. Wada, L. Antioxidant activity and phenolic content of Oregon caneberries / L. Wada, B. Ou // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 3495–3500. DOI: 10.1021/jf011405l.
41. Heinonen, M. Antioxidant activity and antimicrobial effect of berry phenolics – A Finnish perspective / M. Heinonen // Molecular Nutrition and Food Research. – 2007. – Vol. 51, iss. 6. – P. 684–691. DOI: 10.1002/mnfr.200700006.
42. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Small Fruits. Chapter 5 / P. Viskelis [et al.] // Agricultural and Biological Sciences «Horticulture». – 2012. – P. 75–102.
43. Bobinaitė, R. Anthocyanins: occurrence, bioactivity and bioavailability, with special reference to the anthocyanins of raspberries (a review) / R. Bobinaitė, J. Viškelis // Kauno, Institute of Horticulture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry. – 2013. – Vol. 32, iss. 1/12. – P. 39–47.
44. Characterization of new anthocyanins in black raspberries (*Rubus occidentalis*) by liquid chromatography electrospray ionization tandem mass spectrometry / Q. Tian [et al.] // Food Chemistry. – 2006. – Vol. 94, iss. 3. – P. 465–468.

45. Cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-xylosylrutinoside as primary phenolic antioxidants in black raspberry / A. Z. Jr. Tullio [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2008. – Vol. 56, iss. 6. – P. 1880–1888. DOI: 10.1021/jf072313k.
46. Антоцианы плодов некоторых видов рода *Rubus* L. из коллекции ботанического сада БелГУ / В. Н. Сорокопудов [и др.] // Химия растительного сырья. – 2005. – № 4. – С. 61–65.
47. Исследование антоцианов 11 сортов ремонтантной малины / В. И. Дейнека [и др.] // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. – 2012. – № 21 (140), вып. 21/1. – С. 149–153.
48. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes* / R. A. Moyer [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 519–525. DOI: 10.1021/jf011062r.
49. Szajdek, A. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review / A. Szajdek, W. J. Borowska // Plant Foods for Human Nutrition. – 2008. – Vol. 63. – P. 147–156. DOI: 10.1007/s11130-008-0097-5.
50. Wang, S. Y. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage / S. Y. Wang, H. S. Lin // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2000. – Vol. 48, iss. 2. – P. 140–146. DOI: 10.1021/jf9908345.
51. Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants and cranberries / G. Borges [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58. – P. 3901–3909. DOI: 10.1021/jf902263n.
52. Variability of antioxidant content in raspberry germplasm / C. A. Weber [et al.] // Acta Horticulturae 777 : IX International Rubus and Ribes Symposium, 2008. – P. 493–498.
53. The sustainable improvement of European berry production, quality and nutritional value in a changing environment: Strawberries, Currants, Blackberries, Blueberries and Raspberries. Work Package nr. 3. Fruit quality characterization and determination – the EUBerry project. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.euberry.univpm.it>.
54. Wang, H. Total antioxidant capacity of fruits / H. Wang, G. Cao, R. L. Prior // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1996. – Vol. 45. – P. 304–309. DOI: 10.1021/jf950579y.
55. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits / W. Kalt [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1999. – Vol. 47. – P. 4638–4644. DOI: 10.1021/jf990266t.
56. Borowska, E. J. Properties berry fruit as dependent on raw material quality and technological processing: a review / E. J. Borowska, A. Narwojsz // Functional Plant Science and Biotechnology. – 2009. – Vol. 6. – P. 39–45.
57. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species / R. L. Prior [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1998. – Vol. 46. – P. 2686–2693. DOI: 10.1021/jf980145d.
58. Jiao, H. J. Correlation of antioxidant capacities to oxygen radical scavenging enzyme activities in blackberry / H. J. Jiao, S. Y. Wang // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2000. – Vol. 48. – P. 5672–5676. DOI: 10.1021/jf000765q.
59. Wang, Sh. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature / Sh. Wang, A. Stretch // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2001. – Vol. 49. – P. 969–974. DOI: 10.1021/jf001206m.
60. Яшин, А. Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках / А. Я. Яшин // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева). – 2008. – Т. LII, № 2. – С. 130–135.

References

1. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. Available at: <http://www.fao.org>.
2. Vitkovskiy V.L. *Plodovye rasteniya mira* [Fruit plants of the world]. St. Petersburg: Lan' Publ., 2003. 592 p.
3. Zhbanova E.V., Oznobkina E.I. Otsenka sortovogo fonda maliny po biokhimicheskому sostavu plodov v razlichnykh regionakh [Estimate of raspberry varieties for biochemical composition of fruit in different regions]. *Plodovodstvo* [Fruitgrowing], 2014, no. 26, pp. 443–451.
4. MR 2.3.1.2432-08. Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossийskoy Federatsii [Guidelines 2.3.1. 2432-08. Standards of Physiological Needs in Energy and Food Substances for Various Population Groups in the Russian Federation]. Moscow, Federal'nyy tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2008. 41 p.
5. Skurikhin I.M., Tutel'yan V.A. *Tablitsy khimicheskogo sostava i kalorijnosti rossiyskikh produktov pitaniya* [Tables of a chemical composition and caloric content of the Russian food]. Moscow: DeLi print Publ., 2007. 276 p.
6. TR TS 022/2011. *Pishchevaya produktsiya v chasti ee markirovki*. [Technical regulations of the Customs Union. Food products in terms of its labeling]. 29 p.
7. Il'in V.S. *Zemlyanika, malina i ezhevika* [Strawberry, raspberry and blackberry]. Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo Publ., 2007. 344 p.
8. Strålsjö L. *Folates in Berries Evaluation of an RPBA method to study the effects of cultivar, ripeness, storage and processing*. Doctoral thesis. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 2003. 58 p.
9. Prichko T.G., Chalaya L.D. Otsenka kachestva plodovo-yagodnogo syr'ya dlya sozdaniya novykh vidov funktsional'nykh produktov pitaniya [Quality control of fruit and berry raw material for the creation of new functional foods]. *Razrabotki, formiruyushchie sovremennyy oblik sadovodstva* [Development, forming the modern image of horticulture]. Krasnodar: GNU SKZNIISiV, 2011, pp. 298–314.
10. Prichko T.G., Droficheva N.V. Vliyanie zamorozki na pokazateli kachestva yagod maliny [Effect of freezing on quality indicators in raspberry fruit]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies for v-food and processing industry of AIC – healthy food], 2015, no. 4, pp. 40–45.
11. Beketova N.A., Kodencova V.M., Savel'ev N.I., Makarov V.N. Soderzhanie vitamina E v yagodakh i fruktakh rossiyskoy selektsii [Vitamin E contents in fruits and berries selected in Russia]. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition], 2014, no. 83 (S3), pp. 226–227.

12. Vrzhesinskaya O.A., Kodentsova V.M., Akimova O.M., Akimov M.Ju. Soderzhanie vitaminov B₁ i B₂ v otechestvennykh sortakh plodovo-yagodnykh kul'tur [Vitamin B₁ and B₂ contents in Russian fruit varieties]. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition], 2014, no. 83 (S3), pp. 228.
13. Probst J. A review of the nutrient composition of selected *Rubus* berries. *Nutrition & Food Science*, 2015, vol. 45, iss. 2, pp. 242–254.
14. Beekwilder J., van der Meer I.M., Simic A., et al. Metabolism of carotenoids and apocarotenoids during ripening of raspberry fruit. *Biofactors*, 2008, vol. 34, iss. 1, pp. 57–66.
15. Marinova D., Ribarova F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2007, vol. 20, iss. 5, pp. 370–374. DOI: org/10.1016/j.jfca.2006.09.007.
16. Saxholt E., Christensen A.T., Moller A., et al. *Danish Food Composition Databank, revision 7*. Department of Nutrition, National Food Institute, Technical University of Denmark, 2008. Available at: <http://www.foodcomp.dk>.
17. Clifford M.N., Scalbert A. Ellagitannins: Nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, vol. 80, pp. 1118–1125. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1118::AID-JSFA570>3.0.CO;2-9.
18. Remberg S.F., Sonsteby A., Aaby K., Heide O.M. Influence of postflowering temperature on fruit size and chemical composition of Glen Ample raspberry (*Rubus idaeus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, vol. 58, pp. 9120–9128. DOI: 10.1021/jf101736q.
19. Lipińska L., Klewicka E., Sójka M. Structure, occurrence and biological activity of ellagitannins: a general review. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2014, vol. 13, iss. 3, pp. 289–299. DOI: org/10.17306/J.AFS.2014.3.7.
20. Kahkonen M.P., Hopia A.I., Heinonen M. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, vol. 49, iss. 8, pp. 4076–4082. DOI: 10.1021/jf010152t.
21. Viljanen K., Kylli P., Kivistö R., Heinonen M. Inhibition of protein and lipid oxidation in liposomes by berry phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, vol. 52, iss. 24, pp. 7419–7424. DOI: 10.1021/jf049198n.
22. Zhao Y. ed. *Berry fruit: Value added products for health promotion*. Boca Raton: CRC Press Naylor and Francis Group. LLC. FL., 2007. 430 p.
23. Mullen W., McGinn J., Lean M.E., et al. Ellagitannins, flavonoids, and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, vol. 50, iss. 18, pp. 5191–5196. DOI: 10.1021/jf020140n.
24. Lim T.K. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Vol. 4. Fruits*. London, New York: Springer Dordrecht Heidelberg, 2012. 1022 p.
25. Quideau S. ed. *Chemistry and biology of ellagitannins An Underestimated Class of Bioactive Plant Polyphenols*. Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2009. 374 p.
26. Daniel E., Heur Y.-H., Blinzler J.A., Nims R.W., Stoner G.D. Extraction, stability, and quantification of ellagic acid in various fruits and nuts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1989, vol. 2, pp. 338–349.
27. Häkkinen S.H., Kärenlampi S.O., Mykkänen H.M. Ellagic acid content in berries: Influence of domestic processing and storage. *European Food Research and Technology*, 2000, vol. 212, pp. 75–80. DOI: org/10.1007/s002170000184.
28. Mattila P., Kumpulainen J. Determination of free and total phenolic acids in plant-derived foods by HPLC with diode-array detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, vol. 50, pp. 3660–3667. DOI: 10.1021/jf020028p.
29. Määttä-Riihinen K.R., Kamal-Eldin A., Törrönen A.R. Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (family Rosaceae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, vol. 52, iss. 20, pp. 6178–6187. DOI: 10.1021/jf049450r.
30. Anttonen M.J., Karjalainen R.O. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2005, vol. 18, iss. 8, pp. 759–769. DOI: org/10.1016/j.jfca.2004.11.003.
31. Koponen J.M., Happonen A.M., Mattila P.H., Törrönen A.R. Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, vol. 55, pp. 612–1619. DOI: 10.1021/jf062897a.
32. Beekwilder J., Jonker H., Meesters P., et al. Antioxidants in raspberry: on-line analysis links antioxidant activity to a diversity of individual metabolites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, vol. 53, pp. 3313–3320. DOI: 10.1021/jf047880b.
33. Kolbas N.Yu., Silva M.-A., Tessedr P.L., Reshetnikov V.N. Antotsiany i antioksidantnaya aktivnost' plodov nekotorykh predstaviteley roda *Rubus* [Anthocyanins and antioxidant activity of fruit in some accessions of *Rubus*]. *Vestsi NAN Belarusi, seriya biyalagichnykh navuk* [The News of National Academy of Sciences Belarus, biologic sciences dep.], 2012, no. 1, pp. 5–10.
34. Sorokopudov V.N., Luchina N.A., Mostovoj O.A., et al. Antioksidantnye svoystva vidov maliny [Antioxidant properties of raspberry species]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Medicina. Farmaciya* [Scientific news of BelGU. Medicine, Pharmacy department], 2011, vol. 13, no. 4-2 (99), pp. 196–198.
35. Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., Jurikova T., Sochor J. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 2015, vol. 16, pp. 24673–24706. DOI: 10.3390/ijms161024673.
36. Deyneka V.I., Grigor'ev A.M., Staroverov V.M., Borzenko O.N. Inkrementnyy podkhod v analize antotsianov [Increment approach in analysis of anthocyanins]. *Khimiya prirodnnykh soedineniy* [Chemistry of natural compounds], 2003, no. 2, pp. 137–139.
37. Goiffon J.P., Mouly P.P., Gaydou E.M. Anthocyanic pigment determination in red fruit juices, concentrated juices and syrups using liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 1999, vol. 382, pp. 39–50. DOI: 10.1016/S0003-2670(98)00756-9.
38. Ivanović M., Pavlović A., Mitić M., et al. Determination of total and individual anthocyanins in raspberries grown in South Serbia. "XXI Svetovanje o Biotehnologiji", 2016, vol. 21(23), pp. 263–267 (In Serbian).
39. De Ancos B., González E., Cano M.P. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung*, 1999, vol. 208, iss. 1, pp. 33–38.

40. Wada L., Ou B. Antioxidant activity and phenolic content of Oregon caneberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, vol. 50, pp. 3495–3500. DOI: 10.1021/jf011405l.
41. Heinonen M. Antioxidant activity and antimicrobial effect of berry phenolics – A Finnish perspective. *Molecular Nutrition and Food Research*, 2007, vol. 51, iss. 6, pp. 684–691. DOI: 10.1002/mnfr.200700006.
42. Viskelis P., Bobinaite R., Rubinskiene M., Sasnauskas A., Lanauskas J. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Small Fruits. Chapter 5. *Agricultural and Biological Sciences "Horticulture"*, 2012, pp. 75–102.
43. Bobinaitė R., Viškelis J. Anthocyanins: occurrence, bioactivity and bioavailability, with special reference to the anthocyanins of raspberries (a review). *Institute of Horticulture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry*. Kauno, 2013, vol. 32, iss. 1/12, pp. 39–47.
44. Tian Q., Giusti M.M., Stoner M.M., Schwartz S.J. Characterization of new anthocyanins in black raspberries (*Rubus occidentalis*) by liquid chromatography electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 2006, vol. 94, iss. 3, pp. 465–468.
45. Tilio A.Z.Jr., Reese Jr.R.N., Wyzgoski F.J., et al. Cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-xylosylrutinoside as primary phenolic antioxidants in black raspberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, vol. 56, iss. 6, pp. 1880–1888. DOI: 10.1021/jf072313k.
46. Sorokopudov V.N., Deyneka V.I., Lukina I.P., Deyneka L.A. Antotsiany plodov nekotorykh vidov roda *Rubus* L. iz kollektssi botanicheskogo sada BelGU [Anthocyanins of fruits in some species of *Rubus* L. Gen. from collection of Botanical garden BelGU]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of raw materials], 2005, no. 4, pp. 61–65.
47. Deyneka V.I., Deyneka L.A., Sorokopudov V.N., Dubtsova I.S., Mayorova E.B. Issledovanie antotsianov 11 sortov remontantnoy maliny [Investigation of anthocyanins in 11 varieties of remontant raspberry]. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki* [Scientific news of BelGU. Natural science department], 2012, no. 21(140), vol. 21/1, pp. 149–153.
48. Moyer R.A., Hummer K.E., Finn C.E., Frei B., Wrolstad R.E. Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Capacity in Diverse Small Fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, vol. 50, pp. 519–525. DOI: 10.1021/jf011062r.
49. Szajde A., Borowska W.J. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2008, vol. 63, pp. 147–156. DOI: 10.1007/s11130-008-0097-5.
50. Wang S.Y., Lin H.S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, vol. 48, iss. 2, pp. 140–146. DOI: 10.1021/jf9908345.
51. Borges G., Degeneve A., Mullen W., Crozier A. Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants and cranberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, vol. 58, pp. 3901–3909. DOI: 10.1021/jf902263n.
52. Weber C.A., Perkins-Veazie P., Moore P.P., Howard L. *Variability of antioxidant content in raspberry germplasm*. ISHS Acta Horticulturae 777: IX International Rubus and Ribes Symposium, 2008, pp. 493–498.
53. *The sustainable improvement of European berry production, quality and nutritional value in a changing environment: Strawberries, Currants, Blackberries, Blueberries and Raspberries. Work Package nr. 3. Fruit quality characterization and determination – the EUBerry project*. Available at: <http://www.euberry.univpm.it>.
54. Wang H., Cao G., Prior R.L. Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1996, vol. 45, pp. 304–309. DOI: 10.1021/jf950579y.
55. Kalt W., Forney C.F., Martin A., Prior R.L. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, vol. 47, pp. 4638–4644. DOI: 10.1021/jf990266t.
56. Borowska E.J., Narwojsz A. Properties Berry Fruit as Dependent on Raw Material Quality and Technological Processing: A Review. *Functional Plant Science and Biotechnology*, 2009, vol. 6, pp. 39–45.
57. Prior R.L., Cao G., Martin A., et al. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998, vol. 46, pp. 2686–2693. DOI: 10.1021/jf980145d.
58. Jiao H.J., Wang Sh.Y. Correlation of antioxidant capacities to oxygen radical scavenging enzyme activities in blackberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, vol. 48, pp. 5672–5676. DOI: 10.1021/jf000765q.
59. Wang Sh.Y., Stretch A. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, vol. 49, pp. 969–974. DOI: 10.1021/jf001206m.
60. Jashin A.Ja. Inzhektsionno-protochnaya sistema s amperometricheskim detektorom dlya selektivnogo opredeleniya antioksidantov v pishchevyykh produktakh i napisitkakh [Injective and pass system with amperometric detector for selective definition of antioxidants in food products and beverages]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal (Zhurnal Rossiyskogo khimicheskogo obshchestva im. D. I. Mendeleva)* [Russian chemistry Journal (Journal of Russian chemical society named after D.I. Mendeleev)], 2008, vol. LII, no. 2, pp. 130–135.

Жбанова Екатерина Викторовна

д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии и пищевых технологий, ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурин», 393774, Россия, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Мичуринская, 30, тел.: +7 (47545) 5-78-87, e-mail: info@fnc-mich.ru

Ekaterina V. Zhbanova

Dr.Sci.(Agr.), Leading Researcher of the Laboratory of Biochemistry and Food Technology, I.V. Michurin Federal Scientific Centre, 30, Michurina Str., Michurinsk, Tambov Region, 393774, Russia, phone: +7 (47545) 5-78-87, e-mail: info@fnc-mich.ru



ВОДОПОДГОТОВКА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Т. А. Краснова

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Дата поступления в редакцию: 10.02.2018

Дата принятия в печать: 16.03.2018

e-mail: ecolog1528@yandex.ru

© Т. А. Краснова, 2018

Аннотация. Рассмотрено состояние проблемы подготовки воды в производстве пищевых продуктов и напитков. Приведены нормируемые показатели качества воды: питьевой, бутилированной, для молочной промышленности, для производства пива, безалкогольных напитков, водки, водки на экспорт, детского питания. Установлено, что для производства пищевых продуктов и напитков вода системы централизованного хозяйствственно-питьевого водоснабжения нуждается в дополнительной очистке от солей жесткости, железа, марганца, минеральных солей, органических соединений, микробиологических загрязнений. Кроме того, многие предприятия используют воду подземных источников (скважины), что усложняет технологию подготовки воды. Рассмотрены такие методы очистки, как ионный обмен, магнитная обработка, катализитическое окисление, обезжелезивание на фильтровально-сорбционных материалах из минерального сырья, аэрация, обратный осмос, электродиализ, адсорбция на активных углях. Показан механизм процессов, достоинства и недостатки методов. Приведены материалы и оборудование для реализации методов в практике водоснабжения. Описаны новые технологические решения для эффективной подготовки воды: радиолиз, кавитация, адвансированные технологии. Приведены технологические схемы получения бутилированной воды в зависимости от природы и содержания примесей на действующих производствах в Липецке, Кемерове и в Геленджикском районе (Краснодарский край). На основании материалов доступных источников проанализировано состояние проблемы водоподготовки на предприятиях пищевой промышленности и дана оценка техническому уровню систем водоочистки. Отмечено, что только в ликеро-водочных отрасли и производстве пива функционирует ряд технологических схем водоподготовки, соответствующих современным требованиям. В целом проблема подготовки воды для пищевых производств существует, повсеместно используются трудоемкие, неэкологичные, дорогие методы очистки, не всегда обеспечивающие требуемое качество воды. В связи с этим технологические схемы производства воды в пищевой промышленности нуждаются в модернизации. Даны рекомендации по замене некоторых традиционных технологий на более совершенные.

Ключевые слова. Водоподготовка, пищевая промышленность, мембранные методы, адсорбция, иониты, адвансированные технологии

Для цитирования: Краснова, Т. А. Водоподготовка в пищевой промышленности / Т. А. Краснова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 15–30. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-15-30.

WATER TREATMENT IN FOOD INDUSTRY

T.A. Krasnova

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

e-mail: ecolog1528@yandex.ru

Received: 10.02.2018

Accepted: 16.03.2018

© T.A. Krasnova, 2018

Abstract. The author considered the contemporary state of the issue of water treatment in food and beverages production. The article presents regulated water quality parameters for drinking and bottled water, for dairy industry, beer and soft drinks production, as well as for production of vodka, vodka for export, and baby food. The article shows that water from central utility and drinking water supply needs additional treatment to produce food and beverages. It should be cleaned from hardness salts, iron, manganese, mineral salts, organic compounds and microbial contamination. Besides, many companies use groundwater sources (from wells). That makes water treatment procedure even more complicated. The author considered such treatment methods as ion exchange, magnetic water treatment, catalyzed oxidation, deferrization using sorption-filtering materials from mineral raw materials, aeration, reverse osmosis, electrodialysis, activated carbon adsorption. The author shows the treatment mechanisms, their advantages and disadvantages. The article indicates which materials and equipment can be used to apply these methods in water treatment practice. It describes new techniques for effective water treatment such as radiolysis, cavitation and advanced oxidation treatment techniques. It gives flow diagram of bottled water production depending on its origin and content of impurities which is used by the companies working in Gelendzhiksky district, Lipetsk and Kemerovo. The author analyzed the contemporary state of the issue of water treatment in food and beverages production companies based on the available information and assessed the technical level of water treatment systems. The article reveals that only companies which produce alcoholic drinks such as vodka, liquors, and beer use a number of water

treatment procedures which meet modern requirements. In general, food production companies face water treatment issue. Labor intensive, expensive and non-environmentally friendly water treatment methods are used everywhere. But they do not always guarantee required water quality. For that reason water treatment schemes in food industry should be revised. The author gives recommendations to replace traditional technologies with modern ones.

Keywords. Water treatment, food industry, membrane methods, adsorption, ion-exchange materials, advanced oxidation treatment techniques

For citation: Krasnova T.A. Water Treatment in Food Industry. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 15–30 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-15-30.

Снабжение населения питьевой водой в достаточном количестве имеет важное социальное и санитарно-эпидемиологическое значение и относится к числу важнейших факторов охраны здоровья.

Несмотря на то, что вода не является собственно нутриентом, не обладает пищевой и энергетической ценностью, она принимает участие практически во всех жизненно важных процессах обмена: способствует пищеварению, служит растворителем для неорганических и органических соединений, удаляет из организма вредные продукты метаболизма, регулирует содержание солей в тканях и жидкостях, участвует во множестве других реакций метаболизма.

Макро- и микроэлементный состав воды может служить источником необходимых в рационе пищевых нутриентов. С другой стороны, содержание в воде некоторых химических элементов может оказывать токсическое действие на организм человека и регламентируется санитарными правилами и нормами.

На предприятиях пищевой промышленности в производстве продуктов питания в основном используется вода из системы хозяйственно-питьевого водоснабжения. В ряде случаев к воде предъявляют дополнительные требования, связанные с особенностями технологий, качеством и назначением продукции [1].

Проблема использования воды в пищевой промышленности является одной из ключевых. Можно выделить три аспекта значения качественного и количественного состава химических компонентов в воде, используемой в технологических процессах пищевой промышленности. Первый аспект – возможность интоксикации потребителей продукции, произведенной на основе воды с повышенной концентрацией химических компонентов. Второй аспект – возможность химического взаимодействия между веществами, содержащимися в воде, и основными компонентами пищевых продуктов, что снижает качество и безопасность готовой продукции. Третий аспект – повышенное содержание химических компонентов в воде может изменять органолептические показатели продукции или ход технологических процессов.

Для воды, используемой в молочном производстве, требования устанавливаются по СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.

Контроль качества», но с ограничением по общей минерализации, содержанию железа, марганца, солей жесткости, фенола, галогеногранических соединений (табл. 1).

Содержание влияет на органолептические параметры и растворимость сухих веществ, величина pH определяет скорость протекания химических реакций, влияет на запах, привкус и внешний вид воды. Повышение жесткости воды способствует снижению скорости растворения сухих молочных продуктов, а в восстановленном продукте переработки молока – понижению устойчивости белковой фазы с повышением риска преждевременной коагуляции, а также термостойкости восстановленных продуктов. Предотвратить эти процессы можно умягчением воды [2, 3].

В производстве мясопродуктов повышение жесткости воды влияет на способность мышечных белков удерживать воду в процессе технологической обработки (варки), снижает потребительские свойства и выход продукта. По остальным показателям вода, используемая в мясной промышленности, должна соответствовать требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 (табл. 2).

В производстве хлебобулочных изделий качество воды оказывает влияние на интенсивность брожения и органолептические свойства теста и готовых изделий. Для улучшения структурно-механических свойств полуфабрикатов и готовых изделий, увеличения выхода хлеба за счет повышения влажности теста и повышения безопасности хлеба необходимо воду системы хозяйственно-питьевого водоснабжения дополнительно подвергать очистке от железа, солей жесткости, хлорогранических соединений [4, 5].

Таблица 1 – Требования к качеству воды для восстановления сухого обезжиренного молока

Table 1 – Water quality requirements for powdered skimmed milk recombination

Показатель	Единица измерения	Норматив качества воды
Водородный показатель (pH)	ед·pH	6,00–8,00
Общая жесткость	моль/м ³	0,05–1,00
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/дм ³	10,00–500,00
Железо общее	мг/дм ³	не более 0,1
Медь, Cu ²⁺	мг/дм ³	не более 0,05

Таблица 2 – Требования к качеству воды

Table 2 – Water quality requirements

Показатель	Единица измерения	Согласно нормативным документам			
		СанПиН 2.1.4.1074-01	Вода для производства пива ТИ-10-5031536-73-90	Вода для производства безалкогольных напитков ТИ-10-5031536-73-90	Вода для производства водки ТИ-10-04-03-09-88
Мутность	мг/дм ³	1,5	1,0	1,0	1,5
Цветность	град	20	10	10	0
Запахи и привкусы при 20 °С	балл	2	0	0	0
Хлориды	мг/дм ³	350	100–150	100–150	25
Сульфаты	мг/дм ³	500	100–150	100–150	20
Водородный показатель	ед·рН	6–9	6,0–6,5	3–6	7,8
Общая жесткость	Ж (ммоль/дм ³)	7,0	2–4	0,7	1,0
Фтор	мг/дм ³	0,7–1,5	–	–	–
Железо	мг/дм ³	0,3	0,1	0,2	0,1
Марганец	мг/дм ³	0,1	0,1	0,1	0,1
Нитраты	мг/дм ³	45	10	10	40
Нитриты	мг/дм ³	3,0	0	следы	–
Мышьяк	мг/дм ³	0,05	–	–	–
Свинец	мг/дм ³	0,03	–	–	–
Селен	мг/дм ³	0,01	–	–	–
Ртуть	мг/дм ³	0,0005	–	–	–
Медь	мг/дм ³	1,0	0,5	1,0	0,1
Цинк	мг/дм ³	5,0	5,0	–	–
Фосфаты	мг/дм ³	3,5	–	–	0,1
Аммиак и ион аммония	мг/дм ³	2,0	следы	–	–
Сухой остаток	мг/дм ³	1000	500	500	100
Бериллий	мг/дм ³	0,0002	–	–	–
Кадмий	мг/дм ³	0,001	–	–	–
ПАВ	мг/дм ³	0,5	–	–	–
Щелочность	ммоль/дм ³	–	0,5–1,5	1,0	1,0
Активный хлор	мг/дм ³	0,3–0,5	–	–	–
Сероводород	мг/дм ³	0,003	следы	–	–
Алюминий	мг/дм ³	0,5	0,5	0,1	0,1
Барий	мг/дм ³	0,1	–	–	–
Силикаты (по Si)	мг/дм ³	10	2,0	2,0	3,0
Магний	мг/дм ³	–	следы	–	7
Окисляемость (ХПК)	мг О ₂ /дм ³	5	2	–	–
K, Na	мг/дм ³	–	–	–	15
Фенол	мг/дм ³	0,001	–	–	–
Галогенорганические соединения (ЛГС)	мкг/дм ³	60	–	–	–

В системе детского питания вода используется как для непосредственного потребления, являясь самостоятельным пищевым продуктом, так и в качестве компонента рецептуры пищевых продуктов [6]. В производстве продуктов детского питания используется вода только высшей категории качества (табл. 3).

Сравнительный анализ показателей качества питьевой воды СанПиН 2.1.4.1074-01 и воды для пищевых производств (табл. 1–4) показывает, что вода системы централизованного хозяйствственно-питьевого водоснабжения нуждается в дополнительной очистке от солей жесткости (умягчение), железа (обезжелезивание), марганца (деманганация), минеральных солей (деминерализация) и органических соединений, а также в обеззараживании.

Для удаления солей жесткости на предприятиях пищевой промышленности в основном используется ионный обмен. Сущность процесса заключается

в способности ионообменных смол (ионитов) обменивать содержащиеся в них ионы на эквивалентное количество ионов, присутствующих в растворе. Удаление солей жесткости осуществляется путем фильтрования воды через слой катионита КУ-2 (КБ-4) в натриевой форме. Процесс требует затрат ручного труда и большого расхода химических реагентов, также в результате промывки ионитов после регенерации образуются сточные воды. По мере эксплуатации физико-химические свойства ионитов ухудшаются за счет механического износа, деструкции полимерных материалов и «отравления» ионитов в результате необратимой сорбции органических веществ. В настоящее время разработаны сорбенты на основе минерального сырья – бентонитовых глин, модифицированных минеральными базальтовыми волокнами и парафином и обладающих удовлетворительной обменной емкостью [7].

Таблица 3 – Требования
к воде высшей категории качества
Table 3 – Top-grade water quality requirements

Показатель	Единица измерения	СанПин 2.1.4.1074-02, высшая категория
Мутность	мг/дм ³	0
Цветность	град	не более 5
Запахи и привкусы при 20 °С	балл	0
Хлориды	мг/дм ³	не более 150
Сульфаты	мг/дм ³	не более 150
Водородный показатель	ед.рН	6,5–8,5
Общая жесткость	Ж (ммоль/дм ³)	1,5–7
Фтор	мг/дм ³	не более 1
Железо	мг/дм ³	не более 0,3
Марганец	мг/дм ³	не более 0,05
Нитраты	мг/дм ³	не более 5
Нитриты	мг/дм ³	не более 0,005
Мышьяк	мг/дм ³	не более 0,006
Свинец	мг/дм ³	не более 0,005
Ртуть	мг/дм ³	не более 0,0002
Фосфаты	мг/дм ³	не более 3,5
Аммиак и ион аммония	мг/дм ³	не более 0,05
Сухой остаток	мг/дм ³	200–500
ПАВ	мг/дм ³	не более 0,05
Щелочность	ммоль/дм ³	0,5–6,5
Активный хлор	мг/дм ³	не более 0,1
Сероводород	мг/дм ³	не более 0,003
Алюминий	мг/дм ³	не более 0,1
Силикаты (по Si)	мг/дм ³	не более 10
Магний	мг/дм ³	5–50
Кальций	мг/дм ³	25–80
Нефтепродукты	мг/дм ³	не более 0,01
Хлороформ	мкг/дм ³	не более 1
Фенолы	мкг/дм ³	не более 0,5

Для умягчения воды также применяется магнитная обработка. Помимо предотвращения накипи она приводит к интенсификации процессов коагуляции и кристаллизации, ускорению растворения углекислого газа, кислорода и веществ, улучшению бактерицидного действия дезинфектантов и обеззараживания воды. Обработанная вода биологически активна.

Однако для проявления этих эффектов необходимы определенные условия.

Для чистой воды подобные эффекты не наблюдаются. В общем случае изменение свойств воды после магнитной обработки возрастает с увеличением концентрации примесей в некоторых пределах. Большую роль играет характер примесей. Действие проявляется только в тех системах, где могут возникнуть лоренцевы силы (диполи, ионы, заряженные коллоидные частицы и т. д.), т. е. при перемещении воды относительно поля. Для проявления эффекта в полной мере нужна оптимальная скорость потока. С увеличением скорости эффект увеличивается, затем падает. Необходимо также сравнительно большее время обработки. Наиболее сильно действует на воду низкочастотная обработка: единицы или десятки герц. Эффект обработки, в зависимости

от напряженности поля, находится в поликстремальной зависимости и, во всяком случае, немонотонной [8].

Самопроизвольное возвращение водных систем после магнитной обработки в исходное состояние занимает от нескольких десятков минут до нескольких суток (по данным разных авторов). Увеличение температуры ускоряет процесс релаксации. Отсюда можно сделать вывод, что вызванные в системе изменения термодинамически неустойчивы, но процесс релаксации встречает значительные кинетические затруднения.

Механизм воздействия магнитного поля на воду и содержащиеся в ней примеси объясняют поляризационными явлениями и деформацией ионов солей, однако это пока окончательно не выяснено. Гидратация ионов при обработке уменьшается, ионы сближаются и образуют кристаллическую форму соли. В основу одной из теорий положено влияние магнитного поля на коллоидные примеси воды, в основу другой – изменение структуры воды. При наложении магнитного поля в массе воды формируются центры кристаллизации, вследствие чего выделение нерастворимых солей жесткости происходит не на теплопередающей поверхности (нагрева или охлаждения), а в объеме воды.

Таблица 4 – Требования к качеству воды для приготовления водок на экспорт (ТИ-10-04-03-07-90)

Table 4 – Water quality requirements for production of vodka for further export (TI-10-04-03-07-90)

Показатель	Для технологической воды с жесткостью, ммоль/дм ³					
	0,0–0,20	0,21–0,40	0,41–0,60	0,61–0,80	0,81–1,00	1,01–1,20
pH	7,0	7,0	7,0	6,5	6,5	6,5
Щелочность общая, ммоль/дм ³	2,0	1,5	1,0	0,6	0,4	0,2
Окисляемость, мг О ₂ /дм ³	6,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0
Сухой остаток, мг/дм ³	250,0	225,0	200,0	150,0	125,0	100,0
Кальций, мг/дм ³	2,7	5,0	8,0	10,6	13,3	16,0
Магний, мг/дм ³	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8
Железо общее, мг/дм ³	0,15	0,12	0,10	0,06	0,04	0,02
Сульфаты, мг/дм ³	30,0	25,0	20,0	15,0	10,0	5,0
Хлориды, мг/дм ³	30,0	25,0	20,0	15,0	10,0	5,0
Силикаты (по Si), мг/дм ³	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	1,0
Гидрокарбонаты, мг/дм ³	125,0	95,0	65,0	40,0	25,0	12,0
Натрий, мг/дм ³	100,0	80,0	60,0	40,0	20,0	10,0
Марганец, Mn, мг/дм ³	0,10	0,10	0,08	0,06	0,04	0,02
Алюминий, мг/дм ³	0,15	0,10	0,08	0,06	0,04	0,02
Медь, мг/дм ³	0,15	0,10	0,08	0,06	0,04	0,02
Фосфаты, мг/дм ³	0,10	0,10	0,08	0,06	0,04	0,02
Остальные показатели должны соответствовать нормативным требованиям, предъявляемым к питьевой воде						

Представляет интерес теория, объясняющая механизм воздействия магнитного поля образованием под действием сил Лоренца пластинчатых доменов (аквацелл) – ориентированных молекул воды, стабилизованных ионами. Магнитное поле не «работает», а лишь провоцирует образование водных ассоциатов, т. е. играет роль спускового крючка. При образовании аквацелл энергия не поглощается, а выделяется. Их строение можно представить как сольватный слой коллоидных частиц, развернутый в плоскость или свернутый в сферу. После образования аквацеллы коагулируют, укрупняются, нейтрализуется стабилизирующий заряд на их поверхности, ориентированная структура водных ассоциатов становится неустойчивой, и постепенно аквацеллы разрушаются.

Из-за невысокой концентрации аквацелл такие свойства омагниченной воды, как вязкость, плотность, теплота испарения и т. п., практически не изменяются. В то же время содержащиеся в ней аквацеллы будут оказывать большое влияние на процессы, связанные с образованием новых фаз, адсорбцией, коагуляцией, а также в биологических системах.

В целом литературные сведения о механизме воздействия магнитного поля на диамагнитные жидкые системы довольно противоречивы. Термодинамические расчеты и опытные данные свидетельствуют об отсутствии влияния магнитного поля на физико-химические показатели водных растворов, в особенности дистиллированной воды. Однако имеются положительные результаты промышленного применения этого метода, в частности для предотвращения накипеобразования, для осветления воды после хлорирования (в этом случае скорость осаждения примесей увеличивается в 3–4 раза, а значит, требуются отстойники в 3–4 раза меньшей производительности), в медицине (установлено, что употребление внутрь омагниченной воды повышает проницаемость биологических мембран тканевых клеток, снижает количество холестерина в крови и печени, регулирует артериальное давление, повышает обмен веществ, способствует выделению мелких камней из почек) [9].

Сущность метода магнитной обработки при умягчении состоит в том, что при пересечении водой магнитных силовых линий мигрирующий тонкодисперсный осадок (шлам) образуется не на поверхности нагрева, а в массе воды, откуда и удаляется [10]. Экспериментально установлено, что сконденсированные до размеров 0,01–0,04 мкм за счет процессов ориентации ферромагнитные частицы намагничиваются и увеличиваются до размеров, позволяющих им исполнять роль центров кристаллизации. На этих центрах происходит кристаллизация ионов CaCO_3 из пересыщенных нестабильных растворов. При отсутствии пресыщения частицы ферромагнетиков, образованные при воздействии магнитного поля, недолговечны и распадаются в течение 5–6 с при выходе из магнитного поля. Ферромагнитные

комплексы железа обычно присутствуют в воде в количестве 0,15–0,25 мг/г, чего уже достаточно для магнитной обработки воды. Данный метод эффективен при обработке воды кальциево-карбонатного класса, которая составляет порядка 80 % вод всех водоемов России и охватывает примерно 85 % ее территории. В сравнении с умягчением воды ионным обменом основными преимуществами магнитной обработки являются простота, дешевизна, безопасность, отсутствие реагентного хозяйства и сточных вод.

С целью умягчения воды применяют магнитные аппараты с постоянными стальными или ферритобариевыми магнитами и электромагнитами. Аппараты с постоянными магнитами удобны и дешевы, но напряженность поля в них невелика и нерегулируема. Более широкие возможности имеют аппараты с электромагнитами, позволяющие создавать магнитное поле с регулируемой напряженностью до 400 кА/м.

Основными параметрами аппаратов водообработки магнитным полем являются:

- напряженность магнитного поля в рабочем зазоре аппарата;
- продолжительность пребывания воды в активной зоне магнитного поля;
- градиент напряженности;
- кратность и периодичность воздействия поля на воду;
- скорость движения воды в аппарате.

При магнитной обработке на молекулы воды и примеси действует магнитное поле. Молекулы воды попадают в резонанс с разрушением кластерной структуры. Примеси освобождаются от водных кластеров и могут вступать во взаимодействие друг с другом. При этом уже в холодной воде ионы кальция начинают осаждаться на поверхности свободных примесей (в центрах кристаллизации), образуя так называемые микрокристаллы.

В работе [11] показана эффективность использования магнитной обработки воды в производстве сывороточных напитков.

Электромагнитные поля (ЭМП) оказывают на воду и водные системы комплексное воздействие, выражющееся в дроблении крупных ассоциатов молекул на более мелкие вплоть до мономолекул, измельчении кристаллов примесей, электрон-радикальной диссоциации воды с образованием гидроперекиси водорода.

В настоящее время в России выпускают два типа аппаратов для магнитной обработки воды – с постоянными магнитами и электромагнитами. Продолжительность пребывания воды в аппарате определяется ее скоростью в пределах 1–3 м/с.

Зарубежные и отечественные аппараты для обработки воды электромагнитными волнами в диапазоне звуковых частот имеют существенные преимущества перед аппаратами для магнитной обработки воды. Их отличают небольшие габариты, простота монтажа и обслуживания, экологическая безопасность, низкие эксплуатационные расходы. Значительно расширен диапазон условий их

применения, в первую очередь для воды с высокой жесткостью, отсутствуют высокие требования по общему содержанию солей, устранен эффект «привыкания» воды. Кроме того, обработанная питьевая вода сохраняет кальций и магний, которые необходимы нашему организму.

Таким образом, устройства данного типа можно использовать не только для защиты теплообменного оборудования, систем горячего водоснабжения и пр., но и для систем очистки и коммуникаций питьевой воды. Еще одно преимущество этих аппаратов – разрушение сформировавшихся ранее отложений солей жесткости в течение 1–3 месяцев.

В России используются поставляемые из-за рубежа аппараты «Water King» (фирма «Lifescience Products LTD», Великобритания), «Aqua» (фирма «Trebema», Швеция), а также аппараты отечественного производства серии «Термит» (предприятие «Экосервис Технохим»).

Для очистки воды от железа и марганца используют каталитическое окисление с последующей фильтрацией. Суть метода заключается в том, что реакция окисления железа происходит на поверхности гранул специальной фильтрующей среды, обладающей свойствами катализатора (ускорителя химической реакции окисления). Наибольшее распространение в современной водоподготовке нашли фильтрующие среды на основе диоксида марганца (MnO_2) – Birn, Greensand, Filox, Ругоюх и др. Эти фильтрующие «засыпки» отличаются между собой как своими физическими характеристиками, так и содержанием диоксида марганца, и поэтому эффективно работают в разных диапазонах значений параметров, характеризующих воду. Однако принцип их работы одинаков. Железо и – в меньшей степени – марганец в присутствии диоксида марганца быстро окисляются и оседают на поверхности гранул фильтрующей среды. Впоследствии большая часть окисленного железа вымывается в дренаж при обратной промывке. Таким образом, слой гранулированного катализатора является одновременно и фильтрующей средой. При его регенерации происходит одновременное истирание поверхности частиц и удаление накопленных загрязнений, но так как каталитический слой располагается по всему объему зерна, то это не приводит к ухудшению его свойств [9]. При эксплуатации зернистых загрузок происходит их интенсивное истирание, вследствие чего уменьшается количество материала в фильтре, поэтому его периодически необходимо подсыпать, что не всегда возможно с точки зрения технологии, к тому же постоянный унос частиц сорбента приводит к выходу из строя дренажных систем и приборов автоматики. Еще одним недостатком зернистых фильтрующих сред является их небольшая динамическая сорбционная емкость (до 0,8 г/л), т. е. окисленные коллоидные соединения железа и марганца могут проникать со временем по каналам, образованным зернами загрузки. Для обеспечения

скоростей фильтрования на уровне 10–12 м/ч необходимо обеспечить высоту зернистой каталитической загрузки не менее 0,75 м.

Наиболее эффективное решение для удаления марганца и железа – использование нового фильтрационного материала Baufilter, который по своим свойствам замещает кварцевые пески, цеолиты, марганцевые руды и их комбинации (Birn, Greensand, ОДМ-2Ф, Сорбент АС, МС).

Baufilter – высокопрочный, пористый фильтровальный материал, состоящий на 89 % из природных форм диоксида кремния, обладающий высокой стойкостью к истиранию и измельчению в процессе фильтрования. Отличается высокой эффективностью, экономичностью, простотой обслуживания систем, огромной грязеемкостью. Благодаря сферической форме значительно увеличивает пропускную способность систем фильтрации, что уменьшает давление в системе при фильтрации через Baufilter, позволяет уменьшить нагрузку на узлы и агрегаты системы фильтрации, увеличить ресурс оборудования и производительность на 31 %. Обладает уникальными свойствами самостоятельной регенерации при обратных промывках за счет многослойной накатки основного материала с размером слоев не более 60 мк. Эффективно образует внутри фильтров активную коллоидную среду. За счет пористой структуры всегда сохраняет активность сорбции даже при продолжительном использовании материала. Каталитически активные компоненты, входящие в структуру гранулы сорбента, обеспечивают эффективную работу даже при разломе и истирании поверхности материала. Baufilter доказал свою эффективность при очистке воды в Севастополе, Санкт-Петербурге, Тайге (Кемеровская область).

Другим перспективным направлением является использование фильтровально-сорбционных материалов, представляющих комбинацию базальтовых волокон и активированных бентонитовых глин [12]. Повышение сорбционной емкости фильтровально-сорбционного материала обусловлено использованием базальтовых волокон с развитой структурой, высокой удельной поверхностью и наличием прочного сцепления бентонитовой глины с базальтовыми волокнами. Высокая скорость и полнота реакции ионного обмена на поверхности предлагаемого фильтровально-сорбционного материала достигается за счет применения бентонитовой глины с содержанием монтмориллонита не менее 80 %, подвергнутой предварительной содовой активации. Большое содержание монтмориллонита обуславливает высокую ионообменную способность бентонитовой глины. Содовая активация приводит к увеличению активной поверхности монтмориллонита и скорости реакции ионного обмена, что позволяет проводить процесс очистки при высоких скоростях, при этом уменьшается склеивание частиц минерала и сольватные оболочки извлекаемых ионов тяжелых металлов хорошодерживаются на его поверхности, обеспечивая высокий эффект очистки

даже при низких концентрациях загрязняющих веществ в сточных водах.

Фильтровально-сорбционный материал Бентосорб-20 использован в системе очистки на предприятии ООО «Алтайский кондитер» и показал высокую степень очистки от марганца и железа [13].

Для снижения общего солесодержания (деминерализации) на предприятиях пищевой промышленности используют ионный обмен и мембранные методы (чаще всего обратный осмос).

Деминерализацию воды с помощью ионного обмена осуществляют путем последовательной обработки воды на катионитовом и анионитовом фильтрах. В начале процесса деминерализации первые порции обессоленной воды сливают в сборник и используют для промывки ионитов.

В загруженной катионитом колонке КУ-2-8ЧС, через которую проходит фильтрация воды сверху вниз, происходит обмен всех присутствующих в воде катионов на ионы водорода.

Из нижней части катионитовой колонны вода поступает на верх анионитовой колонны, заполненной анионитом АВ-17-8ЧС, где происходит обмен анионов сильных кислот (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-) на гидроксильные ионы (OH^-) при регенерации анионита каустической содой или на ионы CO_3^{2-} при регенерации кальцинированной содой.

Деминерализованную воду, выходящую из нижней части анионитовой колонны, собирают в сборник обессоленной воды. После истощения обменной емкости фильтров их подвергают регенерации. При этом образуются кислые сточные воды, которые сбрасывают в канализацию.

Мембранные методы очистки.

Сама идея мембранныго разделения смесей заимствована у природы, которая за миллионы лет эволюции живых организмов создала наиболее универсальный и совершенный метод транспорта и разделения с помощью полупроницаемых мембран. Современные мембранные методы подразделяются на электромембранные (электродиализ с ионообменными мембранами, электроионирование) и баромембранные (обратный осмос, ультрафильтрация, микрофильтрация). Оба процесса основываются на внешней движущей силе для поддержания непрерывного процесса разделения. В электромембранных процессах в качестве движущей силы используется градиент электрического потенциала, в баромембранных – гидравлическое давление. Разделение смесей мембранными методами, в отличие от других широко применяемых в практике методов, проводится без фазовых превращений и обычно при температуре окружающей среды. Применяемая в мембранных методах аппаратура проще, компактнее, дешевле, а сам процесс более экономичен, менее энергоемок по сравнению с другими, практически безреагентен, позволяет создать замкнутые автоматизированные циклы производств, возвратить в производство обессоленную воду и ценные компоненты стоков. Установлено, что мембранные методы – самые экологичные из всех методов разделения смесей.

Обратный осмос – процесс мембранныго разделения, состоящий в преимущественном проникновении через полупроницаемую мембрану растворителя под действием давления, превышающего осмотическое давление раствора. В основе метода лежит явление осмоса – самопроизвольного перехода растворителя через полупроницаемую перегородку в раствор. К обратному осмосу относятся процессы, в которых мембрана задерживает частицы эффективным диаметром 0,1–1 нм. Мембранны для обратного осмоса пропускают растворитель, но задерживают на своей поверхности молекулы и ионы растворенных веществ, поэтому могут быть использованы лишь в процессах орошения и обессоливания. Давление, необходимое для проведения процесса обратного осмоса, составляет 3–10 МПа.

В процессе обратного осмоса вода и растворенные в ней вещества разделяются на молекулярном уровне. При этом с одной стороны мембранны накапливается практически идеально чистая вода, а все загрязнения остаются по другую ее сторону. Таким образом, обратный осмос обеспечивает гораздо более высокую степень очистки, чем большинство традиционных методов фильтрации, основанных на удалении механических частиц и адсорбции ряда веществ с помощью активного угля.

Эффективность обратноосмотических мембран в основном характеризуется производительностью Q и селективностью ϕ .

Высокими рабочими характеристиками обладают мембранны, изготовленные из ацетилцеллюлозы, ацетона и раствора перхлората магния, полиамидов, ароматических полисульфонов.

В современные обратноосмотические установки входит система орошительных аппаратов, схемы совместной работы которых выбираются в зависимости от качества исходной воды, конструкции аппаратов и стоимости электроэнергии.

Отечественной промышленностью выпускаются установки «Енисей» (группы компаний «Национальные водные ресурсы»), группы «Техмаш» (Екатеринбург), водоподготовительные комплексы «КОВМ» (Майкоп) и «Аква» (Москва). Комплексы полностью адаптированы к отечественным условиям водоснабжения и по алгоритмам управления, степени автоматизации, функциональным возможностям, применяемым материалам и технологиям сопоставимы с лучшими зарубежными образцами [14].

К настоящему времени тамбовский завод «Комсомолец», ЗАО «Мембранны» и ряд других предприятий организовали производство отечественных комплектных систем водоподготовки для ликероводочной и других отраслей пищевой промышленности, соответствующих современному мировому уровню. Аналогичного назначения установки «ШарьЯ-П» выпускаются НПП «Биотех-прогресс» (г. Кириши). Основными недостатками эксплуатации обратноосмотических установок являются повышенные требования к качеству

исходной воды и необходимость регенерации мембран. В зависимости от качества исходной воды и режима эксплуатации установок регенерацию проводят 1–6 раз в год 1–2 % растворами органических кислот.

В последние годы на предприятиях пищевой промышленности для получения высокочистой воды начали использовать электродиализ [15].

В основе электромембранных процессов лежит электродиализ – перенос ионов через мембрану под действием электрического поля, приложенного к мемbrane. Современные теоретические представления о механизме электродиализа базируются на принципах термодинамики необратимых процессов. Электродиализ является сложным процессом, в котором сочетаются явления электролиза, диализа и электроосмоса. Он основан на способности ионообменных мембран избирательно пропускать катионы и анионы. Указанное свойство ионообменных мембран объясняется тем, что в области разбавленных растворов высокая концентрация фиксированных ионов в ионообменных мембранах препятствует проникновению из раствора в мембрану ионов, заряженных одноименно с фиксированными. Поэтому в разбавленных растворах ионообменные мембранны проницаемы только для противоионов. Ионообменные мембранны представляют собой ионообменный материал, имеющий форму гибких листов и пластин. Гетерогенные мембранны – это композиция тонкодисперсного порошка ионита с пластичным полимером. Ионит и полимер образуют две непрерывные фазы. Роль полимера сводится к фиксации частиц, которые обеспечивают однополярную проводимость системы.

По виду переносимых ионов различают следующие виды мембранны. Катионитовые мембранны содержат отрицательно заряженные фиксированные группы, и поэтому ток через эти мембранны переносится преимущественно катионами. Анионитовые мембранны имеют положительно заряженные фиксированные группы и пропускают предпочтительно анионы. Универсальные мембранны проницаемы для ионов одного знака заряда независимо от его величины. В зарядселективных мембранных ток переносится преимущественно ионами определенного знака и определенной величины заряда.

Биполярные мембранны состоят из двух слоев – катионитового (К) и анионитового (А). Иногда между ними помещают третий слой, который играет роль катализатора реакции диссоциации воды. Если эти мембранны включать так, чтобы ток был направлен от анионитового слоя к катионитовому ($A \rightarrow K$), то их можно использовать в качестве генераторов ионов водорода и гидроксида. Через полубиполярные мембранны ток переносится в основном тремя видами ионов: противоионами основной мембранны (катионо- или анионообменной) и ионами водорода и гидроксила, генерируемыми на границе раздела основной мембранны и модифицирующего слоя.

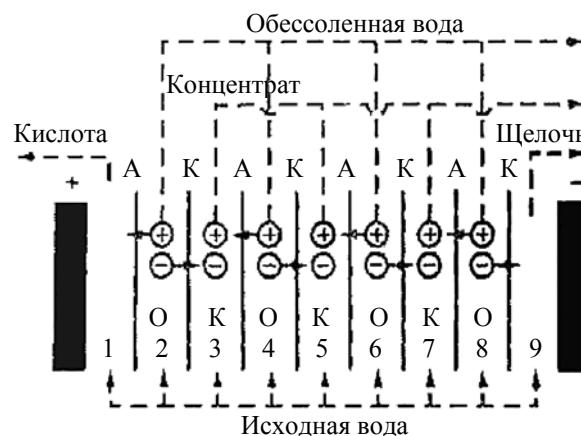


Рисунок 1 – Схема многокамерного электродиализатора с катионо- (К) и анионообменными (А) мембранными

Figure 1 – Scheme of multi-chamber electrodialyzer with cation-exchange (K) and anion-exchange (A) membranes

По типу фиксированных ионов различают следующие монополярные мембранны (в скобках указана природа фиксированного иона): сильноакислотные ($-SO_3^-$); слабоакислотные ($-COOH$, $-OH$, $-H_2PO_4^-$); сильноосновные $\equiv N^+$; слабоосновные $-NH_3^+$, $=NH_2^+$ и др.; амфотерные (содержат кислотные и основные группы различной силы).

Отечественной промышленностью освоен выпуск мембранны: МК-40, МК-40Л, МК-41, МК-42, МНК, МК-100М, МА-40, МА-41, МА-41Л, МБ-1, МБ-2, МБ-3, МБ-4.

Сущность обработки растворов электродиализом в многокамерном аппарате заключается в том, что под действием электрического поля катионы и анионы электролита мигрируют, соответственно, через катионо- и анионообменные мембранны по направлению к катоду и аноду (рис. 1). Перенос электролитов осуществляется из четных камер в нечетные. Миграции катионов из нечетных камер в четные препятствуют анионитовые, а миграции анионов – катионитовые мембранны. Таким образом, в четных камерах происходит деминерализация раствора, в нечетных – его концентрирование. В результате исходный раствор можно разделить на два потока – обессоленный (дилуат) и концентрированный (рассол). В электродных камерах будет происходить разряд соответствующих ионов, при этом в катодной камере раствор подщелачивается, в анодной – подкисляется. Эффективность электродиализа зависит от свойств применяемых мембранны. Мембранны должны обладать малой скоростью свободной диффузии, низкой осмотической проницаемостью при высокой ионной селективности и высокой электрической проводимости.

Вода, подаваемая на электродиализ, должна соответствовать определенным требованиям, обусловленным тем, что многие вещества, для которых ионообменные мембранны непроницаемы, осаждаются в камерах аппарата, увеличивая их электрическое и гидродинамическое сопротивление. «Отравление» ионообменных мембранны производится чаще всего веществами, находящимися в кол-

лоидном состоянии, и веществами, имеющими малую подвижность в фазе ионита [16]. В связи с этим большинство исследователей считают, что основной задачей подготовки воды перед электродиализом является возможно полное удаление этих примесей. При эксплуатации электродиализных опреснительных установок рекомендуется поддерживать следующий состав воды, подаваемой в электродиализатор: окисляемость, мг О₂/дм³: 3–5; содержание взвешенных веществ, мг/дм³: 1–2; содержание железа и марганца (суммарное), мг/дм³: 0,05.

Технология подготовки воды перед электродиализом должна рассматриваться в каждом конкретном случае отдельно. На практике наибольшее распространение получила схема, включающая хлорирование воды, коагуляцию (с последующим отстаиванием и фильтрацией) и ионный обмен.

При электродиализе возможно образование осадков в камерах. Чаще всего осадок образуется в камере концентрирования, так как именно здесь, в «принимающих» слоях около мембран, достигается максимальная концентрация ионов, образующих труднорастворимые соединения. Для борьбы с образованием осадков в камерах электродиализаторов наиболее часто применяют подкисление рассола, реверс тока, ионообменное умягчение опресняемой воды, изъятие дефектных рамок, периодическую разборку аппарата с чисткой и заменой мембран, интенсивную рециркуляцию раствора.

В настоящее время налажено производство электродиализных аппаратов различной производительности, предназначенных для получения высококачественной воды: серия LX-X («Центр водных технологий», Москва), ЭДС-0,5 (ИНХ СО РАН, Новосибирск), ЭДУ (ОАО «Тамбовмаш», Тамбов).

Для пищевой промышленности центром «Мембранные технологии» при КубГУ г. Краснодар освоен выпуск электромембранных комплексов ЭМК-01, ЭМК-05, ЭМК-1, включающих электродиализные аппараты (табл. 5).

Таблица 5 – Основные технико-экономические характеристики электромембранных комплексов

Table 5 – Main technical and economic characteristics of electromembrane complexes

Марка установки	ЭМК-01	ЭМК-05	ЭМК-1
Производительность по деионизованной воде, л/ч, не менее	100	500	1000
Потребление воды, л/ч, не более	120	600	1200
Занимаемая площадь, кв. м	0,7	2,0	4,0
Потребляемая мощность, кВт	0,3	1,0	2,0
Стоимость, у. е.	4000	8000	10 000

Состав установок:

- Блок предподготовки исходной воды: аппарат для электрохимического умягчения воды с нерастворимыми электродами, ионообменными мембранными и насадкой ионообменного материала в псевдоожженном состоянии.
- Блок электромембранный очистки и кондиционирования воды: электродиализаторы с ионообменными гранулами в камерах обессоливания толщиной в одно зерно и электродиализаторы с профицированными мембранными.
- Блок контроля и автоматики.

Основные технические показатели установок:

- Производительность: 20, 50, 100, 500, 1000, 10 000 л/ч.
- Электропитание: однофазное – 220 В.
- Удельные энергозатраты: не более 3 кВт·ч/м.
- Режим работы: непрерывный.
- Исходная вода: водопроводная:
 - химические показатели: согласно ГОСТ-2761-84;
 - сетевое давление: 1–2 атм;
 - оптимальная температура: 15–35 °C;
 - диапазон обессоливаемых растворов: от 1000 до 0,1 мг/дм³.
- Расход воды на собственные нужды: не более 25 %.
- Потребление химических реагентов: нет.
- Готовый продукт: вода деионизованная.

Дополнительно поставляемое оборудование:

- Буферная емкость с водоподогревателем и насосом необходимой производительности.
- Накопительная емкость с системой транспортирования и раздачи деионизированной воды.
- Блок стерилизующей фильтрации (для медицинских и фармацевтических производств).
- Электрические преобразователи для адаптации к любому стандарту электроснабжения (трехфазное напряжение, однофазное напряжение 127/220 В, частота 50/60 Гц, постоянное напряжение 24/27 В, напряжение с высоким уровнем пульсаций).

Получаемая вода соответствует нормативному документу: РД «Производственно-технологический регламент на производство водок и ЛВИ» ТР 10-04-03-09-88, 1990, Ч. 1.

Установки внедрены на ряде ликеро-водочных предприятий Краснодарского края.

Очистка от органических примесей.

Природная вода, как правило, содержит фенол. Взаимодействуя с хлором при первичном хлорировании воды, он частично превращается в хлорфенол. В летний период за счет спада высшей растительности и отмирания планктона, особенно низших водорослей и лучистых грибков, в поверхностных водоемах появляется хлороформ. Более того, хлороформ и другие галогенсодержащие органические соединения образуются в процессе водоподготовки на стадии хлорирования при взаимодействии хлора с гумусовыми веществами. Побочные продукты обработки природной воды хлорагентами помимо токсичного и канцерогенного действия могут взаимодействовать с основными компонентами

пищевых продуктов, снижая их безопасность и качество. Вода, содержащая органические контаминанты, не может быть использована для питьевых целей и в производстве продуктов питания без дополнительной очистки.

На предприятиях пищевой промышленности для глубокой очистки воды используют в основном обратноосмотические установки. Однако следует отметить, что фенол недостаточно хорошо (до 65 %) задерживается даже высокоселективными обратноосмотическими мембранами из-за растворения и диффузии в полимерной матрице [17]. Также плохо удаляется хлороформ, а дихлорметан практически не удаляется [18].

Наиболее эффективным методом очистки водных растворов с низким содержанием органических веществ является адсорбция.

Метод адсорбции базируется на физических свойствах некоторых твердых тел с ультрамикроскопической структурой селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты газовой смеси.

В общем случае причина адсорбции – нескомпенсированность межмолекулярных сил вблизи этой поверхности, т. е. наличие адсорбционного силового поля. Тело, создающее такое поле, называется адсорбентом, вещество, молекулы которого могут адсорбироваться, – адсорбтивом, уже адсорбированное вещество – адсорбатом. Процесс обратной адсорбции называется десорбцией.

Природа адсорбционных сил может быть весьма различной. Если это вандерваальсовы силы, то адсорбция называется физической, если валентные (т. е. адсорбция сопровождается образованием поверхностных химических соединений) – химической, или хемосорбцией. Отличительные черты хемосорбции – необратимость, высокие тепловые эффекты (сотни кДж/моль), активированный характер. Между физической и химической адсорбцией существует множество промежуточных случаев (например, адсорбция, обусловленная образованием водородных связей). Возможны также различные типы физической адсорбции: наиболее универсально проявление дисперсионных межмолекулярных сил притяжения, т. к. они приблизительно постоянны для адсорбентов с поверхностью любой химической природы (так называемая неспецифическая адсорбция). Физическая адсорбция может быть вызвана электростатическими силами (взаимодействие между ионами, диполями или квадрупольями). При этом адсорбция определяется химической природой молекул адсорбтива (так называемая специфическая адсорбция). Значительную роль при адсорбции играет геометрия поверхности раздела: в случае плоской поверхности говорят об адсорбции на открытой поверхности, при слабо или сильно искривленной поверхности – об адсорбции в порах адсорбента.

Адсорбция зависит от особенностей строения молекул растворенного вещества, таких как длина цепи, структура кольца, расположение и природа заместителей ароматического кольца, наличие полярных групп, физическое состояние молекул в растворе.

Одним из определяющих факторов адсорбции органических веществ является растворимость, которая связана с природой органического соединения, размерами и конфигурацией молекул и наличием функциональных групп, способных образовывать водородные связи. Чем больше величина растворимости, тем меньше снижение мольной свободной энергии по абсолютному значению и тем более низкой величины адсорбции следует ожидать.

Растворитель влияет на процесс адсорбции в трех направлениях, связанных с его взаимодействием: с растворенным веществом в растворе, с адсорбентом и адсорбатом. Изучение структуры растворителя позволяет получить информацию, которая помогает интерпретировать данные, полученные при исследовании процесса адсорбции.

При увеличении температуры раствора наблюдается наложение двух факторов: экзотермичности процесса адсорбции и изменения растворимости избирательно адсорбирующегося компонента. Отмечается, что эффект изменения адсорбции вследствие изменения растворимости вещества является доминирующим по сравнению с эффектом, обусловленным экзотермическим характером адсорбции.

Природа адсорбента определяет пористую структуру и состав функциональных групп на поверхности адсорбента, что, в свою очередь, оказывает влияние на тип взаимодействия между извлекаемым веществом и адсорбентом (табл. 6, 7) [19].

Таблица 6 – Параметры пористой структуры промышленных углей

Table 6 – Parameters of the industrial-grade activated carbons pore structure

Образец	$S_{\text{микро}}$, м ² /г	V_S , см ³ /г	$V_{\text{микро}}$, см ³ /г	$V_{\text{мезо}}$, см ³ /г
СКД-515	404	0,561	0,359	0,202
АГ-ОВ-1	369	0,459	0,218	0,241
БАУ	586	0,455	0,352	0,103
АГ-3	490	0,34	0,27	0,06
АБГ	–	0,260	0,020	0,240
КсАУ	1418,7	0,73	0,62	0,11
Пуролат-Стандарт	–	0,07	0,07	–
КАД-йодный	580	0,38	0,29	0,09
АГ-5	554	0,60	0,46	0,14

1 Таблица 7 – Состояние поверхности активных углей

Table 7 – Activated carbons surface condition

АУ	Количество кислородсодержащих групп, ммоль-экв/г			
	-ОН фенольный	-COOH _{сильн} карбоксильный	-COO- лактонный	>C = O
СКД-515	0,181	–	0,157	2,13
АГ-ОВ-1	0,213	0,032	0,078	2,08
АГ-3	0,321	0,035	0,039	
АБГ	0,130	0,020	0,040	3,70
КсАУ	0,194	0,090	0,060	
Пуролат-Стандарт	0,218	–	0,022	0,63
АГ-5	0,172	0,03	0,156	2,07

Таблица 8 – Параметры адсорбции органических веществ

из водных растворов наиболее часто используемыми в практике активными углеми

Table 8 – Adsorption parameters of organic substances from aqueous solutions with activated carbons frequently used in practice

Марка угля	Тип уравнения							
	Фрейндлиха		Ленгмюра		БЭТ		Дубинина – Радушкевича	
	1/n	b, ммоль/г	a _m , ммоль/г	a _m , ммоль/г	-Q, кДж/моль	a _m , ммоль/г	E ₀ , кДж/ммоль	W, дм ³ /кг
хлороформ								
АГ-ОВ-1	–	–	–	–	–	6,5	10,1	0,1892
СКД-515	0,67	2,27	6,26	5,53	8,77	7,2	10,1	0,2475
АГ-3	0,39	2,63	5,27	4,6	10,13	6,8	10,0	0,1129
БАУ	–	–	–	–	–	8,0	10,4	0,3218
фенол								
АГ-ОВ-1	–	–	3,06	2,5	14,9	3,5	14,8	0,31
СКД-515	–	–	2,75	2,689	15,55	3,822	13,73	0,356
АГ-3	–	–	1,69	2,5	13,1	2,7	15,2	0,25
БАУ	–	–	3,48	3,46	13,046	4,614	12,896	0,477
хлорфенол								
АГ-ОВ-1	1,046	1,037	6,15	5,85	11,93	12,5	9,47	0,5038
СКД-515	0,372	1,346	5,25	4,77	10,48	4,254	14,24	0,4428
АГ-3	0,686	1,603	5,93	6,15	11,98	8,49	11,79	0,5153
БАУ	0,714	1,617	7,41	7,07	11,84	8,84	12,46	0,6766

Важной характеристикой любого адсорбента является его емкость. Емкость адсорбента характеризует количество примесей, которые могут быть удалены из воды одним литром или килограммом сорбента (табл. 8).

Установлено, что максимальная адсорбция органических веществ из водных растворов активными углями изменяется в следующей последовательности [20, 21]: хлороформа – СКД-515 > АГ-3 > АГ-ОВ-1 > БАУ; фенола – БАУ > СКД-515 > АГ-ОВ-1 > АГ-3; хлорфенола – БАУ > АГ-ОВ-1 > АГ-3 > СКД-515.

Сорбенты используются для удаления органических веществ, хлора, корректировки вкуса, запаха. В водоподготовке чаще всего используется гранулированный активный уголь, представляющий собой гранулы угля различного происхождения (антрацита, угля, полученного из скорлупы кокосовых орехов, древесины и т. д.), обработанного горячим водяным паром в специальных условиях для создания развитой системы пор.

Исследования последних лет показывают, что традиционные сорбенты могут быть заменены (например, для очистки воды от фенолов) на полученные из природного сырья и отходов производств.

В частности, известны материалы на основе древесных опилок, отходов переработки гречихи, подсолнечника, риса и др. Использование их является весьма перспективным, поскольку при этом одновременно решаются две задачи: очистка воды и утилизация объемных отходов [22].

Важнейшей стадией процесса сорбционной очистки является регенерация сорбентов. Адсорбированные вещества извлекают десорбцией насыщенным и перегретым паром либо нагретым инертным газом. Регенерацию можно осуществлять растворами оснований, кислот, полярных растворителей в зависимости от характера сорбированных молекул.

Достоинствами этого метода являются возможность адсорбции веществ многокомпонентных систем и рекуперации этих веществ, высокая эффективность очистки (80–90 %), возможность многократного использования сорбентов. Недостатки – эффективен для очистки лишь малоконцентрированных растворов (до 1 г/дм³).

Для обеззараживания воды в пищевой промышленности используют хлорирование и УФ-облучение. Сегодня внедряются в практику водоподготовки более современные методы.

Радиолиз.

Радиолиз предполагает воздействие на воду электронов с высокой энергией (300–500 кЭВ). Под

действием ионизирующего излучения в воде происходит радиолиз, в результате образуются электроны, ионы или нейтральные частицы, имеющие неспаренный электрон (свободные радикалы), атомы водорода, которые обладают высокой химической активностью и быстро вступают в химические реакции. Радикалы OH инициируют окислительное разложение загрязняющих веществ, а гидратированные ё и H – восстановительное разложение. Особенность химических реакций под действием излучения состоит в том, что химическое взаимодействие заменяется взаимодействием молекул с валентненасыщенными частицами (атомами, радикалами, ионами) и этих частиц между собой. Это существенно ускоряет протекание химических реакций, которые определяют процессы очистки от загрязнений. Для радиационно-химических процессов характерны высокие скорости. Эти процессы могут происходить при более низких температурах, когда аналогичные обычные реакции не идут. Другим важным преимуществом радиационной технологии является универсальность воздействия ионизирующего излучения практически на любые компоненты, которых в реальных водах достаточно много. Ионизирующее излучение оказывает комплексное действие на обрабатываемую воду: одновременно с разложением органических и неорганических загрязнений ускоряются седиментация и коагуляция, устраняются цветность и запах, снижаются величины химического и биологического потребления кислорода. Кроме того, ионизирующее излучение обладает стерилизующим действием. Радиационная обработка, как правило, приводит не только к разложению загрязняющих веществ, но и к обеззараживанию облучаемой воды [9].

Исследования на природной воде показали, что при дозе порядка 0,1 Мрад происходит обесцвечивание, дезодорация и обеззараживание питьевой воды, полное устранение запаха и значительное уменьшение вирусных интоксикаций в воде до регламентируемого уровня.

Кавитация.

Кавитация (от лат. *cavitas* – пустота) – образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных газом, паром или их смесью. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении ее скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация). Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырек захлопывается, излучая при этом ударную волну. Для кавитационного явления нужна поверхность образования кавитационных «пузырей». Этой поверхностью являются нечистоты на стенках водосборника и примеси, содержащиеся в жидкости, при этом скорость водного потока должна быть более 20–25 м/с. На развитие и

интенсивность кавитации большое влияние оказывают внешние условия и свойства жидкости. При кавитации в дегазированной жидкости в кавитационные пузырьки поступает меньшее количество воздуха, чем в отстоявшейся, что приводит к уменьшению демпфирующего эффекта парогазовой смеси в пузырьке при его смыкании и возрастании давления в ударной волне. Дегазация жидкости приводит к уменьшению области кавитации с одновременным увеличением интенсивности ударной волны, создаваемой кавитационными пузырьками. При повышении температуры давление внутри пузырька, определенное давлением пара и газа, увеличивается и ударная волна ослабляется, что приводит к росту кавитационной области. Увеличение гидростатического давления вызывает уменьшение времени захлопывания пузырька и увеличение интенсивности ударных волн. Модель физико-химических процессов, происходящих в кавитационном пузырьке и прилегающем к нему объеме жидкости, представляют в следующем виде. В кавитационную полость могут проникать пары воды, растворенные газы, а также вещества с высокой упругостью пара, и не могут проникать ионы или молекулы нелетучих растворенных веществ. Выделяющейся в процессе схлопывания пузырька энергии достаточно для возбуждения, ионизации и диссоциации молекул воды, газов и веществ с высокой упругостью пара внутри кавитационной полости. На этой стадии любой из присутствующих газов является активным компонентом, участвуя в передаче энергии возбуждения, перезарядке и других процессах.

Кавитацию можно отнести к безреагентным методам обработки воды. Перспективным представляется использование кавитации для обеззараживания воды. На эффективность кавитации не влияет ни мутность, ни солевой состав воды, ни цветность. При кавитационном воздействии разрушаются коллоиды и частицы, внутри которых могут содержаться бактерии. Тем самым болезнесторные организмы лишаются защиты перед другими химическими и физическими воздействиями. Бактерицидное действие кавитации прямо пропорционально ее интенсивности, скорости потока и числу ступеней возбудителей кавитации. При оценке экономических затрат различных методов обеззараживания путем сравнения условной единицы объема питьевой воды, кавитация оказывается самым дешевым способом. Затраты на кавитационную стерилизацию равны 162 у. е., УФ-обработку – 261 у. е., хлорирование – 482 у. е., озонирование – 1600 у. е.

Кавитация способна не только убивать микробы. Она способна дробить и крупные молекулы органики, поскольку именно они являются центрами образования кавитационных пузырьков и точно так же, как и микробы, являются центрами «схлопывания» кавитационных пузырьков. По размеру микробы и крупные молекулы органики очень похожи, особенно размеры молекул тяжелых нефтепродуктов.

Кавитационная обработка использована в исследовании по подготовке воды для восстановления сухого молока [11].

Адвансионные технологии.

Повышенные требования к качеству питьевой воды и постоянно растущее техногенное загрязнение как поверхностных, так и подземных источников требует использования новых технологий водоподготовки, позволяющих существенно повысить качество очистки воды и при этом не вносить в воду дополнительного загрязнения, вызванного добавлением химических реагентов [23].

Перспективным направлением в системах водоочистки является применение адвансионных окислительных технологий (AOT), которые представляют совокупность методов, позволяющих производить естественные окислители (в первую очередь гидроксильные радикалы) в объеме или на поверхности воды, участвующие в удалении примесей в процессах очистки и обеззараживания воды. Как показывают исследования, в процессе многофакторной обработки суммарная эффективность воздействия на воду получается выше, чем при воздействии каждым из факторов в отдельности, т. е. проявляется синергический эффект. По мнению независимых экспертов, среди новых технологий по обработке и обеззараживанию воды наиболее перспективными являются окислительные фотохимические технологии – Advanced Oxidation Processes (AOP). AOP включают методы одновременного воздействия УФ-излучения и естественных для природной среды окислителей (оzone, перекиси водорода и др.), а также применение импульсного электрического разряда в многофазной среде. Развитием окислительных методов стали методы «усиленного окисления». Их общими чертами является использование эффекта одновременного воздействия окислителя и катализатора, окислителя и действующего «актиничного» света, а также совместное действие окислителя, катализатора и света. Это приводит к так называемому «синергическому» или мультиплекативному эффекту, когда действие различных агентов не складывается, а умножается. Результатом является многократное (в тысячи и более раз) ускорение реакции деструкции и принципиальное уменьшение селективности.

К адвансионным окислительным технологиям относят:

1. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{УФ}$ – технология PEROX PURE (80 установок в США и Европе).
2. УФ + O_3 + катализаторы.
3. УФ + O_3 + H_2O_2 – технология UL TROX (30 установок в США).
4. Электроразрядные технологии (более 70 установок в России).
5. Ультразвук + УФ – технология CAVOX.

Эти технологии применимы для обезжелезивания, деманганации, деструкции органических соединений, обеззараживания.

Технологические схемы производства бутилированной воды в зависимости от природы и

содержания примесей используют различные комбинации методов подготовки воды.

Технологическая схема водоподготовки для производства бутилированной воды, введенная в эксплуатацию в Геленджикском районе (источник водоснабжения – артезианская вода), включает следующие стадии:

- обработка на зернистом фильтре, задерживающем взвешенные вещества;
- обессоливание обратным осмосом;
- химическая промывка мембранных модулей;
- обеззараживание УФ-излучением.

Технологическая схема водоподготовки предприятия по производству бутилированной воды в Липецке (источник водоснабжения – артезианская вода, особенность – наличие в воде бора и аммония) включает следующие стадии:

- обработка на зернистом фильтре, задерживающем взвешенные вещества;
- очистка от органических веществ на фильтрах, загруженных активным углем;
- фильтрация воды на фильтрах тонкой очистки рейтингом 0,45 мкм;
- обеззараживание УФ-излучением;
- обессоливание обратным осмосом.

Технологическая схема водоподготовки предприятия по производству бутилированной воды первой категории качества, компании «Чистая вода» (Кемерово) (источник водоснабжения – артезианская вода, содержащая не более: 6,2 ммоль/дм³ солей жесткости, 0,8 мг/дм³ железа, 0,35 мг/дм³ марганца, до 0,003 мг/дм³ фенола.

Артезианская вода, очищенная от механических примесей на песочном фильтре, проходит пять ступеней обработки:

- обработка воды на фильтре с загрузкой алюмосиликатным полифункциональным адсорбентом (ОДМ), изготовленным из экологически чистого минерального сырья, защищающим воду от возможной взвеси и механических примесей;
- обработка на каталитической загрузке Вигм, приводящей в соответствие с гигиеническими нормативами содержание в воде железа и марганца;
- обработка на фильтре с активным углем, улучшающим органолептические показатели питьевой воды (вкус, запах, цвет) и удаляющим фенол;
- обработка на фильтре-умягчителе, очищающем воду от избытка ионов кальция и магния;
- заключительная защитная фильтрация воды на фильтрах тонкой очистки до 5 мкм.

С целью обеспечения микробиологической стабильности питьевая вода после водоподготовительной установки поступает на ультрафиолетовый стерилизатор, где подвергается воздействию ультрафиолетового излучения.

На предприятии ООО «Хрустальное» (Кемерово) источник водоснабжения – артезианская вода, содержащая не более 0,05 мг/дм³ сероводорода, и 0,005 мг/дм³ фенола.

Технологическая схема очистки воды до требований к расфасованной воде высшей категории качества включает следующие стадии:

- дегазация-аэрация, удаление сероводорода происходит в пленочном дегазаторе в процессе контакта поверхностей соприкосновения вода – воздух;
- электроразрядная обработка водовоздушной смеси, приводящая к окислению органических соединений и насыщению воды кислородом;
- очистка на зернистых фильтрах (дробленый кварц), задерживающих продукты окисления и взвешенные вещества;
- доочистка от органических соединений (фенола, продуктов его окисления) на фильтрах, загруженных активным углем АГ-ОВ-1;
- обеззараживание УФ-излучением.

Анализ состояния проблемы подготовки воды на предприятиях пищевой промышленности на основании материалов доступных источников показал, что большинство предприятий используют воду системы централизованного хозяйствственно-питьевого водоснабжения, при необходимости проводят умягчение ионным обменом, причем образующиеся при регенерации промывные воды с концентрацией сильной соляной кислоты 2 % сбрасывают в канализацию. Альтернативой этому методу может быть магнитная обработка. Метод безреагентный, экологичный, аппараты для его реализации проще, компактнее и дешевле. В случае использования подземных вод повсеместно применяется классическая технология удаления

железа – аэрация. Технология трудоемка и неэкологична. Сегодня, когда выпускаются каталитические сорбенты, логично заменить аэрацию каталитическим окислением с использованием, например, фильтрационного материала Baufilter, производимого отечественными предприятиями. Редко используется адсорбция на активных углях, несмотря на то, что этот метод обеспечивает полное удаление органических соединений, в том числе и образующихся в процессе подготовки питьевой воды на стадии хлорирования. В производствах алкогольных и безалкогольных напитков для подготовки воды заметно чаще стали использовать озонирование. Наиболее совершенные технические решения по подготовке воды из подземных источников имеют место в технологических схемах предприятий ликеро-водочной отрасли (завод «Кристалл», Калуга) и в производстве пива (ОАО «Барнаульский пивоваренный завод», «Ставропольский пивоваренный завод»), но в целом ситуация в области водоподготовки сложная, технологии нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

Следует отметить, что научные, проектные организации, например ЗАО «НПК Медиана-Фильтр», производители оборудования для водоподготовки, например ООО «Альтаир», и другие активно работают в этом направлении.

Список литературы

1. Борисов, Б. А. Водоподготовка в производстве пищевых продуктов и напитков / Б. А. Борисов, Е. Ю. Егорова, Р. А. Зайнуллин. – СПб. : Профессия, 2014. – 398 с.
2. Бредихин, С. А. Технология и техника переработки молока / С. А. Бредихин, Ю. В. Космодемьянский, В. Н. Юрин. – М. : КолосС, 2003. – 400 с.
3. Голубева, Л. В. Справочник технолога молочного производства / Л. В. Голубева. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 272 с.
4. Корчагин, В. И. Зависимость свойств полуфабрикатов и готовых изделий от химического состава воды / В. И. Корчагин // Хлебопечение России. – 1999. – № 6. – С. 22–23.
5. Мазур, П. Я. Вода в приготовлении хлеба / П. Я. Мазур, И. Н. Янцева // Хлебопечение России. – 2002. – № 6. – С. 30–32.
6. Меледина, Т. В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т. В. Меледина. – СПб. : Профессия, 2003. – 304 с.
7. Сомин, В. А. Умягчение подземных вод с использованием нового сорбента на основе бентонитовых глин / В. А. Сомин, Л. В. Куртукова, Л. Ф. Комарова // Экология и промышленность России. – 2015. – № 1. – С. 30–33.
8. Банников, В. В. Электромагнитная обработка воды: прибор «Термит» / В. В. Банников // Экология производства. – 2004. – № 4. – С. 25–32.
9. Краснова, Т. А. Экспертиза питьевой воды. Качество и безопасность / Т. А. Краснова, В. П. Юстратов, В. М. Позняковский. – М. : ДеЛи принт, 2011. – 280 с.
10. Рябчиков, Б. Е. Современная водоподготовка / Б. Е. Рябчиков. – М. : ДеЛи плюс, 2013. – 680 с.
11. Эль Могази, А. Х. Нетрадиционные способы водоподготовки в производстве сывороточных напитков / А. Х. Эль Могази // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 4. – С. 72–77.
12. Пат. № 2345834 Российская Федерация, МПК B01J20/16, B01D39/06. Способ получения фильтровально-сорбционного материала / Кондратюк Е. В., Комарова Л. Ф., Лебедев И. А., Сомин В. А.; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – № 2007128249/15 ; заявл. 23.07.2007 ; опубл. 10.02.2009.
13. Применение новых сорбционных материалов и оборудования для водоподготовки в пищевой промышленности / В. О. Буравлев [и др.] // Ползуновский вестник. – 2011. – № 3/2. – С. 188–191.
14. Современные отечественные конкурентоспособные обратноосмотические, нанофильтрационные и микрофильтрационные мембранные элементы, установки и технологии для ликероводочной и спиртовой промышленности / В. Л. Кудряшов [и др.] // Критические технологии. Мембранны. – 2004. – № 3 (23). – С. 21–31.
15. Escudier, J.-L. New physical techniques for the treatment of wine: electrodialysis / J.-L. Escudier // Vinidea.net-Wine internet technical journal. – 2002. – № 4, article 4 of 5.

16. Краснова, Т. А. Электромембранные процессы в водоподготовке / Т. А. Краснова. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 1992. – 128 с.
17. Cooper, C. An investigation of catalytic ozonation for the oxidation of halocarbons in drinking water preparation / C. Cooper, R. Burch // Water research. – 1999. – Vol. 33, № 18. – P. 3695–3700.
18. Mitsuyuki, M. Kiyoshi, K. Kagaku to Kogyo [Science and Industry]. – 2002. – Vol. 76, № 9. – P. 421–430.
19. Краснова, Т. А. Разработка адсорбционных процессов подготовки воды для пищевых производств в промышленно развитых регионах / Т. А. Краснова, И. В. Тимошук. – Кемерово : КемТИПП, 2014. – 212 с.
20. The choice of sorbent for adsorption extraction of chloroform from drinking water / T. A. Krasnova [et al.] // Foods and Raw materials. – 2017. – Vol. 5, № 2. – P. 189–196. DOI 10.21179/2308-4057-2017-2-189-196.
21. Краснова, Т. А. Использование адсорбции для снижения загрязнения водных ресурсов / Т. А. Краснова, А. К. Горелкина, М. П. Кирсанов // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22 (1). – С. 44–49.
22. Бетц, С. А. Очистка воды от фенола и его производных на материалах из растительного сырья / С. А. Бетц, В. А. Сомин, Л. Ф. Комарова // Ползуновский вестник. – 2014. – № 3. – С. 243–245.
23. Очистка природных вод от органических примесей сочетанием озонирования с УФ-облучением / В. В. Гончарук [и др.] // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26, № 1. – С. 34–49.

References

1. Borisov B.A., Egorova E.Yu., Zaynulin R.A. *Vodopodgotovka v proizvodstve pishchevykh produktov i napitkov* [Water Preparation in Food and Beverage Production]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2014. 398 p.
2. Bredikhin S.A., Kosmodem'yanetskiy Yu.V., Yurin V.N. *Tekhnologiya i tekhnika pererabotki moloka* [Milk Processing Techniques and Technology]. Moscow: KolosS Publ., 2003. 400 p.
3. Golubeva L.V. *Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva* [Dairy Production Engineer Reference Book]. St. Petersburg: GIORD Publ., 2005. 272 p.
4. Korchagin V.I. *Zavisimost' svoystv polufabrikatov i gotovykh izdeliy ot khimicheskogo sostava vody* [Effect of Water Composition on the Properties of Semi-Finished and Ready Products]. *Khlebopecheniye Rossii* [Baking in Russia], 1999, no. 6, pp. 22–23.
5. Mazur P.Ya., Yansheva I.N. *Voda v prigotovlenii khleba* [Water in Bread Production]. *Khlebopecheniye Rossii* [Baking in Russia], 2002, no. 6, pp. 30–32.
6. Meledina T.V. *Syr'yo i vspomogatel'nyye materialy v pivovarenii* [Raw Materials and Auxiliary Substances in Brewing]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2003. 304 p.
7. Somin V.A., Kurtukova L.V., Komarova L.F. *Umyagcheniye podzemnykh vod s ispol'zovaniyem novogo sorbenta na osnoye bentonitovykh glin* [Groundwater Softening Using New Sorbent Based on Bentonite Clays]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2015, no. 1, pp. 30–33.
8. Bannikov V.V. *Elektromagnitnaya obrabotka vody: pribor "Termit"* [Electromagnetic Water Treatment: appliance "Termit"]. *Ekologiya proizvodstva* [Industrial Ecology], 2004, no. 4, pp. 25–32.
9. Krasnova T.A., Yustratov V.P., Poznyakovskiy V.M. *Eksperitza pit'evoy vody. Kachestvo i bezopasnost'* [Drinking Water Examination. Quality and Safety]. Moscow: DeLi Print Publ., 2011. 280 p.
10. Ryabchikov B.E. *Sovremennaya vodopodgotovka* [Modern Water Preparation]. Moscow: DeLi Plus Publ., 2013. 680 p.
11. El Moghazy A.Kh. *Neraditsionnyye sposoby vodopodgotovki v proizvodstve syvorotochnykh napitkov* [Nontraditional Ways of Water Preparation for Whey-Based Beverages Production]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2011, no 4, pp. 72–77.
12. Kondratyuk E.V., Komarova L.F., Lebedev I.A., Somin V.A. *Sposob polucheniya fil'troval'no-sorbtionnogo materiala* [Sorption-Filtering Material Production Technology]. Patent RF, no. 2345834, 2009.
13. Buravlev O.V. *Primeneniye novykh sorbtionnykh materialov i orovudovaniya dlya vodopodgotovki v pishchevoy promyshlennosti* [Using New Sorption Materials and Appliances for Water Preparation in Food Industry]. *Polzunovskiy vestnik* [Polzunovsky Vestnik], 2011, no. 3/2, pp. 188–191.
14. Kudryashov B.L. *Sovremennyye otechestvennyye konkurentosposobnyye obratnoosmoticheskiye, nanofil'tratsionnyye i mikrofil'tratsionnyye membrannyye elementy, ustanovki i tekhnologii dlya likerovodochnoy i spirtovoy promyshlennosti* [Modern Russian Competitive Reverse-Osmosis, Nanofiltration and Microfiltration Membrane Elements, Units and Technologies for Liqueurs and Spirits Production Industry]. *Kriticheskiye tekhnologii. Membrany* [Critical Technologies. Membranes], 2004, no. 3(23), pp. 21–31.
15. Escudier J.-L. *New Physical Techniques for the Treatment of Wine: Electrodialysis*. *Vinidea.net-Wine Internet Technical Journal*, 2002, no. 4, article 4 of 5.
16. Krasnova T.A. *Elektromembrannyye protsessy v vodopodgotovke* [Electromembrane Processes in Water Preparation]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat Publ., 1992. 128 p.
17. Cooper C., Burch R. *An Investigation of Catalytic Ozonation for the Oxidation of Halocarbons in Drinking Water Preparation*. *Water Research*, 1999, vol. 33, no. 18, pp. 3695–3700.
18. Mitsuyuki M., Kiyoshi K. *Kagaku to kogyo = Science and Industry*, 2002, vol. 76, no. 9, pp. 421–430.
19. Krasnova T.A., Timoshchuk I.V. *Razrabotka adsorbsionnykh protsessov podgotovki vody dlya pishchevykh proizvodstv v promyshlennye razvitykh regionakh* [Development of Water Preparation Adsorption Processes for Food Production Companies in Well-Developed Industrial Regions]. Kemerovo: Kemerovo Institute of Food Science and Technology Publ., 2014. 212 p.
20. Krasnova T.A., Timoshchuk I.V., Gorelkina A.K., Dugarjav J. *The Choice of Sorbent for Adsorption Extraction of Chloroform from Drinking Water*. *Foods and Raw materials*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 189–196. DOI 10.21179/2308-4057-2017-2-189-196.

21. Krasnova T.A., Gorelkina A.K., Kirsanov M.P. Ispol'zovaniye adsorbsii dlya snizheniya zagryazneniya vodnykh resursov [Adsorption Application for Reducing Water Resources Pollution]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2018, vol. 22(1), pp. 44–49.
22. Bets S.A., Somin V.A., Komarova L.F. Ochistka vody ot fenola i ego proizvodnykh na materialakh iz rastitel'nogo syr'ya [Water Cleaning from Phenol and its Compounds Using Plant Materials]. *Polzunovski vestnik* [Polzunovsky Vestnik], 2014, no. 3, pp. 243–245.
23. Goncharuk V.V., Potapchenko N.G., Vakulenko V.F., et al. Ochistka prirodnykh vod ot organicheskikh primesey sochetaniyem ozonirovaniya s UF-oblucheniym [Natural Water Cleaning from Organic Impurities by Means of Combined Ozonation and UV Exposure]. *Khimiya i tekhnologiya vody* [Journal of Water Chemistry and Technology], 2004, vol. 26, no. 1, pp. 34–49.

Краснова Тамара Андреевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой аналитической химии и экологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-30, e-mail: ecolog1528@yandex.ru

Tamara A. Krasnova

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Analytical Chemistry and Ecology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-30, e-mail: ecolog1528@yandex.ru



DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-31-40
УДК 637.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ПОСОЛОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ПРОЦЕСС ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ МЯСНЫХ СИСТЕМ

Г. В. Гуринович^{1,*}, И. С. Патракова¹, Л. С. Кудряшов²

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

²ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем
им. В. М. Горбатова» РАН,
109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, 26

*e-mail: meat@kemtipp.ru

Дата поступления в редакцию: 02.02.2018

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Г. В. Гуринович, И. С. Патракова, Л. С. Кудряшов, 2018

Аннотация. В мясе и мясных продуктах наиболее лабильными участниками процесса окисления являются липиды. Существенное влияние на развитие окислительной порчи мясных продуктов оказывает, в том числе, поваренная соль (хлорид натрия), которая считается прооксидантным фактором. Целью исследований являлось изучение влияния состава посолочных смесей с пониженным содержанием натрия на интенсивность и динамику процесса окисления липидов модельных систем, мясного сырья и готовой продукции в процессе хранения, в качестве которой исследованы полукопченые колбасы. Объектами исследований являлись посолочные смеси, в которых 30 % хлорида натрия заменяли одним из следующих компонентов: хлорид калия, хлорид кальция, хлорид магния, композицию хлорида калия и хлорида кальция в соотношении 1:1, смесь хлорида натрия с дрожжевым экстрактом. Результаты исследования процесса окисления модельных и мясных систем с различными посолочными смесями согласуются между собой и свидетельствуют о том, что смеси, содержащие хлорид калия, хлорид магния и композицию хлорида калия и хлорида кальция, способствуют торможению процессов окисления. По результатам органолептического анализа полукопченых колбас, изготовленных с различными посолочными составами, традиционные характеристики продукта достигаются при использовании посолочной смеси, состоящей из 70 % хлорида натрия и 30 % композиции хлорида калия и хлорида кальция. Динамика изменения кислотного, перекисного и тиобарбитурового чисел в процессе хранения полукопченых колбас, изготовленных с использованием этой посолочной смеси, свидетельствуют о стабилизации процессов окисления липидной фракции.

Ключевые слова. Поваренная соль, хлорид калия, хлорид кальция, хлорид магния, липиды, окисление, индукционный период, перекисное число, профили вкуса

Для цитирования: Гуринович, Г. В. Исследование влияния состава посолочных смесей на процесс окисления липидов мясных систем / Г. В. Гуринович, И. С. Патракова, Л. С. Кудряшов // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 31–40.
DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-31-40.

STUDY OF THE EFFECT OF CURING MIXTURE COMPOSITIONS ON OXIDATION OF LIPIDS IN MEAT SYSTEMS

G.V. Gurinovich^{1,*}, I.S. Patrakova¹, L.S. Kudryashov²

¹Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems
of Russian Academy of Sciences,
26, Talalikhina Str., Moscow, 109316, Russia

*e-mail: meat@kemtipp.ru

Received: 02.02.2018

Accepted: 16.03.2018

© G.V. Gurinovich, I.S. Patrakova, L.S. Kudryashov, 2018

Abstract. Lipids are the most unstable substances that take part in oxidation process in meat and meat products. Table salt (sodium chloride) which is considered as a pro-oxidant factor has significant effect on the development of meat products oxidative deterioration. The main objective of the research was to study the effect of curing mixture compositions which have low sodium content on the intensity and dynamics of lipids oxidation process in model systems, raw meat and final products during storage. Semi-smoked sausages were taken as an example. The author studied curing mixtures in which 30% of sodium chloride was replaced with one of the following components: potassium chloride, calcium chloride, magnesium chloride. Compositions included potassium chloride and calcium chloride at the ration of 1 to 1, mixture of sodium chloride with yeast extract. The results of the study of the oxidation process in model systems and meat systems with different curing mixtures conform to each other which shows that the

mixtures which contain potassium chloride, magnesium chloride and composition of potassium chloride and calcium chloride help slow down oxidation process. According to the results of semi-smoked sausages organoleptic analysis, which were cooked using different curing compositions, the traditional characteristics of the product are obtained when one uses curing mixture which consists of 70% of sodium chloride and 30% of potassium chloride and calcium chloride composition. The dynamics of changes in acid-degree value, peroxide value and thiobarbituric value during semi-smoked sausage storage cooked using that curing mixture indicates that lipid fraction oxidation process stabilizes.

Keywords. Table salt (sodium chloride), potassium chloride, calcium chloride, magnesium chloride, lipids, oxidation, induction period, peroxide value, taste profiles

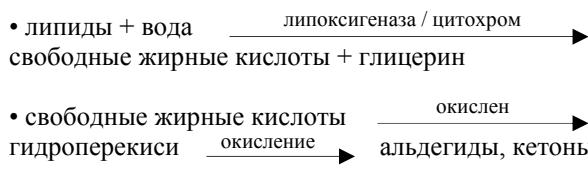
For citation: Gurinovich G.V., Patrakova I.S., Kudryashov L.S. Study of the Effect of Curing Mixture Compositions on Oxidation of Lipids in Meat Systems. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 31–40 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-31-40.

Введение

Все продукты питания, содержащие липиды (независимо от их количества), подвержены окислению. Окисление является одним из наиболее важных процессов, которые оказывают влияние на формирование качества продуктов питания. Окисление липидов в мясных продуктах в большинстве случаев приводит к ухудшению их потребительских характеристик, в том числе вкуса, аромата, цвета, консистенции, пищевой и биологической ценности, сокращению сроков годности. Наряду с этим продукты окисления липидов обладают мутагенным, канцерогенным и цитотоксическим действием, и поэтому являются факторами риска для здоровья человека [1].

Окисление липидов может осуществляться по пути ферментативных и неферментативных реакций, при этом скорость окисления зависит от степени ненасыщенности жирных кислот и повышается с увеличением количества двойных связей в их структуре.

Ферментативный процесс окисления липидов протекает под действием липоксигеназы и цитохромов. Ферритная форма липоксигеназы окисляет свободные ненасыщенные жирные кислоты с образованием гидроперекисей, которые в дальнейшем трансформируются в альдегиды и кетоны [4, 5].



Неферментативное окисление липидов обусловлено процессами авто- и фотоокисления. Автоокисление – это реакция между кислородом и ненасыщенными липидами с образованием гидроперекисей, которые подвергаются дальнейшим превращениям. Процесс автоокисления жиров сопровождается образованием свободных радикалов и протекает в четыре этапа:

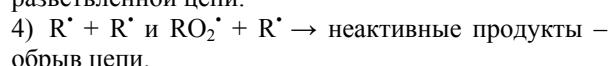
- 1) $\text{RH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{R}^\cdot + \text{HO}_2^\cdot$ – зарождение цепи (образование свободного радикала R^\cdot);
 - 2) $\text{R}^\cdot + \text{O}_2 \rightarrow \text{RO}_2^\cdot$ – продолжение цепи.
- $\text{RO}_2^\cdot + \text{RH} \rightarrow \text{ROOH} + \text{R}^\cdot$

В присутствии кислорода образуется перекисный радикал RO_2^\cdot , который реагирует с новой молекулой окисляемого вещества (жира) с образованием гидропероксида ROOH и нового свободного радикала R^\cdot , продолжающего цепную реакцию окисления.



Гидроперекиси неустойчивы и способны распадаться с образованием свободных радикалов $\text{RO}^\cdot, \text{OH}^\cdot$.

Оба радикала очень активны и окисляют новые молекулы.



Обрыв цепи свободнорадикального процесса может происходить при взаимодействии свободных радикалов с образованием устойчивых продуктов. Преобладающими инициаторами окисления являются гидроперекиси: они дают начало разветвлению цепей окисления, с их участием происходят процессы образования вторичных продуктов окисления [2, 3, 6].

В процессе фотоокисления формирование гидроперекисей происходит в результате взаимодействия ненасыщенных жирных кислот по месту разрыва двойных связей с синглетным кислородом. Образование высокореакционной нерадикальной молекулы синглетного кислорода из триплетного кислорода происходит в присутствии света и фотосенсибилизаторов, таких как токоферолы и протопорфирины [5]. Сенсибилизаторы обладают способностью поглощать энергию света и переходят в возбужденное состояние, реагировать с кислородом с образованием гидроперекисей, аналогичных тем, что образуются при автоокислении.

- Сенсибилизатор (Sens) + липидный субстрат (RH) \rightarrow свободные радикалы (R^\cdot) + синглетный сенсибилизатор (SensH);
- Свободный радикал (R^\cdot) + синглетный сенсибилизатор (SensH) $3\text{O}_2 \rightarrow$ гидропероксид (ROOH).

Наряду с этим сенсибилизаторы обладают способностью реагировать с триплетным кислородом, превращая его в синглетный, который в свою очередь реагирует с двойными связями ненасыщенных жирных кислот с образованием гидроперекисей без участия свободных радикалов.

- $3\text{Sens} + 3\text{O}_2$ (триплетный кислород) $\rightarrow 1\text{O}_2$ (синглетный кислород);
- 1O_2 (синглетный кислород) + RH $\rightarrow \text{ROOH}$ (гидропероксид) [5, 7, 8].

Интенсивность перекисного окисления зависит от вида липидов и от формы их связи с компонентами продукта. Различают так называемые скрытые жиры, наличие которых в продукте определено природой сырья (рыба,

молоко, мясо), и жиры, преднамеренно вносимые в продукты в процессе их изготовления. При этом в продуктах питания липиды присутствуют как вочно связанном виде, поскольку входят в состав жизненно важных клеток, так и в свободном виде, отдельными жировыми клетками.

В составе липидной фракции мяса преобладают триглицериды, содержащиеся в жировой ткани и межмышечных жировых клетках, и фосфолипиды, локализованные в мембранах миофибрилл. В процессе технологической обработки мяса липиды подвергаются гидролизу, на фоне которого при последующем хранении развивается процесс окисления.

Стабильность липидов мясного сырья зависит от множества факторов, прижизненных и послеубойных. В живом организме существует физиологически нормальный уровень свободно-радикальных процессов и перекисного окисления липидов, который необходим для регуляции липидного состава, а также проницаемости мембран. Контроль интенсивности процессов осуществляется антиоксидантной системой организма, в состав которой входят низкомолекулярные и высокомолекулярные антиоксиданты. Группа низкомолекулярных антиоксидантов включает глютатион, убихиноны, некоторые аминокислоты, аскорбат, токоферолы и т. д. Высокомолекулярные антиоксиданты представлены ферментами, такими как каталаза, пероксидаза, супeroxиддисмутаза, а также белками – трансферрин, ферритин, альбумин и т. д. Кроме этого установлено, что на интенсивность липидов в живом организме влияет концентрация ионов металлов в сыворотке крови, таких как ионы магния, калия и кальция. Так, увеличение уровня магния в сыворотке крови замедляет процессы перекисного окисления липидов, катализируемых железом, способствуя повышению активности антиоксидантной системы, в частности каталазы, и, как следствие, уменьшению уровня малонового альдегида. Аналогичный эффект наблюдается в отношении калия, повышенное содержание которого в рационе животных способствовало снижению количества первичных продуктов окисления в крови, в том числе и на фоне повышенного уровня хлорида натрия. Повышенные концентрации кальция в диапазоне от 10 до 50 мкМ, напротив, ускоряют перекисное окисление липидов клеточных мембран [15–17].

Все это позволяет говорить о том, что регулируя концентрацию ионов металлов, можно влиять на направленность окислительных процессов липидов.

Послеубойные нарушения баланса между прооксидантными и оксидантными системами мяса, а также особенности жирнокислотного состава сырья оказывают существенное влияние на стабильность липидов. Мясо от разных видов животных отличается чувствительностью к окислению липидов, что обусловлено содержанием ненасыщенных жирных кислот. По содержанию ненасыщенных жирных кислот, традиционно используемых в технологической практике, виды мяса можно расположить в следующей последовательности (в порядке убывания): мясо

птицы < свинина < говядина. Исходя из этого наиболее высокая скорость окисления липидов характерна для мяса птицы [1].

На фоне различий в жирнокислотном составе и активности антиоксидантной системы мясного сырья чувствительность липидов к окислению будет зависеть от способов технологической обработки, в том числе измельчения, посола, термической обработки и т. д. Рядом зарубежных исследователей установлено, что на интенсивность окисления оказывает влияние способ термической обработки сырья. Так, согласно имеющимся данным, в сырой замороженной говядине и свинине окисление протекает интенсивнее, чем в мясе птицы, тогда как после варки окислению в большей степени подвержены липиды мяса птицы. Это объясняется тем, что в сыром сырье определяющим фактором является содержание гемовых пигментов и активность каталазы, тогда как в вареном – содержание ненасыщенных жирных кислот [10]. Ускорению процессов окисления способствует измельчение мясного сырья, которое сопровождается разрушением клеточных мембран, высвобождением фосфолипидов и гемовых пигментов, которые при контакте с кислородом воздуха инициируют процессы автоокисления.

Существенное влияние на развитие окислительной порчи оказывают технологические и пищевые добавки, включая хлорид натрия (поваренная соль), нитрит натрия и антиоксиданты [1, 5]. Из всех технологических ингредиентов, используемых в производстве мясных продуктов, хлорид натрия является одним из важнейших, поскольку участвует в формировании функциональных свойств сырья, потребительского качества готовых изделий, влияет на стабильность их при хранении. Несмотря на обширные исследования влияния поваренной соли на процесс окисления липидов мяса в процессе технологической обработки, ученые не пришли к однозначным выводам о механизме этого воздействия. Так, одно из возможных объяснений прооксидантного эффекта хлорида натрия сводится к тому, что он может оказывать влияние на целостность клеточных мембран, повышая тем самым доступность липидов действию света, кислорода. Ускорение процесса окисления липидов мяса в присутствии поваренной соли связывают с увеличением количества негемового железа и метмиоглобина, который, реагируя с перекисью водорода, превращается в феррилмиоглобин – сильный катализатор перекисного окисления липидов. Наряду с этим установлено, что в присутствии поваренной соли существенно снижается активность антиоксидантной системы мяса, что в свою очередь влияет на ускорение процессов окисления [13, 14].

Дискуссионным остается вопрос о влиянии концентрации хлорида натрия на скорость перекисного окисления липидов. K. S. Rhee с соавторами установили, что при увеличении уровня введения хлорида натрия до 2 % скорость перекисного окисления липидов возрастает, тогда как при концентрациях более 3 % прооксидантного

эффекта не наблюдается [9]. По результатам исследований, выполненных применительно к мясу тунца, N. Guizani с соавторами утверждают, что скорость окисления липидов сырья обратно пропорциональна концентрации рассола. Ими установлено, что наибольшее накопление первичных и вторичных продуктов окисления характерно для сырья, выдержанного в рассоле 5%-ной концентрации, тогда как в образцах, обработанных рассолом 15%-ной концентрации, прирост продуктов окисления был минимальный. Результаты исследований R. Hamid и др., напротив, свидетельствуют о том, что при посоле говядины и мяса птицы повышение концентрации хлорида натрия до 6 % существенно усиливает глубину и интенсивность процессов окисления липидов, о чем свидетельствуют результаты определения перекисного и тиобарбитурового чисел [19, 20].

Представленные аналитические данные позволяют утверждать, что концентрации хлорида натрия, используемые в технологии различных мясных продуктов, в большей степени соответствуют интервалу, в котором он проявляет прооксидантную активность. Поэтому новые технологии, направленные на снижение уровня введения хлорида натрия в мясные продукты, представляют несомненный интерес и с точки зрения стабилизации качества липидной фракции.

По результатам исследований B. Min, K. S. Rhee, S. Faralizadeh утверждают, что лучшей альтернативой хлориду натрия является хлорид калия, поскольку обе соли обладают сходными свойствами, а кроме этого калий не способствует развитию гипертонии и сердечно-сосудистых заболеваний. В пользу этого утверждения свидетельствует также тот факт, что использование хлорида кальция и хлорида магния взамен хлорида натрия способствует формированию горького металлического привкуса [9–13, 18]. Вместе с тем исследования процессов окисления липидов мяса при пониженном содержании хлорида натрия в комбинации с солезаменителями весьма ограничены.

В связи с этим изучение влияния посолочных смесей с пониженным содержанием хлорида натрия в комбинации с различными солезаменителями на процесс окисления липидов мяса на стадии производства и последующего хранения готовых изделий представляет несомненный научный и практический интерес.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись посолочные смеси следующих составов:

- хлорид натрия (контрольный состав) – NaCl;
- 70 % хлорида натрия + 30 % хлорида калия (NaCl + KCl);
- 70 % хлорида натрия + 30 % хлорида кальция (NaCl + CaCl₂);
- 70 % хлорида натрия + 30 % хлорида магния (NaCl + MgCl₂);
- 70 % хлорида натрия + 30 % композиции KCl + CaCl₂ в соотношении 1:1 (KCl + CaCl₂);
- дрожжевой экстракт (без добавления хлорида натрия).

Дрожжевой экстракт – это добавка для корректировки вкусо-ароматических характеристик мясных продуктов, которая может быть использована как вместе с хлоридом натрия, так и взамен него.

Первоначально влияние посолочных смесей на развитие процессов окисления выполняли на простой модельной системе, в качестве которой использован свиной топленый жир, ускоренным методом, позволяющим зарегистрировать кинетические кривые окисления. Метод основан на измерении электропроводности системы в условиях инициированного процесса окисления при одновременном воздействии высокой температуры и кислорода воздуха. Кинетические кривые характеризуют развитие процесса в каждой из двух фаз: в индукционном периоде, который характеризуется накоплением первичных продуктов окисления, и в фазе интенсивного поглощения кислорода и распада первичных продуктов окисления под воздействием высокой температуры с образованием свободных радикалов и низкомолекулярных жирных кислот. Образующиеся кислоты абсорбируются дистиллированной водой, находящейся в измерительной ячейке, что приводит к изменению электропроводности раствора, которая и является выходным параметром. По результатам измерения электропроводности кондуктометром «АНИОН 4120» (Россия) регистрируется кривая проводимости, на основании которой определяется индукционный период.

Исходные показатели жира модельной системы следующие: кислотное число – 0,128 мг КОН; перекисное число – 2,028 ммоль/кг ½ О. Посолочные смеси вносили в модельную систему в количестве 3 % к массе жира, дрожжевой автолизат – 2 % к массе жира. Процесс окисления жира проводили при температуре 110 °С, скорости воздушного потока 20 л/ч, массе исследуемой пробы 6 г.

Изучение влияния посолочных смесей с солезаменителями на динамику окисления липидов собственно в мясной системе проводили на полукопченых колбасах, изготовленных из охлажденной полужирной свинины с содержанием жира 40 %. Для этого в измельченную свинину добавляли исследуемые посолочные смеси (3 % к массе сырья) и выдерживали в посоле при температуре 0–4 °С в течение 48 ч. Глубину и интенсивность процессов окисления липидов мясного сырья оценивали по величине перекисного числа (ПЧ) по стандартной методике с использованием хлороформного экстракта, полученного методом В. Пиульской. Измерения ПЧ выполняли на начало посола и через каждые сутки выдержки.

Из выдержанного в посоле сырья готовили фарш полукопченых колбас, который формовали в искусственную белковую оболочку, подвергали тепловой обработке, включающей осадку, подсушку, копчение и варку. Готовые полукопченые колбасы хранили при температуре не выше 6 °С. Глубину процесса окисления жировой фракции колбас в процессе холодильного хранения определяли по величине тиобарбитурового числа

дистилляционным модифицированным методом по ГОСТ Р 55810-2013 с использованием сульфанилового реагтива. Кислотное число определяли по ГОСТ Р 52466-2005, перекисное число – по стандартной методике с использованием хлороформного экстракта, полученного по методу В. Пиульской. Продолжительность хранения колбас – 20 суток, температура хранения – 6 °С.

Оценка влияния посолочных смесей на органолептические показатели колбас выполнена профильным методом в соответствии с ГОСТ 33609-2015 «Мясо и мясные продукты. Органолептический анализ».

Результаты и их обсуждение

Результаты изучения кинетики окисления топленого свиного жира в условиях инициированного окисления в зависимости от состава посолочных смесей представлены на рис. 1.

Согласно полученным данным, кривые проводимости при использовании хлорида натрия и смесей хлорида натрия с солезаменителями имеют одинаковый характер, согласно которому наблюдается медленное развитие окисления в первой фазе и с постепенным нарастанием скорости на заключительном этапе процесса. Исключение составляет кинетическая кривая окисления жира в присутствии смеси с хлоридом кальция. Для этой кривой характерно значительное сокращение первой фазы окисления и очень крутой наклон касательной на заключительной стадии, что свидетельствует о быстром самоокислении жировой системы. Наибольшее значение первого периода окисления характерно для системы с хлоридом калия, но при этом на заключительной стадии скорость окисления существенно выше, чем в системах с хлоридом магния, композицией

хлорида калия и хлорида кальция (1:1) и с дрожжевым экстрактом. Кинетические кривые систем, содержащих посолочные смеси с хлоридом магния и с композицией хлорид калия : хлорид кальция, в наибольшей степени отражают нормальное развитие окисления.

При обработке кинетических кривых получены значения индукционного периода для каждой из исследуемых систем.

Продолжительность индукционного периода для контрольной системы (хлорид натрия) составляет 166 мин. Максимальное увеличение продолжительности индукционного периода выявлено для модельной системы с посолочной смесью состава (70 % NaCl + 30 % KCl). В этом случае продолжительность индукционного периода увеличилась в 1,22 раза и составила 202 мин, что свидетельствует об ингибировании окислительных процессов в жире. Стабилизации состояния жировой фазы способствует посолочная смесь, содержащая композицию KCl:CaCl₂ в соотношении 1:1, а также дрожжевой экстракт, использованный как индивидуальный компонент. Для систем с названными составами продолжительность индукционного периода относительно контрольной системы несколько сократилась и составила 156 и 160 мин соответственно. Близкие значения индукционного периода получены для модельной системы с посолочной смесью, включающей хлорид магния. Относительно контрольного образца он сократился в 1,15 раза и составил 144 мин.

Прооксидантное действие оказала посолочная смесь, включающая хлорид кальция, об этом свидетельствует сокращение продолжительности индукционного периода до 80 мин, или в 2,1 раза относительно контрольной системы.

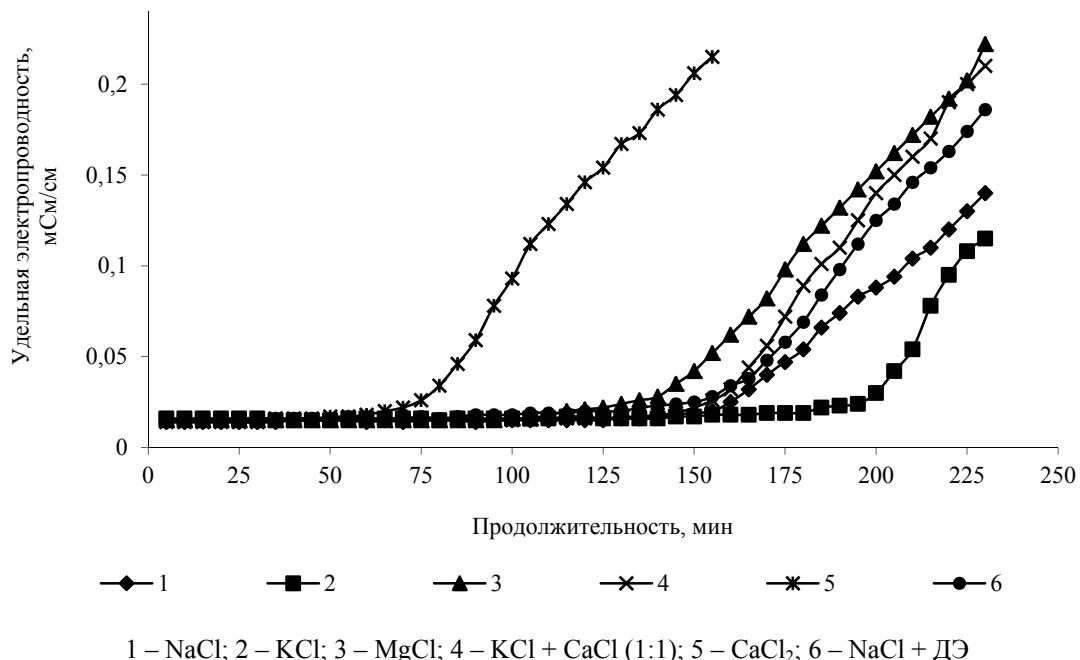


Рисунок 1 – Кинетические кривые окисления жира в зависимости от состава посолочных смесей

Figure 1 – Fat oxidation kinetic curves depending on the composition of the curing mixtures

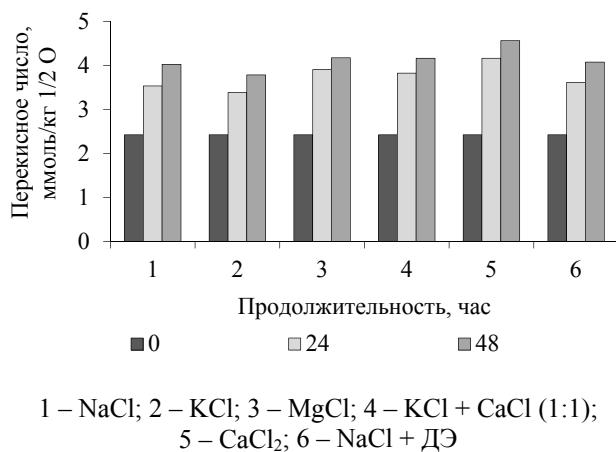


Рисунок 2 – Влияние посолочных смесей со сниженным содержанием хлорида натрия на окисление жировой фазы свинины в процессе посола

Figure 2 – Effect of curing mixtures with low sodium chloride content on oxidation of pork fat phase during curing

На основании этого можно говорить о том что, замена 30 % поваренной соли на хлорид калия, композицию хлорида калия и кальция, а также хлорид магния способствует стабилизации окислительных процессов в модельных системах на основе топленого жира.

Полученные результаты согласуются с имеющимися данными зарубежных ученых о влиянии исследуемых ионов металлов на скорость и направленность окисления липидов клеточных мембран и сыворотки крови [16].

Для подтверждения полученных зависимостей было изучено влияние тех же посолочных составов на накопление первичных продуктов окисления липидов в мясном сырье, в котором развитие процесса осложнено различными провоцирующими факторами (гемовые пигменты, влага, ионы металлов переменной валентности). Результаты исследований представлены на рис. 2.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о высокой каталитической активности хлорида натрия в процессе окисления липидов мяса.

По мере выдержки мясного сырья с хлоридом натрия (процесс посола) выявлено увеличение количества первичных продуктов окисления на 45,86 и 66,1 % через 24 и 48 ч соответственно. Интенсивность накопления перекисей в течение посола изменяется, максимальный прирост продуктов окисления липидов отмечается в первые сутки посола. Прооксидантный эффект хлорида натрия обусловлен, с одной стороны, тем, что ионы натрия вытесняют ионы железа из гемодорождающих белков, а с другой – тем, что хлорид-ион действует на липиды как окислитель.

Замена 30 % хлорида натрия на хлорид калия в составе посолочной смеси не изменила характера развития процесса окисления относительно контрольного образца, но способствовала торможению процесса и снижению его интенсивности. Так, значение ПЧ относительно исходного значения увеличилось на 39,6 и 56,2 %

через 24 и 48 ч посола соответственно, что на 4,2 и 5,97 % ниже значений образца с хлоридом натрия в аналогичный период времени.

Замена 30 % хлорида натрия на хлорид кальция оказала наиболее выраженное прооксидантное действие на липиды мясного сырья. Интенсивное накопление первичных продуктов окисления наблюдалось в первые 24 ч посола, их количество относительно исходного значения увеличилось на 72,0 %, что на 17,8 % больше, чем в контрольном образце. Прооксидантное действие хлорида кальция может быть объяснено увеличением ионной силы в системе. Известно [21], что замена одновалентной соли хлорида натрия на двухвалентную соль хлорида кальция способствует повышению величины ионной силы.

Динамика ПЧ в процессе посола мясного сырья с использованием смеси, содержащей 70 % поваренной соли и 30 % композиции KCl+CaCl₂, сопоставима со значениями, установленными для образца, посол которого выполнен традиционным способом – хлоридом натрия. Аналогичная зависимость наблюдается и при использовании в качестве солезаменителя хлорида магния.

Выраженный ингибирующий эффект достигается при посоле мяса хлоридом натрия в присутствии дрожжевого экстракта. Стабилизация липидной фракции свинины в присутствии дрожжевого экстракта может быть объяснена тем, что исследуемая добавка является источником глютатиона, который в свою очередь является низкомолекулярным антиоксидантом, способным осуществлять самостоятельное антиоксидантное действие.

Полученные результаты динамики накопления первичных продуктов окисления в свинине, выдержанной в посоле, в целом согласуются с данными кинетических кривых окисления, полученных на модельных системах.

При обосновании состава посолочной смеси, рекомендованной для использования, важно оценить их влияние на органолептические характеристики мясных продуктов.

С этой целью для полукопченых колбас, изготовленных с исследуемыми посолочными смесями, были построены профили вкуса.

Выбор профильного метода обусловлен тем, что он позволяет идентифицировать характерные признаки, формирующие вкусовое восприятие продукта в целом, в том числе негативные, и оценить их интенсивность. В рамках реализации метода была сформирована группа экспертов, по совокупности мнения которых сформулировали шесть дескрипторов, характеризующих вкус продукта. К основным дескрипторам относятся вкус соленый, мясной, чесночный, салистый, горьковатый и металлический. Интенсивность проявления каждого из дескрипторов оценивали по пятибалльной шкале. По результатам сенсорных исследований, проведенных дегустационной комиссией, получены согласованные профили вкуса полукопченых колбас в зависимости от состава посолочных смесей (рис. 3).

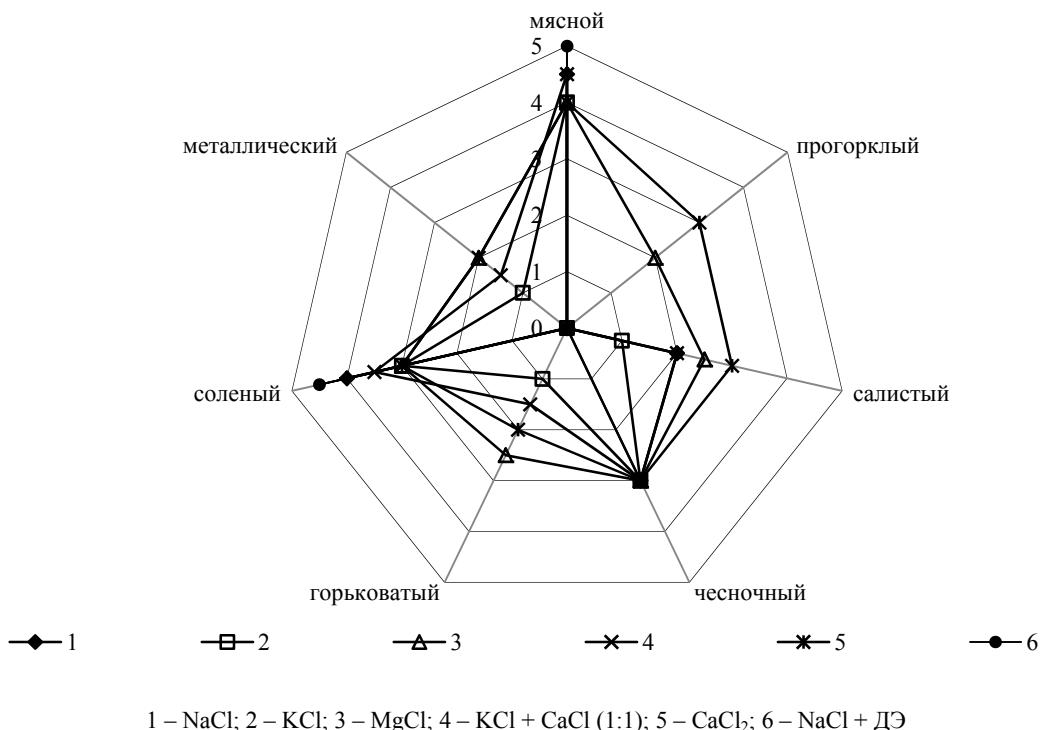


Рисунок 3 – Профили вкуса полукопченых колбас в зависимости от состава посолочных смесей
Figure 3 – Semi-smoked sausage taste profiles depending on the composition of the curing mixtures

К дескрипторам, отрицательно влияющим на качество колбас, относятся салистый и прогорклый вкусы, формирование которых обусловлено накоплением продуктов окисления липидов. Наиболее выраженно прогорклый и салистый вкусы проявляются в рецептурах с хлоридом кальция и хлоридом магния, о чем свидетельствуют значения интенсивности проявления дескриптора. Так, степень прогорклого вкуса в образцах с хлоридом кальция и хлоридом магния была оценена, соответственно, в 3 и 2 балла, а салистого вкуса – в 3 и 2,5 балла. В рецептурах с хлоридом калия и смесью хлорида калия и хлорида кальция степень выраженности салистого вкуса дегустаторы оценили в 1 и 2 балла соответственно. Полученные результаты согласуются с данными, характеризующими динамику процессов окисления липидов при посоле свинины.

Замена хлорида натрия на солезаменители способствовала появлению дефекта вкуса, который проявлялся в появлении постороннего горького и металлического вкуса, обусловленного наличием ионов металлов. Данные дескрипторы были наиболее выражены также в образцах с хлоридом кальция и хлоридом магния. Так, интенсивность металлического вкуса в присутствии этих солезаменителей оценивалась в 2 балла, тогда как при замене хлорида натрия на хлорид калия и смесь хлорида калия и хлорида кальция – в 1 и 1,5 балла соответственно.

Вместе с тем все рецептуры полукопченых колбас обладали выраженным мясным, соленым и чесночным вкусами. Использование дрожжевого экстракта способствовало усилинию мясного и соленого вкусов, что следует оценивать положительно.

Органолептические характеристики являются одним из определяющих факторов при выборе продукта потребителем, в связи с чем исследования влияния посолочных смесей на процесс окисления жировой фазы готовых мясных продуктов выполнены только для одной рецептуры – 70 % хлорида натрия и 30 % композиция KCl + CaCl₂ в соотношении 1:1. Полукопченая колбаса изготовлена по рецептуре, включающей говядину колбасную, свинину полужирную, шпик, уровень введения посолочной смеси 3 %. Одновременно для усиления вкуса в рецептуру вносили дрожжевой экстракт (ДЭ) в количестве 2 % к массе сырья.

Динамика изменения кислотного числа (КЧ), характеризующего развитие гидролиза жировой фракции колбас в процессе хранения при низкой положительной температуре, представлена в табл. 1. Как следует из полученных данных, гидролиз липидов исследуемых образцов полукопченых колбас в процессе хранения протекал равномерно. Установлено, что состав посолочной смеси не оказывает выраженного влияния на скорость гидролиза липидов полукопченых колбас. Значение КЧ жировой фазы продукта увеличилось относительно фонового значения на 24,1, 22,6 и 20,3 % соответственно для контрольной рецептуры, рецептуры с солезаменителем и рецептуры с солезаменителем и ДЭ.

Как положительный момент следует рассматривать тот факт, что образующиеся в процессе гидролиза кислоты не вовлекаются активно в процессы перекисного окисления, о чем свидетельствуют результаты определения перекисного числа (табл. 2).

Таблица 1 – Влияние состава посолочных смесей на изменение КЧ полукопченых колбас в процессе хранения (температура 6 °C)

Table 1 – Effect of curing mixture composition on changes in acid-degree value for semi-smoked sausages during storage (at temperature 6 °C)

Образец	Кислотное число, мг КОН/1 г жира	
	фон	20 суток хранения
NaCl (контроль)		2,63
KCl + CaCl (1:1)	2,12	2,6
KCl + CaCl (1:1) + ДЭ		2,55

Таблица 2 – Влияние состава посолочных смесей на изменение ПЧ полукопченых колбас в процессе хранения (температура 6 °C)

Table 2 – Effect of curing mixture composition on changes in peroxide value for semi-smoked sausages during storage (at temperature 6 °C)

Образец	Перекисное число, ммоль/кг $\frac{1}{2}$ О	
	фон	20 суток хранения
NaCl (контроль)		3,4
KCl + CaCl (1:1)	2,41	3,2
KCl + CaCl (1:1) + ДЭ		3,14

Представленные результаты свидетельствуют о наличии тенденции к некоторому увеличению перекисного числа жировой фазы колбас в течение исследуемого периода хранения независимо от состава посолочной смеси. Так, через 20 суток хранения при низких положительных температурах значение ПЧ для контрольного образца колбас увеличилось на 41,1 % относительно исходного значения; в колбасах, с заменой поваренной соли на комбинацию хлорида калия и хлорида кальция, – на 32,8 %; в рецептурах с KCl + CaCl и дрожжевым экстрактом – на 30,3 % относительно исходного значения. При этом разница в абсолютных значениях ПЧ в исследуемых образцах колбас находится в пределах погрешности опыта. Необходимо отметить, что значения ПЧ для всех исследуемых образцов на протяжении всего процесса хранения остаются в значениях, не превышающих установленной нормы безопасности, равной не более 10 ммоль/кг $\frac{1}{2}$ О.

Развитие и глубина окислительных изменений жировой фазы мясных продуктов позитивно коррелирует с показателем тиобарбитурового числа, отражающего количественное содержание малонового альдегида. Относительная стабильность этого продукта позволяет получать данные, объективно характеризующие процесс накопления вторичных продуктов окисления. Образование малонового альдегида считается одним из неблагоприятных последствий перекисного окисления липидов. Он образуется в результате разрыва полиненасыщенных жирных

кислот под действием свободных радикалов, процесс сопровождается развитием неприятного запаха. Данные определения содержания малонового альдегида в исследуемых рецептурах полукопченых колбас приведены на рис. 4.

Установлено, что в процессе хранения колбас отмечается незначительное увеличение ТБЧ во всех исследуемых рецептурах колбас. Прирост количества малонового альдегида относительно исходного значения составил для колбас с хлоридом натрия 9,0 %, для колбас с пониженным содержанием хлорида натрия – 6,0 %, а при совместном использовании посолочной смеси с пониженным содержанием хлорида натрия и дрожжевым экстрактом – 7,8 %.

Абсолютные значения ТБЧ для исследуемых продуктов соответствуют диапазону концентрации менее 0,5 мг/кг, что указывает на стабильность липидной фракции в процессе хранения, тогда как увеличение концентрации до значений более 0,5 мг/кг свидетельствует о некотором окислении, а значения выше 1,0 мг/кг – о глубоких окислительных изменениях.

На основании анализа совокупности полученных экспериментальных данных можно говорить о том, что состав посолочной смеси оказывает влияние на интенсивность и глубину окисления липидов.

На основании вышеизложенного можно говорить о том, что альтернативой поваренной соли в технологии мясных продуктов является посолочная смесь, состоящая из 70 % хлорида натрия и 30 % композиции хлорида калия и хлорида кальция в соотношении 1:1, которая обеспечивает традиционные вкусовые характеристики мясных продуктов и стабилизирует состояние жировой фазы продукта. Сочетание этой смеси с дрожжевым экстрактом улучшает органолептические свойства изделий.

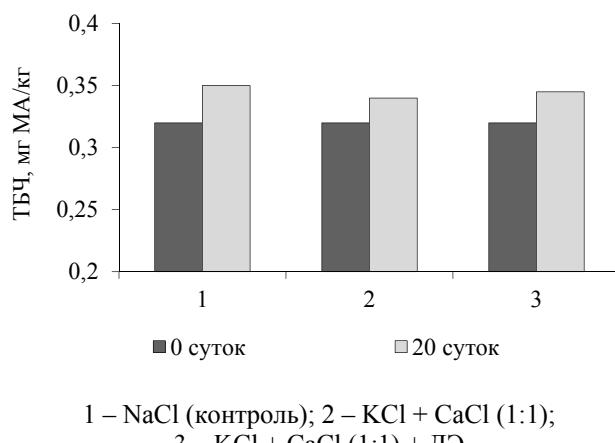


Рисунок 4 – Динамика ТБЧ в процессе хранения колбас

Figure 4 – Dynamics of thiobarbituric value during sausage storage

Список литературы

- Cheng, J. H. Lipid Oxidation in Meat / J. H. Cheng // Journal of Nutrition & Food Sciences. – 2016. – № 6. – Р. 494. DOI: 10.4172/2155-9600.1000494.

2. Autoxidation of Unsaturated Lipids in Food Emulsion / Y.-E. Sun [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2011. – Vol. 51, № 5. – P. 453–466. DOI: 10.1080/10408391003672086.
3. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer / M. Valko [et al.] // Chemico-Biological Interactions. – 2006. – № 160 (1). – P. 1–40. DOI: 10.1016/j.cbi.2005.12.009.
4. Mandal, S. *In vitro* kinetics of soybean lipoxygenase with combinatorial fatty substrates and its functional significance in off flavor development / S. A. Mandal, A. Kar Dahuja, I. M. Santha // Food Chemistry. – 2014. – № 146 (1). – P. 394–403. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.08.100.
5. Oxidation of lipids in foods / M. Ahmed [et al.] // Sarhad Journal of Agriculture. – 2016. – Vol. 32, № 3. – P. 230–238. DOI: 10.17582/journal.sja/2016.32.3.230.238.
6. Medina-Meza, I. G. Effects of high pressure processing on lipid oxidation: A review / I. G. Medina-Meza, C. Barnaba, G. V. Barbosa-Cánovas // Innovative Food Science and Emerging Technologies. – 2014. – Vol. 22, № 1. – P. 1–10. DOI: 10.1016/j.ifset.2013.10.012.
7. Choe, E. Chemistry and reactions of reactive oxygen species in foods / E. Choe, D. B. Min // Journal of Food Science. – 2005. – Vol. 70, № 9. – P. 142–159. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb08329.x.
8. Ладыгин, В. В. Конструирование оксистабильных композиций растительных масел : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.06 / Ладыгин Василий Вячеславович. – СПб., 2015. – 150 с.
9. Rhee, K. S. Lipid peroxidation potential of beef, chicken, and pork / K. S. Rhee, L. M. Anderson, A. R. Sams // Journal of Food Science. – 1996. – № 61. – P. 8–12. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1996.tb14714.x.
10. Min, B. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products – a review / B. Min, D. U. Ahn // Food Science and Biotechnology. – 2005. – Vol. 14, № 1. – P. 152–163.
11. Faralizadeh, S. The influence of sodium chloride replacement with potassium chloride on quality changes of hot smoked Kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) during storage at ± 4 °C / S. Faralizadeh, E. Zakipour Rahimabadi, A. A. Khanipour // Iranian Journal of Fisheries Sciences. – 2016. – Vol. 15, № 2. – P. 662–676.
12. Rhee, K. S. Enzymic and nonenzymic catalysis of lipid peroxidation in muscle foods / K. S. Rhee // Food Technology. – 1988. – Vol. 42, № 6. – P. 127–132.
13. Fieira, C. Partial replacement of sodium chloride in Italian salami and the influence on the sensory properties and texture / C. Fieira, J. Francisco Marchi, A. da Trindade Alfaro // Technology Maringá. – 2015. – Vol. 37, № 2. – P. 293–299. DOI: 10.4025/actascitechnol.v37i2.24912.
14. Rhee, K. S. Pro-oxidative effects of NaCl in microbial growth-controlled and uncontrolled beef and chicken / K. S. Rhee, Y. A. Ziprin // Meat Science. – 2001. – Vol. 57, iss. 1. – P. 105–112. DOI: 10.1016/S0309-1740(00)00083-8.
15. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты // Е. Б. Меньшикова [и др.]. – М. : Слова, 2006. – 556 с.
16. Magnesium deficiency enhances hydrogen peroxide production and oxidative damage in chick embryo Hepatocyte *in vitro* / Y. Yang [et al.] // BioMetals. – 2006. – Vol. 19. – P. 71–81. DOI: 10.1007/s10534-005-6898-1.
17. Calcium-induced lipid peroxidation is mediated by rhodnius heme-binding protein (RHBP) and prevented by vitellin / M. C. Paes [et al.] // Archives of insect biochemistry and physiology. – 2015. – Vol. 90 (2). – P. 104–115. DOI: 10.1002/arch.21248.
18. Adding blends of NaCl, KCl, and CaCl₂ to low-sodium dry fermented sausages: effects on lipid oxidation on curing process and shelf life / B. Alves dos Santos [et al.] // Journal of Food Quality. – 2017. – 8 p. DOI: 10.1155/2017/7085798.
19. Sodium chloride or heme protein induced lipid oxidation in raw, minced chicken meat and beef / H. R. Gheisari [et al.] // Czech Journal of Food Sciences. – 2010. – Vol. 28, № 5. – P. 364–375.
20. Effects of brine concentration on lipid oxidation and fatty acid profile of hot-smoked tuna (*Thunnus albacares*) stored at 4 °C / N. Guizani [et al.] // 6th International CIGR Technical Symposium – Towards a Sustainable Food Chain: Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management, 2011.
21. Hernandez, P. Chloride salt type/ionic strength, muscle site and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in pork / P. Hernandez, D. Park, K. S. Rhee // Meat Science. – 2002. – Vol. 61, № 4. – P. 405–410. DOI: 10.1016/S0309-1740(01)00212-1.

References

- Cheng J. H. Lipid Oxidation in Meat. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2016, no. 6, pp. 494. DOI: 10.4172/2155-9600.1000494.
- Sun Y.-E, Wang W.-D., Chen H.-W., Li C. Autoxidation of unsaturated lipids in food emulsion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2011, vol. 51, no. 5, pp. 453–466. DOI: 10.1080/10408391003672086.
- Valko M, Rhodes C.J., Moncol J., Izakovic M., Mazur M. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*, 2006, no. 160(1), pp. 1–40. DOI: 10.1016/j.cbi.2005.12.009.
- Mandal S., Dahuja A., Kar A., Santha I.M. *In vitro* kinetics of soybean lipoxygenase with combinatorial fatty substrates and its functional significance in off flavor development. *Food Chemistry*, 2014, no. 146(1), pp. 394–403. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.08.100.
- Ahmed M., Pickova J., Ahmad T., et al. Oxidation of lipids in foods. *Sarhad Journal of Agriculture*, 2016, vol. 32, no. 3, pp. 230–238. DOI: 10.17582/journal.sja/2016.32.3.230.238.
- Medina-Meza I.G., Barnaba C., Barbosa-Cánovas G.V. Effects of high pressure processing on lipid oxidation: a review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2014, vol. 22, no. 1, pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.ifset.2013.10.012.
- Choe E., Min D.B. Chemistry and reactions of reactive oxygen species in foods. *Journal of Food Science*, 2005, vol. 70, no. 9, pp. 142–159. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb08329.x.
- Ladygin V.V. *Konstruirovaniye oksistabil'nykh kompozitsiy rastitel'nykh masel. Diss. kand. tekhn. nauk* [Development of Oxy-Stable Compositions of Plant Oils. Dr. eng. sci. diss.]. St. Petersburg, 2015. 150 p.

9. Rhee K.S., Anderson L.M., Sams A.R. Lipid peroxidation potential of beef, chicken, and pork. *Journal of Food Science*, 1996, no. 61, pp. 8–12. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1996.tb14714.x.
10. Min. B., Ahn D.U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products: a review. *Food Science and Biotechnology*, 2005, vol. 14, no. 1, pp. 152–163.
11. Faralizadeh S., Zakipour Rahimabadi E., Khanipour A.A. The influence of sodium chloride replacement with potassium chloride on quality changes of hot smoked Kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) during storage at ± 4 °C. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2016, vol. 15, no. 2, pp. 662–676.
12. Rhee K.S. Enzymic and nonenzymic catalysis of lipid peroxidation in muscle foods. *Food Technology*, 1988, vol. 42, no. 6, pp. 127–132.
13. Fieira C., Marchi J. F., da Trindade Alfaro A. Partial replacement of sodium chloride in Italian salami and the influence on the sensory properties and texture. *Technology Maringá*, 2015, vol. 37, no. 2, pp. 293–299. DOI: 10.4025/actascitechnol.v37i2.24912.
14. Rhee K.S., Ziprin Y.A. Pro-oxidative effects of NaCl in microbial growth-controlled and uncontrolled beef and chicken. *Meat Science*, 2001, vol. 57, iss. 1, pp. 105–112. DOI: 10.1016/S0309-1740(00)00083-8.
15. Men'shchikova E.B., Lankin V.Z., Zenkov N.K., et al. *Okislitel'nyy stress. Proksidanty i antioxidanty* [Oxidative Stress. Pro-oxidants and Antioxidants]. Moscow: Slova Publ., 2006. 556 p.
16. Yang Y., Wu Z., Chen Y. Magnesium deficiency enhances hydrogen peroxide production and oxidative damage in chick embryo Hepatocyte *in vitro*. *BioMetals*, 2006, vol. 19, pp. 71–81. DOI: 10.1007/s10534-005-6898-1.
17. Paes M.C., Silveira A.B., Ventura-Martins G., et al. Calcium-induced lipid peroxidation is mediated by rhodnius heme-binding protein (RHBP) and prevented by vitellin. *Archives of insect biochemistry and physiology*, 2015, vol. 90(2), pp. 104–115. DOI: 10.1002/arch.21248.
18. Alves dos Santos B., Bastianello Campagnol P.C., Bittencourt Fagundes M., Wagner R., Rodrigues Pollonio M.A. Adding blends of NaCl, KCl, and CaCl₂ to low-sodium dry fermented sausages: effects on lipid oxidation on curing process and shelf life. *Journal of Food Quality*, 2017, 8 p. DOI: 10.1155/2017/7085798.
19. Gheisari H.R., Møller J.K.S., Adamsen C.E., Skibsted L.H. Sodium Chloride or Heme Protein Induced Lipid Oxidation in Raw, Minced Chicken Meat and Beef. *Czech Journal of Food Sciences*, 2010, vol. 28, no. 5, pp. 364–375.
20. Guizani N., Rahman M.S., Al-Ruzeiqi M.H., Al-Sabahi J.N., Sureshchandran S. Effects of brine concentration on lipid oxidation and fatty acid profile of hot-smoked tuna (*Thunnus albacares*) stored at 4 °C. *6th International CIGR Technical Symposium – Towards a Sustainable Food Chain: Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management*. 2011.
21. Hernandez P., Park D., Rhee K.S. Chloride salt type/ionic strength, muscle site and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in pork. *Meat Science*, 2002, vol. 61, no. 4, pp. 405–410. DOI: 10.1016/S0309-1740(01)00212-1.

Гуринович Галина Васильевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии мяса и мясных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemtipp.ru

Galina V. Gurinovich

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Meat and Meat Products Technology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842)39-68-57, e-mail: meat@kemtipp.ru

Патракова Ирина Сергеевна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии мяса и мясных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemtipp.ru

Irina S. Patrakova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology Meat and Meat Products, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: meat@kemtipp.ru

Кудряшов Леонид Сергеевич

д-р техн. наук, профессор, ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 109316, Москва, ул. Талалихина, 26, тел.: +7 (495) 676-95-11, email: pr@vniimp.ru

Leonid S. Kudryashov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, 26, Talalikhina Str., Moscow, 109316, Russia, phone: +7 (495) 676-95-11, email: pr@vniimp.ru



СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФАРШЕВЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГИДРОБИОНТОВ И МЯСА ПТИЦЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБВАЛКИ

С. В. Журавлева¹, *, Т. М. Бойцова², Ж. Г. Прокопец¹

¹ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

²ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

*e-mail: zhursvet@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 08.11.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© С. В. Журавлева, Т. М. Бойцова, Ж. Г. Прокопец, 2018

Аннотация. В статье представлены результаты определения структурно-механических свойств монофаршей, модельных систем и комбинированных продуктов на основе гидробионтов и мяса птицы механической обвалки. Установлено, что фарш из мяса птицы механической обвалки обладает низкой формующей способностью по сравнению с фаршами, изготовленными на основе сырья водного происхождения (горбуши, наваги, терпуга). Среди последних лучшей формующей способностью обладает фарш горбуши, а фарши из терпуга и наваги имеют удовлетворительные структурно-механические свойства. Комбинирование сырья морского генеза и мяса птицы механической обвалки позволяет повысить относительную биологическую ценность готовых изделий. Однако введение в рыбные фарши мяса птицы механической обвалки существенно снижает формующую способность полученных комбинированных фаршевых смесей. Для улучшения их структурно-механических характеристик предложено вводить в состав сушеную ламинарию. Отмечено, что все фаршевые композиции с добавлением 3–5 % сушеной ламинарии имеют оптимальные значения влагосвязывающей способности, что способствует формированию адекватной структуры. Установлено, что введение в комбинированные смеси 5 % сушеной ламинарии способствует снижению потерь массы при тепловой обработке на 33,3–45,6 %. Показано, что холодильное хранение фаршевых композиций с 5 % сушеной ламинарией в течение месяца при температуре –18 °C способствует снижению пиковой нагрузки (Peak Load) в среднем на 19,8 %, влагосвязывающей способности на 14,4 %, что негативно сказывается на их формующей способности. Рекомендуемый срок годности разработанных фаршевых композиций и полуфабрикатов на их основе не должен превышать 30 суток при температуре –18 °C.

Ключевые слова. Мясо птицы механической обвалки, гидробионты, комбинированные продукты, структурно-механические свойства

Для цитирования: Структурно-механические свойства фаршевых систем на основе гидробионтов и мяса птицы механической обвалки / С. В. Журавлева, Т. М. Бойцова, Ж. Г. Прокопец // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 41–47. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-41-47.

STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FORCEMEAT SYSTEMS BASED ON HYDROBIONTS AND POULTRY OF MECHANICAL SEPARATION

S.V. Zhuravleva¹, *, T.M. Boytsova², Zh.G. Prokopets¹

¹Far Eastern Federal University,
8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690091, Russia

²Far Eastern State Technical Fisheries University,
52b, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia

*e-mail: zhursvet@mail.ru

Received: 08.11.2017

Accepted: 16.03.2018

© S.V. Zhuravleva, T.M. Boytsova, Zh.G. Prokopets, 2018

Abstract. The article presents the results of the determination of the structural and mechanical properties of one component forcemeats, model systems and combined products based on hydrobiotics and poultry of mechanical separation. The authors found out that forcemeat produced from mechanical separation poultry has low shaping ability compared to the forcemeats produced using raw materials of aquatic origin (humpback salmon, navaga, greenling). As for the latter, humpback salmon forcemeat has the best shaping ability. Force-meats produced from navaga and greenling have satisfactory structural and mechanical properties. Combining raw materials of aquatic origin and poultry of mechanical separation makes it possible to increase relative biological value of the final products. However, introduction of poultry of mechanical separation into fish forcemeats reduces the shaping ability of the obtained combined forcemeat mixtures sufficiently. To enhance their structural and mechanical properties the authors suggested including dried luminaria into their composition. The authors point out that all forcemeat mixtures including 3–5% of dried luminaria

have optimum values of water-binding power. This, in its turn, promotes formation of the suitable structure. Introduction of 5% of dried luminaria into the combined mixtures helps reduce weight loss at thermal treatment by 33.3–45.6%. The authors showed that refrigerated storage of forcemeat mixtures which include 5% of dried luminaria for a month at -18°C helps reduce peak load on average by 19.8%, water-binding power – by 14.4%. But that has a negative effect on their shaping ability. The recommended shelf life of the developed forcemeat mixtures and semi-finished products produced on their basis should not exceed 30 days at -18°C.

Keywords. Poultry of mechanical separation, hydrobiotics, combined products, structural and mechanical properties

For citation: Zhuravleva S.V., Boytsova T.M., Prokopets Zh.G. Structural and Mechanical Properties of Force meat Systems Based on Hydrobiotics and Poultry of Mechanical Separation. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 41–47 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-41-47.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется производству продуктов, обладающих повышенной биологической ценностью.

Рыба является ценным пищевым сырьем. Содержание липидов и белков в тканях рыбы зависит от вида рыбы, ее питания, пола, возраста, сезона улова и находится в пределах 0,5–30 и 13–26 % соответственно. Особый интерес вызывает наличие в белках рыбы аминокислоты метионина, обладающей липотропными свойствами. Липиды рыб богаты жирорастворимыми витаминами А и Д [1–3]. Кроме того, рыбное сырье является источником эssенциальных полиненасыщенных жирных кислот эйкозапентаеновой (20:5n-3, ЭПК) и докозагексаеновой (22:6n-3, ДГК), относящихся к семейству омега-3. Необходимость длинноцепочечных омега-3 полиненасыщенных жирных кислот для поддержания здоровья сердечно-сосудистой и нервной систем является доказанным медицинским фактом [4, 5].

Рыбное сырье – источник минеральных веществ, в частности микроэлементов: йода, фтора, меди, цинка и др. [6]. Морская рыба является уникальным источником селена – микроэлемента, дефицит которого широко распространен в питании населения большинства стран мира [7].

Известно, что фарши на основе мышечной ткани рыб имеют относительно низкие функционально-технологические свойства и нуждаются в привлечении современных технологических приемов, обеспечивающих требуемые значения, необходимые для получения готовых продуктов с высокими органолептическими характеристиками [8, 9].

Одним из наиболее динамично развивающихся сегментов в структуре перерабатывающих отраслей АПК является производство мяса птицы, которое большей частью осуществляется на крупных высокотехнологичных предприятиях.

МПМО представляет собой вязкую, тонко измельченную пастообразную массу, содержит значительное количество кальция и железа, аскорбиновую кислоту, стабилизирующую цвет готовых изделий [10].

Во время механической обвалки тушек заметного изменения биологической ценности белков или жиров не происходит. Однако в результате перехода в мясную фракцию составных частей костной ткани существенно изменяется соотношение основных компонентов химического состава. В связи с этим пищевая ценность мяса механической обвалки несколько снижается [11].

Эффективное использование данного сырья может быть достигнуто его комбинированием с рыбным сырьем, что позволит регулировать структурно-механические свойства, пищевую ценность готовой продукции и будет способствовать снижению ее себестоимости.

Цель данной работы – исследование влияния компонентов рецептуры на структурно-механические показатели комбинированных фаршевых систем.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны распространенные промысловые виды рыб, часто встречающиеся в уловах прибрежного рыболовства Дальневосточного региона: навага, горбуша, терпуг, а также МПМО. Исследуемое рыбное сырье по качеству соответствовало ГОСТ 32366-2013 «Рыба мороженая», МПМО ГОСТ 31490-2012 «Мясо птицы механической обвалки». Срок хранения сырья до переработки не превышал 1,5 месяца с даты изготовления при температуре не более -18 °C.

Для экспериментов готовили образцыmonoфаршей из исследуемого сырья, а также смеси фаршей в различных соотношениях.

Исследования СМС проводили на анализаторе текстуры CT3 – LFRA TA (Leatherhead Food Research Association Texture Analyzer) производства Brookfield Engineering Labs., Inc., Германия.

Тестирование образцов вели в режиме обычного, единственного цикла сжатия (Normal Test), при заданном значении деформации при пиковой нагрузке (Def@Peak) 6 мм. В результате измерений получали следующие данные:

- значение пиковой нагрузки (Peak Load), характеризующее максимальное значение нагрузки, измеренное датчиком;
- значение выполненной работы (Work);
- значение конечной нагрузки (Final Load) – нагрузка при максимальной деформации.

Температура фарша при измерении составляла 10–14 °C. Влагосвязывающую (ВСС) способность monoфаршей и комбинированных фаршевых композиций определяли по методу Г. Грау и Р. Хамма [12]. Результаты исследований обрабатывали с применением математических методов регрессионного анализа.

Определение химического состава осуществляли стандартными методами по ГОСТ 7636-85. Активную кислотность (pН) МПМО определяли в

соответствии с ГОСТ Р 51478-99 (ИСО 2917-74), рыбы – при помощи тест-системы «Свежесть рыбы».

Для характеристики пластической вязкости рыбного фарша используют коэффициент обводнения (K_o), который рассчитывается как соотношение содержания воды к общему содержанию белков мышечной ткани [13].

На структурно-механические свойства фаршей большое влияние оказывает соотношение между определенными компонентами, водой, липидами, белками. Российскими исследователями предложено для установления возможности направления сырья на ту или иную обработку использовать липидно-белковый коэффициент ($K_{ж}$), являющийся показателем нежности мышечной ткани и определяющийся как отношение содержания липидов к содержанию белка в мышечной ткани, и белково-водный коэффициент (БВК), показывающий количество белка (г), приходящееся на 100 г воды [14].

Результаты и их обсуждение

В результате исследования было установлено, что исследуемые виды рыб преимущественно являются среднебелковым, маложирным, а МПМО – низкобелковым, высокожирным сырьем. Значение pH исследуемых фаршевых масс составило от 6,6 до 6,8, что говорит о доброкачественности исследуемого сырья (табл. 1).

Установлено, что наиболее обводненным сырьем является МПМО, наименее обводненным – измельченная мышечная ткань горбуши (табл. 1). Значение K_o для измельченной мышечной ткани наваги и терпуга существенных различий не имеет и в среднем составляет 4,2. Полученные данные

свидетельствуют о более плотной консистенции исследуемых рыбных фаршей в сравнении с МПМО.

Кроме того, образец фарша из мяса птицы (МПМО) имеет максимальное значение липидно-белкового коэффициента, что также свидетельствует о его менее пластичной консистенции.

Определение способности фарша к формированию проводили органолептическими и инструментальными методами (табл. 2).

Изучение технологических свойств монофаршей показало, что наибольшим значением ВСС обладает фарш из горбуши (66,4 %), наименьшим – МПМО (43,5 %). Кроме того, МПМО имеет более пластичную консистенцию, о чем свидетельствует значение Peak Load (40,5 г). В то же время фарш из МПМО обладает повышенной липкостью, что осложняет процесс формования. О низкой формующей способности МПМО свидетельствуют и низкие значения $K_{ж}$ и K_o . Наилучшей формующей способностью обладал фарш горбуши. Фарши из терпуга и наваги имели удовлетворительную формующую способность.

В предварительном эксперименте нами были смоделированы фаршевые композиции повышенной биологической ценности на основе МПМО и рыбного фарша в следующих соотношениях:

1. Фарш горбуши 70 % + МПМО 30 %.
2. Фарш наваги 25 % + МПМО 75 %.
3. Фарш терпуга 80 % + МПМО 20 %.

Изучение формующей способности фаршевых композиций показало, что пластичность во всех изучаемых образцах увеличивается (табл. 3).

Таблица 1 – Технохимическая характеристика исследуемых объектов

Table 1 – Technochemical characteristics of the subjects

Исследуемый объект	Массовая доля, %			рН	K_o	$K_{ж}$	БВК
	вода	белок	липиды				
МПМО	69,9–70,9	12,3–12,9	12,07–12,6	6,6	5,6	0,98	17,9
Горбуша	71,0–73,0	18,3–20,6	6,0–6,2	6,6	3,7	0,31	27,0
Навага	79,3–80,0	17,9–19,2	0,7–0,9	6,8	4,3	0,04	23,3
Терпуг	72,0–73,5	16,3–19,2	3,0–3,2	6,7	4,1	0,17	24,4

Таблица 2 – Результаты исследования способности монофаршей к формированию

Table 2 – One-component forcemeats shaping ability study results

Исследуемый объект	Peak Load, г	Work, мДж	Final Load, г	ВСС, %	Описательная характеристика формующей способности
Горбуша	54,8	1,31	54,2	66,4	хорошая
Навага	60,3	1,95	70,1	64,2	удовлетворительная
Терпуг	48,9	1,48	48,0	63,1	удовлетворительная
МПМО	40,5	2,4	40,1	43,5	плохая, липкая, текучая

Таблица 3 – Структурно-механические свойства комбинированных фаршевых композиций

Table 3 – Structural and mechanical properties of combined forcemeat compositions

Модельный образец (доля, %)	Реологические показатели			ВСС, %
	Peak Load, г	Work, мДж	Final Load, г	
МПМО (30) : горбуша (70)	45,5	1,3	44,8	63,1
МПМО (75) : навага (25)	35,1	0,74	35,2	59,6
МПМО (20) : терпуг (80)	47,3	1,5	46,5	61,2

Данные проведенных исследований показали, что введение в рыбный фарш МПМО существенно снижает формирующую способность смесей. Самыми низкими структурно-механическими показателями обладал образец, содержащий 75 % МПМО.

Для регулирования СМС было предложено использовать ламинарию сушеную. Известны работы по изучению влияния сухой ламинарии на ВУС рыбных фаршей, где рекомендована дозировка сушеной ламинарии от 5 до 20 % в зависимости от вида рыбы [15].

Однако высокая доля сухой ламинарии оказывает существенное влияние на органолептические характеристики фарша после термической обработки: изменяется цвет, появляется характерный вкус, свойственный морской капусте.

Для установления приемлемой по органолептическим характеристикам дозы сухую измельченную ламинарию вводили в количестве 1, 3, 5 % к массе фарша, формировали изделия и подвергали их термической обработке. Установлены лучшие органолептические показатели готовых изделий, где массовая доля ламинарии не превышает 5 % [16].

Вместе с тем внесение сушеной ламинарии в фаршевые композиции способствует уплотнению их консистенции (табл. 4).

Установлено, что наилучшую формирующую способность имели образцы, содержащие 3 и 5 % ламинарии.

Так, для смеси МПМО + горбуши при внесении в нее 3 % сушеной ламинарии значение Peak Load увеличивается в 1,67 раза, а 5 % – в 2,25 раза по сравнению со смесью без ламинарии.

Для смеси МПМО + терпуга внесение 3 % ламинарии приводит к увеличению значения Peak Load в 1,64 раза, а 5 % – в 1,99 раза.

В меньшей степени внесение ламинарии способствует уплотнению консистенции композиции МПМО + наваги. Так, внесение 3 % ламинарии приводит к увеличению значения Peak Load в данной смеси в 1,14 раза, а 5 % – в 1,17 раза. Очевидно, это связано с тем, что мышечная ткань наваги содержит наименьшее количество липидов и имеет сравнительно низкий БВК (табл. 1).

Отмечено, что все фаршевые композиции с добавлением 3–5 % сушеной ламинарии имеют оптимальные значения ВСС, что способствует формированию адекватной структуры.

Сушеная ламинария обладает хорошей способностью к связыванию воды, что препятствует ее потере при тепловой обработке. Наименьшие потери массы наблюдаются в образцах, содержащих 5 % ламинарии (табл. 5).

Так, внесение 5 % ламинарии к смеси МПМО + горбуши способствует снижению потерь после термообработки на 45,6 %, МПМО + навага на 33,3 %, МПМО + терпуг на 39,1 %.

Способность сухой ламинарии поглощать значительные количества свободной воды обуславливает ее эффективное применение в

качестве стабилизатора фаршевой структуры при изготовлении продукта.

Кроме того, ламинариевые водоросли являются наиболее доступным источником органического йода, а также содержат молекулярный йод-синергист – селен, который активно участвует в производстве гормонов щитовидной железы [17–19].

Разработанные фаршевые композиции, содержащие 5 % ламинарии, замораживали и хранили при температуре –18 °C в течение 30 суток. По истечении данного срока хранения производили размораживание фарша на воздухе при температуре 4–8 °C и изучали влияние холодильного хранения на изменение СМС (табл. 6).

Таблица 4 – Структурно-механические свойства комбинированных фаршевых композиций с ламинарией

Table 4 – Structural and mechanical properties of combined forcemeat compositions with laminaria

Модельный образец (доля ламинарии, %)	Реологические показатели			BCC, %
	Peak Load, г	Work, мДж	Final Load, г	
МПМО (30) : горбуша (70)				
1	56,8	1,72	56,5	63,9
3	76,1	2,52	76,0	64,8
5	107,0	3,4	106,3	66,7
МПМО (75) : навага (25)				
1	38,9	1,20	38,4	61,8
3	40,2	1,28	40,16	62,4
5	60,8	2,07	60,0	63,9
МПМО (20) : терпуг (80)				
1	54,3	1,68	54,1	60,1
3	77,5	2,59	76,8	61,9
5	94,0	2,95	94,0	63,6

Таблица 5 – Потери после термообработки фаршевых композиций с включением ламинарии

Table 5 – Losses after thermal treatment of forcemeat compositions which include laminaria

Фаршевая композиция (доля, %)	Потери массы в зависимости от массовой доли ламинарии, %			
	0 %	1 %	3 %	5 %
Горбуша (70) + МПМО (30)	11,0	9,5	8,0	6,0
Навага (25) + МПМО (75)	12,0	1,5	10,0	8,0
Терпуг (80) + МПМО (20)	11,5	10,6	9,0	7,0

Таблица 6 – Влияние холодильного хранения на изменение СМС фаршевых композиций

Table 6 – Influence of refrigerated storage on the changes in structural and mechanical properties of forcemeat compositions

Модельный образец (доля, %)	Реологические показатели			BCC, %
	Peak Load, г	Work, мДж	Final Load, г	
Горбуша (70) + МПМО (30)	84,0	3,4	83,2	59,1
Навага (25) + МПМО (75)	52,0	2,95	72,0	51,6
Терпуг (80) + МПМО (20)	71,8	2,07	69,8	55,2

Из табл. 6 видно, что холодильное хранение способствует снижению СМС фаршевых композиций. Так, снижение пиковой нагрузки в среднем составляет 19,8 %, ВСС уменьшается в среднем на 14,4 %, что оказывает негативное влияние на их формирующую способность и приводит к увеличению потерь массы готовых изделий при кулинарной обработке.

Выводы

В результате исследования определены значения структурно-механических свойств монофаршей из дальневосточных видов рыб и комбинированных фаршевых систем на их основе с добавлением мяса птицы механической обвалки. Установлено, что введение в рыбный фарш МПМО снижает формирующую способность фаршевой системы.

Показано, что внесение сухой измельченной ламинарии в количестве 1, 3, 5 % позволяет улучшить формирующую способность комбинированных продуктов, снизить потери массы готового продукта в процессе термообработки.

Холодильное хранение фаршевых композиций способствует ухудшению их СМС. Рекомендуемый срок холодильного хранения полуфабрикатов, изготовленных на основе разработанных фаршевых композиций, не должен превышать 30 суток при температуре -18°C .

Полученные результаты являются основой для обоснования оптимальных рецептур и выбора технологических режимов для производства кулинарных изделий на основе комбинированных фаршей из мяса птицы механической обвалки и гидробионтов.

Список литературы

1. Чернышова, О. В. Технохимический состав и функционально-технологические свойства недоиспользуемого рыбного сырья Волго-Каспийского бассейна / О. В. Чернышова, М. Е. Цбизова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2012. – № 2. – С. 189–194.
2. Голикова, Е. Н. Изучение возможности изготовления фарша типа «сурими» из недоиспользуемых маломерных биоресурсов Волго-Каспийского региона / Е. Н. Голикова, М. Д. Мукатова, Н. А. Киричко // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство, 2011. – № 1. – С. 103–109.
3. Саяпина, Т. А. Размерно-массовый и химический состав некоторых видов мезопелагических рыб / Т. А. Саяпина, Е. С. Чупикова, Л. Г. Бояркина // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2008. – Т. 152. – С. 329–334.
4. Гладышев, М. И. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека / М. И. Гладышев // Journal of Siberian Federal University. Biology. – 2012. – № 4. – С. 352–386.
5. Abbas, K. A. Fatty acids in fish and beef and their nutritional values: a review / K. A. Abbas, A. Mohamed, B. Jamilah // Jounral of food, agriculture and environment. – 2009. – Vol. 7, № 3-4. – С. 37–42.
6. Студенцова, Н. А. Функциональные продукты питания из гидробионтов / Н. А. Студенцова // Пищевая промышленность. – 2003. – № 11. – С. 80–81.
7. Накопление селена в водных организмах Каспийского моря / Н. А. Голубкина [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 129–132.
8. Дворянникова, О. П. Расширение ассортимента рыбопродуктов на основе фарша: оптимизация сырьевых комбинаций, свойства и усовершенствованные технологии / О. П. Дворянникова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 1. – С. 32–42.
9. Бойцова, Т. М. Моделирование сбалансированных продуктов на основе рыбного фарша / Т. М. Бойцова, Ж. Г. Прокопец // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 1999. – Т. 125. – С. 338.
10. Ферментная модификация свойств мяса кур-несушек / А. И. Жаринов [и др.] // Мясная индустрия. – 2002. – № 12. – С. 12–13.
11. Мотовилов, О. К. Использование кедрового жмыха в технологии колбасных изделий из мяса кур механической обвалки: оценка качества / О. К. Мотовилов, А. И. Морозов, О. С Гергардт // Новые технологии. – 2010. – № 4. – С. 38–41.
12. Рехина, Н. И. Об определении влагоудерживающей способности рыбного фарша / Н. И. Рехина, С. А. Агапова, И. В. Теребкова // Рыбное хозяйство. – 1972. – № 5. – С. 67–68.
13. Маслова, Г. В. Теория и практика создания комплекса рациональных ресурсосберегающих технологий гидробионтов : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.04 / Маслова Галина Васильевна. – М., 2002. – 497 с.
14. Рамбеза, Е. Ф. Влияние химического состава мяса рыбы на качество и сроки хранения пищевого мороженого рыбного фарша / Е. Ф. Рамбеза, Н. И. Рехина // Рыбное хозяйство. – 1980. – № 3. – С. 66–68.
15. Разработка технологических параметров подготовки сырья для производства комбинированных фаршей с ламинацией / Е. В. Литвинова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 3. – С. 67–70.
16. Прокопец, Ж. Г. Обоснование и разработка технологии продуктов из гидробионтов с регулируемой пищевой ценностью : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Прокопец Жанна Георгиевна. – Владивосток, 2002. – 180 с.
17. Агунова, Л. В. Анализ производства мясных продуктов функционального назначения для коррекции йододефицитных состояний / Л. В. Агунова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т. 2, № 10 (74). – С. 9–14. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.39693.
18. Витман, М. А. Использование биологически активных добавок к пище для профилактики йододефицитных заболеваний / М. А. Витман, Т. В. Пилипенко // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 5. – С. 28.

19. Облучинская, Е. Д. Сравнительное исследование бурых водорослей Баренцева моря / Е. Д. Облучинская // Прикладная биохимия и микробиология. – 2008. – Т. 44, № 3. – С. 337–342. DOI: 10.1134/S0003683808030149.

References

1. Chernyshova O.V., Tsibizova M.E. Tekhnokhimicheskiy sostav i funktsional'no-tehnologicheskie svoystva nedoispol'zuemogo rybnogo syr'ya Volgo-Kaspinskogo basseyna [Technochemical structure and functional and technological properties of underused fish raw materials of the volga-caspian basin]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaystvo* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry], 2012, no. 2, pp. 189–194.
2. Golikova E.N., Mukatova M.D., Kirichko N.A. Izuchenie vozmozhnosti izgotovleniya farsha tipa "surimi" iz nedoispol'zuemykh malomernykh bioresursov Volgo-Kaspinskogo regiona [Study of the possibility to produce mince like "surimi" from underutilized and undersized bioresources of the Volga-Caspian region]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaystvo* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry], 2011, no. 1, pp. 103–109.
3. Sayapina T.A., Chupikova E.S., Boyarkina L.G. Razmerno-massovyy i khimicheskiy sostav nekotorykh vidov mezopelagicheskikh ryb [Size, weight and chemical composition of some mesopelagic fish species]. *Izvestiya TINRO (Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohozyajstvennogo centra)* [Izvestiya TINRO], 2008, vol. 152, pp. 329–334.
4. Gladyshev M.I. Nezamenimye polinenasyshchennye zhirnye kisloty i ikh pishchevye istochniki dlya cheloveka [Essential polyunsaturated fatty acids and their food sources for people]. *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 2012, no. 4, pp. 352–386.
5. Abbas K.A., Mohamed A., Jamilah B. Fatty acids in fish and beef and their nutritional values: a review. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2009, vol. 7, no. 3-4, pp. 37–42.
6. Studentsova N.A. Funktsional'nye produkty pitaniya iz gidrobiontov [Functional food products based on hydrobionts]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2003, no. 11, pp. 80–81.
7. Golubkina N.A., Zhilkin A.A., Zaytsev V.F., Spiridonova E.S. Nakoplenie selena v vodnykh organizmakh Kaspiyskogo morya [Accumulation of selenium in aquatic organisms of the Caspian Sea]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaystvo* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry], 2012, no. 1, pp. 129–132.
8. Dvoryaninova O.P. Rasshirenie assortimenta ryboproductov na osnove farsha: optimizatsiya syr'evykh kombinatsiy, svoystva i usovershenstvovannye tekhnologii [Extension of fish product line based on forcemeat: improvement of raw material combinations, properties and advanced technologies]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Food and Processing Industry Technologies in Industrial Agriculture – Healthy Foods], 2014, no 1, pp. 32–42.
9. Boytsova T.M., Prokopets Zh.G. Modelirovaniye sbalansirovannyh produktov na osnove rybnogo farsha [Modelling of balanced products based on fish forcemeat]. *Izvestiya TINRO (Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohozyajstvennogo centra)* [Izvestiya TINRO], 1999, vol. 125, pp. 338.
10. Zharinov A.I., Yevtikhov P.N., Kuznetsova T.G., Marushina S.A. Fermentnaya modifikatsiya svoystv myasa kurnesushek [Enzymatic modification of laying hen meat properties]. *Myasnaya industriya* [Meat Industry], 2002, no. 12, pp. 12–13.
11. Motovilov O.K., Morozov A.I., Gergardt O.S. Ispol'zovanie kedrovogo zhmykha v tekhnologii kolbasnykh izdeliy iz myasa kur mekhanicheskoy obvalki: otsenka kachestva [Using of cedar oil-cake in the technology of mechanically rolled chicken sausage: quality assessment]. *Novye tekhnologii* [New Technologies], 2010, no. 4, pp. 38–41.
12. Rekhina, N.I., Agapova S.A., Terebkova I.V. Ob opredelenii vlagouderzhivayushchey sposobnosti rybnogo farsha [About the determination of fish forcemeat water-retention capacity]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], 1972, no. 5, pp. 67–68.
13. Maslova G.V. Teoriya i praktika sozdaniya kompleksa ratsional'nykh resursosberegayushchikh tekhnologiy gidrobiontov. Diss. dokt. tekhn. nauk [Theory and practice of the development of the sustainable hydrobiont technologies system saving resources. Dr. eng. sci. diss.]. Moscow, 2002. 497 p.
14. Rambeza, E.F., Rekhina N.I. Vliyanie khimicheskogo sostava myasa ryby na kachestvo i sroki khraneniya pishchevogo morozhenogo rybnogo farsha [Effect of fish chemical composition on the quality and shelf life of the frozen fish forcemeat]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], 1980, no. 3, pp. 66–68.
15. Litvinova E.V., Bol'shakova L.S., Kobzeva S.Yu., Kiseleva M.V. Razrabotka tekhnologicheskikh parametrov podgotovki syr'ya dlya proizvodstva kombinirovannykh farshey s laminariей [Development of the technological parameters of raw material preparation for production of combined forcemeats with laminaria]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2011, no. 3, pp. 67–70.
16. Prokopets Zh.G. Obosnovanie i razrabotka tekhnologii produktov iz gidrobiontov s reguliruemoy pishchevoy tsennost'yu. Diss. kand. tekhn. nauk [Reasoning and development of the hydrobiont-based food production technology with set nutritional value. Cand. eng. sci. diss.]. Vladivostok, 2002. 180 p.
17. Agunova L.V. Analiz proizvodstva myasnykh produktov funktsional'nogo naznacheniya dlya korrektii yododefitsitnykh sostoyaniy [Analysis of the production of functional use meat products for iodine-deficient condition correction]. *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy* [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies], 2015, vol. 2, no. 10(74), pp. 9–14. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.39693.

18. Vitman M.A., Pilipenko T.V. Ispol'zovanie biologicheski aktivnykh dobavok k pishche dlya profilaktiki yoddefitsitnykh zabolevaniy [Using biologically active food supplements for prevention of disorders caused by iodine deficiency]. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition], 2015, vol. 84, no. 5, pp. 28.
19. Obluchinskaya Ye.D. Sravnitel'noe issledovanie burykh vodorosley Barentseva morya [Comparative chemical composition of the Barents Sea brown algae]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied Biochemistry and Microbiology], 2008, vol. 44, no. 3, pp. 337–342. DOI: 10.1134/S0003683808030149.

Журавлева Светлана Валерьевна

канд. техн. наук, доцент департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (914) 79-422-80, e-mail: zhursvet@mail.ru

Бойцова Татьяна Марьяновна

д-р техн. наук, профессор, директор института заочного обучения, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б, тел.: +7 (914) 70-620-00, e-mail: boitsova_tm@mail.ru

Прокопец Жанна Георгиевна

канд. техн. наук, доцент, доцент департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (908) 44-952-88, e-mail: janet_prokopets@mail.ru

Svetlana V. Zhuravleva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690091, Russia, phone: +7 (914) 79-422-80, e-mail: zhursvet@mail.ru

Tatiana M. Boytsova

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Director of the Institute of Distance Learning, The Far Eastern State Technical Fisheries University, 52b, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, phone: +7 (914) 70-620-00, e-mail: boitsova_tm@mail.ru

Zhanna G. Prokopets

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690091, Russia, phone: +7 (908) 44-952-88, e-mail: janet_prokopets@mail.ru



ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ДИСТИЛЛЯЦИИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСТИЛЛЯТОВ ИЗ СУШЕНОГО ТОПИНАМБУРА

Л. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина*

ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН,
119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, 7

*e-mail: elena-vd@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 20.12.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Л. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина, 2018

Аннотация. В данной статье рассматриваются перспективы использования сушеного топинамбура в качестве альтернативного сырья при производстве дистиллированных спиртных напитков. Целью исследований явилось выявление влияния способов дистилляции сброшенного сусла из сушеного топинамбура на выход и качественные характеристики дистиллята. Выбор сушеного топинамбура в качестве сырья для производства спиртных напитков по сравнению с переработкой свежих клубней обоснован возможностью круглогодичного производства продукции, стабильностью его биохимического состава, высокой микробиологической чистотой и повышенным содержанием низкомолекулярных фракций сбраживаемых углеводов. Исследование физико-химических и органолептических показателей сброшенного сусла, спирта-сырца и дистиллята осуществляли с применением стандартизованных методов анализа. Были рассмотрены два варианта дистилляции: однократная и двукратная. При выполнении экспериментов использовали сущеный топинамбур с влажностью 6,1 % и содержанием инулина 54,2 %. Сброшенное сусло получали одностадийным способом. Дистилляцию осуществляли на установке периодического действия «Kothe Destillationstechnik» (Германия). Установлено, что способ дистилляции влияет на распределение этилового спирта по фракциям и определяет его потери. Двукратная дистилляция характеризуется повышенными потерями этилового спирта. Потери этанола возрастают с 3,6 % при однократной дистилляции и до 5,2 % при двукратной дистилляции. Было показано, что в процессе однократной дистилляции сброшенного сусла из сушеного топинамбура образуется больше летучих компонентов, чем при двукратной дистилляции. В первом случае их количество возрастает на 10,0 %, а во втором – лишь на 3,5 %. Данные по составу летучих компонентов в дистиллятах позволили обосновать преимущества применения однократной дистилляции, заключающиеся в получении продукта, обогащенного ценными летучими компонентами и с меньшим содержанием метанола как наиболее токсичной примеси.

Ключевые слова. Сушеный топинамбур, дистилляция, летучие компоненты

Для цитирования: Крикунова, Л. Н. Влияние способов дистилляции на качественные характеристики дистиллятов из сушеного топинамбура / Л. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 48–56.
DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-48-56.

EFFECT OF DISTILLATION METHODS ON QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF DISTILLATES OBTAINED FROM DRIED JERUSALEM ARTICHOKE

L.N. Krikunova, E.V. Dubinina*

All-Russian Scientific Research Institute of Brewing,
Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov
Federal Research Center of Food Systems of RAS,
7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia

*e-mail: elena-vd@yandex.ru

Received: 20.12.2017

Accepted: 16.03.2018

© L.N. Krikunova, E.V. Dubinina, 2018

Abstract. The given article considers the perspectives of using dried Jerusalem artichoke as an alternative raw material in distilled spirits production. The main objective of the research was to determine the effect of distillation methods of fermented wort obtained from dried Jerusalem artichoke on the distillate output and quality. The authors took dried Jerusalem artichoke instead of its fresh tubers for processing as a raw material for alcohol drinks production because it is possible to use it during for the whole year to produce beverages. Besides dried Jerusalem artichoke has stable biochemical composition, high microbiological quality, and higher content of low-molecular fractions of fermented carbohydrates. The study of physical, chemical and organoleptic properties of the fermented wort, crude alcohol and distillate was carried out using standard analytical methods. The authors considered two types of distillation: single and double. During the experiments they used dried Jerusalem artichoke with humidity 6.1% and inulin content equal 54.2%. Fermented wort was obtained by means of single-stage method. Distillation was performed using distillation unit “Kothe Destillationstechnik” (Germany). The authors determined that distillation method has an influence on the distribution of ethanol into fractions and determines its loss. Double distillation leads to higher loss of ethanol. Ethanol loss increased from 3.6% after single distillation up to 5.2% after

double distillation. The authors showed that during single distillation of the fermented wort obtained from dried Jerusalem artichoke more volatile components are formed compared to double distillation. In the first case their number increases by 10.0%, in the second case – only by 3.5%. The data on the composition of volatile constituents in the distillates allowed to prove that single distillation has a number of advantages such as the production of liquids rich in valuable volatile constituents and lower methanol content which is considered as the most toxic impurity.

Keywords. Dried Jerusalem artichoke, distillation, volatile constituents

For citation: Krikunova L.N., Dubinina E.V. Effect of Distillation Methods on Qualitative Characteristics of Distillates Obtained from Dried Jerusalem Artichoke. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 48–56 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-48-56.

Введение

Широкий интерес к использованию топинамбура в ряде отраслей пищевой промышленности объясняется высокой экономической эффективностью производства. Так, в спиртовой отрасли топинамбур считается одним из самых дешевых видов сырья. Выход спирта из него в 1,5–3,5 раза выше, чем при переработке картофеля и зерна при пересчете на 1 га. Это связано с тем, что углеводы составляют основную массу сухого вещества клубней. Их количество может достигать 80 и даже 90 %.

Основу углеводного комплекса топинамбура составляют фруктоза и ее полимеры различной степени сложности, высшим гомологом которых является инулин [1]. Обычно в растительном организме находится не чистый инулин, а смесь фруктозанов, или, по меньшей мере, инулин с большой группой фруктозанов, или так называемых левулезанов, или инулидов [2]. Второе место в количественном отношении после фруктозанов занимают полисахариды топинамбура, входящие в состав клеточных оболочек тканей клубней. Из них большая часть – целлюлоза и пектиновые вещества (80–82 %), а на последнем месте в количественном отношении стоят гемицеллюлозы [1–4].

Топинамбур с точки зрения хранения является сложным сырьем. Тонкий защитный пробковый слой делает данный вид сырья нестойким в хранении [5]. В качестве альтернативы можно предложить вариант использования сущеного топинамбура, полученного в результате высушивания по мягкому режиму ломтиков из свежих клубней топинамбура [6]. К преимуществам последнего следует отнести, во-первых, возможность круглогодичного производства продукции, во-вторых, стабильность его биохимического состава и высокую микробиологическую чистоту. Кроме того, использование сущеного топинамбура позволяет существенно упростить технологический процесс, исключив такие операции, как мойка сырья и его дробление [7].

Ранее установлено [8], что в процессе сушки свежего топинамбура, происходящем при мягких температурных режимах, протекали ферментативные процессы за счет действия собственных ферментов сырья и, как следствие, изменялся состав его фруктозосодержащих компонентов. Показано, что в процессе сушки сырья в нем увеличивается содержание низкомолекулярных фракций: ФИ (свободных редуцирующих сахаров) возрастает в среднем

в 3–5 раз; ФИІ (олигосахаридов и низкомолекулярных фракций инулина) увеличивается приблизительно в 1,5 раза. Содержание высокомолекулярных компонентов – фракции ФІІІ, напротив, снижается. Данный факт, прежде всего, связан с протеканием процессов ферментативного гидролиза высокомолекулярных фракций инулина под действием собственных инулиниз сырья (по данным отечественных ученых суммарная гидролазная активность в клубнях топинамбура составляет 3,3–4,5 ИН ед/г инулина сырья [9]). В целом происходит деполимеризация основных углеводных компонентов сырья и, как следствие, повышается степень их доступности к ферментативному гидролизу. Выявленные особенности биохимического состава сущеного топинамбура были учтены авторами при разработке оптимальных технологических параметров на этапах получения и сбраживания осахаренного сусла [10, 11].

Следующим этапом производства дистиллятов из любого вида растительного сырья является непосредственно процесс дистилляции, который может осуществляться как на периодически действующих, так и на непрерывно действующих установках. Для получения дистиллятов высокого качества применяются установки периодического действия. Принципиально способы дистилляции на таких установках можно разделить на однократную и двукратную дистилляцию. В первом случае перегонка сброшенного сусла осуществляется фракционированно с выделением трех фракций: головной, средней (непосредственно дистиллята) и хвостовой. Двукратная перегонка включает два этапа: при первом получают спирт-сырец, а при втором, перегоняя спирт-сырец, – дистилляты.

Практика показала, что выбор способа дистилляции зависит от исходных характеристик сырья. Так, однократная перегонка при получении коньячных дистиллятов не всегда обеспечивает их высокое качество [12, 13]. Напротив, считается, что для получения высококачественных фруктовых дистиллятов из сброшенной мезги больше подходит однократная фракционированная дистилляция [14–16]. При разработке технологии спиртных напитков на основе зерновых дистиллятов также рекомендована однократная схема дистилляции [17].

До настоящего времени не проводились исследования по влиянию способов дистилляции

сусла из топинамбура на выход и качественные характеристики дистиллятов, поэтому тема настоящей работы является актуальной.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования использовали сброшенное сусло из сущеного топинамбура, подготовленное к дистилляции по рекомендованному одностадийному способу [10, 11], и дистиллят из топинамбура, полученный в результате однократной и двукратной дистилляции.

Дистилляцию осуществляли на установке периодического действия кубового типа «Kothe Destillationstechnik» (Германия), конструкция которой позволяет осуществлять процесс в двух режимах.

Определение физико-химических и органолептических показателей сброшенного сусла, спирта-сырца и дистиллята осуществляли с применением стандартизованных методов анализа [18, 19]. Качественный и количественный состав летучих компонентов определяли методом газовой хроматографии на приборе «Кристалл 5000.1» («Хроматек», Россия) по действующей методике [20].

Определение всех показателей проводили в 3–5 повторностях. При обработке результатов исследований использовали метод математической статистики, в ходе которого определяли среднее значение полученных результатов, среднее квадратичное отклонение и доверительный интервал. В таблицах и рисунках результаты представлены в виде средних арифметических.

Результаты и их обсуждение

В работе были рассмотрены два варианта дистилляции: однократная и двукратная. При выполнении экспериментов использовали сущеный топинамбур с влажностью 6,1 % и содержанием инулина 54,2 %. Сусло получали одностадийным способом. Способ предусматривает смешивание сущеного топинамбура с водой при гидромодуле 1:4,5, внесение экзоинулинизы в дозировке 4,0 ед.ИН/г инулина сырья (ферментный препарат Inul A.Awamori) и эндопротеиназы – 0,02 ед.ПС/г белка сырья (ферментный препарат Нейтраза 0,8 L). Далее в сусло одновременно вносили активатор брожения «Витамон комби» в концентрации 0,030 % от массы сусла и спиртовые дрожжи Fermiol с нормой внесения 100 мг/100 г сусла. Процесс сбраживания осуществляли при температуре 28–30 °C в течение 72 ч.

Как было указано ранее, исходный состав перегоняемого сырья оказывает значительное влияние на динамику перехода летучих компонентов во фракции. Поэтому на первом этапе исследований был проанализирован состав и содержание основных летучих компонентов сброшенного сусла и спирта-сырца, полученного после первого этапа дистилляции, с целью выделения которого в дистилляционной установке

были отключены все контактные устройства (три тарелки).

Установлено (табл. 1), что суммарное содержание летучих компонентов в спирте-сыреце по сравнению с их содержанием в исходном сброшенном сусле возрастает более чем в 5 раз. Вместе с тем в пересчете на абсолютный спирт оно повышается лишь на 9,7 %. В первую очередь необходимо отметить повышение концентрации метанола за счет термического разрушения пектиновых веществ сырья. Увеличение концентрации ацетальдегида связано с окислительными процессами, проходящими при дистилляции. Рост содержания энантового эфира более чем в 2 раза обусловлен присутствием в перегоняемой среде дрожжевых клеток. Напротив, содержание таких летучих компонентов, как высшие спирты и фенилэтиловый спирт, снижается на 15 и 50 % соответственно. Уменьшение концентрации высших спиртов может являться следствием их частичного окисления до соответствующих альдегидов, а концентрации фенилэтилового спирта как одного из наиболее труднолетучих компонентов – его потерями с бардой.

Также выявлено (табл. 2), что способ дистилляции влияет на распределение этилового спирта по фракциям и определяет его потери. Двукратная дистилляция характеризуется повышенными потерями этилового спирта. Они возрастают с 3,6 % при однократной дистилляции и до 5,2 % – при двукратной, причем потери на стадии получения спирта-сырца составляют 3,1 %. Выявленная зависимость ранее была отмечена и при производстве коньячного, фруктового (плодового) и зернового дистиллятов [13, 17, 21].

Таблица 1 – Характеристика сброшенного сусла и спирта-сырца по содержанию основных летучих компонентов

Table 1 – Properties of fermented wort and crude alcohol in relation to the content of the main volatile constituents

Содержание летучих компонентов, мг/дм ³	Сусло (крепость – 6,41 % об.)	Спирт-сырец (крепость – 30,47 % об.)
Ацетальдегид	65	411
Этилацетат	11	51
Метанол	114	738
Высшие спирты, в т. ч.:	165	694
– 1-пропанол	42	147
– изобутанол	36	172
– изоамилол	87	375
Энантовый эфир	1	11
Фенилэтиловый спирт	17	44
Сумма летучих компонентов*	378	1971

* В табл. 1 и далее по тексту при расчете суммы летучих компонентов учитывались все идентифицированные примеси, некоторые из них в иллюстративный материал не включены.

Таблица 2 – Влияние способа дистилляции на распределение спирта по фракциям (из 10 кг сброшенного сусла)

Table 2 – Effect of distillation method on the distribution of alcohol into fractions (from 10 kg of fermented wort)

Показатели	Однократная дистилляция	Двукратная дистилляция
Объем безводного спирта из 10 кг сброшенного сусла, см ³	640	640
Объем фракции, см ³		
– головная	65	40
– средняя	635	600
– хвостовая	270	240
Объемная доля спирта во фракции, % об.		
– головная	84,6	79,7
– средняя	85,4	91,1
– хвостовая	7,4	11,6
Потери спирта, % от исходного в сброшенном сусле	3,6	5,2

Выявленные отличия в составе сброшенного сусла и спирта-сырца оказывали влияние на распределение основных летучих компонентов при дистилляции по фракциям: головной (ГФ), средней (СФ) и хвостовой (ХФ). Исходные данные к расчету баланса приведены в табл. 3. Представленные данные показывают, что в процессе дистилляции сброшенного сусла из сушеного топинамбура, осуществляемом в режиме, предложенном производителем дистилляционной установки ($t = 100\text{--}110^\circ\text{C}$, $\tau = 2$ ч), основное содержание такого труднолетучего компонента, как фенилэтиловый спирт, остается в отходе производства – барде. Суммарное содержание

фенилэтилового спирта во фракциях при однократной дистилляции составляет примерно 40 % от его количества в сусле, при двукратной – свыше 60 % от его содержания в спирте-сыреце, при этом концентрируется он в хвостовой фракции.

С учетом выявленного факта, потерь этилового спирта и расчета суммы летучих компонентов в сусле, спирте-сыреце и во фракциях установлено, что процесс однократной дистилляции сброшенного сусла из сушеного топинамбура характеризуется большим новообразованием летучих компонентов, чем перегонка по схеме двукратной дистилляции (табл. 4). В первом случае их количество возрастает на 10,0 %, а во втором – лишь на 3,5 %. Данный факт может быть обусловлен более коротким периодом тепловой обработки сброшенного сусла на стадии получения спирта-сыреца по сравнению с длительностью процесса при однократной фракционированной дистилляции. Вероятно, именно нелетучие компоненты сусла, находящиеся в нем как в растворенной, так и в нерастворенной формах (перегонке подвергали неосветленное сусло без выделения твердой фазы), являются источниками новообразования летучих компонентов.

Данные, представленные на рис. 1 и 2, наглядно показывают влияние способа дистилляции на баланс распределения летучих компонентов по фракциям. Так, ацетальдегид – один из наиболее летучих компонентов сброшенного сусла, повышенное содержание которого может негативно сказаться на органолептических характеристиках дистиллята, концентрируется в головной фракции. Причем двукратная дистилляция с позиции выделения данного компонента предпочтительна.

Таблица 3 – Исходные данные к расчету баланса распределения летучих компонентов при дистилляции по фракциям (из 10 кг сброшенного сусла)

Table 3 – Initial data for calculation of volatile constituents distribution balance during distillation into fractions (from 10 kg of fermented wort)

Содержание летучих компонентов, мг	Однократная дистилляция				Двукратная дистилляция			
	сусло	ГФ	СФ	ХФ	спирт-сырец	ГФ	СФ	ХФ
Ацетальдегид	646	507	253	2	836	784	74	–
Этилацетат	106	90	50	–	104	50	56	–
Метанол	1138	132	1203	107	1502	106	1424	32
Высшие спирты, в т. ч.:	1649	69	1411	18	1412	16	1055	350
– 1-пропанол	424	17	312	4	299	5	272	36
– изобутанол	357	23	360	4	350	6	231	38
– изоамилол	868	29	739	10	763	5	552	276
Энантовый эфир	10	3	26	–	22	1	18	2
Фенилэтиловый спирт	174	1	17	58	89	–	–	55
Сумма летучих компонентов*	3779	826	3040	193	4011	989	2662	465

Таблица 4 – Исходные данные к расчету процесса новообразования летучих компонентов при дистилляции сусла из сушеного топинамбура

Table 4 – Initial data for calculation of the volatile constituent formation process during distillation of wort prepared from dried Jerusalem artichoke

Показатели	Однократная перегонка	Двукратная перегонка
Содержание летучих компонентов в сусле или спирте-сыреце, (m ₁) мг	3779	4011
Суммарное содержание летучих компонентов во фракциях Ф1; ΣФ2–Ф5; Ф6	4059	4116
Количество фенилэтилового спирта в послеспиртовой барде, мг	98	34
Содержание летучих компонентов во фракциях с учетом потерь фенилэтилового спирта с бардой (m ₂), мг	4157	4150
Новообразование (H), %	10,0	3,5

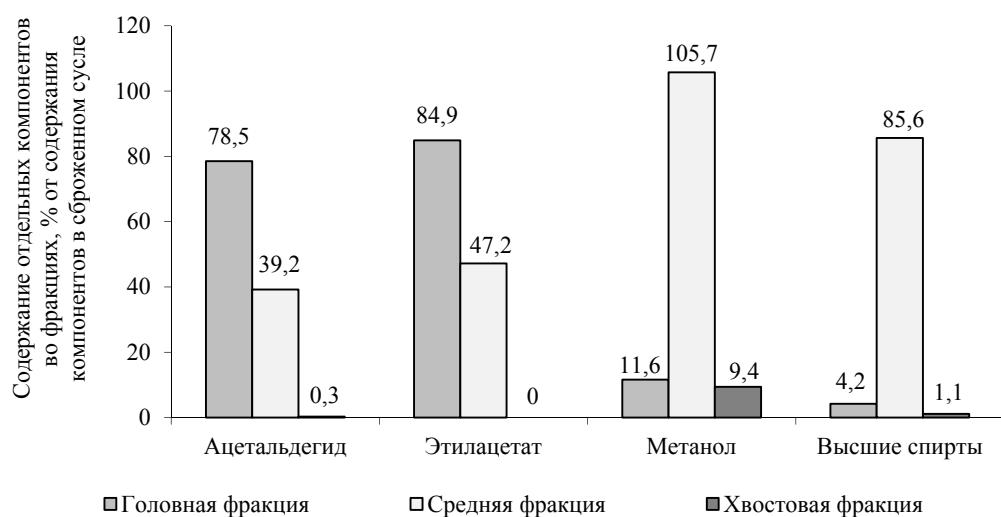


Рисунок 1 – Баланс распределения основных групп летучих компонентов по фракциям при однократной дистилляции

Figure 1 – Distribution balance of the main groups of volatile constituents into fractions after single distillation

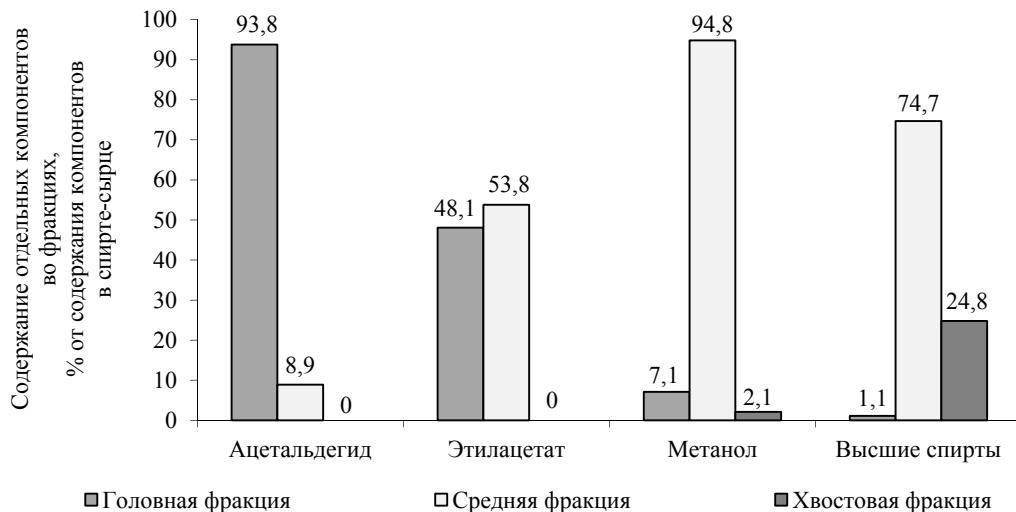


Рисунок 2 – Баланс распределения основных групп летучих компонентов по фракциям при двукратной дистилляции

Figure 2 – Distribution balance of the main groups of volatile constituents into fractions after double distillation

Напротив, оценка способа дистилляции по такому основному показателю, как содержание высших спиртов, показывает преимущества однократной дистилляции. В хвостовую фракцию переходит 1,1 и 24,8 % спиртов соответственно для одно- и двукратной дистилляции.

Оценка качественного и количественного состава летучих компонентов в образцах дистиллятов из сушеного топинамбура, полученных с использованием схем одно- и двукратной дистилляции, представлена в табл. 5.

Полученные данные позволили выявить основные отличия, заключающиеся в снижении в образце 2 (по сравнению с образцом 1) содержания 1-пропанола, изобутанола и изоамилола (в сумме на 20 %), в уменьшении количества фенилэтилового спирта, компонентов энантового эфира и повышении метанола – примерно в 1,2 раза, что делает предпочтительным однократную дистилляцию, так как она дает наиболее богатый аромато- и вкусообразующими компонентами дистиллят при меньшем содержании самой

токсичной примеси – метанола. Это было подтверждено в ходе органолептического анализа образцов дистиллятов (табл. 6), который показал, что двукратная дистилляция негативно влияет на вкусо-ароматические характеристики продукта.

При исследовании хроматограмм образцов (рис. 3) необходимо отметить, что часть летучих компонентов, присутствующих в дистиллятах из сушеного топинамбура, нами пока не идентифицирована. Вероятно, к ним относятся высшие жирные кислоты, придающие аромату специфические оттенки.

Так, в образце 2, полученном после двукратной дистилляции, выявлен пик № 2, отсутствующий в образце 1. Концентрация неидентифицированного компонента по оценке площади в сравнении с фенилэтиловым спиртом (температура кипения 220 °C) может превышать 30–40 мг/дм³ безводного спирта. Предположительно, именно данный компонент может сообщать спирту запах и привкус прогорклого масла.

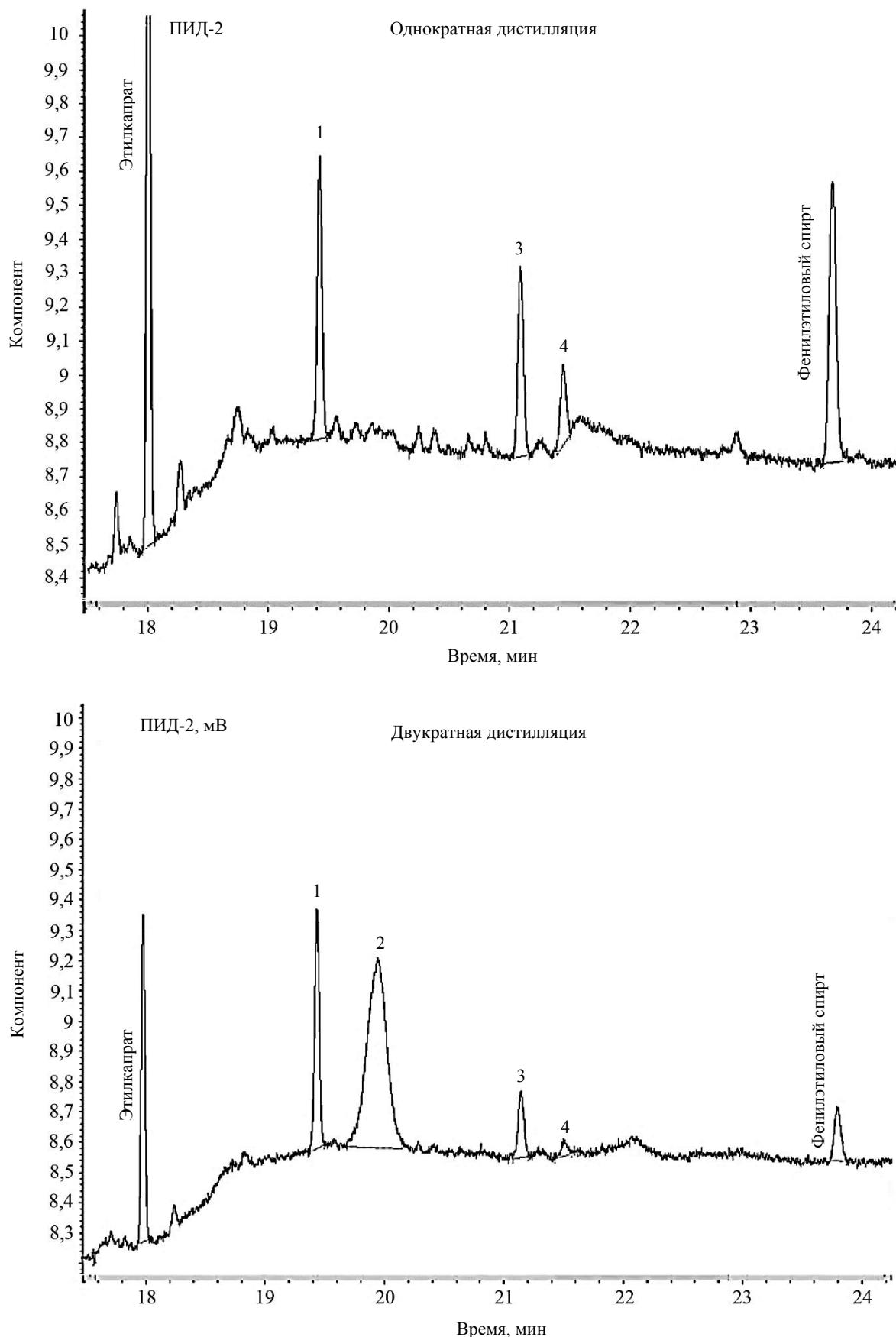


Рисунок 3 – Фрагменты хроматограмм образцов дистиллятов

Figure 3 – Chromatogram fragments for distillate samples

Таблица 5 – Влияние способа дистилляции на качественный и количественный состав летучих компонентов в образцах дистиллятов из сушеного топинамбура

Table 5 – Effect of distillation method on qualitative and quantitative composition of volatile components in the samples of distillates obtained from dried Jerusalem artichoke

Наименование показателя, мг/дм ³ безводного спирта	Образец 1 (однократная дистилляция)	Образец 2 (двухкратная дистилляция)
Спирты		
Метанол	2201	2602
1-пропанол	587	509
Изобутанол	703	485
1-бутанол	20	13
Изоамилол	1317	1091
Гексанол	12	11
Фенилэтиловый спирт	31	2
Эфиры		
Этилацетат	79	104
Изоамилацетат	5	5
Этиллактат	4	1
Этилкапроат	13	12
Этилкаприлат	11	8
Этилкапрат	23	10
Карбонильные соединения		
Ацетальдегид	433	139
Изобутилеральдегид	2	1
Ацетон	7	12
Общее содержание	5448	5005

Таблица 6 – Органолептическая оценка дистиллятов из сушеного топинамбура, в зависимости от способа дистилляции

Table 6 – Organoleptic evaluation of distillates obtained from dried Jerusalem artichoke depending on the distillation method

Наименование образца	Органолептическая характеристика	Дегустационная оценка, баллы
Образец 1	Аромат чистый, характерный, с легкими землистыми тонами. Вкус мягкий, с тонами исходного сырья	7,4
Образец 2	Аромат с тонами исходного сырья, тяжелый. Вкус негармоничный, специфический, с тонами прогорклого масла	6,2

Выводы

Обобщая полученные экспериментальные данные, рекомендуется для получения дистиллята из сушеного топинамбура на установке периодического действия использовать способ однократной дистилляции, который, по сравнению с двухкратной дистилляцией, позволяет, во-первых, упростить технологический процесс, во-вторых, снизить потери этилового спирта, в-третьих, обогатить дистиллят ценными летучими компонентами.

Список литературы

1. Obtaining and identification of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers / T. V. Barkhatova [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, №. 2. – P. 13–21. DOI: 10.12737/13115.
2. Голубев, В. Н. Топинамбур. Состав, свойства, способы переработки, области применения / В. Н. Голубев, Н. В. Волкова, Х. М. Кушалаков. – Астрахань : Волга, 1995. – 81 с.
3. Bioactive constituents of *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke) / L. Pan [et al.] // Phytochemistry Letters. – 2009. – Vol. 2, №. 1. – P. 15–18. DOI: 10.1016/j.phytol.2008.10.003.
4. Phytochemical and biological study of *Helianthus tuberosus* L. / M. S. Ahmed [et al.] // Egyptian Journal of Biomedical Science. – 2005. – Vol. 18. – P. 134–147.
5. Изменение инулина в клубнях топинамбура при хранении [Электронный ресурс] / М. Н. Назаренко [и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 94 (10). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/17.pdf>.
6. Остриков, А. Н. Комплексная оценка качества топинамбура, высушенного паровоздушной смесью атмосферного давления / А. Н. Остриков, И. А. Зуев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 8. – С. 44–45.
7. Оганесянц, Л. А. Технико-экономическое обоснование перспектив производства спиртных напитков из топинамбура / Л. А. Оганесянц, В. А. Песчанская, В. П. Осипова // Пиво и напитки. – 2016. – № 4. – С. 5–9.
8. Исследование биохимического состава сушеного топинамбура / Л. Н. Крикунова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – № 8. – С. 29–33.
9. Чечеткин, Д. В. Исследование процесса гидролиза фруктозанов топинамбура под действием собственных гидролаз сырья / Д. В. Чечеткин, Л. Н. Крикунова, Г. П. Карпилиенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 4. – С. 39–43.
10. Разработка технологии спиртных напитков на основе дистиллята из топинамбура. Ч. 1. Стадия получения осахаренного сусла / Л. А. Оганесянц [и др.] // Пиво и напитки. – 2016. – № 6. – С. 34–37.
11. Разработка технологии спиртных напитков на основе дистиллята из топинамбура. Ч. 2. Стадия сбраживания / Л. А. Оганесянц [и др.] // Пиво и напитки. – 2017. – № 1. – С. 26–29.
12. Мартыненко, Э. Я. Технология коньяка / Э. Я. Мартыненко. – Симферополь : Таврида, 2003. – 320 с.
13. Спиртные напитки. Особенности брожения и производства / под ред. Э. Ли, Дж. Пигготта ; пер. с англ. под общ. ред. А. Л. Панасюка. – СПб. : Профессия. – 2006. – 552 с.

14. Научные аспекты производства крепких спиртных напитков из плодового сырья / Л. А. Оганесянц [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2012. – № 1. – С. 18–19.
15. Оганесянц, Л. А. Теория и практика плодового виноделия / Л. А. Оганесянц, А. Л. Панасюк, Б. Б. Рейтблат. – М. : Развитие. – 2011. – 396 с.
16. Hernández-Gómez, L. F. Melon fruit distillates: comparison of different distillation methods / L. F. Hernández-Gómez, J. Ubeda, A. Briones // Food Chemistry. – 2003. – № 82. – P. 539–543. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00008-6.
17. Песчанская, В. А. Сравнительная характеристика способов производства зерновых дистиллятов / В. А. Песчанская, Л. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина // Пиво и напитки. – 2015. – № 6. – С. 40–43.
18. ГОСТ 32095-2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения объемной доли этилового спирта. – Введ. 01.07.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – 5 с.
19. ГОСТ 32051-2013. Продукция винодельческая. Методы органолептического анализа. – Введ. 01.07.2014. – М. : Стандартинформ, 2013. – 12 с.
20. ГОСТ 33834-2016. Продукция винодельческая и сырье для ее производства. Газохроматографический метод определения массовой концентрации летучих компонентов. – Введ. 01.01.2018. – М. : Стандартинформ, 2016. – 11 с.
21. Пат. № 2560266 Российской Федерации, МПК C12G3/12. Способ получения шелковичного дистиллята / Лорян Г. В., Песчанская В. А., Оганесянц Л. А., Дубинина Е. В.; заявитель и патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности. – Опубл. 20.08.2015, Бюл. № 23.

References

1. Barkhatova T.V., Nazarenko M.N., Kozhukhova M.A., Khripko I.A. Obtaining and identification of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers. *Foods and Raw Materials*, 2015, vol. 3, no. 2, pp. 13–22. DOI: 10.12737/13115.
2. Golubev V.N., Volkova N.V., Kushalakov Kh.M. *Topinambur. Sostav, svoystva, sposoby pererabotki, oblasti primeneniya* [Jerusalem artichoke. Composition, properties, processing methods, applications]. Astrakhan': Volga Publ., 1995. 82 p.
3. Pan L., Sinden M.R., Kennedy A.H., et al. Bioactive constituents of *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke). *Phytochemistry Letters*, 2009, vol. 2, no. 1, pp. 15–18. DOI: 10.1016/j.phytol.2008.10.003.
4. Ahmed M.S., El-Sakhawy F.S., Soliman S.N., Abou-Hussein D.M.R. Phytochemical and biological study of *Helianthus tuberosus* L. *Egyptian Journal of Biomedical Science*, 2005, vol. 18, pp. 134–147.
5. Nazarenko M.N., Barkhatova T.V., Kozhukhova M.A., Khripko I.A., Burlakova E.V. Izmenenie inulina v klubnyakh topinambura pri khranenii [Inulin changes in Jerusalem artichoke tubers during storage]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 2013, vol. 10, no. 94. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/17.pdf>.
6. Ostrikov A.N., Zuev I.A. Kompleksnaya otsenka kachestva topinambura, vysushennogo parovozdushnoy smes'yu atmosfernogo davleniya [Integrated assessment of quality of Jerusalem artichoke, dried in air-steam mixture at atmospheric pressure]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2005, no. 8, pp. 44–45.
7. Oganesiants L.A., Peschanskaya V.A., Osipova V.P. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie perspektiv proizvodstva spirtnykh napitkov iz topinambura [A feasibility study of the prospects for the production of alcohol from Jerusalem artichoke]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2016, no. 4, pp. 5–9.
8. Krikunova L.N., Peschanskaya V.A., Obodeeva O.N., Zakharov M.A. Issledovanie biohimicheskogo sostava sushenogo topinambura [Study of biochemical composition of dried Jerusalem artichoke]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2016, no. 8, pp. 29–33.
9. Chechetkin D.V., Krikunova L.N., Karpilenko G.P. Issledovanie protsessa gidroliza fruktozanov topinambura pod deystviem sobstvennykh gidrolaz syr'ya [The study of the process of fructosans hydrolysis of Jerusalem artichoke under the action of hydrolases of raw materials]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], 2006, no. 4, pp. 39–43.
10. Oganesiants L.A., Peschanskaya V.A., Krikunova L.N., Obodeeva O.N. Razrabotka tekhnologii spirtnykh napitkov na osnove distillyata iz topinambura. Chast' 1. Stadiya polucheniya osakharenogo susla [Development of technology of alcoholic beverages on the basis of the distillate from Jerusalem artichoke. Part 1. Step of obtaining a saccharified wort]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2016, no. 6, pp. 34–37.
11. Oganesiants L.A., Peschanskaya V.A., Krikunova L.N., Obodeeva O.N. Razrabotka tekhnologii spirtnykh napitkov na osnove distillyata iz topinambura. Chast' 2. Stadiya sbrazhivaniya [Development of technology of alcoholic beverages on the basis of the distillate from Jerusalem artichoke. Part 2. Step of fermentation]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2017, no. 1, pp. 26–29.
12. Martynenko E.Ya. *Tekhnologiya kon'yaka* [Technology of Cognac]. Simferopol: Tavrida Publ., 2003. 320 p.
13. Lea A.G.H., Piggott J.R. *Fermented Beverage Production*. Blackie Academic & Professional, 1995. 428 p. (Russ. ed.: Panasyuk A.L. *Spirtnye napitki. Osobennosti brozheniya i proizvodstva*. St. Petersburg, Professiya Publ., 2006. 552 p.).
14. Oganesiants L.A., Reyblat B.B., Peschanskaya V.A., Dubinina E.V. Nauchnye aspekty proizvodstva krepikh spirtnykh napitkov iz plodovogo syrya [The scientific aspects of the manufacture of spirits from fruit raw materials]. *Vinodelie i vinogradarstvo* [Winemaking and Viticulture], 2012, no. 1, pp. 18–19.
15. Oganesiants L.A., Panasyuk A.L., Reyblat B.B. *Teoriya i praktika plodovogo vinodeliya* [Theory and practice of fruit winemaking]. Moscow: Razvitiye Publ., 2011. 396 p.
16. Hernández-Gómez L.F., Ubeda J., Briones A. Melon fruit distillates: comparison of different distillation methods. *Food Chemistry*, 2003, no. 82, pp. 539–543. DOI: 10.1016/S0308-8146(03)00008-6.

17. Peschanskaya, V.A., Krikunova L.N., Dubinina E.V. Sravnitel'naya kharakteristika sposobov proizvodstva zernovykh distillyatov [Comparative Characteristics of Methods of Grain Distillates Production]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2015, no. 6, pp. 40–43.
18. GOST 32095-2013. *Produktsiya alkogol'naya i syr'e dlya ee proizvodstva. Metod opredeleniya ob'emynoy doli etilovogo spirta* [State Standart 32095-2013. Alcoholic products and raw materials for its production. The method of determining the volume fraction of ethyl alcohol]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 5 p.
19. GOST 32051-2013. *Produktsiya vinodel'cheskaya. Metody organolepticheskogo analiza* [State Standart 32051-2013. Wine products. Methods of organoleptic analysis]. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 12 p.
20. GOST 33834-2016. *Produktsiya vinodel'cheskaya i syr'e dlya ee proizvodstva. Gazokhromatograficheskiy metod opredeleniya massovoy kontsentratsii letuchikh komponentov* [State Standart 33834-2016. Wine products and raw materials for it's production. Gas chromatographic method for determination of mass concentration of volatile components]. Moscow, Standartinform Publ., 2016. 11 p.
21. Oganesyants L.A., Peschanskaya V.A., Dubinina E.V., Loryan G.V. *Sposob polucheniya shelkovichnogo distillyata* [Method of obtaining mulberry distillate]. Patent RF, no. 2560266, 2015.

Крикунова Людмила Николаевна

д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник ВНИИПБиВП – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, 7, тел.: +7 (499) 255-20-21, e-mail: cognac320@mail.ru

Дубинина Елена Васильевна

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ВНИИПБиВП – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, 7, тел.: +7 (499) 246-66-12, e-mail: elena-vd@yandex.ru

Ludmila N. Krikunova

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center of Food Sistems of RAS, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia, phone: +7 (499) 255-20-21, e-mail: cognac320@mail.ru

Elena V. Dubinina

Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center of Food Sistems of RAS, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia, phone: +7 (499) 246-66-12, e-mail: elena-vd@yandex.ru



ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОАКТИВИРОВАННОГО ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ В СПИРТОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А. А. Миронцева*, Е. А. Цед, С. В. Волкова

УО «Могилевский государственный университет продовольствия»,
212027, Беларусь, г. Могилев, пр-т Шмидта, 3

*e-mail: anna_mirontseva@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 03.11.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© А. А. Миронцева, Е. А. Цед, С. В. Волкова, 2018

Аннотация. В производстве этилового спирта Республики Беларусь наибольший удельный вес в валовой переработке зерновых культур и государственных заготовках занимает тритикале, при переработке которой основная трудность обусловлена образованием вязких технологических сред из-за наличия в химическом составе некрахмальных полисахаридов. Все мероприятия по решению данной проблемы сводятся к подбору эффективных ферментных препаратов, гидролизующих полимеры зерна в низкомолекулярные соединения, способные утилизироваться дрожжевыми клетками с образованием этилового спирта. Собственные ферменты зерна при этом не задействованы. Решение данной проблемы возможно путем биологической активации, использование которой позволит активировать ферментные системы зерна и частично гидролизовать полимеры зерна до низкомолекулярных соединений. В работе изучены общие и специальные технологические показатели шести сортов тритикале белорусской селекции: Антось, Кастусь, Дубрава, Рунь, Прометей, Импульс. Выявлено, что наиболее перспективными сортами для процесса биоактивации и производства пищевого этилового спирта являлись сорта Антось и Дубрава. Исследована возможность использования горячего замачивания зерна тритикале для его биологической активации. Показана целесообразность внесения при горячем замачивании зеленой массы амаранта в количестве 8 % для снижения микробиологической обсемененности зерна. Изучено изменение технологических свойств тритикале сортов Антось и Дубрава после биоактивации с зеленой массой амаранта. Отмечено улучшение микробиологических характеристик зерна, повышение активности зерновых ферментов, увеличение количества низкомолекулярных соединений. Исследованы процессы, протекающие при получении сусла и бражки из биоактивированного зерна тритикале. Установлено, что переработка биоактивированного зерна тритикале приводила к получению сусла с высокой концентрацией сухих веществ, что позволило увеличить содержание этанола в зрелой бражке из сорта тритикале Антось на 19,5 %, из сорта тритикале Дубрава – на 29,3 % и снизить суммарное количество основных примесей в дистиллятах.

Ключевые слова. Тритикале, амарант, биоактивация, сусло, зрелая бражка, этанол

Для цитирования: Миронцева, А. А. Обоснование применения биоактивированного зерна тритикале в спиртовом производстве / А. А. Миронцева, Е. А. Цед, С. В. Волкова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 57–65.
DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-57-65.

JUSTIFICATION OF BIOACTIVATED GRAIN TRITICALE USE IN ALCOHOL PRODUCTION

A.A. Mirontseva*, E.A. Tsed, S.V. Volkova

Mogilev State University of Food Technologies,
3, Schmidta Ave., Mogilev, 212027, Belarus

*e-mail: anna_mirontseva@mail.ru

Received: 03.11.2017

Accepted: 16.03.2018

© A.A. Mirontseva, E.A. Tsed, S.V. Volkova, 2018

Abstract. Triticale accounts for the biggest share in gross processing and state procurement of grain in Belarusian production of alcohol. The main difficulty in its processing is the formation of viscous technological fluids due to the presence of non-starch polysaccharides in its chemical composition. All measures taken to solve the problem come down to the selection of the efficient enzyme preparations, hydrolyzing grain polymers into low molecular weight compounds, which have the ability to be disposed by the yeast cells and form the ethyl alcohol. But grain own enzymes are not involved. It is possible to solve the problem by means of biological activation, which will activate grain enzyme systems and partially hydrolyze grain polymers into low molecular weight compounds. The article considers general and special technological parameters of six cultivars of triticale selected in the Republic of Belarus: Antos, Kastus, Dubrava, Run, Prometheus, Impulse. The authors determined that the most promising cultivars for bioactivation and food grade ethyl alcohol production are Antos and Dubrava. The authors explored the possibility of using hot soaking of triticale grain for the biological activation. They also showed the advantages of introduction of amaranth green mass in the amount of 8% during hot soaking for the reduction of grain microbiological contamination. They studied the changes in the technological properties of triticale cultivars Antos and Dubrava after the bioactivation with the green mass of amaranth. The authors determined that grain microbiological characteristics improved, the activity of grain enzymes increased, proportion of low molecular weight compounds in the chemical composition increased. They studied the processes taking place during wort and mash production

from the bioactivated triticale grain. The authors showed that the processing of bioactivated triticale grain resulted in the production of wort with higher concentration of dry matter which allowed to increase the ethanol content in the mature mash produced from triticale cultivar Antos by 19.5% and from the triticale cultivar Dubrava by 29.3% and reduce the total quantity of the main impurities in distillates.

Keywords. Triticale, amaranth, bioactivation, wort, mature mash, ethanol

For citation: Mirontseva A.A., Tsed E.A., Volkova S.V. Justification of Bioactivated Grain Triticale Use in Alcohol Production. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 57–65 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-57-65.

Введение

В настоящее время сдерживающим фактором снижения материоемкости и увеличения рентабельности производства в спиртовой отрасли является низкая эффективность использования зернового сырья. При производстве спирта среди всех зерновых культур наибольший удельный вес в валовой переработке и государственных заготовках Республики Беларусь занимает тритиcale. Помимо высокого содержания ценных биополимеров (крахмала, белка) и комплекса гидролитических ферментов зерно тритиcale характеризуется высоким содержанием некрахмальных полисахаридов, из-за наличия которых могут формироваться такие вязкие технологические среды, как замес и сусло, тяжело подвергаемые ферментативному гидролизу, а продукты гидролиза не усваиваются либо усваиваются дрожжевыми клетками частично [1–3].

Показано, что повысить продуктивность переработки всех составных частей зерна тритиcale возможно путем применения биологической активации – влагонасыщения зерен, сопровождающегося под действием воды, тепла и воздуха эмбриональным пробуждением, в ходе которого в зерне происходит синтез и активация ферментов, частичный гидролиз высокомолекулярных веществ до низкомолекулярных продуктов расщепления [4, 5]. Использование биоактивации применительно к сырью спиртового производства будет способствовать его глубокой технологической переработке и конверсии веществ зерна в этанол, сокращению расхода ферментных препаратов за счет действия собственных ферментов зерна. Поэтому исследование возможности использования биоактивации применительно к зерновому сырью спиртового производства является актуальным.

Целью работы стало обоснование применения биоактивированного зерна тритиcale в спиртовом производстве для повышения выхода и качества пищевого этилового спирта.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследований были выбраны шесть сортов тритиcale, селекционированных в РУП «Научно-практический центр НАН Беларусь по земледелию» (г. Жодино) и внесенных в Государственный реестр Республики Беларусь: Антось, Кастьусь, Дубрава, Рунь, Прометей, Импульс. В качестве антисептирующего средства использовали искусственно высушенную зеленую массу амаранта (*Amaranthus*).

При выполнении работы применялись общепринятые и специальные органолептические, физические, физико-химические, микробиологические, хроматографические методы оценки и анализа свойств зерна тритиcale, биоактивированного зерна тритиcale, зерновых замесов, осахаренного сусла, зрелой бражки и ее дистиллятов [6]. Исследования проводились в лаборатории кафедры технологии пищевых производств МГУП.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе работы проводили комплексную оценку зерна тритиcale по общим и специальным показателям качества с целью выявления наиболее перспективных сортов. Общие показатели зерна тритиcale регламентированы СТБ 1522, специальные показатели качества характеризуют технологические свойства зерна для получения пищевого этилового спирта [7].

Из табл. 1 видно, что по органолептическим показателям все сорта тритиcale соответствовали требованиям СТБ 1522. Зерно имело здоровое негреющееся состояние, свойственные нормальному зерну запах и цвет. По содержанию влаги все сорта относились к категории «сухое», содержание сорной и зерновой примеси находилось в пределах установленных значений. Зараженности вредителями не выявлено. Наибольшее значение натуры (объемной массы), влияющей на содержание эндосперма зерна, отметили в зерне сортов Импульс и Прометей, наименьшее – в зерне сорта Кастьусь.

Таблица 1 – Общие показатели качества зерна тритиcale различных сортов
Table 1 – General quality parameters of different triticale grain cultivars

Наименование показателей	Сорта тритиcale					
	Антось	Кастьусь	Дубрава	Рунь	Импульс	Прометей
Состояние	здоровое, негреющееся					
Цвет	свойственный нормальному зерну тритиcale					
Запах						
Влажность, %	10,0 ± 0,2	10,6 ± 0,2	11,0 ± 0,2	9,2 ± 0,2	10,8 ± 0,2	9,7 ± 0,2
Натура, г/дм ³	705,5 ± 5,0	665,2 ± 5,0	717,0 ± 5,0	688,3 ± 5,0	757,6 ± 5,0	724,0 ± 5,0
Сорная примесь, %	0,3 ± 0,002	0,3 ± 0,002	0,2 ± 0,002	0,2 ± 0,002	0,3 ± 0,002	0,3 ± 0,002
Зерновая примесь, %	0,8 ± 0,004	0,7 ± 0,004	0,8 ± 0,004	0,6 ± 0,004	0,9 ± 0,004	0,8 ± 0,004
Зараженность вредителями	не обнаружено					

Дальнейшие исследования были направлены на изучение специальных показателей качества, представляющих собой комплекс физико-химических, физиологических свойств, химического состава, ферментативных способностей и микробиологических показателей зерна. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о высокой крупности сортов тритикале Антось и Импульс, что указывает на большой запас питательных веществ в зерне данных сортов. Наименьшую величину абсолютной массы сформировали сорта тритикале Рунь и Кастусь.

Оценка сортов тритикале по наиболее важному показателю – содержанию крахмала, от величины которого зависит количество сбраживаемых веществ и выход этилового спирта, выявила его высокий потенциал у большинства сортов. Максимальное количество крахмала отмечали в сортах Антось, Импульс и Дубрава. Указанные сорта также отличались наибольшим содержанием редуцирующих сахаров, что имеет важность в процессах сбраживания спиртового сусла. За счет данных веществ спиртовые дрожжи получают необходимую энергию для обеспечения жизненных процессов [8]. Несбалансированность состава сусла за счет избыточного содержания глюкозы или других легко усваиваемых источников углеводов тормозит рост дрожжевых клеток и приводит к образованию летучих примесей спирта [9]. Минимальным содержанием крахмала и редуцирующих сахаров характеризовались сорта Кастусь и Рунь.

Исследования показали, что зерно всех сортов имело высокое содержание белка, с преобладанием в сортах Кастусь, Рунь и Дубрава. Содержание белка в зерне играет важную технологическую роль при сбраживании спиртового сусла, т. к. продукты гидролиза белка являются потенциальными источниками питания для спиртовых дрожжей [9].

По содержанию аминного азота, главный компонент которого – аминокислоты, которые

поступают в сусло и бражку при последующих технологических процессах, превосходили сорта тритикале Рунь, Дубрава и Кастусь. Известно, что наиболее благоприятным путем потребления азота дрожжами является прямая ассимиляция аминокислот из сбраживаемой среды, при этом обеспечивается низкий уровень образования высших спиртов, что немаловажно в ходе получения этилового спирта с высокими органолептическими характеристиками. Также недостаток азотистого питания снижает бродильную активность дрожжей, а полный аминокислотный состав, напротив, ускоряет рост дрожжей и увеличивает выход спирта благодаря экономии сахара на питание клеток. Кроме того, с помощью свободных аминокислот дрожжевая клетка регулирует также синтез ферментов [9, 10].

Обращает внимание высокое содержание жира во всех исследуемых сортах тритикале, показатель которого влияет на кормовое достоинство отхода спиртового производства – барды. Содержание минеральных веществ во всех сортах тритикале варьировалось незначительно. Титруемая кислотность зерна всех сортов, от величины значения которой зависит качество зерна, его сохранность, а также качество полупродуктов спиртового производства – сусла и бражки, лежала в пределах нормативных значений [11].

При переработке тритикале могут возникать проблемы, обусловленные высокой вязкостью замесов из-за наличия в составе зерна некрахмальных полисахаридов. Высокое содержание некрахмальных полисахаридов затрудняет перемешивание замесов, перекачивание их по производственным коммуникациям, влияет на эффективность ферментативной обработки и последующего сбраживания сусла [12]. Выявлено, что содержание некрахмальных полисахаридов в сортах тритикале варьировалось незначительно с преобладанием в сорте Прометей. Минимальным значением данного показателя характеризовалось зерно сортов Импульс, Антось и Дубрава.

Таблица 2 – Специальные показатели качества зерна тритикале различных сортов

Table 2 – Specific quality parameters of different triticale grain cultivars

Наименование показателя	Сорта тритикале					
	Антось	Кастусь	Дубрава	Рунь	Импульс	Прометей
Абсолютная масса, г	43,9 ± 1,6	34,4 ± 1,6	39,3 ± 1,6	35,0 ± 1,6	42,6 ± 1,6	37,3 ± 1,6
Содержание крахмала, %	62,8 ± 0,4	52,5 ± 0,4	60,0 ± 0,4	56,6 ± 0,4	62,6 ± 0,4	58,3 ± 0,4
Редуцирующие сахара, г/100 см ³	0,59 ± 0,02	0,39 ± 0,02	0,52 ± 0,02	0,43 ± 0,02	0,57 ± 0,02	0,47 ± 0,02
Содержание белка, %	11,92 ± 0,08	12,72 ± 0,09	12,38 ± 0,09	12,53 ± 0,09	11,65 ± 0,08	11,85 ± 0,08
Аминный азот, мг/100 см ³	11,08 ± 0,06	11,35 ± 0,06	11,49 ± 0,06	11,56 ± 0,06	10,27 ± 0,05	10,63 ± 0,05
Содержание жира, %	2,91 ± 0,20	2,83 ± 0,20	2,43 ± 0,20	2,53 ± 0,20	2,61 ± 0,20	3,15 ± 0,20
Зольность, %	1,95 ± 0,05	1,78 ± 0,05	1,83 ± 0,05	2,01 ± 0,05	1,94 ± 0,05	1,85 ± 0,05
Титруемая кислотность, град.	2,20 ± 0,2	2,00 ± 0,2	1,80 ± 0,2	2,20 ± 0,2	2,20 ± 0,2	2,00 ± 0,2
Энергия прорастания, %	94,0 ± 5,0	93,0 ± 5,0	93,0 ± 5,0	92,0 ± 5,0	91,0 ± 5,0	91,0 ± 5,0
Способность прорастания, %	98,0 ± 5,0	96,0 ± 5,0	97,0 ± 5,0	95,0 ± 5,0	95,0 ± 5,0	96,0 ± 5,0
Суммарное содержание гемицеллюлозы и пентозанов, %	13,4 ± 1,3	14,1 ± 1,4	13,7 ± 1,4	14,4 ± 1,4	13,4 ± 1,3	14,5 ± 1,5
Содержание пентозанов, %	5,6 ± 0,1	6,9 ± 0,1	6,3 ± 0,1	5,2 ± 0,1	5,4 ± 0,1	5,8 ± 0,1
AC, ед./г	0,90 ± 0,02	1,20 ± 0,03	1,20 ± 0,03	1,20 ± 0,03	0,80 ± 0,02	1,10 ± 0,03
ЦС, ед./г	0,80 ± 0,02	0,70 ± 0,02	0,90 ± 0,02	0,70 ± 0,02	0,70 ± 0,02	0,70 ± 0,02
ПС, ед./г	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,05 ± 0,02

С точки зрения механизма биологической активации зерна большой интерес представляли такие показатели, как способность и энергия прорастания. Анализируя данные таблицы, следует отметить, что в представленных сортах тритикале способность и энергия прорастания находились на высоком уровне. Максимальная энергия и способность прорастания была у зерна сортов Антось и Дубрава.

Так как основной целью биологической активации являлась активация и синтез собственных ферментативных систем зерна, были определены ферментативные способности тритикале различных сортов: амилолитическая, цитолитическая, протеолитическая. Как показали экспериментальные данные, самую высокую амилолитическую способность имели сорта Кастусь, Дубрава и Рунь, по цитолитической и протеолитической способности сорта Антось и Дубрава превосходили прочие сорта.

Известно, что высокая поверхностная обсемененность зернового сырья может оказывать негативное влияние на процесс производства этилового спирта: микроорганизмы-контаминаты утилизируют питательные вещества сусла и образуют метаболиты, токсичные для дрожжей, в результате чего происходит снижение выхода спирта и ухудшение его качества [13]. Поэтому на следующем этапе работы провели оценку степени микробиологической обсемененности тритикале различных сортов по физиологическим группам микроорганизмов. Показано (рис. 1), что зерно всех сортов имело высокую степень микробиологического загрязнения. Причем в большей степени было контаминировано зерно сорта Кастусь, наиболее биологически чистое зерно было у сортов Дубрава и Рунь.

Обобщая результаты оценки общих и специальных технологических показателей шести сортов тритикале белорусской селекции, можно констатировать, что наиболее перспективными сортами, имеющими максимальный потенциал для процесса биоактивации и производства пищевого этилового спирта, являются сорта Антось и Дубрава.

Далее зерно наиболее перспективных сортов Антось и Дубрава подвергали биоактивации. Для биоактивации нами был выбран наиболее простой метод – замачивание зерна до начальной стадии проращивания, характеризующейся минимальным образованием новых вегетативных органов («проклевывание» зерна). Известно, что режимы замачивания могут варьироваться в широких пределах. Температура замачивания может колебаться от 8 до 45 °C, продолжительность процесса при этом составляет от 3 до 48 ч, влажность зерна достигает 30–50 % [14]. При замачивании зерно из состояния покоя переходит в состояние биологической активности – начальную fazу прорастания, когда начинается активизация биохимических процессов (синтез новых белков, витаминов, гормонов, перестройка ферментов) [15]. С целью ускорения процесса активации был использован горячий режим замачивания, характеризующийся повышенной температурой замочной воды.

Известно, что высокая температура замочной воды активизирует ферменты, но до определенного предела. Обычно при температуре 45–55 °C активность ферментов максимальная [16]. Профессором Ф. Д. Братерским с сотрудниками показано, что при тепловой обработке зерна с повышением температуры до 55–65 °C увеличивается активность функциональных групп белков вследствие разворачивания пептидных связей и обнажения новых функциональных групп, эти условия называются границами термоактивации. Однако в случае тепловой обработки зерна необходимо учитывать его влажность. Так, для зерна с высокой влажностью оптимальным режимом нагревания является температура до 40–45 °C [17].

Зерно тритикале сортов Антось и Дубрава подвергали горячему замачиванию при температуре замочной воды (40 ± 2) °C при гидромодуле 1:1 до достижения зерном влажности 42–44 %. Продолжительность замачивания составляла в среднем 4 ч, за указанный период времени влажность зерна сорта Антось достигала ($42,4 \pm 0,2$) %, сорта Дубрава – ($44,8 \pm 0,2$) %.

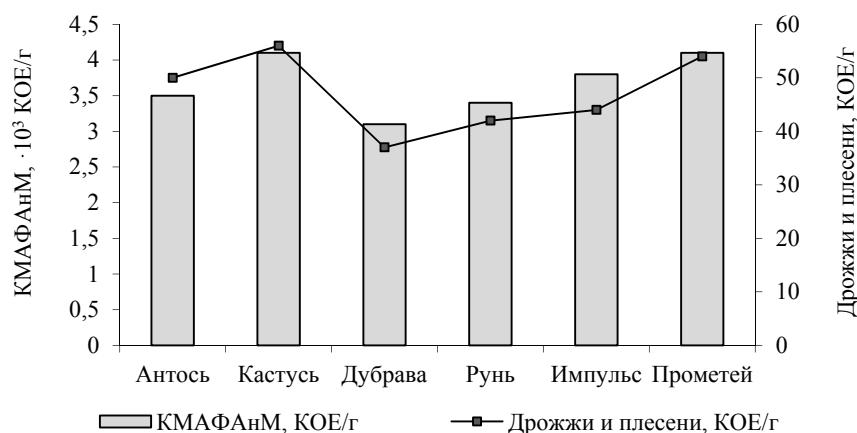


Рисунок 1 – Микробиологическая обсемененность зерна тритикале различных сортов

Figure 1 – Microbial contamination of different triticale grain cultivars

Учитывая высокую начальную обсемененность зерна и благоприятные условия для развития и роста микрофлоры, проводили оценку микробиологического состояния зерна тритикале после замачивания. Определено, что при заданном режиме замачивания количество МАФАНМ в зерне тритикале возрастает в среднем в 8,7 раза (до $3,0 \cdot 10^4$ КОЕ/г) по сравнению с исходным зерном, количество дрожжей и плесневых грибов увеличивается в 7,9 раза (до 348,0 КОЕ/г) соответственно. Полученные результаты указали на необходимость повышения микробиологической чистоты зерна путем подбора антисептиков.

Основываясь на литературных данных и ранее проводимых нами исследованиях, для антисептирования выбрали искусственно высушеннюю зеленую массу амаранта, так как известно, что алкалоиды амаранта обладают антибактериальными и фунгицидными свойствами [18–19].

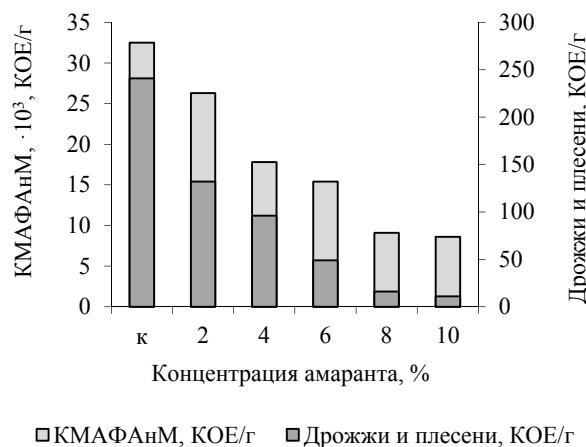


Рисунок 2 – Влияние зеленой массы амаранта на микробиологическую обсемененность биоактивированного зерна тритикале сорта Дубрава

Figure 2 – Influence of amaranth green mass on microbial contamination of bioactivated triticale grain (Dubrava cultivar)

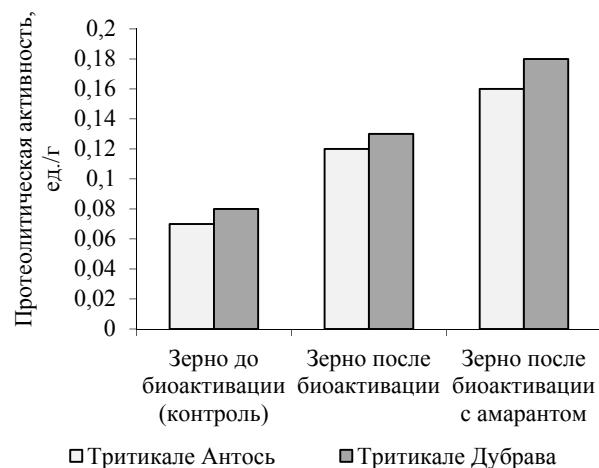


Рисунок 4 – Влияние внесения зеленой массы амаранта при биоактивации на протеолитическую активность зерна тритикале

Figure 4 – Influence of amaranth green mass introduction during bioactivation on proteolytic activity of triticale grain

Искусственно высушеннюю зеленую массу амаранта вносили при биоактивации тритикале в замочную воду в диапазоне концентраций от 2 до 10 % и подвергали выдержке до достижения зерном требуемой влажности. Результаты микробиологической оценки состояния зерна после замачивания с зеленой массой амаранта, представленные на рис. 2, показывают выраженное антимикробное действие амаранта по отношению к поверхностной микрофлоре зерна тритикале.

Установлено, что оптимальной концентрацией амаранта при биоактивации является 8 %, увеличение концентрации до 10 % нецелесообразно из-за отсутствия видимого усиления антисептического эффекта. Внесение оптимальных концентраций амаранта позволило снизить количество МАФАНМ в тритикале в среднем по сортам на 69,7 %, дрожжей и плесневых грибов – на 92,5 % по сравнению с контролем.

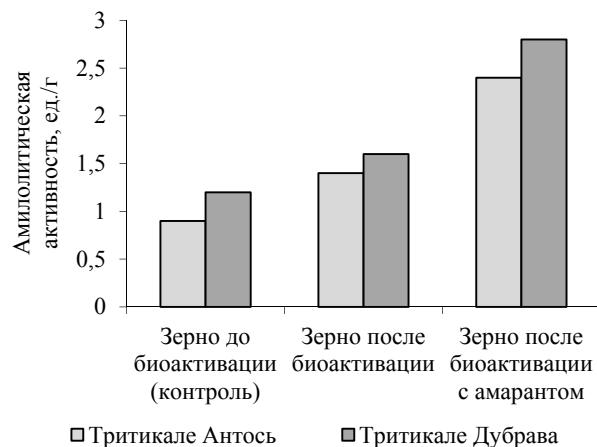


Рисунок 3 – Влияние внесения зеленой массы амаранта при биоактивации на амилолитическую активность зерна тритикале

Figure 3 – Influence of amaranth green mass introduction during bioactivation on amyloytic activity of triticale grain

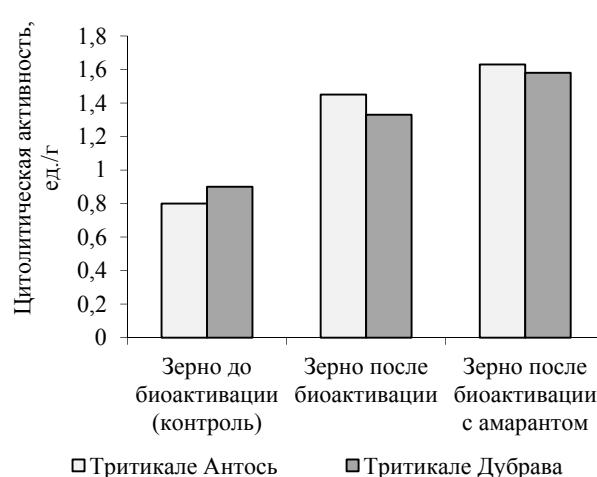


Рисунок 5 – Влияние внесения зеленой массы амаранта при биоактивации на цитолитическую активность зерна тритикале

Figure 5 – Influence of amaranth green mass introduction during bioactivation on cytolytic activity of triticale grain

Так как высокая микробная обсемененность зерна может угнетать процессы синтеза и активации ферментов, авторы считали необходимым проанализировать изменение ферментативных способностей тритикале после замачивания с выбранной оптимальной концентрацией амаранта. С этой целью после замачивания отбирали навески зерна и определяли в них активности амилолитических, протеолитических и цитолитических ферментов.

Согласно полученным данным (рис. 3–5), горячее замачивание зерна с амарантом сопровождалось повышением активности гидролитических ферментов: амилолитическая активность тритикале увеличивалась в среднем в 1,7 раза по сравнению с замачиванием зерна без амаранта; активность цитолитических ферментов повышалась в зерне тритикале в 1,8 раза; активность протеаз возрастила в 2,3 раза. Максимальные значения амилолитической и протеолитической активности наблюдали в замоченном зерне тритикале сорта Дубрава.

Наблюдаемое повышение активности всех групп ферментов в зерне объясняется активацией метаболических процессов экстрактивными биологически активными веществами амаранта, выступающими в качестве природных стимуляторов роста.

Далее исследовали химические изменения в зерне тритикале, подвергнутом горячему замачиванию с амарантом, для этого отбирали навески замоченного зерна, измельчали на лабораторной мельнице и определяли специальные показатели качества, влажность зерна тритикале сорта Антось при этом составляла ($42,2 \pm 0,2$) %, сорта Дубрава – ($44,0 \pm 0,2$) %.

Изучение химического состава зерна тритикале, показало (табл. 3), что в зерне происходили сложные биохимические изменения, которые сопровождались частичным гидролизом биополимеров с образованием и накоплением низкомолекулярных, водорастворимых веществ: редуцирующих сахаров, аминного азота и пентозанов. Характер и глубина протекания данных

процессов, вероятнее всего, связаны с активностью комплекса зерновых ферментов: прослеживалась корреляция между высокими ферментативными способностями замоченного зерна сорта Дубрава, максимальным снижением содержания в нем крахмала, белка, некрахмальных полисахаридов и увеличением продуктов их гидролиза.

Комплексный анализ микробиологических показателей, ферментативных способностей, химического состава показал, что горячее замачивание зерна тритикале сортов Антось и Дубрава с зеленой массой амаранта приводит к биологической активации зерна. Благодаря использованию биоактивации возможно целенаправленное изменение технологических свойств зерна: улучшаются его микробиологические характеристики, повышается активность зерновых ферментов, обеспечивается частичный гидролиз крахмала, белка, некрахмальных полисахаридов.

Представляло интерес изучить эффективность применения биоактивированного зерна тритикале перспективных сортов в дальнейших технологических процессах получения пищевого этилового спирта.

С этой целью готовили опытные образцы замесов из дробленого биоактивированного зерна Антось и Дубрава и контрольные замесы с использованием исходного зерна. Дробленое зерно смешивали с водой при гидромодуле 1:3,5, учитывая влажность зерна опытных образцов. Полученные замесы подвергали водно-тепловой и ферментативной обработке по классической механико-ферментативной схеме с использованием разжижающего ферментного препарата Ликвафло и целлюлолитического ферментного препарата Вискоферм в стандартных дозировках. Затем замесы охлаждали до температуры 56 °C, вносили в них ферментный препарат глюкоамилазы Сакзайм Плюс 2Х и осуществляли процесс осахаривания, полноту осахаривания определяли по йодной пробе. В полученных образцах спиртового сусла определяли наиболее значимые показатели качества.

Таблица 3 – Химический состав биоактивированного зерна тритикале

Table 3 – Chemical composition of bioactivated triticale grain

Наименование показателей	Сорта тритикале		
	Антось	Дубрава	Среднее отклонение от контроля, %
Содержание крахмала, %	$61,7 \pm 0,4$	$59,1 \pm 0,3$	-1,6
Редуцирующие сахара, г/100 см ³	$1,04 \pm 0,02$	$1,15 \pm 0,02$	+97,29
Содержание белка, %	$11,24 \pm 0,09$	$11,69 \pm 0,08$	-5,64
Аминный азот, мг/100 см ³	$11,96 \pm 0,06$	$12,38 \pm 0,06$	+7,84
Зольность, %	$1,92 \pm 0,05$	$1,69 \pm 0,05$	-1,75
Титруемая кислотность, °Т	$2,4 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,2$	+9,68
Суммарное содержание гемицеллюлозы и пентозанов, %	$11,9 \pm 1,2$	$12,0 \pm 1,3$	-11,8
Содержание пентозанов, %	$6,0 \pm 0,1$	$6,7 \pm 0,1$	+6,7

1 Таблица 4 – Физико-химические показатели качества спиртового сусла

Table 4 – Physicochemical quality parameters of alcohol mash

Наименование показателей	Образцы сусла из тритикале Антось		Образцы сусла из тритикале Дубрава	
	контроль	опыт	контроль	опыт
Содержание сухих веществ, %	18,6 ± 0,2	21,4 ± 0,2	18,4 ± 0,2	22,0 ± 0,2
Содержание редуцирующих веществ, г/100 см ³	6,42 ± 0,02	9,26 ± 0,02	6,59 ± 0,02	10,64 ± 0,04
Содержание растворимых углеводов, г/100 см ³	14,65 ± 0,03	17,14 ± 0,06	14,86 ± 0,03	17,68 ± 0,06
Содержание аминного азота, мг/100 см ³	16,22 ± 0,80	20,53 ± 1,00	17,43 ± 0,90	21,69 ± 1,10
Титруемая кислотность, °Т	0,19 ± 0,02	0,18 ± 0,02	0,19 ± 0,02	0,18 ± 0,02
Вязкость, Па·с	4,03 ± 0,08	2,47 ± 0,05	3,74 ± 0,07	2,93 ± 0,06

Анализ опытных данных показал (табл. 4), что образцы сусла из биоактивированного тритикале характеризовались более высокими показателями качества по сравнению с контрольными образцами. Использование биоактивированного тритикале позволило увеличить в среднем на 17,3 % содержание сухих веществ, на 52,9 % – содержание редуцирующих веществ, на 18,0 % – содержание растворимых углеводов, на 25,5 % – аминного азота. Наиболее высокие показатели сусла отмечали в образце из биоактивированного тритикале сорта Дубрава, что, вероятно, вызвано совместным действием внесенных ферментных препаратов и ферментов зерна, активность которых в зерне данного сорта после биоактивации была максимальной.

Следует отметить, что снижение доли некрахмальных полисахаридов в биоактивированном зерне, дальнейшее совместное действие зерновых ферментов и ферментных препаратов на стадии приготовления сусла обеспечивало хорошие реологические характеристики опытных образцов, вязкость которых снижалась в среднем в 1,3–1,6 раза по сравнению с контрольными образцами.

На следующем этапе работы изучали процессы, протекающие при сбраживании опытных и контрольных образцов сусла. Для этого осахаренные образцы сусла охлаждали до начальной температуры брожения, задавали разводку дрожжей

Saccharomyces cerevisiae расы XII в количестве 10 % от объема сусла. Брожение осуществляли в течение 72 ч при температуре (30 ± 2) °С. По истечении брожения отбирали лабораторные пробы, в которых определяли показатели, характеризующие ход процесса сбраживания.

Как видно из данных, представленных в табл. 5, процесс спиртообразования зависел как от вида переработанного зерна, так и от его сорта. При сравнении значений показателей зрелых бражек необходимо отметить высокую эффективность применения биоактивации зерна для производства пищевого этилового спирта: в опытных образцах отмечали наибольшее накопление спирта и дрожжевой биомассы, меньшее количество мертвых клеток, максимальное снижение содержания сухих, редуцирующих веществ и несброженных углеводов. Переработка биоактивированного тритикале позволила увеличить содержание этанола в зрелой бражке из сорта Антось на 19,5 %, из сорта тритикале Дубрава – на 29,3 %. При этом лучшими показателями характеризовался опытный образец из биоактивированного тритикале Дубрава. Вероятно, это связано с более высоким начальным содержанием в сусле низкомолекулярных продуктов гидролиза биополимеров зерна, создающих наиболее благоприятные условия для проявления бродильной активности, а также стимулирующих дрожжевые клетки.

Таблица 5 – Физико-химические показатели качества зрелых бражек

Table 5 – Physicochemical quality parameters of ready worts

Наименование показателей	Образцы зрелых бражек из тритикале Антось		Образцы зрелых бражек из тритикале Дубрава	
	контроль	опыт	контроль	опыт
Этиловый спирт, % об.	8,2 ± 0,2	9,8 ± 0,2	8,0 ± 0,2	10,6 ± 0,2
Видимые сухие вещества, %	1,8 ± 0,1	1,0 ± 0,1	2,2 ± 0,1	0,8 ± 0,1
Действительные сухие вещества, %	3,2 ± 0,1	2,6 ± 0,1	3,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1
Содержание редуцирующих веществ, г/100 см ³	0,11 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,10 ± 0,01
Содержание растворимых несброженных углеводов, г/100 см ³	0,53 ± 0,01	0,50 ± 0,01	0,52 ± 0,01	0,48 ± 0,01
Содержание аминного азота, мг/100 см ³	9,24 ± 0,50	11,43 ± 0,60	7,70 ± 0,40	10,27 ± 0,50
Титруемая кислотность, °Т	0,66 ± 0,02	0,53 ± 0,02	0,64 ± 0,02	0,56 ± 0,02
Общее количество дрожжей, млн/см ³	96,5 ± 4,0	108,5 ± 5,0	94,0 ± 4,0	112,0 ± 5,0
Содержание мертвых клеток, %	16,5 ± 0,3	14,3 ± 0,3	17,7 ± 0,3	15,2 ± 0,3

Установлено, что титруемая кислотность опытных образцов бражек находилась в пределах нормативных значений. Титруемая кислотность контрольных образцов, напротив, несколько их превышала. Это свидетельствует о том, что использование зеленой массы амаранта в качестве антисептика при биоактивации позволяет добиться высоких микробиологических характеристик зерна и обуславливает высокие технологические показатели бражки. Вместе с тем результаты анализа контрольных образцов показали тесную взаимосвязь между высокой начальной обсемененностью зерна тритикале и ухудшением показателей зрелых бражек. Очевидно, присутствие большого количества микроорганизмов вызывает переход продуктов их метаболизма в спиртовое сусло, тем самым подавляется жизнедеятельность дрожжевых клеток при брожении, что сказывается на снижении концентраций спирта, пониженном общем количестве дрожжевых клеток и высоком содержании мертвых клеток в контрольных образцах бражек.

На завершающем этапе работы был проведен хроматографический анализ бражных дистиллятов, который показал, что суммарное содержание примесей, образуемых в процессе биосинтеза этанола из биоактивированного сырья, ниже по сравнению с использованием исходного зерна. Суммарное содержание примесей по отношению к

этанолу в образцах бражек из биоактивированного тритикале составляло в среднем по сортам 3,51 %, а в образцах бражек из исходного зерна – 3,89 %.

Таким образом, проведена комплексная оценка показателей качества шести сортов тритикале белорусской селекции, выявлены наиболее перспективные для процесса биоактивации и получения пищевого этилового спирта сорта – Антось и Дубрава. Показана эффективность использования искусственно высушеннной зеленой массы амаранта в качестве антисептирующего средства при горячем замачивании зерна тритикале. Установлено, что горячее замачивание с амарантом приводит к биологической активации тритикале, при этом повышается амилолитическая, цитолитическая, протеолитическая способности, происходит частичный гидролиз биополимеров зерна. Исследованы показатели качества сусла и бражки из биоактивированного тритикале. Выявлена целесообразность переработки биоактивированного тритикале в спиртовом производстве, способствующая повышению степени чистоты сброженного субстрата, улучшению микробиологических характеристик дрожжей при брожении, увеличению выхода спирта из зрелой бражки, полученной из сорта Антось на 19,5 %; из сорта Дубрава – на 29,3 %, а также снижению количества сопутствующих примесей в среднем на 0,38 %.

Список литературы

1. Effect of growing conditions on starch and protein content in triticale grain and amylose content in starch / I. Burešová [et al.] // Plant, Soil and Environment. – 2010. – Vol. 56, № 3. – P. 99–104.
2. Balcerek, M. Effect of simultaneous saccharification and fermentation conditions of native triticale starch on the dynamics and efficiency of process and composition of the distillates obtained: simultaneous saccharification and fermentation of native triticale starch / M. Balcerek, K. Pielech-Przybylska // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – 2013. – Vol. 88. – P. 615–622.
3. Wang, S. Grain pearl and very high gravity (VHG) fermentation technologies for fuel alcohol production from rye and triticale / S. Wang [et al.] // Process Biochemistry. – 1999. – Vol. 34, № 5. – P. 421–428.
4. Афонасенко, К. В. Ржаные хлопья из биоактивированного зерна / К. В. Афонасенко, Г. Н. Панкратов, Т. Г. Богатырева // Хлебопродукты. – 2014. – № 11 – С. 64–65.
5. Бастиров, Д. Н. Изменение биохимических свойств зерна при замачивании / Д. Н. Бастиров, Г. Н. Панкратов // Хлебопродукты. – 2006. – № 1 – С. 40–41.
6. Инструкция по технохимическому и микробиологическому контролю спиртового производства / В. А. Поляков [и др.]. – М. : Дели принт, 2007. – 480 с.
7. СТБ 1522-2005. Тритикале продовольственная. Требования при заготовках и поставках. – Минск : Госстандарт, 2011. – 12 с.
8. Технология и оборудование для производства спирта и ликероводочных изделий: в 2 ч. Ч. 1. Производство спирта / В. А. Шаршунов [и др.]. – Минск : Мисанта, 2013. – 783 с.
9. Лихтенберг, Л. А. Производство спирта из зерна / Л. А. Лихтенберг. – М. : Пищевая промышленность, 2006. – 324 с.
10. Булгаков, Н. И. Биохимия солода и пива / Н. И. Булгаков. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 358 с.
11. Козьмина, Н. П. Теоретические основы прогрессивных технологий (Биотехнология). Зерноведение (с основами биохимии растений) / Н. П. Козьмина, В. А. Гунькин, Г. М. Сусянок. – М. : Колос, 2006. – 464 с.
12. Теоретические и практические основы ферментативного катализа полимеров зернового сырья в спиртовом производстве / Л. В. Римарева [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2008. – № 3. – С. 4–9.
13. Ямашев, Т. А. Микробная контаминация сырья и полупродуктов бродильных производств / Т. А. Ямашев, Н. Н. Симонова, О. А. Решетник. – Казань : КГТУ, 2010. – 252 с.
14. Нарцисс, Л. Пивоварение. Т. 1. Технология солодорощения / Л. Нарцисс. – СПб. : Профессия, 2007. – 584 с.
15. Корячкина, С. Я. Технология хлеба из целого зерна тритикале / С. Я. Корячкина, Е. А. Кузнецова, Л. В. Черепнина. – Орел : Госуниверситет – УНПК, 2012. – 177 с.
16. Егоров, Г. А. Гидротермическая обработка зерна / Г. А. Егоров. – М. : Колос, 1968. – 96 с.
17. Братерский, Ф. Д. Ферменты зерна / Ф. Д. Братерский. – М. : Колос, 1994. – 196 с.
18. Фармакологические свойства растений рода *Amaranthus* L. / С. И. Кадошников [и др.] // Аграрная Россия. – 2001. – № 6. – С. 39–42.
19. Миронцева, А. А. Сравнительный анализ эффективности использования в спиртовом производстве различных видов субстратных добавок / А. А. Миронцева, Е. А. Цед, С. В. Волкова // Молодежь в науке – 2009: прил. к журн. Весці НАН Беларусі. Серыя біялагічных навук: в 5 ч. Ч. 3. Серия аграрных наук. – 2010. – С. 436–440.

References

1. Burešová I., Burešová I., Sedláčková I., Faměra O., Lipavský J. Effect of growing conditions on starch and protein content in triticale grain and amylose content in starch. *Plant, Soil and Environment*, 2010, vol. 56, no. 3, pp. 99–104.
2. Balcerk M., Pielech-Przybylska K. Effect of simultaneous saccharification and fermentation conditions of native triticale starch on the dynamics and efficiency of process and composition of the distillates obtained: simultaneous saccharification and fermentation of native triticale starch. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2013, vol. 88, pp. 615–622.
3. Wang S., Thomas K.C., Sosulski K., Inglede W.M., Sosulski F.W. Grain pearlizing and very high gravity (VHG) fermentation technologies for fuel alcohol production from rye and triticale. *Process Biochemistry*, 1999, vol. 34, no. 5, pp. 421–428.
4. Afonasenko K.V., Pankratov G.N., Bogatyreva T.G. Rzhanye khlop'ya iz bioaktivirovannogo zerna [Rye flakes from the bioactivated grain]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2014, no. 11, pp. 64–65.
5. Bastrikov D.N., Pankratov G.N. Izmenenie biokhimicheskikh svoystv zerna pri zamachivaniyu [Change in the biochemical properties of the grain when soaked]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2006, no. 1, pp. 40–41.
6. Polyakov V.A., Abramova I.M., Polygalina G.V., et al. *Instruktsiya po tekhnokhimicheskemu i mikrobiologicheskemu kontrolyu spirtovogo proizvodstva* [Instruction on the technical-chemical and microbiological control of the alcohol production]. Moscow: DeLi print Publ., 2007. 480 p.
7. STB 1522-2005. *Triticale prodovol'stvennaya. Trebovaniya pri zagotovkakh i postavkakh* [State standard of the Republic of Belarus 1522-2005. Triticale food. Requirements for the procurement and supply]. Minsk, Gosstandart Publ., 2011. 12 p.
8. Sharshunov V.A., Tsed E.A., Kucheryavy L.M., Kirkor A.V. *Tekhnologiya i oborudovanie dlya proizvodstva spirta i likerovodochnykh izdeliy: v 2 ch. Ch. 1. Proizvodstvo spirta* [Technology and equipment for the production of alcohol and alcoholic beverages: in 2 parts. Part 1. Alcohol production: allowance]. Minsk: Misanta Publ., 2013. 783 p.
9. Lihtenberg L.A. *Proizvodstvo spirta iz zerna* [Production of alcohol from the grain]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' Publ., 2006. 324 p.
10. Bulgakov N.I. *Biokhimiya soloda i piva* [Biochemistry of malt and beer]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1976. 358 p.
11. Koz'mina N.P., Gun'kin V.A., Suslyanok G.M. *Teoreticheskie osnovy progressivnykh tekhnologiy (Biotehnologiya). Zernovedenie (s osnovami biokhimii rasteniy)* [Theoretical bases of the progressive technologies (Biotechnology). Cereology (with the fundamentals of the plant biochemistry)]. Moscow: Kolos Publ., 2006. 464 p.
12. Rimareva L.V., Overchenko M.B., Ignatova N.I., Abramova I.M. Teoreticheskie i prakticheskie osnovy fermentativnogo kataliza polimerov zernovogo syr'ya v spirtovom proizvodstve [Theoretical and practical bases of the enzymatic catalysis of the polymers of the grain raw materials in the alcohol production]. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdeliy* [Production of alcohol and alcoholic beverages], 2008, no. 3, pp. 4–9.
13. Jamashev T.A., Simonova N.N., Reshetnik O.A. *Mikrobnaya kontaminatsiya syr'ya i poluproduktov brodil'nykh proizvodstv* [The microbial contamination of the raw materials and semi-products of fermentation productions]. Kazan: Kazan State Technological University Publ., 2010. 252 p.
14. Narciss L. *Pivovarenie. T. 1. Tekhnologiya solodorashcheniya* [Brewing: Vol. 1. Technology of malting]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2007. 584 p.
15. Koryachkina S.Ya., Kuznetsova E.A., Cherepnina L.V. *Tekhnologiya khleba iz tselogo zerna tritikale* [Technology of the bread from the whole grain triticale]. Orel: Gosuniversitet – UNPK Publ., 2012. 177 p.
16. Egorov G.A. *Gidrotermicheskaya obrabotka zerna* [Hydrothermal processing of grain]. Moscow: Kolos Publ., 1968. 96 p.
17. Braterskiy F.D. *Fermenty zerna* [Grain enzymes]. Moscow: Kolos Publ., 1994. 196 p.
18. Kadoshnikov S.I., Kadoshnikova I.G., Galullina S., Chernov I.A. Farmakologicheskie svoystva rasteniy roda *Amaranthus* L. [Pharmacological properties of the plants of the genus *Amaranthus* L.]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2001, no. 6, pp. 39–42.
19. Mirontseva A.A., Tsed E.A., Volkova S.V. Sravnitel'nyy analiz effektivnosti ispol'zovaniya v spirtovom proizvodstve razlichnykh vidov substratnykh dobavok [Comparative analysis of the efficiency of using in alcohol production of the various types of substrate additives]. *Molodezh' v nauke – 2009: pril. k zhurn. Vestnik Natsional'noy akademii nauk Belarusi: v 5 ch. Ch. 3. Seriya agrarnykh nauk* [Young people in science – 2009: supplement to the journal “News of the National Academy of Sciences of Belarus”: in 5 parts. Part 3. A series of agricultural sciences], 2010, pp. 436–440.

Миронцева Анна Александровна

старший преподаватель кафедры технологии пищевых производств, УО «Могилевский государственный университет продовольствия», 212027, Беларусь, г. Могилев, пр-т Шмидта, 3, тел.: +8-10-375-(222)-48-33-32, e-mail: anna_mirontseva@mail.ru

Цед Елена Алексеевна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии пищевых производств, УО «Могилевский государственный университет продовольствия», 212027, Беларусь, г. Могилев, пр-т Шмидта, 3, тел.: +8-10-375-(222)-48-33-32

Волкова Светлана Владимировна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии пищевых производств, УО «Могилевский государственный университет продовольствия», 212027, Беларусь, г. Могилев, пр-т Шмидта, 3, тел.: +8-10-375-(222)-48-33-32

Anna A. Mirontseva

Senior Lecturer of the Department of Technology of Food Productions, Mogilev State University of Food Technologies, 3, Schmidta Ave., Mogilev, 212027, Belarus, phone: +8-10-375-(222)-48-33-32, e-mail: anna_mirontseva@mail.ru

Elena A. Tsed

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Food Productions, Mogilev State University of Food Technologies, 3, Schmidta Ave., Mogilev, 212027, Belarus, phone: +8-10-375-(222)-48-33-32

Svetlana V. Volkova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Food Productions, Mogilev State University of Food Technologies, 3, Schmidta Ave., Mogilev, 212027, Belarus, phone: +8-10-375-(222)-48-33-32



ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РАС ДРОЖЖЕЙ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ ВИН ИЗ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ

А. Л. Панасюк¹, С. С. Макаров², *

¹ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН,
119021, Россия, г. Москва, ул. Россолимо, 7

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского»,
109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73

*e-mail: mak210@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 27.12.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© А. Л. Панасюк, С. С. Макаров, 2018

Аннотация. Брожение является важнейшим технологическим этапом при производстве вин. Цель работы – определение зависимости качественных показателей виноматериала из черной смородины от расы используемых дрожжей. Изучено влияние расы дрожжей на динамику брожения черносмородинового сусла, образование вторичных продуктов, состав биологически активных веществ и антиоксидантную активность получаемого виноматериала. В работе использовали дрожжи-сахаромицеты двух видов: *Saccharomyces vini* – Черносмородиновая 7, К-17, Москва 30, Вишневая 33, К-72, и *Saccharomyces cerevisiae* – «Red Fruit», WET 136, LW 317-29, UWY SP-1. Массовую концентрацию суммы фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту определяли спектрофотометрическим методом с реактивом Фолина – Чокальтеу. Массовую концентрацию аскорбиновой кислоты определяли методом высокоеффективной жидкостной хроматографии. Измерение антиоксидантной активности проводили с использованием модифицированного ABTS-метода на приборе Shimadzu UV-1600 (Япония). Установлено, что расы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* обладали более высокой бродильной активностью, чем расы отечественных чистых культур *Saccharomyces vini*. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* превосходили дрожжи *Saccharomyces vini* по степени утилизации сахаров и образованию этилового спирта. Показано, что проведение брожения на дрожжах *Saccharomyces cerevisiae*, обладающих высокой ферментативной активностью, приводит к росту концентрации метанола на 33–57 % и снижению концентрации аскорбиновой кислоты на 69–83 % по сравнению с образцами виноматериалов, полученными с использованием дрожжей *Saccharomyces vini*. Установлено, что концентрация фенольных соединений в виноматериале зависит от длительности контакта с дрожжами и от используемой расы. Установлено, что на величину антиоксидантной активности продукта в большей степени влияет концентрация аскорбиновой кислоты. Сделан вывод о том, что раса дрожжей в значительной степени определяет биологическую ценность и антиоксидантную активность продукта. Рекомендовано при производстве высококачественного вина из черной смородины использовать дрожжи Черносмородиновая 7.

Ключевые слова. Вино фруктовое, дрожжи винные, брожение, антиоксидантная активность

Для цитирования: Панасюк, А. Л. Влияние различных рас дрожжей на качественные показатели и антиоксидантную активность вин из черной смородины / А. Л. Панасюк, С. С. Макаров // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 66–73.
DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-66-73.

INFLUENCE OF DIFFERENT YEAST RACES ON QUALITY PARAMETERS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF WINES PRODUCED FROM BLACKCURRANT

A.L. Panasyuk¹, S.S. Makarov², *

¹All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center of Food Systems of RAS, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia

²K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

*e-mail: mak210@yandex.ru

Received: 27.12.2017

Accepted: 16.03.2018

© A.L. Panasyuk, S.S. Makarov, 2018

Abstract. Fermentation is the main technological stage of wine production. The objective of the article is to determine the dependence of qualitative parameters of wine material obtained from blackcurrant on the taken yeast race. The authors studied the influence of yeast on the blackcurrant mash fermentation dynamics, formation of secondary products, content of biologically active substances and antioxidant activity of the obtained wine material. The authors used *Saccharomyces* of two types: *Saccharomyces vini* – Chernosmorodinovaya 7, K-17, Moskva 30, Vishnevaya 33, K-72, and *Saccharomyces cerevisiae* – “Red Fruit”, WET 136, LW 317-29, UWY SP1. Mass fraction of total phenolic compounds content expressed in terms of gallic acid was determined applying spectrophotometric method using Folin-Chokalteu's reactant. Mass fraction of ascorbic acid was calculated using high-performance liquid chromatography. The authors measured antioxidant activity applying improved ABTS method on Shimadzu UV-1600 spectrophotometer (Japan). They found out that yeast races *Saccharomyces cerevisiae* had higher fermentation activity than Russian pure yeast races *Saccharomyces vini*. *Saccharomyces cerevisiae* surpassed *Saccharomyces vini* in sugar utilization and ethanol yield. The article reveals that fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* having high fermentation capacity results in the increase of methanol content by 33–57% and decrease in ascorbic acid concentration by 69–83% compared to the wine base samples obtained using *Saccharomyces vini*. The authors established that phenolic compound concentration in the wine material depends on the period of contact with yeast and on the applied yeast race. They determined that antioxidant activity of the product mainly depends on ascorbic acid concentration and made a conclusion that yeast race determines product biological value and antioxidant activity substantially. The authors recommend to use Chernosmorodinovaya 7 in high quality blackcurrant wine production.

Keywords. Fruit wine, wine yeast, fermentation, antioxidant activity

For citation: Panasyuk A.L., Makarov S.S. Influence of Different Yeast Races on Quality Parameters and Antioxidant Activity of Wines Produced from Blackcurrant. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 66–73 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-66-73.

Введение

Отмеченное в последнее время увеличение популярности фруктовых вин, вырабатываемых по ГОСТ 33806-2016 «Вина фруктовые столовые и виноматериалы фруктовые столовые. Общие технические условия», делает их производство перспективным направлением в развитии современного российского виноделия. Особого внимания в качестве сырья для таких вин заслуживает широко распространенная на территории Российской Федерации черная смородина. Привлекательность черной смородины состоит в ее высокой зимостойкости, неприхотливости и транспортабельности, а также в богатом биохимическом составе плодов. В плодах черной смородины в относительно высоких концентрациях, по сравнению с другим плодово-ягодным сырьем, содержатся органические кислоты, соединения фенольной природы, в том числе антоцианы и флавоноиды, а также аскорбиновая кислота (витамин С) [1–3]. Высокая концентрация аскорбиновой кислоты (до 235 мг/100 г), антоцианов и флавоноидов, обладающих антиоксидантными свойствами, является одним из основных критерииев при выборе черной смородины в качестве сырья для производства высококачественных фруктовых вин. Химическая структура фенольных соединений, как было показано в ряде исследований, позволяет имнейтрализовать свободные радикалы, предотвращать развитие раковых клеток и оказывать позитивное воздействие на сердечно-сосудистую систему человека [4–7]. Согласно имеющимся данным, в процессе мацерации мезги от 60 до 80 % всех антоцианов переходит в сок, что обуславливает интенсивную окраску вин из черной смородины и их высокий антиоксидантный потенциал [8, 9].

Известно, что качественные характеристики фруктовых вин, также как и виноградных, в значительной степени зависят от технологических приемов, используемых при первичной переработке сырья и проведении процесса брожения [10]. Основой брожения является метаболизм культурных дрожжей рода

Saccharomyces, в результате которого биохимический состав сырья претерпевает значительные изменения [11, 12].

В настоящее время в плодово-ягодном виноделии используются в основном два вида дрожжей рода *Saccharomyces*: *Saccharomyces vini* и *Saccharomyces cerevisiae*. Первые представлены отечественными чистыми культурами, для применения которых в производстве необходимо за 6–8 дней приготовить разводку на стерильной питательной среде. Дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* поступают на винодельческие предприятия в виде активных сухих дрожжей (АСД), преимущественно импортного производства, их подготовка к использованию состоит в регидратации в разбавленном сусле в течение 20–30 мин. При подборе дрожжей для производства высококачественных фруктовых вин наряду с экономическими факторами (стоимость материалов, трудоемкость процесса) важно учитывать их ферментативную активность по отношению к компонентам сбраживаемого сусла. С одной стороны, количество ферментов в дрожжевой клетке является генетическим признаком, однако оно может меняться в зависимости от физико-химических и биохимических особенностей среды. С другой стороны, дрожжи, в зависимости от вида и расы, обладают различной способностью к усвоению и синтезу органических соединений, в связи с чем при сбраживании одного и того же фруктового сырья можно получить вина, отличающиеся по физико-химическому составу и органолептическим характеристикам [13–15].

Анализ литературных источников показал, что вопросы влияния расы дрожжей на процессы, проходящие при сбраживании черносмородинового сусла, и состав биологически активных компонентов сырья требуют дополнительного изучения.

Цель исследований состояла в определении зависимости качественных показателей вина из черной смородины от расы используемых дрожжей.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования использовали сок черной смородины сорта Сударушка урожая 2016–2017 гг., сброшенное черносмородиновое сусло и виноматериал (вино из черной смородины), дрожжи-сахаромицеты *Saccharomyces vini* – расы Черносмородиновая 7, К-17, Москва 30, Вишневая 33, К-72 в виде чистых культур (ЧКД) и *Saccharomyces cerevisiae* – расы «Red Fruit» (Италия), WET 136 («SIHA activhefe 3», Германия), LW 317-29 («Oenoferm Rug», Германия), UWY SP-1 (Великобритания) в виде препаратов активных сухих дрожжей (АСД).

Для того чтобы обеспечить одинаковые условия сбраживания, все дрожжи вводили в сусло в виде разводки из расчета первоначальной концентрации клеток – 4,5 млн/см³. Дрожжевые разводки готовили на стерильной питательной среде. Для приготовления питательной среды сок черной смородины разбавляли умягченной водой в соотношении 1:1, в смесь добавляли инвертированный сахарный сироп до концентрации сахара в смеси 200 г/дм³ и стерилизовали при температуре 95 °C в течение 30 мин. Чистые культуры дрожжей переносили петлей в колбу с питательной средой. Навески препаратов АСД регидратировали в соответствии с рекомендациями фирм-производителей и затем переносили в колбы с питательной средой. Разбраживание дрожжей осуществляли в термостате при температуре 28 °C в течение 48 ч.

Брожение черносмородинового сусла (массовая концентрация сахаров – 109 г/дм³, титруемая кислотность – 21,7 г/дм³) осуществляли на мезге при температуре 23–25 °C. Для улучшения реологических свойств мезги и лучшего извлечения сока предварительно проводили ее мацерацию очищенным ферментным препаратом «Пектофетидин П10х» пектолитического действия (ООО «Микробиопром», Россия) в течение 5 ч при температуре 28–30 °C [10]. Ферментный препарат вносили в мезгу в количестве 0,1 % к массе мезги в виде 2%-ной водной суспензии. С целью предотвращения развития посторонней микрофлоры и ингибирования окислительных процессов мезгу сульфитировали до концентрации диоксида серы 100 мг/дм³. После окончания брожения виноматериал отделяли от мезги, осветляли отстаиванием и фильтровали через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм.

Физико-химические показатели объектов исследования определяли с помощью стандартизованных методов анализа [16–19], а также с использованием международных методов анализа, применяемых при оценке качества винодельческой продукции [20].

Микробиологические исследования проводили при помощи микроскопа МБИ-6 при 400-кратном увеличении. Для подсчета количества дрожжевых клеток использовали счетную камеру Горяева. Бродильную активность дрожжей оценивали по скорости потребления сбраживаемых сахаров, скорости выделения диоксида углерода и

количеству этанола, образовавшегося в процессе брожения.

Массовую концентрацию суммы фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту определяли спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина – Чокальтеу. Измерение максимума поглощения раствора проводили при длине волны 750 нм. Прибор – спектрофотометр СФ-2000 (Россия). Ширина кюветы – 10 мм.

Массовую концентрацию аскорбиновой кислоты определяли по ГОСТ Р 53693-2009 «Продукция соковая. Определение аскорбиновой кислоты методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» на приборе «Стайер» («Аквилон», Россия) со спектрофотометрическим детектором.

Для измерения антиоксидантной активности объектов исследования использовали модифицированный ABTS-метод, основанный на обесцвечивании катион-радикала ABTS⁺, предварительно полученного путем окисления ABTS [2,2'-азино-бис(3-этилбензоизоазолин-6-сульфоновой кислоты)] персульфитом калия [21]. Антиоксидантную активность выражали в эквивалентах Тролокса. Анализ проводили на приборе Shimadzu UV-1600 (Япония) при длине волны 734 нм.

Качественный и количественный состав летучих компонентов определяли газохроматографическим методом на газовом хроматографе «Кристалл 5000.1» («Хроматек», Россия) с пламенно-ионизационным детектором.

Результаты и их обсуждение

Процесс спиртового брожения обусловлен жизнедеятельностью дрожжей, в основе которой лежит их рост и размножение. Чем быстрее дрожжи приспособливаются к условиям сбраживаемой среды, тем активнее они размножаются, и процесс брожения проходит быстрее. Для определения скорости роста дрожжей после введения разводки в черносмородиновое сусло подсчитывали количество дрожжевых клеток, образующихся в течение 48 ч, путем микроскопирования через каждые 12 ч. В результате было установлено, что наиболее высокую скорость накопления биомассы имела раса UWY SP-1. К концу эксперимента количество дрожжевых клеток в этом образце было максимальным и составляло 127 млн/см³. Среди отечественных рас более высокой скоростью размножения обладали К-17 и Черносмородиновая 7. По сравнению с расами К-72, Москва 30 и Вишневая 33 в этих образцах количество дрожжевых клеток, образовавшихся за 48 ч, было больше на 23–30 %.

Известно, что все расы винных дрожжей имеют разную бродильную активность по отношению к сбраживаемому сырью. Бродильную активность определяли в течение трех суток путем взвешивания колб с бродящим суслом (объем сусла составлял 50 см³) на аналитических весах четыре раза в сутки. Во время проведения процесса фиксировали разницу в весе колб, соответствующую количеству выделившегося

CO_2 . Как показали результаты исследования, представленные на рис. 1 и 2, расы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* обладали более высокой бродильной активностью, чем расы отечественных чистых культур *Saccharomyces vini*. Наибольшее количество диоксида углерода выделилось при использовании расы UWY SP-1 – 3,87 см³, что соответствовало выражению 73,7 % инвертных сахаров сырья. Среди отечественных рас более высокую бродильную активность продемонстрировали расы Черносличная 7 и К-17.

Различная бродильная активность испытанных рас дрожжей сказалась на продолжительности

процесса. Наиболее бурно брожение проходило в образце с дрожжами UWY SP-1, процесс завершился на седьмые сутки. Окончание брожения фиксировали по отсутствию выделения диоксида углерода через водяной затвор. При использовании рас Черносличная 7, К-17, «Red Fruit», WET 136, LW 317-29 брожение проходило менее бурно и завершилось на восьмые сутки. В образце с расой Вишневая 33 продолжительность брожения составила девять суток. Наиболее продолжительный процесс брожения (10 суток) был отмечен при использовании рас Москва 30 и К-72.

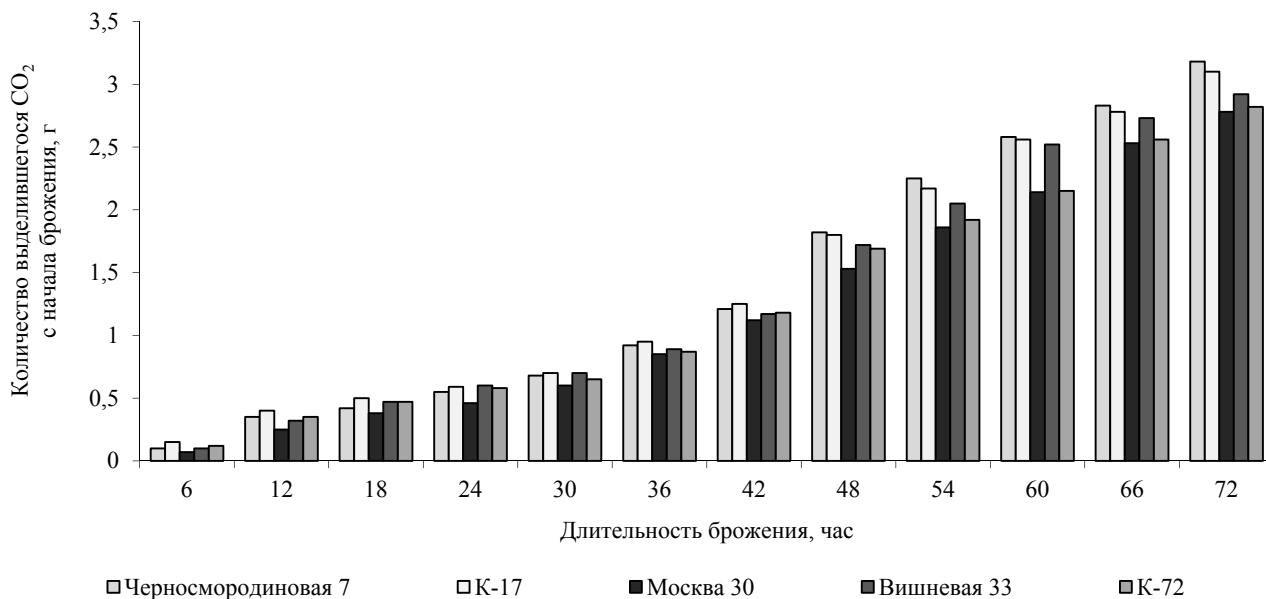


Рисунок 1 – Динамика выделения диоксида углерода при сбраживании черносмородинового сусла чистыми культурами дрожжей *Saccharomyces vini*
Figure 1 – Dynamics of carbon dioxide yield during blackcurrant mash fermentation by means of pure *Saccharomyces vini*

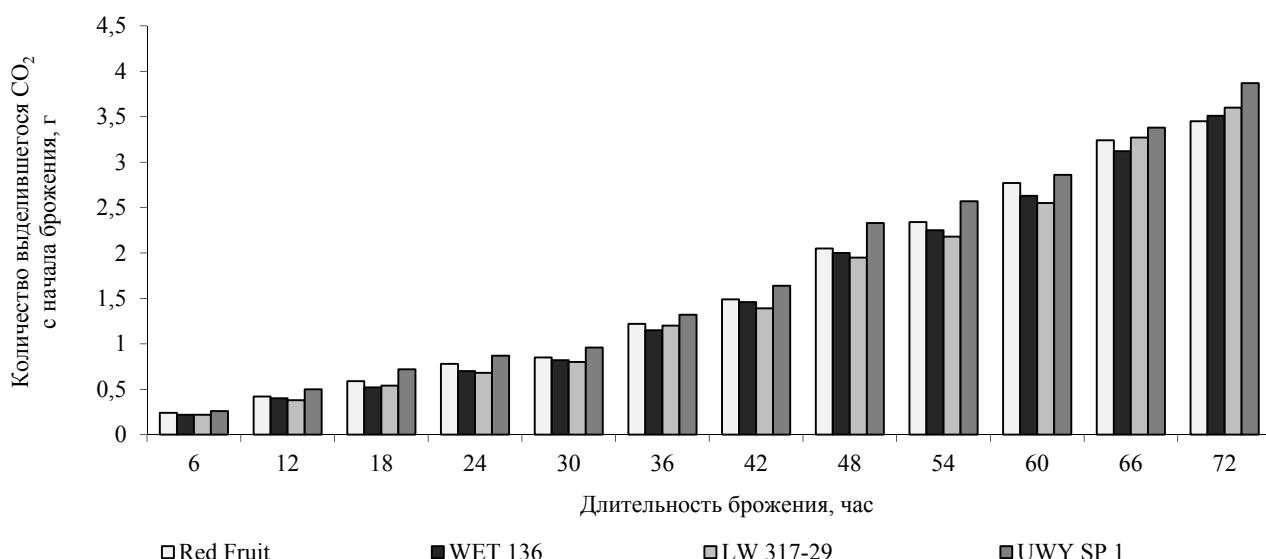


Рисунок 2 – Динамика выделения диоксида углерода при сбраживании черносмородинового сусла АСД *Saccharomyces cerevisiae*
Figure 2 – Dynamics of carbon dioxide yield during blackcurrant mash fermentation by means of active dry yeast *Saccharomyces cerevisiae*

Таблица 1 – Влияние расы дрожжей на физико-химические показатели сухого столового виноматериала из черной смородины

Table 1 – Influence of yeast race on physical and chemical parameters of dry wine material prepared from blackcurrant

Наименование показателей	Используемая раса дрожжей								
	Черносмородиновая 7	K-17	Москва 30	Вишневая 33	K-72	«Red Fruit»	WET 136	LW 317-29	UWY SP-1
Объемная доля этилового спирта, % об.	6,20	6,15	6,16	6,20	6,17	6,20	6,17	6,20	6,22
Массовая концентрация сахаров в пересчете на инвертный сахар, г/дм ³	3,8	4,0	3,9	3,7	4,0	3,6	3,7	3,5	3,2
Массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту, г/дм ³	20,8	21,2	20,5	21,4	20,8	21,5	21,3	20,7	21,2
Массовая концентрация летучих кислот в пересчете на уксусную кислоту, г/дм ³	0,4	0,6	1,0	0,5	1,0	0,5	0,7	0,5	0,6
Массовая концентрация метанола, мг/дм ³	75,3	80,2	86,5	102,4	99,7	152,6	148,5	170,3	177,2
Всего массовая концентрация летучих компонентов, мг/дм ³ , в том числе:	164,5	196,1	180,7	170,6	197,6	201,6	184,5	204,1	195,4
– альдегидов	14,7	18,4	19,8	20,9	24,7	18,5	15,3	20,6	17,5
– высших спиртов	142,8	167,4	146,2	140,0	157,3	165,3	155,8	162,8	153,4
– сложных эфиров	7,0	10,3	14,7	9,7	15,6	17,8	13,4	20,7	24,5

Полученные образцы виноматериалов соответствовали требованиям действующей нормативной документации, но отличались по ряду физико-химических показателей (табл. 1).

Как видно из представленных данных, все расы дрожжей продемонстрировали достаточно высокую эффективность сбраживания сахаров – концентрация остаточных сахаров во всех образцах не превышала 4,0 г/дм³, что соответствует требованиям ГОСТ 33806-2016. При этом необходимо отметить, что по степени утилизации сахаров и образованию этилового спирта, характеризующим эффективность брожения, расы, относящиеся к виду *Saccharomyces cerevisiae*, превосходили дрожжи *Saccharomyces vini*. Наибольший набор спирта при минимальной концентрации сахаров был зафиксирован в образце виноматериала, полученном с использованием расы UWY SP-1.

Важным показателем при выборе дрожжей является состав вторичных продуктов брожения, к которым относятся летучие кислоты, альдегиды, высшие спирты и эфиры. По результатам физико-химических и газохроматографических исследований установлено, что при одинаковых условиях количество вторичных продуктов брожения, синтезированных разными расами, существенно различалось. Необходимо отметить, что концентрация летучих кислот во всех образцах не превышала установленной нормы (1,2 г/дм³). При этом брожение черносмородинового сусла на дрожжах Москва 30 и K-72 характеризовалось наибольшим образованием летучих кислот – до 1,0 г/дм³. Напротив, самое низкое содержание летучих кислот зафиксировано в образце, полученном с использованием расы Черносмородиновая 7. В этом образце отмечено также минимальное содержание альдегидов и метанола, определенных газохроматографическим методом. Среди идентифицированных альдегидов более 90 % составлял ацетальдегид, образующийся

при окислении этанола под действием алкогольдигидрогеназы дрожжей. Наибольшее накопление альдегидов было отмечено для рас K-72, Вишневая 33 и LW317-29.

Сложные эфиры образуются под действием эстераз дрожжей, и их концентрация в зависимости от расы варьировалась от 7,0 мг/дм³ (Черносмородиновая 7) до 24,5 мг/дм³ (UWY SP-1).

Как показали результаты газохроматографического анализа (табл. 1), в зависимости от способности той или иной расы дрожжей усваивать аминокислоты полученные образцы виноматериалов имели различную концентрацию высших спиртов, составляющих основу аромата вин и других продуктов брожения. Больше всего высших спиртов обнаружено в образцах с использованием дрожжей K-17 и «Red Fruit» – 167,4 мг/дм³ и 165,3 мг/дм³ соответственно. В остальных образцах содержание высших спиртов было ниже на 6–16 %.

Метанол является естественным продуктом гидролиза пектиновых веществ, концентрация которых в исследованных образцах черной смородины составляла 0,87–1,02 %. Во фруктовых винах концентрация метанола не нормируется, однако в связи с его высокой токсичностью следует учитывать способность дрожжей к гидролизу пектиновых веществ и накоплению метанола. По сравнению с образцами виноматериалов, полученными с использованием рас дрожжей *Saccharomyces vini*, содержание метанола в виноматериалах, при получении которых использовались расы *Saccharomyces cerevisiae*, было выше в среднем на 33–57 %. Наибольшее накопление метанола было у дрожжей UWY SP-1, что может быть связано с их повышенной пектолитической активностью. Таким образом, на наш взгляд, эту расу дрожжей целесообразно использовать для сырья с меньшим содержанием пектиновых веществ.

Данные, представленные в табл. 2, показывают, что раса дрожжей, используемая для брожения, также в значительной степени влияет на состав биологически активных веществ вина и его антиоксидантную активность. Наибольшей антиоксидантной активностью обладали образцы вина, полученные с использованием рас Черносмородиновая 7 и LW 317-29 – 41,5 и 40,8 ммоль тролокс-экв / дм³ соответственно. В этих же образцах было зафиксировано максимальное содержание аскорбиновой кислоты – 35,0 и 34,0 мг/дм³ соответственно. Известно, что концентрация аскорбиновой кислоты снижается в процессе переработки фруктов за счет ее быстрого окисления до дегидроаскорбиновой кислоты при контакте мезги с воздухом. С целью предотвращения или замедления окислительных процессов используют различные способы, например охлаждение мезги. Однако такой способ нельзя использовать при производстве вин из темноокрашенного сырья, так как при снижении температуры замедляются процессы экстракции красящих веществ. В этом случае применяют сульфитацию мезги. В ходе брожения аскорбиновая кислота также может окисляться под действием оксидоредуктаз дрожжей. Полученные нами данные по содержанию аскорбиновой кислоты в опытных образцах виноматериалов из черной смородины позволяют сделать предположение о том, что испытанные расы дрожжей обладают различной активностью оксидоредуктаз. Использование рас дрожжей с высокой оксидоредуктазной активностью приводит к практически полному окислению аскорбиновой кислоты. В образце вина, полученном с использованием расы UWY SP-1, продемонстрировавшей наиболее высокую бродильную активность, при наибольшем содержании фенольных веществ (5608 мг/дм³) концентрация аскорбиновой кислоты оказалась минимальной – всего 6,0 мг/дм³. Данный факт, как показал анализ полученных данных, привел к снижению антиоксидантной активности на 30–31 % в этом образце по сравнению с образцами,

сброженными расами Черносмородиновая 7 и LW 317-29.

При анализе данных по содержанию фенольных веществ прослеживается зависимость между продолжительностью брожения и их концентрацией. В образце, полученном с использованием расы UWY SP-1, где брожение закончилось на седьмые сутки, наблюдалась наибольшая концентрация фенольных веществ. В образцах виноматериалов, где процесс брожения протекал дольше, концентрация фенольных веществ была ниже на 13,3 % (раса K-17) – 24,2 % (раса Москва 30). Известно, что дрожжи могут адсорбировать фенольные вещества, снижая их концентрацию в виноматериале (вине) [8]. Можно предположить, что более длительная продолжительность брожения и, как следствие, увеличение длительности контакта сусла с дрожжами ведет к снижению концентрации фенольных соединений и величины антиоксидантной активности наблюдалась в образцах черносмородинового виноматериала, полученных с использованием дрожжей «Red Fruit» и WET 136, обладавших средней бродильной активностью, что может быть связано с индивидуальными особенностями этих рас. Кроме того, сильное снижение концентрации аскорбиновой кислоты в виноматериалах под действием этих рас дрожжей, по сравнению с другими образцами, не позволяет рекомендовать их для производства высококачественных вин из черной смородины.

В целом полученные результаты показали ряд преимуществ дрожжей *Saccharomyces vini* при производстве вина из черной смородины по сравнению с дрожжами *Saccharomyces cerevisiae*, в основном за счет качественных показателей получаемого виноматериала – низкой концентрации метанола при высоком содержании фенольных веществ и аскорбиновой кислоты, обеспечивающих высокий показатель антиоксидантной активности продукта.

Таблица 2 – Влияние расы дрожжей на концентрацию биологически активных веществ и антиоксидантную активность сухого столового виноматериала из черной смородины

Table 2 – Influence of yeast race on the concentration of biologically active substances and antioxidant activity of dry wine base prepared from blackcurrant

Раса используемых дрожжей	Массовая концентрация фенольных соединений, мг/дм ³	Массовая концентрация аскорбиновой кислоты, мг/дм ³	Антиоксидантная емкость по отношению к катион-радикалу (ABTS), ммоль тролокс-экв / дм ³
Черносмородиновая 7	4530	35,0	41,5
K-17	4862	19,0	34,7
Москва 30	4248	17,0	32,9
Вишневая 33	4310	22,0	36,2
K-72	4753	21,0	33,4
«Red Fruit»	4012	11,0	27,5
WET 136	3937	9,0	26,7
LW 317-29	4310	34,0	40,8
UWY SP-1	5608	6,0	28,4

Выводы

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод, что различные расы дрожжей оказывают влияние не только на процесс брожения сусла из черной смородины и физико-химические показатели полученного вина, но также в значительной степени определяют его биологическую ценность и антиоксидантную активность. Для получения высококачественных

фруктовых (черносмородиновых) вин с высоким содержанием биологически активных веществ, в том числе аскорбиновой кислоты, можно рекомендовать отечественную расу Черносмородиновая 7. Использование отечественных дрожжей Черносмородиновая 7 позволит также снизить затраты на приобретение дорогостоящих активных сухих дрожжей импортного производства.

Список литературы

1. Янчук, Т. В. Биохимический состав ягод смородины черной сортов украинской селекции, возделываемых в условиях Орловской области / Т. В. Янчук // Современное садоводство. – 2014. – № 1. – С. 60–67.
2. Причко, Т. Г. Химический состав ягод черной смородины, произрастающей на юге России / Т. Г. Причко, М. Г. Германова // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2014. – № 5. – С. 93–96.
3. Жбанова, Е. В. Изменчивость химического состава плодов черной смородины в разных регионах / Е. В. Жбанова // Аграрная Россия. – 2012. – № 1. – С. 10–13.
4. Relationship among antioxidant activity, vasodilation capacity, and phenolic content of red wines / J. Burns [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2000. – Vol. 48. – P. 220–230.
5. Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine / E. N. Frankel [et al.] // The Lancet. – 1993. – № 341. – P. 454–457.
6. Stockley, C. S. Therapeutic value of wine: A clinical and scientific perspective / C. S. Stockley // Handbook of enology: Principles, Practices and Recent Innovations. Vol. 1: Introduction to Vine and Wine. – New Delhi : Asia Tech Publishers Inc., 2011. – P. 146–208.
7. Clifford, M. N. Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden / M. N. Clifford // Journal of the Food and Agricultural. – 2000. – Vol. 80, № 7. – P. 1063–1072.
8. Czyzowska, A. Changes to polyphenols in the production of must and wines from blackcurrants and cherries. Part I. Total polyphenols and phenolic acids / A. Czyzowska, E. Pogorzelski // European Food Research and Technology. – 2002. – № 214. – P. 148–154.
9. Czyzowska, A. Changes to polyphenols in the production of must and wines from blackcurrants and cherries. Part II. Anthocyanins and flavanols / A. Czyzowska, E. Pogorzelski // European Food Technologies. – 2004. – № 218. – P. 355–359.
10. Оганесянц, Л. А. Теория и практика плодового виноделия / Л. А. Оганесянц, А. Л. Панасюк, Б. Б. Рейтблат. – М. : Развитие, 2012. – 396 с.
11. Панасюк, А. Л. Изменение содержания органических кислот при производстве плодовых напитков и вин / А. Л. Панасюк, Е. И. Кузьмина, О. С. Егорова // Пиво и напитки. – 2014. – № 2. – С. 36–38.
12. Толмачева, Е. Н. Изменение концентрации азотистых соединений при сбраживании сусла новыми расами дрожжей [Электронный ресурс] / Е. Н. Толмачева, Н. М. Агееva, А. Ю. Даниелян // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101 (7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/45.pdf>.
13. Vilanova, M. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* strains on general composition and sensorial properties of white wines made from *Vitis vinifera* cv. «Albarino» / M. Vilanova, I. Masneuf-Pomareda, D. Dobourdieu // Food Technology and Biotechnology. – 2005. – Vol. 43 (1). – P. 79–83.
14. Regodon, M. A. Influence of *Saccharomyces cerevisiae* yeast strain on the major volatile compounds of wine / A. M. Regodon, F. Perez-Nevado, M. Ramirez Fernandez // Enzyme microbiological technologies. – 2006. – № 40. – P. 151–157.
15. Влияние новых рас дрожжей на химический состав белых столовых вин [Электронный ресурс] / Е. Н. Толмачева [и др.] // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 100 (6). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/107.pdf>.
16. ГОСТ 32095-2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения объемной доли этилового спирта. – М. : Стандартинформ, 2014. – 5 с.
17. ГОСТ 13192-73. Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахара. – М. : Стандартинформ, 2011. – 9 с.
18. ГОСТ 32114-2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации титруемых кислот. – М. : Стандартинформ, 2013. – 5 с.
19. ГОСТ 32001-2012. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации летучих кислот. – М. : Стандартинформ, 2014. – 5 с.
20. Сборник международных методов анализа и оценки вин и сусел / пер. с фр. и общ. ред. Н. А. Мехузла. – М. : Пищевая промышленность, 1993. – 318 с.
21. Re, R. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re [et al.] // Free Radical Biology & Medicine. – 1999. – Vol. 26, № 9/10. – P. 1231–1237.

References

1. Yanchuk T.V. Biokhimicheskiy sostav yagod smorodiny chernoy sortov ukrainskoy selektsii, vozdelivayemykh v usloviyakh Orlovskoy oblasti [Biochemical Content of Blackcurrants Selected in Ukraine and Grown in Orlov Region]. Sovremennoye sadovodstvo [Contemporary Horticulture], 2014, no. 1, pp. 60–67.
2. Prichko T.G., Germanova M.G. Khimicheskiy sostav yagod chernoy smorodiny, proizrastayushchey na yuge Rossii [Chemical Composition of Blackcurrants Growing in the South of the Russian Federation]. Sel'skokhozyaystvennye nauki i agropromyshlennyj kompleks na rubezhe vekov [Agricultural Science and Agroindustrial Complex at the Turn of the Century], 2014, no. 5, pp. 93–96.

3. Zhanova E.V. Izmenchivost' khimicheskogo sostava plodov chernoy smorodiny v raznykh regionakh [Variations of Blackcurrant Berries Chemical Composition in Different Regions]. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia], 2012, no. 1, pp. 10–13.
4. Burns J., Gardner P.T., O'Neil J., et al. Relationship Among Antioxidant Activity, Vasodilation Capacity, and Phenolic Content of Red Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, vol. 48, pp. 220–230.
5. Frankel E.N., Kanner J., German J.B., Parks E., Kinsella J.E. Inhibition of Oxidation of Human Low-Density Lipoprotein by Phenolic Substances in Red Wine. *The Lancet*, 1993, no. 341, pp. 454–457.
6. Stockley C.S. *Therapeutic Value of Wine: A Clinical and Scientific Perspective*. Handbook of enology: Principles, Practices and Recent Innovations. Vol. 1: Introduction to Vine and Wine. New Delhi: Asia Tech Publishers Inc., 2011, pp. 146–208.
7. Clifford M.N. Anthocyanins – Nature, Occurrence and Dietary Burden. *Journal of the Food and Agricultural*, 2000, vol. 80, no. 7, pp. 1063–1072.
8. Czyzowska A., Pogorzelski E. Changes to Polyphenols in the Production of Must and Wines from Blackcurrants and Cherries. Part I. Total Polyphenols and Phenolic acids. *European Food Research and Technology*, 2002, no. 214, pp. 148–154.
9. Czyzowska A., Pogorzelski E. Changes to Polyphenols in the Production of Must and Wines from Blackcurrants and Cherries. Part II. Anthocyanins and flavanols. *European Food Technologies*, 2004, no. 218, pp. 355–359.
10. Oganesyants L.A., Panasyuk A.L., Reitblat B.B. *Teoriya i praktika plodovogo vinodeliya* [Theory and Practice of Making Wine from Fruit]. Moscow: Razvitiye Publ., 2012. 396 p.
11. Panasyuk A.L., Kuzmina E.I., Egorova O.S. Izmeneniye soderzhaniya organiceskikh kislot pri proizvodstve plodovykh napitkov i vin [Changes in Organic Acids Content during Fruit Drinks and Wines Production]. *Pivo i napitki* [Beer and Beverages], 2014, no. 2, pp. 36–38.
12. Tolmacheva E.N., Ageeva N.M., Danielyan A.Yu. Izmeneniye kontsentratsii azotistykh soedineniy pri sbrazhivanii susla novymi rasami drozhzhei [Changes in Nitric Compounds Concentration during Mash Fermentation by means of New Yeast Races]. *Politekhnicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], 2014, no. 101(7). Accessed at: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/45.pdf>.
13. Vilanova M., Masneuf-Pomareda I., Dobourdie D. Influence of *Saccharomyces Cerevisiae* Strains on General Composition and Sensorial Properties of White Wines Made from *Vitis Vinifera* cv. "Albarino". *Food Technology and Biotechnology*, 2005, vol. 43(1), pp. 79–83.
14. Regodon M.A., Perez-Nevado F., Ramirez Fernandez M. Influence of *Saccharomyces Cerevisiae* Yeast Strain on the Major Volatile Compounds of Wine. *Enzyme Microbiological Technologies*, 2006, no. 40, pp. 151–157.
15. Tolmacheva E.N. Vliyaniye novykh ras drozhzhey na khimicheskiy sostav belykh stolovykh vin [Influence of New Yeast Races on White Wines Chemical Composition]. *Politekhnicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], 2014, no. 100(6). Accessed at <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/107.pdf>.
16. GOST 32095-2013. *Produktsiya alkogol'naya i syr'yo dlya yevo proizvodstva. Metod opredeleniya ob'yomnoy doli etilovogo spirta* [State Standard 32095-2013. The Alcohol Production and Raw Material for it Producing. Method of Ethyl Alcohol Determination]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 5 p.
17. GOST 13192-73. *Vina, vinomaterialy i kon'yaki. Metod opredeleniya Sakharov* [State Standard 13192-73. Wines, Wine Materials and Cognacs. Method of Sugar Determination]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 9 p.
18. GOST 32114-2013. *Produktsiya alkogol'naya i syr'yo dlya yevo proizvodstva. Metody opredeleniya massovoy kontsentratsii titriruemyykh kislot* [State Standard 32114-2013. The Alcohol Production and Raw Material for it Producing. Methods for Determination of Titrating Acids]. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 5 p.
19. GOST 32001-2012. *Produktsiya alkogol'naya i syr'yo dlya yevo proizvodstva. Metody opredeleniya massovoy kontsentratsii letuchikh kislot* [State Standard 32001-2012. The Alcohol Production and Raw Material for it Producing. Method of Volatile Acids Determination]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 5 p.
20. Mekhul N.A. *Sbornik mezdunarodnykh metodov analiza i otsenki vin i susel* [Collection of International Methods for Wine and Mash Analysis and Assessment]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1993. 318 p.
21. Re R., Pellegrini N., Proteggente A. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 1999, vol. 26, no. 9/10, pp. 1231–1237.

Панасюк Александр Львович

д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, Россия, 119021, г. Москва, ул. Россолимо, 7, тел.: +7 (499) 246-76-38, e-mail: alpanasyuk@mail.ru

Макаров Сергей Сергеевич

аспирант кафедры виноделия и неорганической аналитической химии, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского», 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, тел.: +7 (906) 735-21-90, e-mail: mak210@yandex.ru

Alexander L. Panasyuk

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Deputy Director, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry – Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center of Food Systems of RAS, 7, Rossolimo Str., Moscow, 119021, Russia, phone: +7 (499) 246-76-38, e-mail: alpanasyuk@mail.ru

Sergey S. Makarov

Graduate Student of the Department of Winemaking and inorganic analytical chemistry of K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, phone: +7 (906) 735-21-90, e-mail: mak210@yandex.ru



ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПИВНЫХ ДРОЖЖЕЙ ПРИ ХРАНЕНИИ С ПРИРОДНЫМИ МИНЕРАЛАМИ

Л. В. Пермякова

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

e-mail: delf-5@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 26.01.2018

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Л. В. Пермякова, 2018

Аннотация. Условия хранения пивных семенных дрожжей до введения в следующий цикл брожения не всегда соответствуют рекомендуемым требованиям, что ухудшает биотехнологические показатели микробной культуры. Для устранения или сглаживания отрицательно влияющих на дрожжи факторов используют разнообразные способы и приемы. В работе рассмотрена возможность применения природных цеолитсодержащих туфов различных месторождений Сибири с целью предотвращения негативных изменений физиолого-биохимических свойств семенных дрожжей на стадии хранения. Объект изучения – производственные дрожжи низового брожения расы C34 и 308. Дрожжи суспендировали в воде, молодом пиве или 11%-ном пивном сусле (1:1), вносили цеолит в количестве 0,5–4 % к объему суспензии и хранили в течение 2–3 суток при температуре 2–4 °C. Установлено, что добавление минералов в среду инкубирования дрожжей повышает содержание в биомассе по отношению к исходному значению клеток почкающихся в 1,2–2,5 раза, клеток с наличием гликогена – от 9 до 85 %, увеличивает мальтазную и зимазную активность на 25–85 % в сравнении с контролем (хранение инокулята без туфа), снижает способность к флокуляции. Воздействие минералов эффективнее на дрожжи десятой и двенадцатой генерации, чем на молодую популяцию (четвертой и пятой генерации). Результативность влияния зависит от состава среды суспендирования, длительности хранения биомассы, дозы цеолита и его происхождения. Более существенные изменения исследуемых показателей наблюдаются при использовании Холинского минерала и шивыртуина, чем пегасина, что обусловлено особенностями химического состава и структуры минералов. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения природных цеолитов на этапе хранения семенной культуры как превентивной меры нежелательных изменений физиологической и биокатализитической активности дрожжей.

Ключевые слова. Дрожжи пивные семенные, хранение, среда инкубации, природные цеолитсодержащие туфы, физиологическое состояние, активность ферментов, способность к флокуляции, генерация дрожжей

Для цитирования: Пермякова, Л. В. Особенности физиолого-биохимических характеристик пивных дрожжей при хранении с природными минералами / Л. В. Пермякова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 74–84. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-74-84.

PECULIARITIES OF PHYSIOLOGICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BREWER'S YEAST STORED WITH NATURAL MINERALS

L.V. Permyakova

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

e-mail: delf-5@yandex.ru

Received: 26.01.2018

Accepted: 16.03.2018

© L.V. Permyakova, 2018

Abstract. Storage conditions of brewer's seed yeast before they start another fermentation cycle do not always meet necessary requirements. That leads to the decrease in biotechnological parameters of the microbial culture. Different methods are used to eliminate or moderate the effect of negative factors on yeast. The article considers the possibility of using natural tuffs containing zeolite taken from different deposits located in Siberia to prevent negative changes in physiological and biochemical properties of seed yeast during storage. The author studied industrial bottom fermentation yeast strains C34 и 308. The yeast was dispersed in water, schenk beer, or 11% beer mash (at the ratio of 1:1), then zeolite was introduced (0.5–4% to suspension volume) and stored for 2–3 days at 2–4°C. The author determined that using minerals in yeast incubation medium increases the proportion of budding cells in the biomass in relation to the initial number of budding cells in 1.2–2.5 times, the number of cells containing glycogen – from 9 to 85%. That also enhances maltase and zymaze activity by 25–85% compared to the control sample (inoculum stored without tuff), decreases flocculating power. Minerals have more significant influence on yeast of 10th and 12th generations than on the young population (4th and 5th generations). Effectiveness of the influence depends on the composition of the suspending medium, length of biomass storage period, proportion of zeolite and its origin. More sufficient changes of the considered parameters took place when the author used minerals taken from Kholinsk and Shivyrtuin deposits rather than pegasin. The effect is due to the chemical composition and structure of the given minerals. The obtained results show that it is advisable to use natural zeolites during storage of the seed yeast as a way to prevent adverse changes in yeast physiological and enzymatic activity.

Keywords. Brewer's seed yeast, storage, incubation medium, natural tufts containing zeolite, physiological state, enzyme activity, yeast flocculating power, yeast generation

For citation: Permyakova L.V. Peculiarities of Physiological and Biological Characteristics of Brewer's Yeast Stored with Natural Minerals. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 74–84 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-74-84.

Введение

Проведение процесса брожения сусла в оптимальном режиме, физико-химические и органолептические показатели готового пива в значительной мере обусловлены используемой культурой дрожжей. Даже при переработке хорошего сырья сложно получить готовый продукт высокого качества, если дрожжи имеют низкую жизненную активность. Нарушения в работе с дрожжами, в частности на этапе хранения семенной биомассы (удлинение срока и повышенная температура хранения, неоптимальный состав среды инкубации), представляют реальную опасность жизнеспособности популяции [1–4].

Для устранения или нивелирования негативного влияния на дрожжи различных факторов применяют широкий набор средств и приемов. Одним из способов регулирования биотехнологических функций дрожжей является использование препаратов и добавок, трансформирующих состав питательной среды [5].

На практике для корректировки минерального состава сусла распространение получили дрожжевые пищевые подкормки, восполняющие дефицит тех или иных ионов (в основном фосфора, аммония, марганца, цинка, реже калия, магния, меди) [5, 6]. Причем в большинстве препаратов минеральные вещества присутствуют в форме неорганических соединений, чужеродных для пищевого продукта.

Предпочтительно использовать для оптимизации минерального состава питательной среды источники естественного происхождения. Рядом авторов показано применение в качестве биостимуляторов природного кремнезема в виде подготовленного песка бархана Сарыкум [7], геотермальной воды [8], металлогорганических соединений биогенных металлов (магния, марганца, железа, цинка, меди, селена), органической формы кремния в виде соединения кремний – углевод [9, 10].

Среди минеральных образований, обладающих биоактивными свойствами, выделяют большую группу природных минералов – цеолитсодержащие туфы (ЦТ). Наряду с биологическим воздействием на живые организмы они характеризуются и другими уникальными качествами: высокой избирательностью поглощения, способностью разделять по размерам ионы и молекулы различных веществ, ионообменными и сорбционными свойствами [11–14].

Туфы промышленно значимых месторождений Сибири (Шивыртуйское (Читинская область), Холинское (Республика Бурятия), Хонгуруу (Республика Саха), Пегасское (Кемеровская область)) представлены главным образом минералами клиноптилолитом и гейландином, частично перлитом и монтмориллонитом [13, 14].

Наибольшей биологической активностью обладают минералы, характеризующиеся

«крыхлым» кристаллическим строением, как у цеолита-клиноптилолита, и «подвижной» слоистой структурой, как у монтмориллонита, а также легкорастворимые соединения. Именно такие минералы отличаются повышенной сорбционной, ионообменной способностью и химической неустойчивостью. Большой частью они гидратированы и содержат обменные комплексы наиболее подвижных элементов, которые легко освобождаются и могут участвовать в процессах жизнедеятельности организма.

Цель работы – изучение возможности применения природных цеолитов различных месторождений Сибири для минимизации негативных изменений биотехнологических свойств пивных семенных дрожжей в процессе хранения.

Объект и методы исследования

Объект исследования – производственные пивные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* низового брожения расы С34 четвертой и двенадцатой генерации и расы 308 третьей генерации (при оценке способности к флокуляции).

В качестве стимулирующей добавки использовали туфы Холинского (Холинский цеолит), Шивыртуйского (шивыртуин), Пегасского (пегасин) месторождений. Цеолиты предварительно были отмыты от пыли, отсушенены при температуре 120 °C и раздроблены до частиц размером 50–140 мкм. Для выявления действия природных минералов на физиолого-биохимические и технологические характеристики микробной культуры семенные дрожжи смешивали со средой (водой, 11 % охмеленным пивным суслом или молодым пивом) в соотношении 1:1, вносили ЦТ в количестве 0,5–4 % к объему суспензии и хранили в течение 2–3 суток при температуре не выше 4 °C. Выбор среды суспензирования, длительности и температуры хранения обусловлен принятыми в производстве пива условиями [1, 2, 4]. В качестве контроля взят образец дрожжей, хранившихся в среде без добавления туфа.

В исходных дрожжах и в процессе инкубирования оценивали физиологические показатели методом прямого микроскопирования с использованием красителей: раствора Люголя – при определении клеток с запасом гликогена, раствора метиленового синего – для подсчета количества нежизнеспособных клеток. Способность дрожжей к флокуляции анализировали по объему осадка (в см³), образовавшегося через 10 мин отстаивания суспензии [6].

Определение активности дрожжевых ферментов α-глюказидазы (мальтазы) и зимазного комплекса осуществляли по скорости ферментативного гидролиза мальтозы и потребления глюкозы соответственно с последующим поляриметрированием полученных растворов [15].

Оценку гранулометрического состава цеолитовых порошков проводили методом ситового анализа согласно ГОСТ Р 51641–2000.

Результаты эксперимента получены в 3–4-кратной повторности.

Результаты и их обсуждение

Внесение минералов в среду хранения дрожжей оказывает положительное влияние на качественные характеристики культуры (рис. 1). Результативность действия туфа зависит как от его дозы, так и от состава среды и длительности инкубации.

Известно, что хранение дрожжей под слоем воды, особенно длительное время, негативно

отражается на основных физиологических показателях дрожжей [1–3]. Это подтверждается и в контрольном варианте данной серии опытов (рис. 1). Однако минеральные добавки снижают отрицательное воздействие дефицитной по питательным веществам среды на дрожжевую популяцию. В опытных образцах с туфами в количестве 2–4 % к объему дрожжевой суспензии к третьим суткам хранения содержание клеток с гликогеном и почкающихся в среднем на 85 и 250 % соответственно больше по сравнению с контролем на этот же период времени (рис. 1а, б), в то время как количество нежизнеспособных особей снижается в 1,2 раза (рис. 1в).

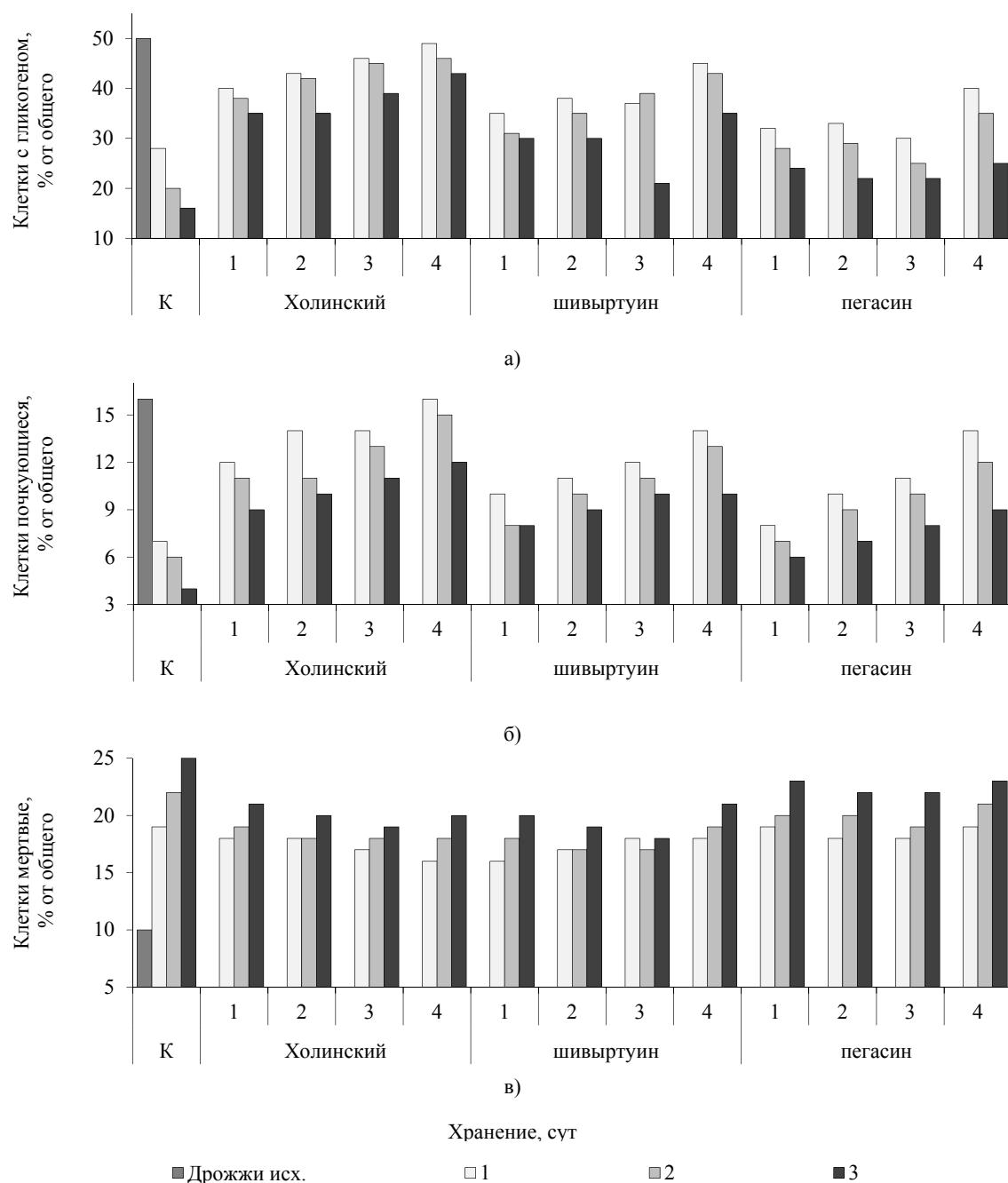


Рисунок 1 – Изменение количества а) клеток с гликогеном, б) почкающихся, в) мертвых при хранении дрожжей под слоем воды в присутствии природных минералов

Figure 1 – Changes in the number of a) cells with glycogen, b) budding cells, в) dead cells when yeast was stored under the layer of water in the presence of natural minerals (K – control sample, numbers from 0.5 to 4 indicate the amount of mineral, % to the volume of suspension)

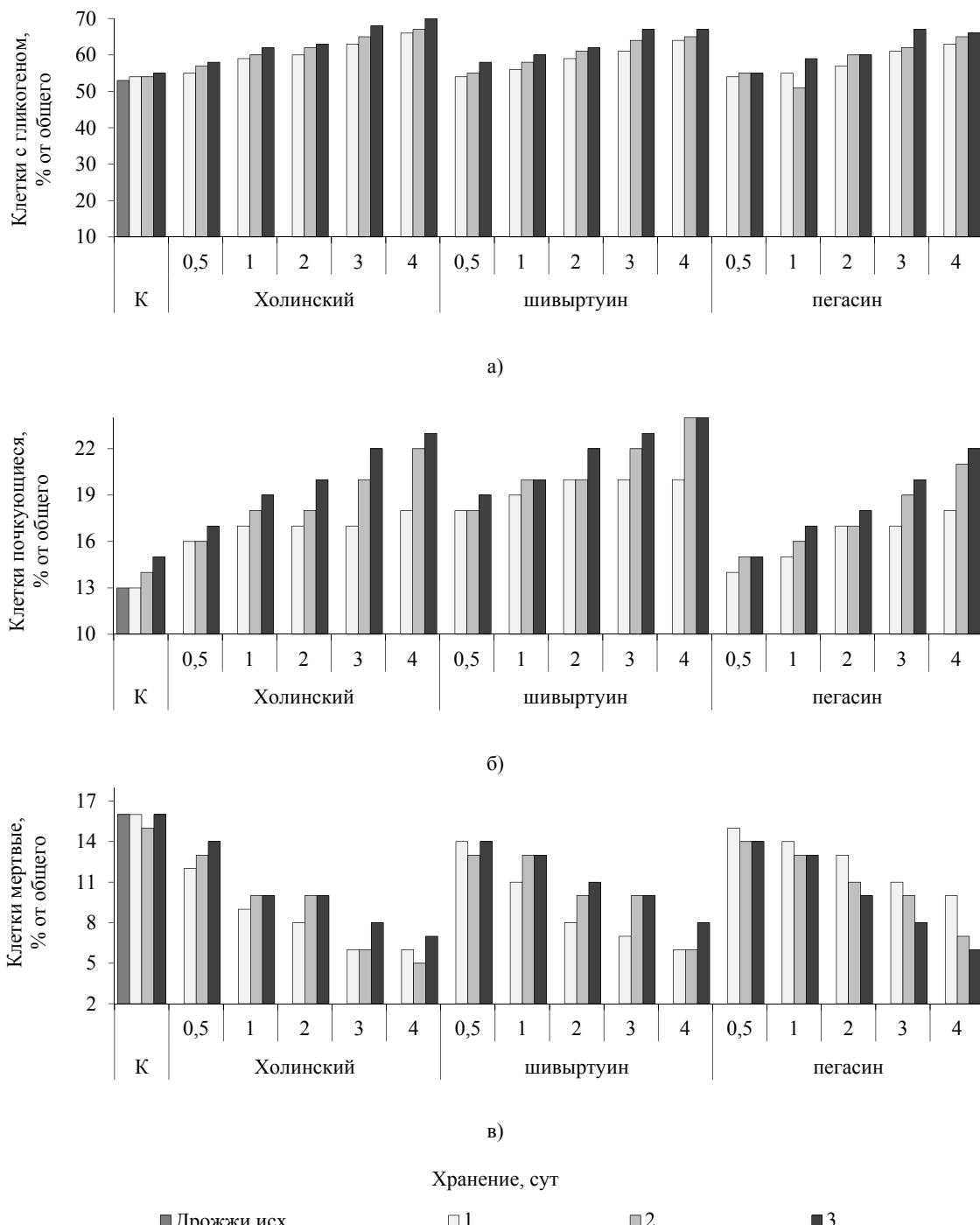


Рисунок 2 – Изменение количества а) клеток с гликогеном, б) почкающихихся, в) мертвых при хранении дрожжей в пивном сусле с цеолитами

Figure 2 – Changes in the number of a) cells with glycogen, b) budding cells, c) dead cells when yeast was stored in beer mash in the presence of zeolites (K – control sample, numbers from 0.5 to 4 indicate the amount of mineral, % to the volume of suspension)

Хранение дрожжей в пивном сусле с добавлением туфов повышает эффективность действия состава среды на качество культуры. Если в контроле содержание клеток с гликогеном к концу инкубации возросло незначительно (на 4 %) в сравнении с исходной величиной, то при внесении минералов прирост составил от 9 до 32 % (рис. 2а). К этому же моменту времени концентрация активно размножающихся клеток в контрольном образце увеличивается по отношению к первоначальному значению в

1,2 раза, а с использованием туфов – в 1,3–1,9 раза (рис. 2б). Количество мертвых клеток в опытных вариантах существенно снижается (на 19–63 %) (рис. 2в).

Изменения основных физиологических показателей дрожжей, инкубированных в молодом пиве с цеолитами, аналогичны предыдущей серии опытов (с суслом), но выражены в меньшей степени. Количество клеток с резервным углеводом возрастает на 15–38 % в сравнении с исходной величиной (в контроле на 8 %) (рис. 3а), почкающихся клеток –

на 15–30 %, однако в контроле происходит снижение этого показателя на 77 % (рис. 3б). Концентрация мертвых клеток при хранении биомассы в молодом пиве без ЦТ резко повышается (в 1,7 раза к исходному значению), но наличие минеральных добавок сглаживает этот процесс, и в опытных образцах прирост нежизнеспособных клеток составляет от 12 до 65 % (рис. 3в).

Независимо от среды суспензирования более значимые изменения в содержании клеток активно размножающихся, упитанных по гликогену, мертвых наблюдаются при использовании Холинского цеолита и шивыртуина в сравнении

с пегасином. Увеличение дозы минерала во всех вариантах существенное трансформирует анализируемые показатели дрожжей, особенно в диапазоне 2–4 % к объему суспензии. Поэтому дальнейшие исследования проводили в этом интервале дозировок цеолитов.

Флокуляция имеет огромное значение в технологии пивоварения, поскольку этот процесс способствует осветлению пива и созданию благоприятных условий для сбора дрожжей в конце главного брожения, а также протекания хода добрывания и последующего фильтрования готового напитка.

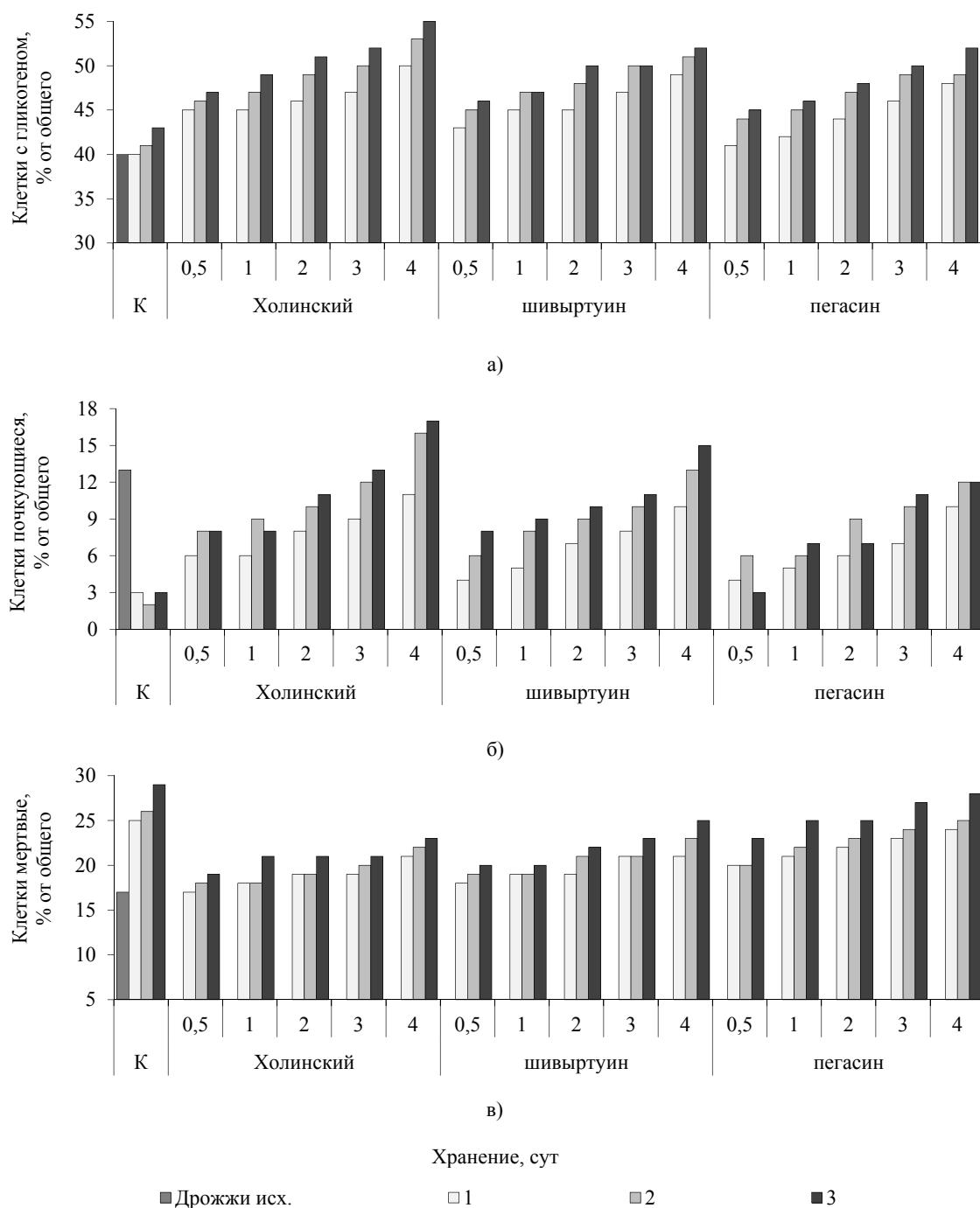


Рисунок 3 – Изменение количества а) клеток с гликогеном, б) почекущихся, в) мертвых при хранении дрожжей в молодом пиве с минералами (К – контроль, цифры от 0,5 до 4 – доза минерала, % к объему суспензии)

Figure 3 – Changes in the number of a) cells with glycogen, b) budding cells, c) dead cells when yeast was stored in schenk beer with minerals (K – control sample, numbers from 0.5 to 4 indicate the amount of mineral, % to the volume of suspension)

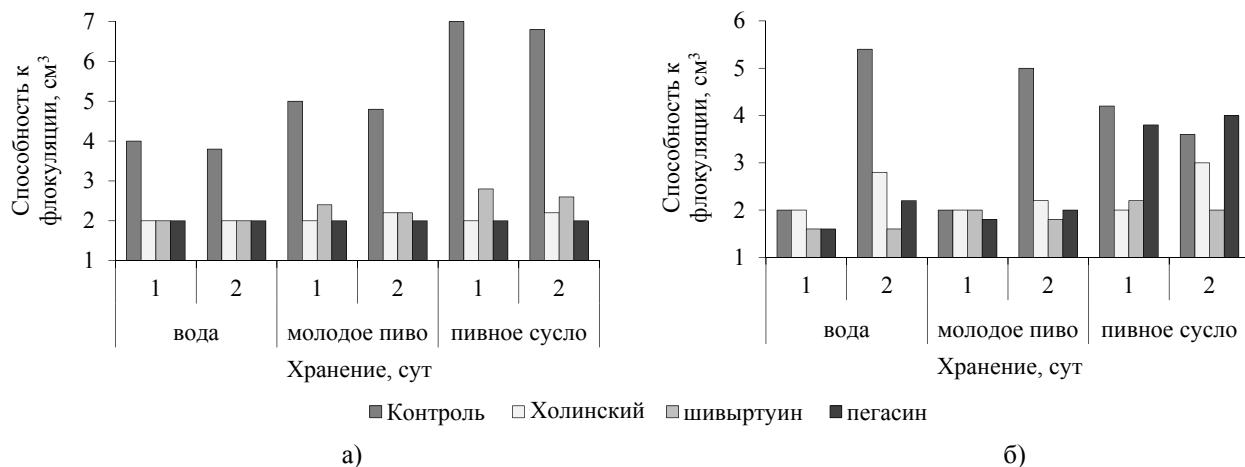


Рисунок 4 – Влияние минеральной добавки на флокуляционную способность дрожжей расы
а) С34, б) 308 при хранении в разных средах

Figure 4 – Influence of the mineral additive on yeast flocculating power (yeast races a) C34, б) 308) during storage in different media

На способность дрожжей к флокуляции влияют внутренние и внешние факторы. К внутренним относится генетическая природа дрожжей. Однако флокуляционная способность культуры во многом определяется внешними факторами: составом среды ферментации, нормой введения семенных дрожжей, температурой главного брожения и дображивания, аэрацией и др. [1, 2, 4, 6].

Представляло интерес изучить влияние цеолитсодержащих туфов на флокуляционную способность дрожжевой культуры. Использовали дрожжи расы 308 третьей генерации и С34 шестой генерации. Минералы вносили в количестве 3 % к объему дрожжевой суспензии. Длительность инкубации составляла двое суток. После каждого суток отбирали пробы дрожжей на определение способности к оседанию. Дрожжи считаются хорошо флокулирующими при объеме образующегося за 10 мин осадка более 5 см³ [6].

Как видно из полученных данных (рис. 4), в процессе хранения флокуляционная способность клеток изменяется, что зависит от среды и длительности инкубирования, используемого минерала.

Внесение минеральных добавок в среду инкубации снижает флокуляцию клеток в сравнении с контролем, что наглядно видно на примере расы С34 (рис. 4а). В противовес этому полноценный состав среды приводит к улучшению флокуляционной способности, преимущественно в контрольном варианте дрожжей, хранившихся в пивном сусле. В последнем случае значение данного показателя для расы С34 в 1,8 раза, а для штамма 308 в 2,1 раза больше, чем при суспенсировании биомассы в воде. В образцах с добавлением минералов этот эффект сглаживается, и увеличение составляет от 7 до 75 %.

Хранение в течение двух суток существенно изменяет способность к оседанию дрожжей контрольного образца, особенно расы 308, находящейся под слоем молодого пива или воды: флокуляция возрастает в 2,5 и 2,7 раза

соответственно по отношению к первым суткам (рис. 4б). В этом же варианте для расы С34 наблюдается обратный процесс – снижение флокуляции на 3–5 % в зависимости от среды инкубирования.

Агглютинация дрожжей ко вторым суткам выдержки с Холинским цеолитом и пегасином в сравнении с первыми в среднем на 33 и 18 % выше, но при инкубировании с швиртуном уменьшается на 9 %.

Наблюдаемые неоднозначные изменения способности дрожжей к оседанию в процессе их хранения могут по-разному отразиться на ходе дальнейшего технологического процесса и качестве готового пива [2, 4]. С одной стороны, существенное возрастание флокуляции клеток положительно влияет на осветление пива, с другой стороны, быстрое оседание дрожжей приведет к неполному сбраживанию экстракта сусла, ухудшению редукции диацетила.

Огромное влияние минеральный состав среды оказывает на ферментативную способность дрожжевой клетки. На примере дрожжей расы С34 третьей и четвертой генерации было изучено влияние минеральных добавок на активность некоторых ферментов дрожжей: мальтазы – катализатора подготовительной стадии гликолиза, зимазного комплекса – совокупности ферментов, осуществляющих спиртовое брожение. Доза минерала – 2 % к объему дрожжевой суспензии. В контролльном варианте инокулят выдерживали под слоем пивного сусла или молодого пива без цеолитов.

В процессе хранения дрожжевой культуры с туфами происходит возрастание активности исследуемых ферментов независимо от используемой среды (рис. 5).

Выдержка дрожжевой культуры в течение одних суток под слоем молодого пива/сусла с минералами способствует увеличению активности мальтазы в среднем на 25/27 % (рис. 5а), зимазного комплекса на 63/42 % (рис. 5б) по отношению к контролю.

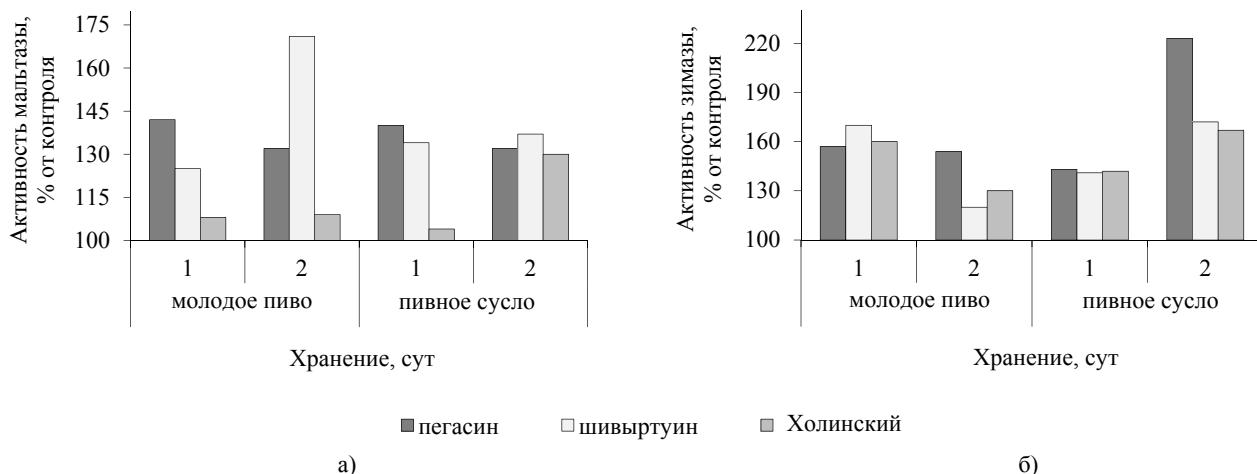


Рисунок 5 – Изменение а) мальтазной, б) зимазной активности дрожжей в присутствии цеолитов в среде инкубации

Figure 5 – Changes in a) maltase, b) zymaze activity of the yeast in the presence of zeolites in the incubation medium

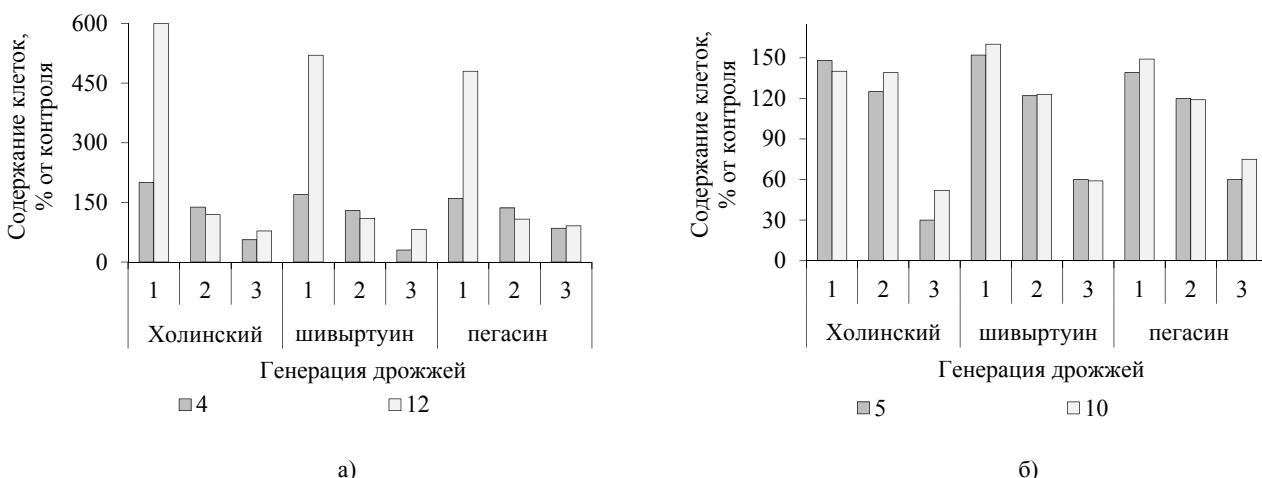


Рисунок 6 – Изменение количества клеток: 1 – почкающихся, 2 – с гликогеном, 3 – мертвых при хранении дрожжей в присутствии минералов в: а) молодом пиве, б) пивном сусле в зависимости от генерации

Figure 6 – Changes in the number of cells: 1 – budding cells, 2 – with glycogen, 3 – dead cells when yeast was stored in the presence of the minerals in: a) schenk beer, b) beer mash depending on generation

Удлинение срока хранения дрожжей до двух суток приводит к дальнейшему росту активности ферментов по сравнению с контролем: мальтазы в среднем на 33 и 37 % при использовании соответственно сусла и молодого пива с минералами, зимазы – на 85 и 35 %.

Из исследуемых цеолитов большее влияние на ферментативную активность дрожжей оказывают Холинский туф и швильтун.

Известно, что свойства пивных дрожжей (бродильная активность, флокуляционная способность, физиологическое состояние и др.) подвержены изменениям в результате воздействия, причем одновременного, многих факторов: состава среды и способа ферментации и хранения, условий брожения, возраста культуры и т. п. Многократное использование дрожжей может привести к нестабильности качественных показателей культуры. Единого мнения о количестве циклов использования дрожжей в производстве нет. Если раньше на большинстве отечественных заводов при получении пива классическим способом

сбраживания сусла число используемых генераций дрожжей доходило до 15–20, иногда и больше, то в настоящее время при производстве продукта ускоренным методом в цилиндроконических аппаратах дрожжи старше пятой генерации практически не применяют. Это связано с условиями проведения процесса в данном аппарате и негативном влиянии их на дрожжевую культуру [2, 16].

Была исследована восприимчивость дрожжей различных генераций к обработке природными минералами. Для этого сравнивали физиологические показатели дрожжей расы С34 четвертой и двенадцатой генераций, хранившихся в молодом пиве, и дрожжей пятой и десятой генераций, инкубированных в пивном сусле. Во всех случаях в среду были добавлены туфы в количестве 2 % к объему, результаты получены после двух суток хранения культуры.

Экспериментальные данные (рис. 6) свидетельствуют, что дрожжи, независимо от возраста, подвержены влиянию минеральной добавки при хранении, но в разной степени.

Больший эффект наблюдается в изменении физиологических характеристик во взрослой дрожжевой культуре (десятой и двенадцатой генерациях), чем в относительно молодой. При хранении дрожжей в молодом пиве с туфами различия значительно существеннее между генерациями, в то время как использование пивного сусла эти отличия нивелирует. Воздействие Холинского минерала и шивыртуина на дрожжи разных генераций выражено заметнее по сравнению с пегасином.

Наблюдаемые изменения физиологических показателей культуры, ферментативной активности клеток, очевидно, связаны с химическим составом и свойствами используемых минералов. Кроме того, стимулирующее действие отдельных макро- и микроэлементов зависит от полноценности питательной среды, наличия в ней необходимых биологически активных веществ. Чем больше среда обеднена питательными компонентами, тем выше стимулирующий эффект добавок.

В природных минералах микро- и макроэлементы присутствуют в наиболее доступных формах для усвоения живым организмом.

Основная структурная составляющая цеолитсодержащих туфов – диоксид кремния [11]. Кремний – обязательный элемент животных и растительных тканей, жизненно необходим для нормального роста, развития живых существ, обеспечивает защитные функции и обменные процессы организма, особенно в метаболизме липидов [1, 17]. Присутствие кремния различных форм в среде культивирования способствует синтезу в клеточных мембранах липидов с ненасыщенными жирными радикалами [9], что улучшает текучесть мембран и массообмен между клеткой дрожжей и субстратом внешней среды.

Стимулирование процесса размножения дрожжей при внесении в среду инкубации природных цеолитов, возможно, связано также с более полным усвоением низкомолекулярных азотистых веществ. В работах по интенсификации метаболических процессов дрожжевой культуры с использованием барханного песка, геотермальной воды фенольного класса [7, 8] был отмечен рост активности клеточных ферментов, потребления макро- и микроэлементов, усиление липидного, азотного и углеводного обмена. Позитивный сдвиг физиологических и биохимических функций дрожжевой культуры аналогично отражается на процессах спиртового брожения и качестве готовой продукции.

Необходимо принять во внимание ионообменные свойства цеолитсодержащих туфов. В туфах Холинского и Шивыртуйского месторождений преобладающими обменными ионами являются калий и натрий, в пегасине – кальций [13, 14]. Указанные катионы будут участвовать в процессах обмена с ионами среды супензирования дрожжей, влиять на активность биокатализаторов, синтез клеточной массы, способность к флокуляции [1, 17], что и нашло отражение в полученных результатах.

Существенная роль в окислительном фосфорилировании, процессах гликогенолиза и липидном обмене клетки отводится калию [18]. Данный макроэлемент выступает в роли активатора таких ферментов, как алкогольдегидрогеназа, альдолаза, пируваткарбоксилаза и др., стимулирует проникновение в клетку неорганического фосфора.

Натрий участвует в осуществлении «активного транспорта» веществ через клеточную мембрану, повышает бродильную активность дрожжей.

Основная функция ионов кальция – передача регуляторных сигналов, влияющих на клеточный метаболизм. Кроме того, кальций, наряду с активацией многочисленных биокатализаторов, стимулирует синтез белка, защищает клетку от стресса [1, 2, 19]. Нужно отметить роль ионов кальция в важнейшем процессе пивоварения – флокуляции дрожжевых клеток. Несмотря на существование разных точек зрения на механизм флокуляции [2, 6], доказано участие катионов кальция в процессе агрегации клеток, и никакие другие металлы не могут заменить его в этом плане. Агглютинация дрожжей происходит в результате образования ионных связей между ионами Ca^{2+} и карбоксильными и/или фосфатными группами на поверхности двух соседних клеток.

Исходя из этого можно предположить, что пегасин, основным обменным ионом которого является кальций, повышает способность дрожжей к агрегации при хранении. Холинский минерал и особенно шивыртуин из-за наличия в обменном комплексе в основном калия и натрия в меньшей степени влияют на флокуляцию дрожжевых клеток. Необходимо отметить, что пегасин и Холинский туф содержат в качестве примеси магний и цинк [13, 14], также стимулирующие процесс агглютинации дрожжей, хотя их коагулирующая сила существенно ниже ионов кальция.

Таким образом, при выборе минеральной цеолитсодержащей добавки с точки зрения влияния на способность дрожжей к флокуляции необходимо обращать внимание на характеристики обменных ионов туфов.

Данный аспект можно рассмотреть и с иной точки зрения. Известно, что обработка инокулята на стадии его подготовки к сбраживанию среды кислотами, а также пропусканием через вибросито, за счет удаления с поверхности клеток осевших взвесей превращает флокулирующие дрожжи в нефлокулирующие [2, 4]. Использование для засева таких дрожжей позволяет сократить забраживание сусла, улучшить процесс ферментации среды, ускорить восстановление диацетила. Поэтому в тех случаях, когда в процессе хранения или подготовки дрожжей к брожению сусла происходит дефлокуляция клеток, возможно, это не всегда негативно будет отражаться на ходе технологических процессов.

В структуре цеолитов, а также в виде примеси находятся и другие катионы (магний, цинк, железо, марганец, медь и др.), которые могут переходить в среду хранения и оказывать влияние на дрожжи. Причем данный процесс тем значительнее, чем длительнее контакт с туфом и

выше его дозировка, что было показано нами в экспериментах по изучению катионного состава виноматериалов после обработки их указанными цеолитсодержащими минералами [12].

Магний – активатор практически всех важнейших ферментов брожения и дыхания. Отсутствие магния в среде обуславливает изменение клеточной проницаемости и торможение почкования клеток, что связано с трансформацией клеточной оболочки, замедлением синтеза белка [1, 17, 19]. Магний защищает клетки от температурного и осмотического стресса.

Марганец в качестве переносчика электронов участвует в окислительно-восстановительных реакциях, оказывает влияние на синтез витаминов, белков и некоторых незаменимых аминокислот, является неспецифическим активатором металлоферментных комплексов.

Медь также принимает участие в реакциях окисления-восстановления, повышает зимазную и в меньшей степени малтазную активность, входит в состав многих оксидоредуктаз, может стимулировать размножение дрожжей, находясь в среде в незначительной концентрации [20].

Основные функции цинка связаны с углеводным, азотистым обменом, синтезом рибосом, ДНК, рибофлавина. В качестве кофермента цинк присутствует в ряде биокатализаторов. Цинк, наряду с марганцем и калием, стимулирует потребление малтозы и малтотриозы, активизирует α -глюказидазу и зимазный комплекс дрожжевой клетки. Влияет на проницаемость мембран и их стабильность [1, 2, 20].

Одна из вероятных причин менее эффективного воздействия пегасина на биотехнологические и физиологические характеристики дрожжевой культуры – значительное содержание в минерале железа в сравнении с Холинским туфом и шивыртуином. Возможно, значительный переход в среду суспендирования ионов железа отрицательно влияет на дрожжевые

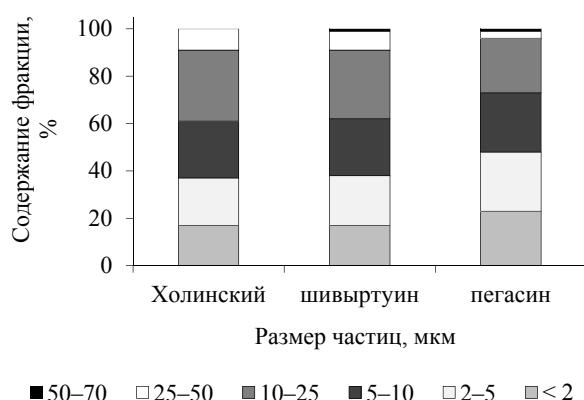
клетки. В то же время известно, что в отсутствии данного элемента дрожжи не растут, так как железо, наряду с цинком, медью, селеном, входит в состав многих металлоферментов, в частности антиоксидантных [1, 17].

Кроме того, пегасин характеризуется наличием таких микропримесей, как молибден, кобальт, олово, ванадий, которые в свою очередь при выходе в среду в результате ионного обмена могут оказывать токсичное действие на культуру.

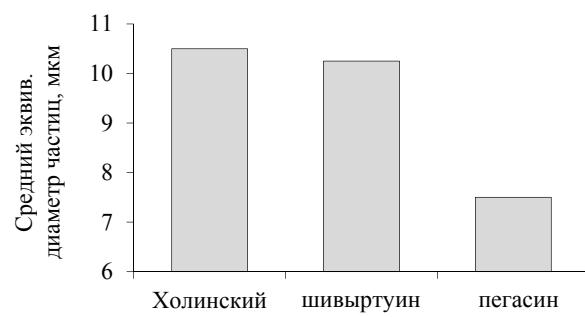
Как было отмечено ранее, эффективность и характер воздействия минерала-биотика на живой организм определяется не только его химическим составом, но и структурным строением. Чем больше в кристаллической решетке сравнительно крупных полостей, сообщающихся между собой сквозными каналами (характерно для клиноптилолита, являющегося основным компонентом исследуемых туфов), и чем структура «подвижнее», слоистее (как у монтмориллонита), тем выше ионообменные и сорбционные свойства минерала, сравнительно лучше растворимость даже в слабых кислотах, относительно ниже твердость.

Немаловажное значение играет и степень измельчения туфа. Даже на изломе минерала поверхность более активна за счет разорванных некомпенсированных структурных связей, чем в неповрежденных частях. Поэтому раздробленный минерал-биотик обладает большим биологическим действием [14].

Был проведен дисперсионный анализ цеолитовых порошков. Результаты показали (рис. 7), что в шивыртуине и Холинском минерале преобладали частицы размером 10–25 мкм (соответственно, 29 и 30 % от общего содержания), а средний эквивалентный диаметр частиц в данной фракции составлял 10,25 и 10,50 мкм. В пегасине больше всего было фракций с мелкими частицами: менее 2 мкм (23 %), 2–5 мкм (25 %) и 5–10 мкм (25 %) со средним размером 7,50 мкм.



a)



б)

Рисунок 7 – Сравнительная характеристика минералов по: а) гранулометрическому составу, б) среднему эквивалентному диаметру частиц в преобладающей фракции

Figure 7 – Comparative characteristics of the minerals in relation to: a) particle size distribution, b) average equivalent diameter of the particles in the prevailing fraction

Исходя из этого можно предположить, что разная степень механического измельчения минералов так же, как и химический состав, способствует различному по эффективности воздействию исследуемых туфов на физиологические, ферментативные и технологические показатели дрожжевой культуры в процессе ее хранения.

Происходящие изменения с дрожжами в процессе инкубирования с природными минералами связаны, вероятно, не только с ионообменными, но и с адсорбционными свойствами цеолитов.

В работах [12–14] показана возможность использования цеолитсодержащих туфов разных месторождений как комплексообразователей и сорбентов для повышения микробиологической безопасности воды, безалкогольных напитков и пива, извлечения из жидкых пищевых сред пестицидов, микотоксинов и нитрозаминов, тяжелых металлов и радиоактивных элементов. Природные минералы способствуют выведению из клетки и среды хранения/культтивирования токсичных веществ экзогенного и эндогенного происхождения, выступающих в роли стрессовых факторов для дрожжевой культуры.

Все вышеуказанные свойства природных минералов необходимо принимать во внимание в случае оптимизации параметров применения туфов

для активации дрожжевой культуры и учитывать узкие интервалы перехода многих микро- и макроэлементов от стимулирования к торможению биосинтетических и ферментативных процессов клетки.

Таким образом, проведенные исследования позволяют говорить о возможности использования цеолитсодержащих туфов различных месторождений Сибири для предупреждения нежелательных изменений семенной культуры на этапе ее хранения до начала процесса ферментации. Внесение в инкубационную среду минералов улучшает физиолого-биохимические характеристики дрожжей, способствуя приросту клеток почекущихся в 1,2–2,5 раза, гликогенсодержащих – от 9 до 190 % в сравнении с исходным значением, повышению активности ферментов мальтазы и зимазы на 25–85 % по отношению к контролю и в зависимости от происхождения туфа, состава среды и длительности хранения. Трансформация физиологических характеристик дрожжей в присутствии цеолитов существенное проявляется для взрослой, чем молодой по возрасту культуры. Более эффективное действие на дрожжевую популяцию, особенно при сусpenдировании в дефицитных по питательным веществам средах (воде, молодом пиве), оказали Холинский цеолит и шивыртуин.

Список литературы

1. Annemuller, G. The yeast in the brewery / G. Annemuller, H.-J. Manger, P. Lietz. – Berlin : VLB Berlin, 2011. – 430 p.
2. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения / Л. Нарцисс, при уч. В. Бака ; пер. с нем. А. А. Курленкова. – СПб. : Профессия, 2007. – 640 с.
3. Back, W. Ausgewahlte Kapitel der Brauereitechnologie / W. Back. – Hurnberg : Fachverlag Hans Carl, 2008. – 400 p.
4. Boulton, C. Brewing yeast and fermentation / C. Boulton, D. Quain. – Oxford : Blackwell Science, 2001. – 646 p.
5. Пермякова, Л. В. Классификация стимуляторов жизненной активности дрожжей / Л. В. Пермякова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 42, № 3. – С. 46–55.
6. Меледина, Т. В. Сыре и вспомогательные материалы в пивоварении / Т. В. Меледина. – СПб. : Профессия, 2003. – 304 с.
7. Абрамов, Ш. А. Азотный обмен дрожжей рода *Saccharomyces* на кремнийсодержащих средах / Ш. А. Абрамов, О. К. Власова // Виноделие и виноградарство. – 2007. – № 4. – С. 16–17.
8. Халилова, Э. А. Некоторые особенности аминокислотного обмена в метаболизме дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Y-503 на питательной среде с геотермальной водой фенольного класса / Э. А. Халилова, Э. А. Исламмагомедова, С. Ц. Котенко // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2011. – № 2. – С. 9–12.
9. Поляков, И. В. Влияние химического состава дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на их физиолого-биохимическую активность / И. В. Поляков, В. Л. Лаврова, Ю. И. Шишков // Хранение и переработка сельхозсыпья. – 2007. – № 7. – С. 54–56.
10. Шишков, Ю. И. Регулирование метаболизма дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / Ю. И. Шишков // Индустрия напитков. – 2008. – № 2. – С. 52–55.
11. Handbook of Zeolite Science and Technology / S. M. Auerbach, K. A. Carrado, P. K. Dutta eds. – New York ; Basel : Marcel Dekker, Inc., 2003. – 1024 p.
12. Tzia, C. Zeolites in Food Processing Industries / C. Tzia, A. A. Zorpas // Handbook of Natural Zeolites; V. J. Inglezakis, A. A. Zorpas eds. – Bentham Science Publishers, 2012. – P. 601–651.
13. Хорунжина, С. И. Природные цеолиты в производстве напитков / С. И. Хорунжина, В. М. Позняковский. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 1994. – 240 с.
14. Хатькова, А. Н. Перспективы модифицированных цеолитсодержащих пород основных месторождений Восточного Забайкалья / А. Н. Хатькова, К. К. Размахин // Вестник ЧитГАУ. – 2011. – № 3 (70). – С. 119–124.
15. Полыгалина, Г. В. Определение активности ферментов / Г. В. Полыгалина, В. С. Чередниченко, Л. В. Римарева. – М. : ДeЛи принт, 2003. – 375 с.
16. Thiele, E. Yeast quality distribution on cone of cylindro conical tanks / E. Thiele, A. Hartwing, W. Back. – Brewing Science. – June/Aug. 2008. – Vol. 61. – P. 148–161.
17. Коновалов, С. А. Биохимия дрожжей / С. А. Коновалов. – М. : Пищевая промышленность, 1980. – 271 с.
18. Key role for intracellular K⁺ and protein kinases Sat4/Hal4 and Hal5 in the plasma membrane stabilization of yeast nutrient transporters / J. Perez-Valle [et al.] // Microbiology and Biotechnology. – 2007. – Vol. 27, № 16. – P. 5725–5736.

19. Magnesium, calcium and fermentative metabolism in industrial yeast / G. M. Walker [et al.] // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 1996. – Vol. 59. – P. 13–18.
20. Nweke, C. O. Effects of metals on dehydrogenase activity and glucose utilization by *Saccharomyces cerevisiae* / C. O. Nweke // Nigerian Journal of Biochemistry and Molecular Biology. – 2010. – Vol. 25, № 2. – P. 28–35.

References

1. Annemuller G., Manger H.-J., Lietz P. *The yeast in the brewery*. Berlin: VLB Berlin, 2011. 430 p.
2. Nartsiss L. *Kratkiy kurs pivovareniiia* [A short course of brewing]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2007. 640 p.
3. Back W. *Ausgewahlte Kapitel der Brauereitechnologie*. Hurnberg: Fachverlag Hans Carl, 2008. 400 p. (In German).
4. Boulton C., Quain D. *Brewing yeast and fermentation*. Oxford: Blackwell Science, 2001. 646 p.
5. Permyakova L.V. Klassifikatsiya stimulyatorov zhiznennoy aktivnosti drozhzhey [Classification of preparations to promote yeast vital activity]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food processing: Techniques and Technology], 2016, vol. 42, no. 3, pp. 46–55.
6. Meledina T.V. *Syr'e i vspomogatel'nye materialy v pivovarenii* [Raw materials and auxiliary materials in brewing: reference book]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2003. 304 p.
7. Abramov Sh.A., Vlasova O.K. Azotnyy obmen drozhzhey roda *Saccharomyces* na kremniysoderzhashchikh sredakh [Nitrogen exchange of yeasts of the genus *Saccharomyces* on siliceous media]. *Vinodelie i vinogradarstvo* [Winemaking and viticulture], 2007, no. 4, pp. 16–17.
8. Khalilova E.A., Islammagomedova E.A., Kotenko S.Ts. Nekotorye osobennosti aminokislotnogo obmena v metabolizme drozhzhey *Saccharomyces cerevisiae* Y-503 na pitatel'noy srede s geotermal'noy vodoy fenol'nogo klassa [Some features of amino acid metabolism in the metabolism of yeast *Saccharomyces cerevisiae* Y-503 on nutrient medium with geothermal water of phenolic class]. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdeliy* [Production of alcohol and alcoholic beverages], 2011, no. 2, pp. 9–12.
9. Polyakov I.V., Lavrova V.L., Shishkov Yu.I. Vliyanie khimicheskogo sostava drozhzhey *Saccharomyces cerevisiae* na ikh fiziologo-biokhimicheskuyu aktivnost' [The effect of the chemical composition of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* on their physiological and biochemical activity]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of farm products], 2007, no. 7, pp. 54–56.
10. Shishkov Yu.I. Regulirovanie metabolizma drozhzhey *Saccharomyces cerevisiae* [Regulation of the metabolism of yeast *Saccharomyces cerevisiae*]. *Industriya napitkov* [Beverage industry], 2008, no. 2, pp. 52–55.
11. Auerbach S.M., Carrado K.A., Dutta P.K. eds. *Handbook of Zeolite Science and Technology*. New York, Basel: Marcel Dekker, Inc., 2003. 1024 p.
12. Tzia C., Zorbas A.A. Zeolites in Food Processing Industries. *Handbook of Natural Zeolites*, ed. V.J. Inglezakis. Bentham Science Publishers, 2012, pp. 601–651.
13. Khorunzhina S.I., Poznyakovskiy V.M. *Prirodnye tseolity v proizvodstve napitkov* [Natural zeolites in the beverage industry]. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat Publ., 1994. 240 p.
14. Khat'kova A.N., Razmakhin K.K. Perspektivnye modifitsirovannykh tseolitsoderzhashchikh porod osnovnykh mestorozhdeniy Vostochnogo Zabaykal'ya [Zeolitecocontain rocks base of east Zabaikalie and perspective directions of their application for ensure environmental security]. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of ChitGAU], 2011, no. 3(70), pp. 119–124.
15. Polygalina G.V., Cherednichenko V.S., Rimareva L.V. *Oprudelenie aktivnosti fermentov* [Determination of enzyme activity]. Moscow: DeLi print Publ., 2003. 375 p.
16. Thiele E., Hartwing A., Back W. Yeast quality distribution on cone of cylindro conical tanks. *Brewing Science*, June/Aug, 2008, vol. 61, pp. 148–161.
17. Konovalov S.A. *Biokhimiya drozhzhey* [Biochemistry of yeast]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1980. 271 p.
18. Perez-Valle J., Jenkins H., Merchan S., et al. Key role for intracellular K⁺ and protein kinases Sat4/Hal4 and Hal5 in the plasma membrane stabilization of yeast nutrient transporters. *Microbiology and Biotechnology*, 2007, vol. 27, no. 16, pp. 5725–5736.
19. Walker G.M., Birch R.M., Chandrasena G., Maynard A.I. Magnesium, calcium and fermentative metabolism in industrial. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 1996, vol. 59, pp. 13–18.
20. Nweke C.O. Effects of metals on dehydrogenase activity and glucose utilization by *Saccharomyces cerevisiae*. *Nigerian Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 2010, vol. 25, no. 2, pp. 28–35.

Пермякова Лариса Викторовна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии бродильных производств и консервирования, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: delf-5@yandex.ru

Larisa V. Permyakova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Fermentation Production and Conservation, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: delf-5@yandex.ru



ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА МОЛОЧНО-БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

И. А. Смирнова, Н. Ю. Гутов*, А. А. Лукин

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: gutov.nik@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 27.09.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© И. А. Смирнова, Н. Ю. Гутов, А. А. Лукин, 2018

Аннотация. Появление молочных продуктов, обогащенных молочно-белковыми концентратами, связано с низким уровнем потребления белка населением. В статье представлены результаты исследования состава двух образцов молочно-белковых концентратов – Promilk 852 FBI и Promilk Kappa Optimum с целью дальнейшего применения их в производстве молочных продуктов. Определены фракции белков молочно-белковых концентратов с применением величины молекулярного веса. В результате электрофоретического разделения фракций белков методом свободного электрофореза с помощью ячейки для электрофореза MINI-PROTEAN получена исходная электрофореграмма. В изученных образцах идентифицировано количество фракций сывороточных белков и казеина. Рассчитаны абсолютные значения фракций сывороточных белков и казеина в образцах молочно-белковых концентратов. На основании полученных значений фракций сывороточных белков и казеина определено их процентное содержание в молочно-белковых концентратах. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что исследованные образцы молочно-белковых концентратов могут быть использованы в производстве молочных продуктов в качестве дополнительного компонента для повышения пищевой ценности готового продукта.

Ключевые слова. Молочный белок, казеин, сывороточные белки, фракционирование белков, молочно-белковый концентрат

Для цитирования: Смирнова, И. А. Изучение состава молочно-белковых концентратов / И. А. Смирнова, Н. Ю. Гутов, А. А. Лукин // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 85–90. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-85-90.

RESEARCH OF COMPOSITION OF MILK PROTEIN CONCENTRATES

I.A. Smirnova, N.Yu. Gutov*, A.A. Lukin

Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: gutov.nik@yandex.ru

Received: 27.09.2017

Accepted: 16.03.2018

© I.A Smirnova, N.Yu. Gutov, A.A. Lukin, 2018

Abstract. Emergence of the dairy products enriched with milky proteinaceous concentrates is connected with low level of consumption of protein the population. Results of a research of structure of two samples of milk protein concentrates – Promilk 852 FBI and Promilk Kappa Optimum for the purpose of their further application in production of dairy products are presented in article. Fractions of proteins of milk protein concentrates with use of size of molecular weight are defined. As a result of electrophoretic division of fractions of proteins the method of a free electrophoresis by means of a cell for an electrophoresis of MINI-PROTEAN has received an initial electrophoregram. In the studied samples the number of fractions of serumal proteins and casein is identified. Absolute values of fractions of serumal proteins and casein in samples of milk protein concentrates are calculated. On the basis of the received values of fractions of serumal proteins and casein their percentage in milk protein concentrates is determined. The received results allow to draw a conclusion that the studied samples of milk protein concentrates can be used in production of dairy products as an additional component for increase in nutrition value of a ready-made product.

Keywords. Milk protein, casein, whey protein, fractionating of proteins, milk protein concentrate

For citation: Smirnova I.A., Gutov N.Yu., Lukin A.A. Research of Composition of Milk Protein Concentrates. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 85–90 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-85-90.

Введение

В настоящее время на молочном рынке все чаще появляются продукты, произведенные с использованием молочно-белковых концентратов. Данная тенденция связана с нехваткой пищевого белка в питании человека, которая, вероятно, сохранится. В отличие от жиров и углеводов, белки не

накапливаются в резерве и не образуются из других пищевых веществ, являясь незаменимой частью пищи. При недостатке белков возникают серьезнейшие нарушения работы желез внутренней секреции, состава крови, ослабление умственной деятельности, замедление роста и развития детей, снижение сопротивляемости к инфекциям.

Как источник энергии белки имеют второстепенное значение, поскольку могут быть заменены жирами и углеводами. В зависимости от аминокислотного состава выделяют полноценные (содержащие все восемь незаменимых аминокислот) и неполноценные белки. Источником первых являются мясо, рыба, птица, яйца и молочные продукты. Растительная пища содержит в основном неполноценные белки. При организации питания следует учитывать, что из белков животных продуктов в кишечнике всасывается более 90 % аминокислот, из растительных – 60–80 %. Наиболее быстро перевариваются белки молочных продуктов и рыбы, затем мяса (говядины быстрее, чем свинины и баранины), далее хлеба и круп, причем быстрее – белки пшеничного хлеба из муки высших сортов и манной крупы. Последнее имеет большое значение для лечебных диет, но не для питания здорового человека. Рациональное питание подразумевает сочетание животных и растительных продуктов, улучшающее сбалансированность аминокислот. Вреден длительный избыток белка в питании, ведущий к перегрузке печени и почек продуктами его распада, перенапряжению секреторной функции пищеварительного аппарата, усилинию гнилостных процессов в кишечнике, накоплению продуктов азотистого обмена со сдвигом кислотно-основного состояния организма в кислую сторону. Поэтому при недостаточности почек и печени, подагре и некоторых других заболеваниях потребление белка ограничивают или даже временно исключают [1].

Белки или протеины (от греч. *protos* – первый) – высокомолекулярные полимерные соединения, построенные из аминокислот. В их состав входит около 53 % углерода, 7 % водорода, 22 % кислорода, 15–17 % азота и от 0,3 до 3 % серы. В некоторых белках присутствуют фосфор, железо и другие элементы [2, 14].

Все белки, в зависимости от их строения и свойств, делятся на две группы: простые и сложные. Простые белки (альбумины, глобулины) состоят только из аминокислот, в молекуле сложных белков помимо белковой части имеются соединения небелковой природы. Например, липопротеины кроме белка содержат липиды, гликопротеины – углеводы, фосфопротеины – фосфорную кислоту и пр. [3].

Цель данного исследования: проведение анализа состава двух образцов молочно-белковых концентратов – Promilk 852 FBI и Promilk Кappa Optimum с целью применения их в производстве молочных продуктов. Для этого были идентифицированы фракции белков методом электрофоретического разделения с использованием величин молекулярного веса, а также определены абсолютные значения белков в изученных образцах молочно-белковых концентратов [4].

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являются молочно-белковые концентраты, которые изучены в лаборатории научно-образовательного центра Кемеровского технологического института

пищевой промышленности (университета). Фракционирование белков выполнено с помощью ячейки для электрофореза MINI-PROTEAN двух наименований молочно-белковых концентратов: Promilk 852 FBI и Promilk Кappa Optimum.

Метод свободного электрофореза, детально разработанный лауреатом Нобелевской премии А. Тизелиусом, основан на различии в скорости движения (подвижности) белков в электрическом поле, которая определяется величиной заряда белка при определенных значениях pH и ионной силы раствора. В настоящее время более широкое распространение получили методы зонального электрофореза белков на различных носителях, в частности на твердых поддерживающих средах: гелях крахмала и полиакриламида, целлюлозе. Преимущества их, по сравнению с методом свободного электрофореза, состоят в том, что исключается размытие границы белок – растворитель в результате диффузии и конвекции, не требуется налаживания сложной аппаратуры для определения положения границы, а для анализа необходимо небольшое количество белка [5].

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 показана исходная электрофореграмма исследованных образцов молочно-белковых концентратов. Линии 2 и 3 относятся к МБК Promilk 852 FBI и Promilk Кappa Optimum соответственно.

При обработке данных рис. 1 получена электрофореграмма с различными величинами молекулярного веса, которые определены электрофорезом исследованных образцов молочно-белковых концентратов в результате разделения фракций МБК методом свободного электрофореза.

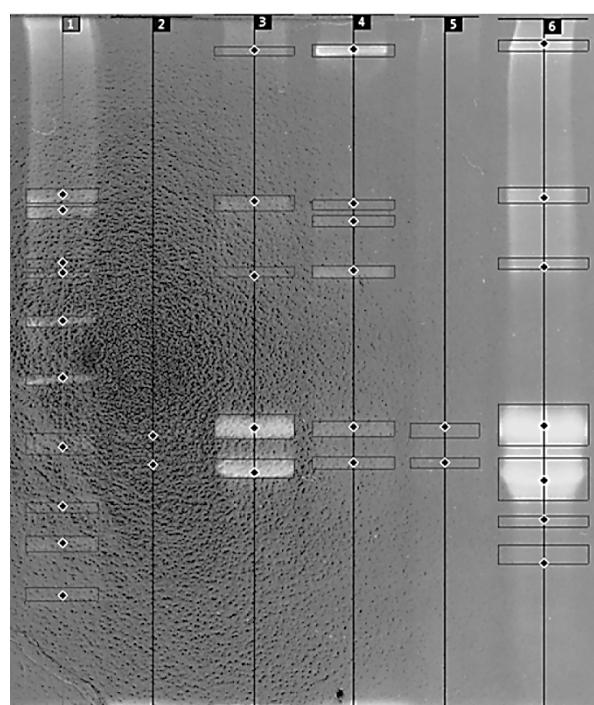


Рисунок 1 – Исходная электрофореграмма образцов

Figure 1 – Initial electrophoregram of the samples

На рис. 2 показана обработанная в программе TotalLabTM Quant v12.3 электрофореграмма исследованных образцов МБК: Promilk 852 FBI и Promilk Карра Optimum.

Анализируя рис. 2, можно определить молекулярный вес каждой фракции белка в каждом образце молочно-белкового концентрата.

В результате исследования были получены данные, которые представлены в табл. 1 и 2, они отражают величину молекулярного веса фракций белка.

Определение молекулярного веса позволяет идентифицировать различные белки по фракциям.

С использованием данных табл. 1 белки молочно-белкового концентрата Promilk 852 FBI разделены на следующие фракции:

- α_{s2} -казеин, соответствующий, по справочным данным, молекулярной массе 26,268 кДа;
- α_{s1} -казеин, соответствующий, по справочным данным, молекулярной массе 23,347 кДа.

Вышеупомянутые фракции относятся к фракциям казеина [6].

Анализ данных табл. 2 позволяет идентифицировать фракции белков молочно-белкового концентрата Promilk Карра Optimum:

- иммуноглобулин M, соответствующий, по справочным данным, молекулярной массе 1152,5 кДа;
- иммуноглобулин D, соответствующий, по справочным данным, молекулярной массе 180,652 кДа;
- альбумин сыворотки крови, соответствующий, по справочным данным, молекулярной массе 49,705 кДа.

Вышеупомянутые белки относятся к фракциям сывороточных белков [7].

На следующем этапе идентифицированы фракции казеина с использованием данных табл. 2:

- α_{s2} -казеин, соответствующий, по справочным данным, молекулярной массе 26,93 кДа;
- α_{s1} -казеин, соответствующий, по справочным данным, молекулярной массе 22,557 кДа;

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что молочно-белковый концентрат Promilk 852 FBI содержит две фракции казеина (α_{s2} -казеин, α_{s1} -казеин). Фракций сывороточных белков в данном молочно-белковом концентрате не выявлено [8].

Молочно-белковый концентрат Promilk Карра Optimum содержит три фракции сывороточных белков (иммуноглобулин M, иммуноглобулин D, альбумин сыворотки крови) и две фракции казеина (α_{s2} -казеин, α_{s1} -казеин).

Таблица 3 – Данные для расчета абсолютных значений фракций белков МБК Promilk 852 FBI

Table 3 – Data for calculation of absolute values for fractions of protein MPC Promilk 852 FBI

Наименование продукта	Номер полосы	% от общего содержания казеинов	% от общего содержания сывороточных белков	% от общего содержания белка	Общее количество сывороточных белков на 100 г	Общее количество казеина на 100 г	Общее количество белка
Promilk 852 FBI	1	63,12	–	63,12	–	80,39	80,39
	2	36,88	–	36,88			

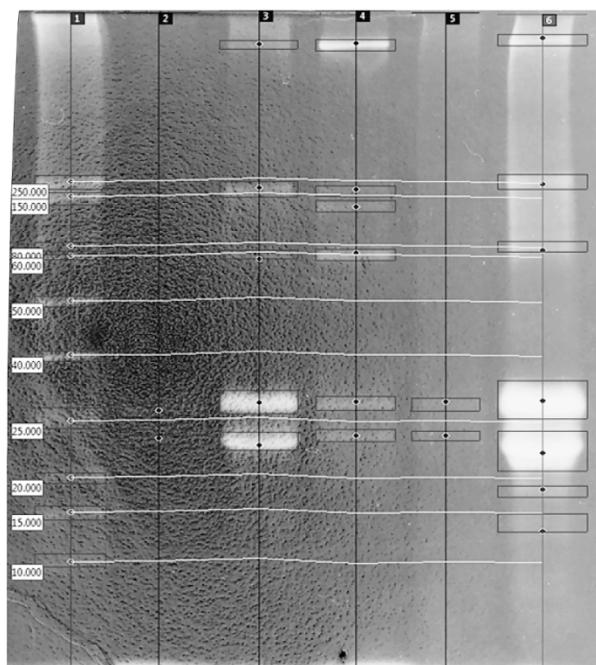


Рисунок 2 – Электрофореграмма, обработанная в программе TotalLabTM Quant v12.3

Figure 2 – Electrophoregram processed in TotalLabTM Quant v12.3

Таблица 1 – Молекулярный вес фракций белка МБК Promilk 852 FBI

Table 1 – Molecular weight of the fractions of protein MPC Promilk 852 FBI

Наименование продукта	Номер полосы	Молекулярный вес, кДа
Promilk 852 FBI	1	26,268
	2	23,347

Таблица 2 – Молекулярный вес фракций белка МБК Promilk Карра Optimum

Table 2 – Molecular weight of the fractions of protein MPC Promilk Карра Optimum

Наименование продукта	Номер полосы	Молекулярный вес, кДа
Образец Promilk Карра Optimum	1	1152,500
	2	180,652
	3	49,705
	4	26,930
	5	22,557

Исходные данные для расчета абсолютных значений фракций белков молочно-белкового концентрата Promilk 852 FBI представлены в табл. 3.

Таблица 4 – Абсолютные значения фракций казеина МБК Promilk 852 FBI

Table 4 – Absolute values for casein fractions MPC Promilk 852 FBI

Фракция казеина	Абсолютное содержание фракции на 100 г, г/100 г	% от общего содержания казеинов	% от общего содержания белка
a_{s2} -казеин	50,74	63,12	63,12
a_{s1} -казеин	36,88	36,88	36,88

С использованием данных табл. 3 рассчитаны абсолютные значения фракций казеина. Полученные данные представлены в табл. 4.

По данным табл. 4 можно сделать вывод о том, что наибольшее содержание во фракциях казеина молочно-белкового концентрата Promilk 852 FBI имеет фракция a_{s2} -казеина, а наименьшее значение у a_{s1} -казеина [9].

Таблица 5 – Данные для расчета абсолютных значений фракций сывороточных белков МБК Promilk Кappa Optimum
Table 5 – Data for calculation of absolute values for fractions of whey proteins MPC Promilk Kappa Optimum

Наименование продукта	Номер полосы	% от общего содержания казеинов	% от общего содержания сывороточных белков	% от общего содержания белка	Общее количество сывороточных белков на 100 г	Общее количество казеина на 100 г	Общее количество белка
Promilk Kappa Optimum	1	–	11,59	1,11	7,85	73,99	81,84
	2	–	76,69	7,36			
	3	–	11,72	1,12			
	4	56,73	–	51,29			
	5	43,27	–	39,12			

Таблица 6 – Абсолютные значения фракций сывороточных белков МБК Promilk Кappa Optium
Table 6 – Absolute values for fractions of whey proteins MPC Promilk Kappa Optium

Фракция сывороточных белков	Абсолютное содержание фракции на 100 г, г/100 г	% от общего содержания сывороточных белков	% от общего содержания белка
Иммуноглобулин М	0,91	11,59	1,11
Иммуноглобулин D	6,02	76,69	7,36
Альбумин сыворотки крови	0,92	11,72	1,12

Таблица 7 – Абсолютные значения фракций казеина МБК Promilk Кappa Optimum

Table 7 – Absolute values for fractions of casein MPC Promilk Kappa Optimum

Фракция казеина	Абсолютное содержание фракции на 100 г, г/100 г	% от общего содержания казеинов	% от общего содержания белка
a_{s2} -казеин	41,97	56,73	51,28
a_{s1} -казеин	32,02	43,27	39,13

По данным табл. 7 можно сделать вывод о наибольшем содержании во фракциях казеина молочно-белкового концентрата Promilk Кара Optimum фракции a_{s2} -казеина и наименьшем содержании фракции a_{s1} -казеина. Самую большую величину процента от общего содержания белка имеет фракция a_{s2} -казеина (51,28 %) [11, 12].

Процентное содержание сывороточных белков и казеинов от общего количества белка в молочно-белковых концентратах Promilk 852 FBI и Promilk Кара Optimum представлено в табл. 8.

Исходные данные для расчета абсолютных значений фракций белков молочно-белкового концентрата Promilk Кара Optimum представлены в табл. 5.

С применением данных табл. 5 вычислены абсолютные значения фракций сывороточных белков. Полученные данные представлены в табл. 6.

По полученным данным (табл. 6) можно сформулировать вывод о наибольшем содержании во фракциях сывороточных белков МБК Promilk Кара Optimum фракции иммуноглобулина D и наименьшем содержании фракций иммуноглобулина M и альбумина сыворотки крови (0,91 и 0,92 г/100 г соответственно) [10]. Наибольший процент содержания от общего количества белка имеет фракция иммуноглобулина D (7,36 %).

На следующем этапе был произведен расчет фракций казеина МБК Promilk Кара Optimum с использованием исходных данных табл. 5. Данные представлены в табл. 7.

Таблица 8 – Процентное содержание сывороточных белков и казеинов МБК Promilk 852 FBI и Promilk Кара Optimum

Table 8 – Percentage of whey proteins and caseins MPC Promilk 852 FBI and Promilk Kappa Optimum

	Promilk 852 FBI	Promilk Kappa Optimum
% содержания сывороточных белков от общего содержания белка	–	9,59
% содержания белков-казеинов от общего содержания белка	100	90,41

По данным табл. 8 можно судить о том, что молочно-белковый концентрат Promilk 852 FBI содержит только белки-казеины, а молочно-белковый концентрат Promilk Кара Optimum обладает высоким содержанием (90,41 %) белков-казеинов. Кроме того, в данном МБК присутствуют сывороточные белки (9,59 %) [13].

1 Список литературы

1. Удаление β -лактоглобулина из молочной сыворотки с помощью хитозана / А. В. Бакулин [и др.] // Молочная промышленность. – 2012. – № 11. – С. 62–64.
2. Выделение β -лактоглобулина из сыворотки: использование различных форм хитозана / В. П. Варламов [и др.] // Молочная промышленность. – 2013. – № 10. – С. 56–57.
3. Горбатова, К. К. Химия и физика молока / К. К. Горбатова, П. И. Гунькова. – СПб. : ГИОРД, 2012. – 336 с.
4. Применение технологически функциональных белков «PROCREAM 151C» в производстве мороженого / А. А. Творогова [и др.] // Молочная промышленность. – 2014. – № 7. – 64–65.
5. Мельникова, Е. И. Молочные белки в технологии мороженого / Е. И. Мельникова, А. Н. Пономарев, Е. Е. Попова // Молочная промышленность. – 2012. – № 12. – С. 64–65.
6. Лосев, А. Н. Кисломолочный напиток с микропартикулятом сывороточных белков / А. Н. Лосев, Е. И. Мельникова, Е. Б. Станиславская // Пищевая промышленность. – 2015. – № 12. – С. 36–38.
7. Дымар, О. В. Технологические аспекты использования микропартикулятов сывороточных белков при производстве молочных продуктов / О. В. Дымар // Молочная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 18–21.
8. Функциональные ингредиенты на основе молочной сыворотки в производстве маржинальных молочных продуктов / В. С. Сомов [и др.] // Молочная промышленность. – 2014. – № 8. – С. 54–55.
9. The β -lactoglobulin content of bovine milk: Development and application of a biosensor immunoassay / H. E. Indyk [et al.] // International Dairy Journal. – 2017. – Vol. 73 – P. 68–73. DOI: 10.1016/j.idairyj.2017.05.010.
10. Bansal, N. Feasibility study of lecithin nanovesicles as spacers to improve the solubility of milk protein concentrate powder during storage / N. Bansal, T. Truong, B. Bhandari // Dairy Science & Technology. – 2017. – Vol. 96, iss. 6. – P. 861–872. DOI: 10.1007/s13594-016-0307-0.
11. Banach, J. C. Particle size of milk protein concentrate powder affects the texture of high-protein nutrition bars during storage / J. C. Banach, S. Clark, B. P. Lamsal // Food Science. – 2017. – Vol. 82, iss. 4. – P. 913–921. DOI: 10.1111/1750-3841.13684.
12. Effect of denatured whey protein concentrate and its fractions on rennet-induced milk gels / V. Perreault [et al.] // International Dairy Journal. – 2017. – Vol. 64. – P. 48–55. DOI: 10.3168/jds.2016-12473.
13. Acid gelation of reconstituted milk protein concentrate suspensions: Influence of lactose addition / G. H. Meletharayil [et al.] // International Dairy Journal. – 2016. – Vol. 61. – P. 107–113. DOI: 10.1016/j.idairyj.2016.04.005.
14. Просеков, А. Ю. Теоретическое обоснование и технологические принципы формирования молочных пенообразных дисперсных систем : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.04 / Просеков Александр Юрьевич. – Кемерово, 2004. – 450 с.
15. Просеков, А. Ю. Физико-химические основы получения пищевых продуктов с пенной структурой / А. Ю. Просеков. – Кемерово : КемТИПП, 2001. – 172 с.

References

1. Bakulin A.V., Lopatin S.A., Shcherbinina T.S., et al. Udalenie β -laktoglobulina iz molochnoy syvorotki s pomoshch'yu khitozana [Removal of β -lactoglobulin from whey by means of chitosan]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2012, no. 11, pp. 62–64.
2. Varlamov V.P., Shcherbinina T.S., Bakulin A.V., et al. Vydelenie β -laktoglobulina iz syvorotki: ispol'zovanie razlichnykh form khitozana [Selection of β -lactoglobulin from serum: use of various forms of chitosan]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2013, no. 10, pp. 56–57.
3. Gorbatova K.K., Gun'kova P.I. *Khimiya i fizika moloka* [Chemistry and physics of milk]. St. Petersburg: GIORD Publ., 2012. 336 p.
4. Tvorogova A.A. Primenenie tekhnologicheski funktsional'nykh belkov "PROCREAM 151C" v proizvodstve morozhenogo [Using Technologically Functional Proteins "PROCREAM 151C" in Ice Cream Production]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2014, no. 7, pp. 64–65.
5. Melnikova E.I., Ponomarev A.N., Popova E.E. Milk Proteins in Ice Cream Production Technology. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2012, no. 12, pp. 64–65.
6. Losev A.N., Mel'nikova E.I., Stanislavskaya E.B. Kislotomolochnyy napitok s mikropartikulyatom syvorotochnykh belkov [Dairy drink with mikropartikulyaty serumal proteins]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2015, no. 12, pp. 36–38.
7. Dymar O.V. Tekhnologicheskie aspekty ispol'zovaniya mikropartikulyatov syvorotochnykh belkov pri proizvodstve molochnykh produktov [Technological aspects of use of mikropartikulyat of serumal proteins by production the molochnykh of products]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2014, no. 6, pp. 19–21.
8. Somov V.S., Omarov M.N., Zolotoreva M.S., Evdokimova I.A. Funktsional'nye ingrediente na osnove molochnoy syvorotki v proizvodstve marzhinal'nykh molochnykh produktov. [The functional ingredients on the basis of whey in production of marginal dairy products]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2014, no. 8, pp. 54–55.
9. Indyk H.E., Hart S., Meerkerk Th., Brendon D.G., Woppard D.C. The β -lactoglobulin content of bovine milk: Development and application of a biosensor immunoassay. *International Dairy Journal*, 2017, vol. 73, pp. 68–73. DOI: 10.1016/j.idairyj.2017.05.010.

10. Bansal N., Truong T., Bhandari B. Feasibility study of lecithin nanovesicles as spacers to improve the solubility of milk protein concentrate powder during storage. *Dairy Science & Technology*, 2017, vol. 96, iss. 6, pp. 861–872. DOI: 10.1007/s13594-016-0307-0.
11. Banach J.C., Clark S., Lamsal B.P. Particle Size of Milk Protein Concentrate Powder Affects the Texture of High-Protein Nutrition Bars During Storage. *Food Science*, 2017, vol. 82, iss. 4, pp. 913–921. DOI: 10.1111/1750-3841.13684.
12. Perreault V., Morin P., Pouliot Y., Brittend M. Effect of denatured whey protein concentrate and its fractions on rennet-induced milk gels. *International Dairy Journal*, 2017, vol. 64, pp. 48–55. DOI: 10.3168/jds.2016-12473.
13. Meletharayil G.H., Patel H.A., Metzger L.E., Huppertz T. Acid gelation of reconstituted milk protein concentrate suspensions: Influence of lactose addition. *International Dairy Journal*, 2016, vol. 61, pp. 107–113. DOI: 10.1016/j.idairyj.2016.04.005.
14. Prosekov A.Yu. *Teoreticheskoe obosnovanie i tekhnologicheskie printsipy formirovaniya molochnykh penoobraznykh dispersnykh sistem. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Theoretical justification and technological principles of developing milky foamy disperse systems. Dr. eng. sci. diss.]. Kemerovo, 2004. 450 p.
15. Prosekov A.Yu. *Fiziko-khimicheskie osnovy polucheniya pishchevykh produktov s pennoy strukturoy* [Physical and chemical basis for obtaining food products with foamy structure]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2001. 172 p.

Смирнова Ирина Анатольевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-58

Гутов Николай Юрьевич

аспирант кафедры технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: gutov.nik@yandex.ru

Лукин Андрей Андреевич

аспирант кафедры биотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: ONION07@gmail.com

Irina A. Smirnova

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technology of Milk and Dairy Products, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-58

Nikolay Yu. Gutov

Postgraduate Student of the Department of Technology of Milk and Dairy Products, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: gutov.nik@yandex.ru

Andrey A. Lukin

Postgraduate Student of the Department of Biotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: ONION07@gmail.com



РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР МАЙОНЕЗА С УЧЕТОМ ОСНОВНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АССОРТИМЕНТА

К. В. Старовойтова*, Л. В. Терещук

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: centol@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 20.12.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© К. В. Старовойтова, Л. В. Терещук, 2018

Аннотация. В статье описаны технологические аспекты применения различных видов яичных продуктов в технологии производства майонезной продукции. Исследован химический состав различных яичных продуктов, используемых в технологии изготовления майонезной продукции. В качестве объектов исследования выступили: яичный порошок, сухой яичный желток, энзиматически гидролизованный сухой яичный желток, соленый пастеризованный жидкий желток, меланж, замороженный желток. На основании полученных данных рассчитаны минимальные дозировки яичных продуктов, достаточные для обеспечения высокого качества майонеза, соответствующего требованиям стандарта. В статье представлены результаты исследования влияния разных видов яичных продуктов, традиционно используемых в технологии производства майонезов, на органолептические и физико-химические показатели готового продукта, такие как внешний вид, консистенция, стойкость неразрушенной эмульсии, кислотность, показатели окислительной порчи в процессе хранения. Исследование органолептических показателей качества полученных майонезов показало, что внесение яичных продуктов в минимальных дозировках не влечет за собой существенного изменения вкуса и цвета вырабатываемой продукции. Однако образцы с внесением сухого желтка имеют более густую и плотную консистенцию, чем образцы с цельными яичными продуктами. Разработаны рецептуры и технология получения майонезов с массовой долей жира 67 % с использованием различных яичных продуктов, в том числе сухого яичного желтка, обработанного фосфолипазой. Данный вид обработки яичного желтка позволил обеспечить необходимую вязкость продукта, стойкость эмульсии, а также однородную кремообразную структуру. При этом потребовалось меньшее количество яичных продуктов без потери требуемых органолептических свойств традиционного майонеза. Исследовано качество полученных майонезов на соответствие органолептических и физико-химических показателей требованиям стандарта.

Ключевые слова. Яичные продукты, майонезы, стабильность эмульсий, ферментная модификация, фосфолипаза, желток, меланж

Для цитирования: Старовойтова, К. В. Разработка рецептур майонеза с учетом основных тенденций совершенствования ассортимента / К. В. Старовойтова, Л. В. Терещук // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 91–98. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-91-98.

DEVELOPMENT OF MAYONNAISE RECIPES CONSIDERING THE MAIN TRENDS IN PRODUCT RANGE IMPROVEMENT

K.V. Starovoytova*, L.V. Tereshchuk

Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: centol@mail.ru

Received: 20.12.2017

Accepted: 16.03.2018

© К. В. Старовойтова, Л. В. Терещук, 2018

Abstract. The article reveals technological aspects of using different types of egg products in mayonnaise production technology. The authors studied the chemical composition of different egg products being used in mayonnaise production technology. The authors studied egg powder, dried egg yolk, enzymatically hydrolyzed dried egg yolk, salted pasteurized liquid egg yolk, egg mixture, and frozen yolk. Based on the obtained data the authors calculated minimum proportions of egg products which are sufficient for producing high quality mayonnaise which complies with the requirements of the standard. The article reveals the results of the research which show the influence of different types of egg products traditionally used in mayonnaise production technology on the organoleptic, physical and chemical properties of the final product such as its consistency, look, stability of undisturbed emulsion, acidity, oxidative deterioration indicators during storage. Study of organoleptic quality indicators of the produced kinds of mayonnaise showed that introduction of egg products in minimum proportions does not lead to the sufficient changes in taste and color of the obtained products. But the samples which include dried egg yolk have heavier and thicker consistency than the samples with whole egg products. The authors developed the recipes and production technology of different types of mayonnaise

with mass fraction of fat equal to 67% using different egg products including dried egg yolk modified by phospholipase. That type of egg yolk modification made it possible to guarantee the required viscosity of the product, emulsion stability as well as homogeneous creamy structure. This allowed to use less egg products but did not influence organoleptic properties of the traditional mayonnaise. The authors studied the quality of the produced mayonnaise and checked their organoleptic, physical and chemical properties on compliance with standard requirements.

Keywords. Egg products, mayonnaise, emulsion stability, enzymatic modification, phospholipase, yolk, egg mixture

For citation: Starovoytova K.V., Tereshchuk L.V. Development of Mayonnaise Recipes Considering the Main Trends in Product Range Improvement. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 91–98 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-91-98.

Введение

Майонез является одним из наиболее потребляемых продуктов питания в рационе россиян: он применяется как в домашней кулинарии в качестве приправы для улучшения вкуса приготовляемых блюд, так и в сетях общественного питания в натуральном и термически обработанном виде.

Майонезы в большинстве случаев являются прямыми концентрированными эмульсиями. Эмульсии относятся к классу дисперсных систем, состоящих из взаимно нерастворимых жидкостей, где одна жидкость распределена в другой в виде мельчайших капель. Такие системы состоят из двух фаз: диспергированной и непрерывной [3]. Вещество капель считается дисперсной, дискретной или внутренней фазой. Вещество, составляющее окружающую жидкость, называется дисперсионной, непрерывной, сплошной или внешней средой. Различают два типа эмульсий: прямые (или первого рода) и обратные (или второго рода). В прямых эмульсиях диспергируется масляная фаза, водная остается непрерывной, сплошной. Их обозначают м-в («масло в воде»). Например, молоко, сливки, майонез относятся к прямым эмульсиям. В обратных эмульсиях, наоборот, диспергируется водная фаза, а жировая основа остается непрерывной. Их обозначают в-м («вода в масле»). По концентрации дисперсной фазы эмульсии классифицируются как разбавленные, концентрированные и высококонцентрированные [4].

Процесс эмульгирования заключается в распределении капель дисперсной фазы в дисперсионной среде и их стабилизации в результате адсорбции на границе раздела фаз эмульгатора. Для достижения необходимой степени стойкости эмульсии в систему вводится эмульгирующий агент, который, распределяясь на поверхности раздела фаз, снижает поверхностное натяжение. Эмульгатор, предназначенный для изготовления устойчивых концентрированных эмульсий, должен обладать одновременно поверхностной активностью и способностью образовывать структурированные коллоидно-адсорбционные слои. Согласно правилу Гиббса [4], поверхностно-активное вещество (ПАВ) адсорбируется на межфазной поверхности с образованием адсорбционной оболочки, которая резко меняет интенсивность молекулярного взаимодействия соприкасающихся частиц. Поэтому при изготовлении эмульсий следует добавлять

достаточное количество эмульгатора. Чем тоньше распределение масляных капелек в водной фазе, тем больше суммарная поверхность раздела фаз и тем больше, следовательно, требуется эмульгатора для создания адсорбционного слоя. Низкомолекулярные поверхностно-активные вещества обладают лучшими диспергирующими свойствами благодаря более значительному снижению поверхностного натяжения. У высокомолекулярных поверхностно-активных веществ более выражены стабилизирующие свойства за счет образования сетчатых структур на поверхности раздела фаз. Отсюда следует, что правильный выбор эмульгатора во многом определяет качество и стабильность эмульсий [5, 6].

Для изготовления майонезов в качестве эмульгаторов традиционно используется яичный желток, богатый белком, лецитином и другими фосфолипидами, которые обладают выраженными эмульгирующими свойствами. По сути, желток является совмещенным белково-фосфатидным эмульгатором, сочетающим преимущества низко- и высокомолекулярных поверхностно-активных веществ. Попытки применения для замены яичного желтка различных эмульгаторов, напримерmono- и диглицеридов, не дали положительного эффекта, т. к. сильно изменили традиционную органолептику майонеза и снижали его пищевую ценность [12–14].

При использовании яичного желтка в промышленном производстве могут возникнуть проблемы, связанные с недостаточной температурной и механической устойчивостью продукта. На практике это приводит к тому, что при повышении температуры процесса или увеличении давления в гомогенизаторе яичный желток начинает резко утрачивать свои эмульгирующие свойства, что приводит к нарушению образования эмульсии [3, 13, 18, 19].

Кроме того, при изготовлении высокожирных майонезов не всегда удается достичь необходимой вязкости продукта, и приходится значительно увеличивать дозировку желтка либо активно использовать другие структурообразователи (например, гидроколлоиды), что не всегда экономически целесообразно.

В связи с вышеизложенным перед производителями майонеза стоит проблема поиска подходящей формы и способа внесения яичных продуктов, который, сохраняя традиционный вкус и запах майонеза, позволял бы получать стойкие эмульсии в высокотемпературных условиях,

с требуемой вязкостью и возможностью длительного хранения.

Основными эмульгирующими веществами яичных продуктов являются фосфолипиды. Повышенными эмульгирующими свойствами обладают лизоформы фосфолипидов, содержащие один остаток жирной кислоты, однако обычно их содержание в фосфолипидах невелико (3%). Повысив в составе фосфолипидов содержание лизоформ, можно значительно увеличить их эмульгирующую способность и, как следствие, снизить общую дозировку этого ингредиента.

Возможны два способа модификации фосфолипидов: химический, осуществляемый гидролизом в присутствии химических катализаторов, и ферментативный – с помощью фосфолипаз (эстераз), катализирующих направленное отщепление жирных кислот в первом или втором положении в молекуле фосфолипидов. Все приемы модификации фосфолипидов приводят к изменению гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ), а следовательно, и к изменению их поверхностной активности в эмульсионных системах. ГЛБ немодифицированных фосфолипидов (лецитинов) равен 4, гидролизованных – 8. ГЛБ является мерой относительного притяжения эмульгатора к маслу, или воде, или к обеим фазам эмульсии. Эмульгатор, имеющий ГЛБ в интервале 2–6, образует эмульсии обратного типа «вода-в-масле». Водорастворимые эмульгаторы, имеющие ГЛБ от 11 и выше, образуют эмульсии прямого типа «масло-в-воде» [2, 5, 6].

Суть ферментативной модификации состоит в превращении лецитина яичного желтка путем гидролиза в лизолецитин под действием фермента фосфолипазы. Лизолецитин (1-ацилглицеро-3-фосфорилхолин) – продукт отщепления от лецитина одной молекулы жирной кислоты во втором положении. Степень гидролиза может достигать 75 %. Для ферментативной модификации используют два основных вида фосфолипаз: A1 – микробного происхождения (грибы рода *Aspergillus oryzae*) и A2 – животного происхождения. Отличие второго типа от первого заключается в том, что A2 отщепляет жирную кислоту во втором положении, а A1 – в первом. Процесс ферментации желтка осуществляется во время производственного цикла подготовки его к высыпыванию (между стадиями фильтрации и пастеризации сырого продукта) в специальной емкости, где обеспечивается поддержание необходимой температуры и перемешивание желтковой массы, что необходимо для полноценного действия лецитазы. Процесс продолжается в течение нескольких часов. Количество фермента рассчитывается с учетом ферментной активности используемой лецитазы. После окончания ферментации желтковая масса пастеризуется и подается на сушильную колонну. Для улучшения термостабильности и сыпучести сухого яичного желтка в него добавляется небольшое количество хлорида натрия и сиропа

глюкозы. Введение этих добавок позволяет также увеличить сроки хранения готового продукта [3].

Отличительной особенностью ферментированного фосфолипазой желтка является способность образовывать прочные защитные оболочки на поверхности диспергированных в водной фазе капель масла. Создание таких оболочек позволяет сохранять стабильное состояние эмульсии даже при высоких температурах (выше 100 °C), когда молекулы образующих веществ существуют в высокоэнергетическом состоянии. Это дает возможность получать майонезную продукцию в широком температурном диапазоне, не нарушая процесс образования эмульсии. Кроме того, применение ферментированного желтка позволяет проводить стерилизацию готового майонеза при высоких температурах с целью получения продукта сверхдолгого хранения.

Подготовка ферментированного желтка к производственному циклу заключается в растворении его в водной фазе либо в предварительном смешивании с прочими ингредиентами в сухом виде. Производители сухого ферментированного желтка заявляют, что дозировка данного модифицированного сырья в производстве майонезов может быть снижена в два и более раза по сравнению с яичным порошком и неферментированным желтком, в связи с более выраженным эмульгирующим действием [3].

Целью настоящей работы является разработка и исследование рецептур майонеза с различными яичными продуктами с учетом современных тенденций совершенствования ассортимента [15–17, 20].

Для реализации цели поставлены следующие задачи:

- исследование и сравнительный анализ химического состава различных яичных продуктов, используемых в технологии производства майонезов;
- разработка рецептуры майонеза с жирностью 67 % с выбором наиболее подходящих яичных продуктов;
- исследование влияния вносимых яичных продуктов на органолептические и физико-химические показатели качества майонезных эмульсий.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований использовались:

- различные яичные продукты, применяемые в технологии производства майонезов;
- образцы майонезов с применением различных яичных продуктов с массовой долей жира 67 %.

Исследования качества яичных продуктов осуществляли в соответствии с ГОСТ 31469-2012 «Пищевые продукты переработки яиц сельскохозяйственной птицы. Методы физико-химического анализа».

Массовую долю жира в яичных продуктах определяли ускоренным методом с использованием

фильтрующей делительной воронки. Сущность метода заключается в растворении связанного и свободного жира анализируемой пробы экстрагирующей смесью этилового спирта и хлороформа, отделении раствора жира от остальной части пробы фильтрованием через стеклянный фильтр, выпаривании экстрагирующей смеси и взвешивании остатка после высушивания.

Массовую долю сухих веществ в жидким и сухим яичных продуктах определяли ускоренным методом, сущность которого заключается в измерении изменения массы пробы при ее высушивании в сушильном шкафу при температуре 105 °С.

Массовую долю белковых веществ определяли методом Кельдаля. Сущность метода заключается в определении массовой доли общего азота, содержащегося в анализируемой пробе, путем ее минерализации (разложения) кипящей концентрированной серной кислотой с образованием солей аммония, превращении аммония в аммиак с помощью подщелачивания минерализата, отгонке аммиака горячим паром и определении количества отогнанного аммиака титриметрическим методом. Массовая доля азота пересчитывается на массовую долю белка с помощью коэффициента 6,25.

Исследования готовой продукции осуществляли в соответствии со стандартом ГОСТ 31761-2012. Отбор проб, определение органолептических показателей, массовых долей влаги, жира, яичных продуктов, показателей кислотности, эффективной вязкости, стойкости эмульсии, перекисного числа жировой фазы, pH – по ГОСТ 31762-2012.

Методом ближней инфракрасной спектроскопии осуществляли определение массовых долей сухого яичного желтка, влаги, белка, жира и кислотности в готовой продукции на БИК-спектрометре фирмы Brucker. Данный метод основан на регистрации спектров отражения анализируемых проб в ближней инфракрасной области 12500–4000 см⁻¹ и определении в них массовой доли фосфора (с дальнейшим пересчетом на массовую долю сухого яичного желтка), массовых долей влаги и летучих веществ, липидов, белка. Расчет значений показателей производился по заранее созданным градиуровочным моделям.

Результаты исследований и их обсуждение

В отечественной практике в качестве основных эмульгирующих компонентов при производстве

майонезов используются такие виды яичных продуктов, как яичный порошок, гранулированный яичный продукт, сухой яичный желток. Яичные продукты должны соответствовать требованиям ГОСТ 30363-2013 «Продукты яичные жидкие и сухие пищевые. Технические условия» и вырабатываться по технологической инструкции по производству пищевых яичных продуктов с соблюдением санитарных и ветеринарных правил, действующих на территории государства, принялшего стандарт.

Яичные продукты для приготовления майонезов можно использовать как в свежем, так и в консервированном различными способами виде: замороженные, высушенные распылительной сушкой, засоленные. Допускается использование как цельнояичного сырья, так и изготовленного только из желтков. В России в основном используют только высушенные яйцепродукты [6].

Способы обработки яичных продуктов, используемые зарубежными производителями майонезов, более разнообразны. Это свежие желтки, отделенные от белков, свежие целые яйца, замороженные целые яйца и желтки, соленые пастеризованные жидкие желтки и др. В стандартах различных стран регламентируется массовая доля яичных продуктов в майонезе, а также содержание сухих веществ яичного желтка. В Российской Федерации продукт может называться майонезом, если в своем составе он содержит не менее 1 % сухих веществ яичного желтка. Уменьшение содержания яичных продуктов в майонезах ниже этого значения может привести к дестабилизации эмульсии, что требует применения добавок, обеспечивающих дополнительные условия стабилизации системы [5].

В табл. 1 представлены результаты исследования химического состава различных яичных продуктов, используемых в майонезном производстве. На основании полученных данных были рассчитаны минимальные дозировки яичных продуктов, достаточные для обеспечения 1 % сухих веществ яичного желтка в конечном продукте.

Расчетную массовую долю яичного порошка в рецептурах увеличили в среднем на 25 % с учетом того, что при переработке происходит частичная денатурация белка. Однако чрезмерное увеличение дозировки приведет к возникновению «яичного» привкуса в готовом продукте, поэтому важно соблюсти баланс.

Таблица 1 – Результаты исследований химического состава яичных продуктов

Table 1 – Results of egg products chemical analysis study

Яичный продукт	Белок, %	Липиды, %	Фосфолипиды, %	Сухие вещества желтка, %	Рекомендуемая дозировка в майонезе, %
Яичный порошок (сухой меланж)	46,0	37,3	11,7	34,0	4,00
Сухой яичный желток	31,1	52,2	16,8	95,0	1,50
Соленый пастеризованный жидкий желток	16,2	31,2	8,6	46,0	2,20
Жидкое целое яйцо (меланж)	12,7	11,5	3,39	18,5	7,30
Замороженный желток	16,2	31,2	8,6	42,0	3,20

Для сравнения технологических свойств различных яичных продуктов были разработаны рецептуры майонезов, содержащие рассчитанное нами минимальное допустимое количество яичных продуктов по ГОСТ Р 31761-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Общие технические условия».

Объектами исследований стали следующие образцы майонезов:

- образец 1: майонез с массовой долей жира 67 %, содержащий в рецептуре 4 % яичного порошка (сухого меланжа);
- образец 2: майонез с массовой долей жира 67 %, содержащий в рецептуре 1,5 % сухого желтка;
- образец 3: майонез с массовой долей жира 67 %, содержащий в рецептуре 1,2 % сухого желтка, обработанного фосфолипазой;
- образец 4: майонез с массовой долей жира 67 %, содержащий в рецептуре 7,3 % жидкого меланжа.

Рецептуры разработанных образцов представлены в табл. 2.

Стойкость эмульсии является определяющим

качеством показателем для майонезной продукции. После выработки опытных образцов определяли стойкость эмульсии методом центрифугирования при скорости вращения 3000 мин⁻¹ в течение 5 мин. По ГОСТ стойкость майонезной эмульсии должна быть не менее 98 %.

Как показали исследования, наиболее устойчивые и вязкие эмульсии были получены при введении в рецептуру сухого яичного желтка, обработанного фосфолипазой на промежуточном этапе в приготовленную масляно-горчично-яичную фазу непосредственно перед смешиванием с водно-молочной фазой. При этом минимальной дозировки 1,2 % хватило для обеспечения стойкости в 99 % без внесения дополнительных эмульгаторов и стабилизаторов.

Поскольку кислотность также является нормируемым показателем для майонезов, представляло интерес исследование влияния различных яичных продуктов на кислотность майонеза сразу после выработки и в процессе хранения.

Таблица 2 – Экспериментальные рецептуры майонезов с различными яичными продуктами

Table 2 – Tested recipes of mayonnaise with different egg products

Наименование сырья	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Растительное масло	65,4	65,4	65,4	65,4
Яичный порошок	4,0	–	–	–
Сухой яичный желток	–	1,5	–	–
Сухой яичный желток, обработанный фосфолипазой	–	–	1,2	–
Жидкий меланж	–	–	–	7,3
Сухое молоко	1,6	1,6	1,6	1,6
Горчичный порошок	0,75	0,75	0,75	0,75
Сахар	1,5	1,5	1,5	1,5
Соль	1,2	1,2	1,2	1,2
Сода	0,05	0,05	0,05	0,05
Уксусная кислота, 80 %	0,55	0,55	0,55	0,55
Вода	до 100	до 100	до 100	до 100
Итого	100	100	100	100

Таблица 3 – Результаты исследований стойкости эмульсии майонезов с различными яичными продуктами

Table 3 – Results of emulsions stability analysis of the developed types of mayonnaise which contained different egg products

Значение показателя стойкости неразрушенной эмульсии, %	Майонез, содержащий в рецептуре 4 % яичного порошка (сухого меланжа)	Майонез, содержащий в рецептуре 1,5 % сухого желтка	Майонез, содержащий в рецептуре 1,2 % сухого желтка, обработанного фосфолипазой	Майонез, содержащий в рецептуре 7,3 % жидкого меланжа
	97	98	99	96

Таблица 4 – Результаты исследований кислотности майонезов при хранении в различных температурных режимах

Table 4 – Results of mayonnaise acidity study when it was stored at different temperatures

№ п/п	Образец	Продолжительность хранения, сутки	При комнатной температуре	В холодильнике
1	Майонез, содержащий в рецептуре 4 % яичного порошка (сухого меланжа)	1	0,67	
		7	0,53	0,54
2	Майонез, содержащий в рецептуре 1,5 % сухого желтка	1	0,71	
		7	0,58	0,56
3	Майонез, содержащий в рецептуре 1,2 % сухого желтка, обработанного фосфолипазой	1	0,69	
		7	0,62	0,56
4	Майонез, содержащий в рецептуре 7,3 % жидкого меланжа	1	0,66	
		7	0,52	0,52

Таблица 5 – Результаты исследований запаха и вкуса майонезов
Table 5 – Results of mayonnaise flavor and taste study

№ п/п	Образец	Внешний вид и цвет	Консистенция	Запах и вкус
1	Майонез, содержащий в рецептуре 4 % яичного порошка (сухого меланжа)	Масса однородная, без посторонних примесей. Цвет бело-кремовый, однородный	Консистенция полужидкая, эмульсия однородная, без посторонних примесей, не расслаивается	Вкус слегка острый, кисловатый, без горечи, с запахом и привкусом горчицы и уксуса. Запах и вкус без посторонних привкусов
2	Майонез, содержащий в рецептуре 1,5 % сухого желтка	Масса однородная, без посторонних примесей. Цвет желтоватый, однородный, свойственный данному виду продукции	Целостность эмульсии не нарушена, эмульсия не расслаивается, консистенция густая, однородная типа густой сметаны	Вкус слегка острый, кисловатый, без горечи, с запахом и привкусом горчицы и уксуса. Запах и вкус без посторонних привкусов
3	Майонез, содержащий в рецептуре 1,2 % сухого желтка, обработанного фосфолипазой	Масса однородная, без посторонних примесей. Цвет бело-кремовый, однородный	Целостность эмульсии не нарушена, эмульсия не расслаивается, консистенция густая, однородная типа густой сметаны	Вкус слегка острый, кисловатый, без горечи, с запахом и привкусом горчицы и уксуса. Запах и вкус без посторонних привкусов
4	Майонез, содержащий в рецептуре 7,3 % жидкого меланжа	Масса однородная, без посторонних примесей. Цвет желтоватый с оттенками серого, однородный по всей массе, немного отличается от цвета майонеза на яичном желтке	Консистенция полужидкая, однородная, эмульсия не расслаивается	Вкус слегка острый, кисловатый, без горечи, с запахом и привкусом горчицы и уксуса. Запах и вкус,ственные майонезу «Провансаль», без посторонних привкусов

Таблица 6 – Физико-химические показатели майонеза, содержащего сухой желток, обработанный фосфолипазой
Table 6 – Physical and chemical properties of mayonnaise containing dried egg yolk modified by phospholipase

Наименование показателя	Характеристика разработанного майонеза 67 %	Требования ГОСТ Р 31761-2012
Массовая доля жира, %	67,0 ± 0,5	не менее 50
Массовая доля влаги, %,	32,0 ± 0,5	в соответствии с ТУ
Кислотность, % в пересчете на уксусную кислоту	0,7 ± 0,1	не более 1,0
Стойкость эмульсии, % неразрушенной эмульсии	99,0 ± 0,5	не менее 98
Водородный показатель (рН) при 20 °C	4,2 ± 0,2	4,0–4,7
Перекисное число, ммоль акт. кислорода / кг	2,0 ± 0,2	10

Исследования показали, что образцы майонезов, содержащие в своем составе яичные продукты, и белок, и желток, изначально имели меньшие значения кислотности, а в процессе хранения снизили данный показатель больше, чем образцы с чистым яичным желтком. Данное обстоятельство может быть связано с тем, что белок изначально имеет меньшую кислотность, чем желток, и с течением времени снижает ее. В табл. 5 представлены результаты исследований органолептических показателей полученных образцов.

Результаты исследований органолептических показателей качества полученных майонезов показали, что внесение яичных продуктов в минимальных дозировках не влечет за собой существенного изменения вкуса и цвета вырабатываемой продукции. Однако образцы с внесением сухого желтка имеют более густую и плотную консистенцию, чем образцы с цельными

яичными продуктами. Кроме того, использование яичного желтка, обработанного фосфолипазой, в дозировке 1,2 % не ухудшило показатели качества готового продукта.

Нами выработаны образцы майонезов с использованием сухого яичного желтка, обработанного фосфолипазой. Полученные образцы проанализированы на соответствие требованиям ГОСТ Р 31761-2012 «Майонезы и соусы майонезные. Общие технические условия». Данные анализа представлены в табл. 5.

Исследование физико-химических показателей разработанного майонеза показало, что продукт соответствует требованиям ГОСТ Р 31761-2012.

Таким образом, проанализированы различные яичные продукты, традиционно используемые в технологии производства майонезов. Рассчитаны минимальные дозировки яичных продуктов, достаточные для обеспечения качества майонеза, соответствующего требованиям стандарта.

Проведенные исследования позволили разработать рецептуры майонезов с массовой долей жира 67 % с использованием сухого яичного желтка, обработанного фосфолипазой. Данный вид обработки яичного желтка позволил обеспечить необходимую вязкость продукта, стойкость эмульсии, а также однородную кремообразную структуру. При этом потребовалось меньшее количество яичных продуктов без потери требуемых органолептических свойств традиционного майонеза. Исследовано качество

новых эмульсионных продуктов на соответствие органолептических и физико-химических показателей требованиям стандарта.

Таким образом, применение сухого ферментированного желтка можно рекомендовать для производителей майонеза. Его использование позволит оптимизировать производственный процесс, снизить себестоимость продукции, а также получать майонезы с длительным сроком хранения и традиционной органолептикой, которая высоко ценится российским потребителем.

Список литературы

1. Агафоньев, В. П. Функциональные свойства яичных продуктов / В. П. Агафоньев // Птица и птицепродукты. – 2016. – № 6. – С. 52–54.
2. Некоторые особенности применения ферментированного яичного желтка в производстве майонеза [Электронный ресурс] // Интерпрод. Официальный сайт. – Режим доступа: http://interprod-ovo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=142&lang=ru.
3. Буданина, Л. Н. Применение методов термического анализа для идентификации состава эмульсионных жировых продуктов / Л. Н. Буданина, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 1. – С. 103–108.
4. Старовойтова, К. В. Теория и практика применения поверхностно-активных веществ в производстве пищевых эмульсий / К. В. Старовойтова, Л. В. Терещук. – Кемерово : КемТИПП, 2016. – 152 с.
5. Терещук, Л. В. Новый эмульсионный продукт функционального назначения / Л. В. Терещук, К. В. Старовойтова // Масложировая индустрия. Масла и жиры. – 2017. – № 2 (3). – С. 48–51.
6. Effect of protein microparticle and pectin on properties of light mayonnaise / C. Chang [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 82. – P. 8–14. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.04.013.
7. Food Emulsifiers and Their Applications / G. L. Hasenhuettl, R. W. Hartel eds. – New York : Springer Science+Business Media, LLC, 2008. – 403 p.
8. Helmenstine, A. M., Emulsifier definition – emulsifying agent what an emulsifier is in chemistry [Электронный ресурс] // ThoughtCo. – Режим доступа: <https://www.thoughtco.com/definition-of-emulsifier-or-emulsifying-agent>.
9. Yu, H. Synthesis and characterization of novel antimicrobial emulsifiers from ε-polylysine / H. Yu, Y. Huang, Q. Huang // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58 (2). – P. 1290–1295. DOI: 10.1021/jf903300m.
10. Competitive displacement of sodium caseinate by low-molecular-weight emulsifiers and the effects on emulsion texture and rheology / M. B. Munk [et al.] // Langmuir. – 2014. – Vol. 30 (29). – P. 8687–8696.
11. Tran, T. Spheroidal fat crystals: structure modification via use of emulsifiers / T. Tran, N. L. Green, D. Rousseau // Crystal Growth & Design. – 2015. – Vol. 15 (11). – P. 5406–5415. DOI: 10.1021/acs.cgd.5b01033.
12. Formulating polyethylene glycol as supramolecular emulsifiers for one-step double emulsions / Z. Wang [et al.] // Langmuir. – 2017. – Vol. 33 (36). – P. 9160–9169. DOI: 10.1021/acs.langmuir.7b02326.
13. Isolation of egg yolk granules as low-cholesterol emulsifying agent in mayonnaise / M.-R Hollman [et al.] // Journal of Food Science. – 2017. – Vol. 82, iss. 7. – P. 1588–1593. DOI: 10.1111/1750-3841.13747.
14. Klaas, W. The Mayonnaise Effect / W. Klaas // Journal of Physical Chemistry Letters. – 2017. – Vol. 8 (24). – P. 6189–6192. DOI: 10.1021/acs.jpclett.7b03207.
15. Marc, A. Egg yolk: structures, functionalities and processes / A. Marc // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2013. – Vol. 93, iss. 12. – P. 2871–2880. DOI: 10.1002/jsfa.6247.
16. Effect of freezing, thermal pasteurization, and hydrostatic pressure on fractionation and folate recovery in egg yolk / N. Naderi [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2017. – Vol. 65 (35). – P. 7774–7780. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b02892
17. Santos Fernandes, S. Development of mayonnaise with substitution of oil or egg yolk by the addition of chia (*Salvia Hispanica* L.) mucilage / S. Santos Fernandes, M. de las Mercedes Salas Mellado // Food Chemistry. – Vol. 83, iss. 1. – P. 74–83. DOI: 10.1111/1750-3841.13984.
18. The effect of emulsion intensity on selected sensory and instrumental texture properties of full-fat mayonnaise / V. Olsson [et al.] // Foods. – 2018. – Vol. 7 (1). – P. 9. DOI: 10.3390/foods7010009.
19. Kim, Y.-S. Effects of hydrolyzed rapeseed cake extract on the quality characteristics of mayonnaise dressing / Y.-S. Kim, J.-H. Lee // Food Chemistry. – 2017. – Vol. 82 (12). – P. 2847–2856. DOI: 10.1111/1750-3841.13979.
20. Hollebrands, B. Liquid chromatography-atmospheric pressure photo ionization-mass spectrometry analysis of the nonvolatile precursors of rancid smell in mayonnaise / B. Hollebrands, H.-G. Janssen // LC GC EUROPE. – Vol. 30, iss. 9. – P. 470–483.

References

1. Agafonychev V.P. Funktsional'nye svoystva yaichnykh produktov [Functional properties of egg products]. Ptitsa i ptitseprodukty [Poultry and products of poultry farming], 2016, no. 6, pp. 52–54.

2. Nekotorye osobennosti primeneniya fermentirovannogo yaichnogo zheltka v proizvodstve mayoneza [Some features of application of the fermented egg yolk in production of mayonnaise]. Available at: http://interprodovo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=142&lang=ru.
3. Budanina L.N., Vereshhagin A.L., Bychin N.V. Primenenie metodov termicheskogo analiza dlya identifikatsii sostava emul'sionnykh zhirovых produktov [Application of methods of the thermal analysis for identification of structure of emulsion fatty products]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2016, no. 1, pp. 103–108.
4. Starovoytova K.V., Tereshchuk, L.V. *Teoriya i praktika primeneniya poverkhnostno-aktivnykh veshchestv v proizvodstve pishchevykh emul'siy* [The theory and practice of use of surfactants in production of food emulsions]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2016. 152 p.
5. Tereshchuk L.V., Starovoytova K.V. Novyy emul'sionnyy produkt funktsional'nogo naznacheniya [New emulsion product for functional purpose]. *Maslozhivotnaya industriya. Masla i zhiry* [Oil and fat industry. Oils and fats], 2017, no. 2(3), pp. 48–51.
6. Chang C., Li J., Li X., et al. Effect of protein microparticle and pectin on properties of light mayonnaise. *LWT – Food Science and Technology*, 2017, vol. 82(1), pp. 8–14. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.04.013.
7. Hasenhuettl G.L., Hartel R.W. *Food Emulsifiers and Their Applications*. Springer Science + Business Media, LLC, 2008. 403 p.
8. Helmenstine A.M. Emulsifier Definition – Emulsifying Agent What an Emulsifier Is in Chemistry. *ThoughtCo*. Available at: <https://www.thoughtco.com/definition-of-emulsifier-or-emulsifying-agent>.
9. Yu H., Huang Y., Huang Q. Synthesis and Characterization of Novel Antimicrobial Emulsifiers from ε-Polylysine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, vol. 58(2), pp. 1290–1295. DOI: 10.1021/jf903300m.
10. Munk M.B., Larsen F.H., van den Berg F.W.J., Knudsen J.C., Andersen M.L. Competitive Displacement of Sodium Caseinate by Low-Molecular-Weight Emulsifiers and the Effects on Emulsion Texture and Rheology. *Langmuir*, 2014, vol. 30(29), pp. 8687–8696.
11. Tran T., Green N.L., Rousseau D. Spheroidal Fat Crystals: Structure Modification via Use of Emulsifiers. *Crystallization Growth & Design*, 2015, vol. 15(11), pp. 5406–5415. DOI: 10.1021/acs.cgd.5b01033.
12. Wang Z., Song J., Zhang S., Xu X.-Q., Wang Y. Formulating Polyethylene Glycol as Supramolecular Emulsifiers for One-Step Double Emulsions. *Langmuir*, 2017, vol. 33(36), pp. 9160–9169. DOI: 10.1021/acs.langmuir.7b02326.
13. Hollman M.-R., Zhang Z., Nguyen A.T., Schlegel V., Zhang Y. Isolation of Egg Yolk Granules as Low-Cholesterol Emulsifying Agent in Mayonnaise. *Journal of Food Science*, 2017, vol. 82, iss. 7, pp. 1588–1593. DOI: 10.1111/1750-3841.13747.
14. Wynne K. The Mayonnaise Effect. *Journal of Physical Chemistry Letters*, 2017, vol. 8 (24), pp. 6189–6192. DOI: 10.1021/acs.jpclett.7b03207.
15. Marc A. Egg yolk: structures, functionalities and processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2013, vol. 93, iss. 12, pp. 2871–2880. DOI: 10.1002/jsfa.6247.
16. Naderi N., Pouliot Y., House J.D., Doyen A. Effect of Freezing, Thermal Pasteurization, and Hydrostatic Pressure on Fractionation and Folate Recovery in Egg Yolk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, vol. 65(35), pp. 7774–7780. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b02892.
17. Santos Fernandes S., de las Mercedes Salas Mellado M. Development of Mayonnaise with Substitution of Oil or Egg Yolk by the Addition of Chia (*Salvia Hispanica L.*) Mucilage. *Food Chemistry*, vol. 83, iss. 1, pp. 74–83. DOI: 10.1111/1750-3841.13984.
18. Olsson V., Häkansson A., Purhagen J., Wendin K. The Effect of Emulsion Intensity on Selected Sensory and Instrumental Texture Properties of Full-Fat Mayonnaise. *Foods*, 2018, vol. 7(1), pp. 9. DOI: 10.3390/foods7010009.
19. Kim Y.-S., Lee J.-H. Effects of Hydrolyzed Rapeseed Cake Extract on the Quality Characteristics of Mayonnaise Dressing. *Food Chemistry*, 2017, vol. 82(12), pp. 2847–2856. DOI: 10.1111/1750-3841.13979.
20. Hollebrands B., Janssen H.-G. Liquid Chromatography-Atmospheric Pressure Photo Ionization-Mass Spectrometry Analysis of the Nonvolatile Precursors of Rancid Smell in Mayonnaise. *LC GC EUROPE*, vol. 30, iss. 9, pp. 470–483.

Старовойтова Ксения Викторовна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии жиров и микробиологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: centol@mail.ru

Терещук Любовь Васильевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии жиров и микробиологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: terechuk_l@mail.ru

Ksenia V. Starovoytova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology Fats and Microbiology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: centol@mail.ru

Lyubov' V. Tereshchuk

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technology Fats and Microbiology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-51, e-mail: terechuk_l@mail.ru



- ПРОЦЕССЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ -

DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-99-107

УДК 664.788

ПЛЮЩЕНИЕ ЗЕРНА АМАРАНТА НА ВАЛЬЦОВОМ СТАНКЕ

Н. А. Шмалько^{1,*}, С. О. Смирнов²

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, 2

²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии», 142718, Россия, Московская обл., Ленинский р-н, пос. Измайлово, 22

*e-mail: na.shmalko@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 12.01.2018

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Н. А. Шмалько, С. О. Смирнов, 2018

Аннотация. Статья посвящена вопросу разработки способа плющения зерна амаранта на вальцовом станке. В практике мукомольного производства процесс переработки традиционного зернового сырья направлен на разделение главных анатомических частей зерна для составления основного продукта и удаления нежелательного. Актуальной является разработка способов измельчения зерна на вальцовом станке с целью получения продуктов с заданным химическим составом и свойствами на основе формирования стабильных потоков продуктов размола из различных анатомических частей зерновки. Зерновой амарант отличается высокой питательной ценностью по качеству белка и проявляет функциональные и фармакологические свойства. Продукты его размола различаются по пищевой ценности в зависимости от содержания анатомических частей зерновки, основная область их применения отнесена к производству аглютеновых и мучных изделий. При разработке рационального способа измельчения зерна амаранта для разделения на анатомические части и получения целевых продуктов впервые применена методика изучения деформаций сжатия зерновки при плющении в межвальцовом зазоре. Объектом разрушения послужила фракция очищенного зерна амаранта одной крупности. Анализ процесса разрушения зерновок амаранта при плющении вальками в диапазоне влажности от 9,5 до 15 % показывает наличие характерной ступенчатости для кривой трехфазного процесса разрушения продовольственного зерна при деформации сжатия. Процесс деформирования зерна амаранта при сжатии включает различные по своей природе фазы, начиная от фазы преобладания упругих деформаций с выкрошиванием зародыша, фазы пластических деформаций с обработкой крахмального перисперма и разрушения образца. В результате исследований установлена принципиальная возможность разделения зерна амаранта на анатомические части путем плющения с выделением зернопродуктов, ценных в пищевом отношении, предназначенных для функционального питания и традиционного хлебопекарного производства.

Ключевые слова. Зерно амаранта, плющение, вальцовый станок, зернопродукты

Для цитирования: Шмалько, Н. А. Плющение зерна амаранта на вальцовом станке / Н. А. Шмалько, С. О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 99–107. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-99-107.

AMARANTH GRAIN PROCESSING IN A GRAIN ROLLER MILL

N.A. Shmalko^{1,*}, S.O. Smirnov²

¹Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia

²Research Institute food concentrates industry and special food technology, 22, Izmaylovo, Leninskiy district, Moscow region, 142718, Russia

*e-mail: na.shmalko@yandex.ru

Received: 12.01.2018

Accepted: 16.03.2018

© N.A. Shmalko, S.O. Smirnov, 2018

Abstract. The article is devoted to the development of the method for amaranth grain grinding in a grain roller mill. In flour production practice the process of traditional grain raw material processing is aimed at sorting the main anatomical parts of the grain to compose the main product and remove unsuitable parts. It is essential to develop grain grinding methods using grain roller mill to obtain products with desired chemical composition and properties based on the establishing of the stable streams of reduction products obtained from different anatomical parts of the grain. Amaranth grains have high nutritional value with regard to protein value. Besides, they show functional and pharmacological properties. Its reduction products have different nutritional value depending on the grain anatomical parts content. Their main application field is production of baked and gluten-free goods. The author has used the procedures which allowed to study grain compression strain during processing in the roll space for the first time while developing a reasonable way of amaranth grain grinding to sort it into anatomical parts and obtain final products. Fraction of one size amaranth clean grain was subject to grinding. The analysis of amaranth grain destruction process during processing between the rollers at humidity from 9.5 to 15% demonstrates that there are indicators of gradation on the curve showing three-phase

destruction process of food-grade grain at compressive strain. Amaranth grain deformation process during compression includes phases of different nature starting with the phase when elastic strain prevails and corcule is crushed up to the phase when there are plastic deformations when starchy perisperm is processed and the sample is crushed. As a result of the research the author determined an essential possibility of amaranth grain sorting into anatomical parts by means of rolling with production of cereal products valuable from the nutritional point of view which will further be used for functional nutrition and in traditional bakery.

Keywords. Amaranth grain, rolling, roller mill, cereal products

For citation: Shmalko N.A., Smirnov S.O. Amaranth Grain Processing in a Grain Roller Mill. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 99–107 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-99-107.

Введение

Процесс переработки зернового сырья направлен на разделение главных анатомических частей зерна для составления основного продукта и удаления нежелательного. В практической технологии учитывается общее анатомическое строение, форма и особенности свойств частей зерна, подлежащих разделению, степень связи между анатомическими частями, подлежащими разделу, особенности расположения зародыша и глубина его проникновения в эндосперм, наличие, глубина и конфигурации бороздки у зерновок злаковых. Актуальной является разработка способов измельчения зерна на вальцовом станке, в том числе путем плющения, с целью получения продуктов с заданным химическим составом и свойствами на основе формирования стабильных потоков размола из различных анатомических частей зерновки [1].

Процесс плющения является распространенной технологической операцией на зерноперерабатывающих предприятиях. Он заключается в том, что исходное сырье подвергается механическому воздействию за счет воздействия деформаций сжатия между двумя движущимися криволинейными поверхностями с определенной и (или) заданной шероховатостью. В каждом конкретном зерноперерабатывающем производстве цели плющения зерна различны. В мукомольном производстве плющение зерна может применяться перед I драной системой в качестве предсистемы. Подобная операция используется в сортовых хлебопекарных помолах пшеницы по сокращенной схеме и при односортном 63%-ном помоле ржи в сяную муку. В крупяном производстве операция плющения используется в технологии производства зерновых хлопьев. Производство комбикормов на основе плющения зерна с предварительной водно-тепловой обработкой приводит к повышению питательной ценности комбикормов.

Основной машиной для плющения в зерноперерабатывающей промышленности является вальцовый станок, основные рабочие органы которого – вальцы имеют микрошероховатую поверхность и врачаются навстречу друг другу с определенной скоростью. Такая конструкция позволяет производить первичное разрушение зерна путем деформации сжатия и получать заданный продукт без образования отдельных раздробленных частиц [2].

Плющение зерна или его частиц в вальцовом станке происходит в клиновидном пространстве, постепенно сужающемся книзу, образованном двумя

цилиндрическими поверхностями внешнего касания. Рабочими органами вальцового станка являются два цилиндрических вальца, вращающихся с различными скоростями навстречу друг другу. Разрушение зерна начинается несколько выше линии, соединяющей центры вальцов, причем медленновращающийся валиц, обычно нижний, как бы поддерживает зерно при воздействии на него поверхности верхнего, быстрорвращающегося вальца. Зерно или его частицы, попав в зону измельчения, подвергаются одновременно деформации сжатия вследствие постепенно уменьшающегося расстояния между поверхностями вальцов и сдвига за счет разности скоростей вальцов. Такой характер воздействия рабочих органов вальцового станка на измельчаемые продукты обеспечивает при плющении разворачивание целых зерновок с минимальным образованием мелких оболочечных частиц.

Результатом плющения зерна является решение технологической задачи деления зерновки на анатомические части по одной или нескольким границам разделения с большей или меньшей четкостью для дальнейшего целевого их использования. Для разрушения тела зерновки на анатомические части прилагается разрушающее усилие величиной, превышающей силу межмолекулярного сцепления и притяжения между частицами. Работа в данном случае расходуется на преодоление внутренних сил, которые, в свою очередь, зависят от физико-механических свойств разрушаемых материалов и характера приложения разрушающих усилий [3].

Сведения о зерновом амаранте [4, 5] указывают на его высокую питательную ценность, в том числе по качеству протеина [6], по сравнению с истинными злаками. Его относят к источникам сбалансированных пищевых составов и продуктов, проявляющих функциональные свойства и фармакологическую активность. К преимуществам для здоровья человека при введении зерна амаранта в пищу относят снижение уровня холестерина и глюкозы в крови, стимулирование иммунной системы, противоопухоловое действие, повышение гипертонического давления и снижение анемии [7–9].

Продукты размола зерна амаранта различаются по пищевой ценности и антиоксидантной активности в зависимости от содержания анатомических частей зерновки [10]. Клинически показано применение продуктов размола зерна амаранта в аглютеновых [11–14] и мучных изделиях [15].

Для проведения лабораторного размола зерна амаранта установлена возможность использования вальцового станка при проведении предварительного увлажнения зерновой массы от 11 до 18,5 %. Оптимальным диапазоном изменения влажности зерна амаранта является 11–15,5 % для получения муки с заданным содержанием полифенолов. В результате обработки количество удаляемой семенной оболочки амаранта повышается от 12,91 до 38,33 %, обеспечивая улучшение условий размола [16]. С другой стороны, продукты размола зерна амаранта, содержащие различные анатомические части, отличаются по гидрофильтральной способности и вязкости крахмала. Так, во фракции зерна, содержащей семенную оболочку, наблюдается ухудшение условий и повышение температуры клейстеризации крахмала по сравнению с фракцией крахмалистой муки, выделяемой из центральной части зерновки. Наименьшая вязкость крахмала наблюдается в продуктах размола при влагосодержании зерна амаранта в 14–16 % [17].

Однако указанные способы измельчения зерна амаранта предусматривают получение преимущественно неочищенных от посторонних примесей и высокозольных частиц различных видов низкосортной муки и отрубей, что пригодно для целей обогащения или последующего выделения из них масла амаранта [18], ограничивая их использование в традиционном хлебопекарном производстве.

Целью работы является разработка способа плющения зерна амаранта на вальцовом станке для получения зернопродуктов на основе принципа разделения анатомических частей зерновки.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования послужило зерно амаранта сорта Ультра *A. hybridus* L., очищенное с помощью пневмоклассификатора с замкнутым циклом воздуха ЗЦВ [19]. Зерновой амарант, относимый по ГОСТ ISO 5526-2015 «Зерновые, бобовые и другие продовольственные зерновые культуры. Номенклатура» к продовольственным культурам, существенно отличается от злаков анатомическим строением зерновки и массовым соотношением ее составных частей (табл. 1). С уменьшением геометрических размеров зерновки амаранта (табл. 2) возрастает относительное содержание оболочек с алейроновым слоем и зародыша, а количество крахмалистого перисперма снижается при возрастании удельной поверхности, что обычно затрудняет технологическую переработку зерновой массы.

Для теоретического и практического изучения процесса сжатия зерна в процессе плющения рекомендуется использовать вальцовый станок, в котором зерновой материал обрабатывается в клиновидном зазоре между двумя валками, вращающимися навстречу друг другу с одинаковыми скоростями [20].

В данной работе впервые применена методика ВНИИЗ, включающая определение напряжений и относительных деформаций зерновки в межвальцовом зазоре вальцового станка при плющении на специальном стендовом устройстве, кинематическая схема которого приведена на рис. 1. На расчетной схеме стенового устройства (рис. 2) горизонтальные составляющие X_i силы T (Н) взаимодействия зерновки с вальцами определяют в ней величину деформаций сжатия и напряжения.

Таблица 1 – Соотношение анатомических частей в зерновке амаранта

Table 1 – Anatomic parts ratio in amaranth caryopsis

Сход с сита, № мм	Толщина оболочки с алейроновым слоем, мкм	Содержание, %					
		перисперм	эндосперм	зародыш	оболочки	плодовые	семенные
1,6	35	58,7	3,4	27,4	2,6	2,2	5,7
1,4	34	57,8	3,6	27,9	2,8	2,0	5,9
1,2	31	56,7	4,1	28,5	3,0	1,6	6,1
1,0	31	56,3	4,5	28,8	3,0	1,1	6,3
0,85	28	55,4	4,9	29,2	3,2	0,8	6,5
0,67	25	54,6	5,2	29,6	3,3	0,6	6,7

Таблица 2 – Геометрическая характеристика зерна амаранта

Table 2 – Amaranth caryopsis geometric characteristics

Сход с сита №, мм	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Объем, мм ³	Площадь поверхности, мм ²	Удельная поверхность, м ² /кг
1,6	1,73	1,64	1,21	1,66	6,77	354
1,4	1,64	1,42	1,12	1,37	5,96	377
1,2	1,40	1,31	1,04	1,01	4,93	414
1,0	1,24	1,10	0,96	0,81	4,19	446
0,85	1,06	0,94	0,89	0,71	3,84	468
0,67	0,80	0,71	0,62	0,61	3,47	495
Исходное зерно	1,12	1,01	0,90	0,77	4,06	456

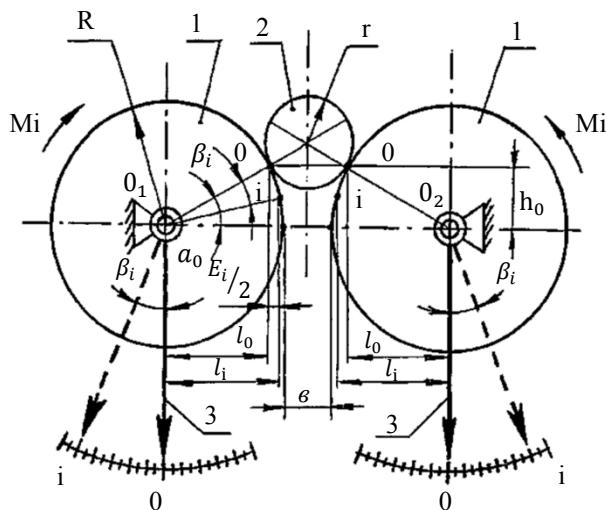


Рисунок 1 – Кинематическая схема устройства для определения деформации и перемещения зерновки амаранта в межвальцовом зазоре: 1 – вальцы; 2 – зерновка; 3 – указатели угловых перемещений

Figure 1 – Kinematic structure diagram for determining deformation and displacement of amaranth grains in the roll space:
1 – rollers; 2 – grain; 3 – angular displacement indicators

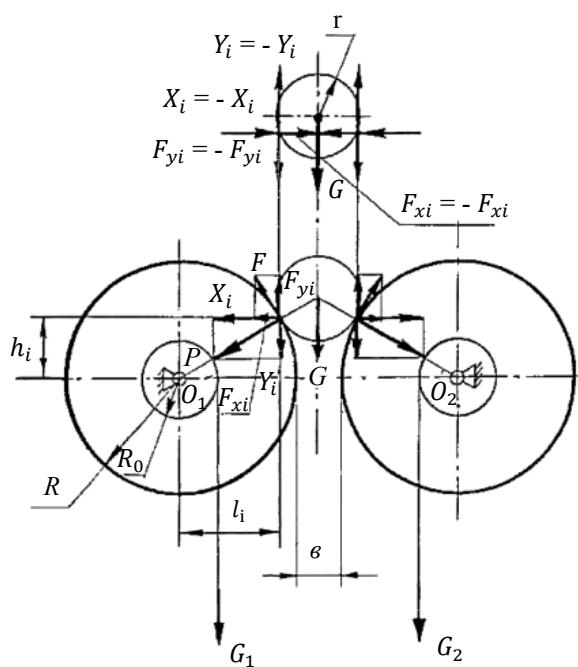


Рисунок 2 – Схема сил взаимодействия зерновки амаранта с вальцами

Figure 2 – Scheme of interaction forces between amaranth grains and rollers

В стендовом устройстве зерновку амаранта радиусом r (м) размещают в заданном зазоре b (м) и нагружают вальцы с помощью грузов G_1 (кг) и G_2 (кг), расчет усилий и перемещений в котором осуществляют с помощью формул (1–8).

Предельное значение напряжения сжатия зерновки амаранта в межвальцовом зазоре, при котором происходит ее разрушение, равно:

$$|\sigma_{\text{сж}}| = P_i : S, \quad (1)$$

где P_i – сила, Н;

S – площадь зерновки, м^2 .

Суммарный момент нагрузления вальцов определяется как:

$$\sum M_0 = -P_i \cdot f_k \cdot r_n - P_i \cdot f_c \cdot R - M_{xx} + G_i \cdot R_0, \quad (2)$$

где $(P_i \cdot f_k \cdot r_n)$ – момент сопротивления в подшипнике, Н·м;

$(P_i \cdot f_c \cdot R)$ – момент сопротивления от силы трения при втягивании частицы в зазор, Н·м;

M_{xx} – момент сопротивления вальца на холостом ходу, Н·м;

R – радиус вальца (0,1 м);

f_c – коэффициент трения покоя зерновки амаранта по стали (0,3);

r_n – радиус подшипника, м;

Горизонтальная сила, Н, определяющая деформацию сжатия зерновки, равна:

$$P_{xi} = X_i = P_i \cdot \cos(\alpha_0 - \beta_i). \quad (3)$$

Вертикальная сила, Н, определяющая деформацию сжатия зерновки, равна:

$$P_{yi} = Y_i = P_i \cdot \sin(\alpha_0 - \beta_i). \quad (4)$$

Расчет величины деформации E_i и плечей h_i и l_i производится по формулам:

– абсолютная деформация, м:

$$E_i/2 = (1/2 \cdot r) \cdot R[\cos(\alpha_0 - \beta_i)] - R \cdot \cos \alpha_0, \quad (5)$$

– относительная деформация:

$$E_i = 2 \cdot R[\cos(\alpha_0 - \beta_i) - \cos \alpha_0] \cdot 1/2 \cdot r = (R/r) \cdot \\ \cdot (\cos \alpha_0 \cdot \cos \beta_i + \sin \alpha_0 \cdot \sin \beta_i - \cos \alpha_0), \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} \cos \alpha_0 &= (R + b/2) / (R + r) \rightarrow \alpha_0; \\ \sin \alpha_0 &= \sqrt{1 - \cos^2 \alpha_0}; \\ h_0 &= R \cdot \sin \alpha_0; l_0 = R \cdot \cos \alpha_0; \\ h_i &= R \cdot \sin(\alpha_0 - \beta_i) = \\ &= R \cdot (\sin \alpha_0 \cdot \cos \beta_i - \cos \alpha_0 \cdot \sin \beta_i); \\ l_i &= R \cdot \cos(\alpha_0 - \beta_i) = \\ &= R \cdot (\cos \alpha_0 \cdot \cos \beta_i + \sin \alpha_0 \cdot \sin \beta_i). \end{aligned}$$

Момент холостого хода равен:

$$M_{xx} = R_0 \cdot T, \quad (7)$$

где R_0 – радиус шкива, м (0,047);

T – сила преодоления сопротивлению вращения вальца на холостом ходу, Н.

Коэффициент трения качения (0,011) рассчитывается как:

$$f_k = \frac{M_{xx}}{(Q \cdot d/2)}, \quad (8)$$

где Q – масса вальца, кг (42,6);

d – средний диаметр подшипника, м (0,09).

Для проведения опыта с зерновками амаранта производили из партии зерна отбор трех навесок массой 0,1 кг каждая и сортирование их по крупности. Зерно, относимое к сходу сите с размерами ячеек 1,6; 1,4; 1,2; 1,0; 0,85 и 0,67 мм, классифицировали по шести фракциям, проход сита с размерами ячеек 0,67 мм при проведении опыта не использовали.

Среднее усилие разрушения зерна каждой фракции P_{cpi} ($i = 1, 2, \dots, 6$) определяли как среднее арифметическое усилие разрушения 10 или 20 штук

зерен одной крупности, величину данного показателя рассчитывали по формуле:

$$P_{cp, разр} = \frac{\sum_i^k P_{cpi} \cdot G_i}{\sum_i^k G_i}, \quad (9)$$

где P_{cpi} – среднее усилие разрушения зерен одной крупности (фракции), Н;

G_i – содержание зерен одной крупности в навеске, %.

С учетом процентного содержания каждой фракции зерна в навеске предельную относительную ошибку определяли по формуле:

$$\delta = \frac{\sum_i^k (\Delta_i \cdot G_i)}{\sum_i^k (P_{cpi} \cdot i)}, \quad (10)$$

где Δ_i – абсолютная ошибка, или предельное отклонение среднего арифметического значения величины усилия разрушения зерна одной крупности (фракции):

$$\Delta_i = \sqrt{\frac{\sigma_i^2 \cdot t_a^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_n^m (P_n - P_{cpi})^2 \cdot t_a^2}{n(n+1)}}, \quad (11)$$

где n – количество зерен одной крупности, т. е. фракций, отобранных для испытаний;

t_a – нормированное отклонение малой выборки [7].

Результаты и их обсуждение

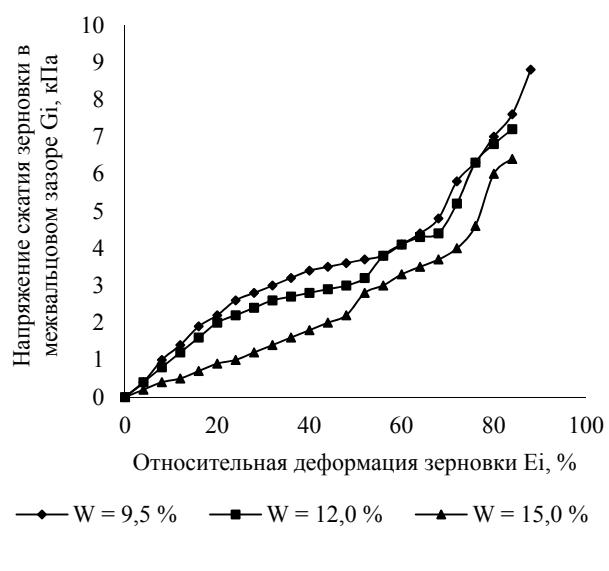
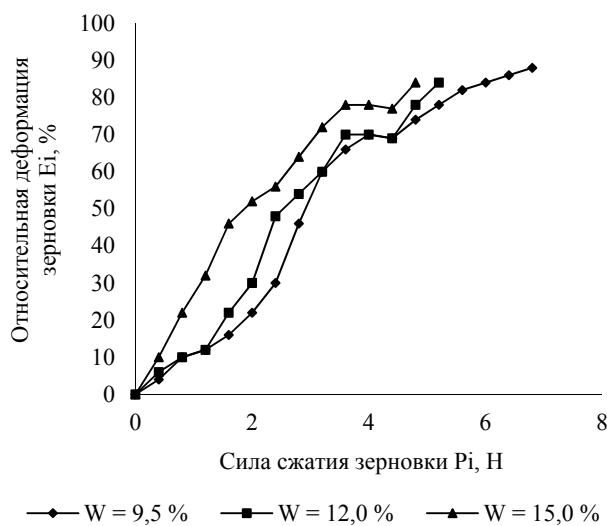
Проведение экспериментов показало наличие характерной для кривых трехфазного процесса разрушения зерна пшеницы при деформации по З. Д. Гончаровой ступенчатости при плющении валками зерновок амаранта. Выбор диапазона влажности зерна амаранта при плющении для достижения пластичности обоснован литературными данными [16]. Целостность эндосперма в зерновке сохраняется при усилии сжатия с относительной деформацией от 80 до 90 %, в результате чего повреждается семенная оболочка и зародыш при сохранении связи между анатомическими частями зерна, а измельчение перисперма зерна амаранта характеризуется вязким разрушением с образованием хлопьев. Результаты стендовых испытаний приведены в табл. 3.

Относительная ошибка параметра среднего усилия разрушения зерен одной крупности с надежностью 0,9 была определена для двух вариантов: фракции с содержанием зерна одной крупности в навеске до 10 %, от 10 до 30 % и более 30 % с отбором для проведения испытаний 10, 15 и 20 штук и фракции при том же содержании зерна одной крупности в навеске с отбором по 10 штук для проведения опыта. Относительная ошибка среднего усилия разрушения зерна амаранта в первом варианте, где фракция 70 штук, получена равной $\delta = (17,28 : 362,3) \cdot 100 \% = 4,7 \%$, во втором варианте, где фракция 50 штук – $\delta = (20,38 : 368,7) \cdot 100 \% = 5,5 \%$.

1 Таблица 3 – Данные экспериментальных измерений для одной зерновки амаранта

Table 3 – Experimental measurements data for one amaranth grain

Влажность, %	Зазор между валками, м	№ п/п	G_i , кг	β_i^0	P_i , Н	E_i , %	X_i , кг	σ_i , кПа
9,5	0,05	0	0,450	0	0	0	0	0
		1	0,795	0	0	0	0	0
		2	1,095	0,5	2,077	24	2,069	2,63
		3	1,395	2,0	3,043	56	3,037	3,87
		4	1,695	2,5	4,009	70	4,003	5,10
		5	1,995	3,0	4,975	76	4,970	6,33
		6	2,295	3,5	5,942	84	5,938	7,56
		7	2,595	4,0	6,907	88	6,904	8,79
12	0,05	0	0,450	0	0	0	0	0
		1	0,795	0	0	0	0	0
		2	0,995	0,5	1,755	24	1,748	2,23
		3	1,195	1,5	2,399	48	2,393	3,05
		4	1,395	2,0	3,043	56	3,037	3,87
		5	1,595	2,5	3,687	70	3,682	4,69
		6	1,795	2,5	4,331	76	4,325	5,51
		7	1,995	3,0	4,975	84	4,970	6,33
		8	2,195	3,5	5,619	88	5,616	7,15
15	0,05	0	0,450	0	0	0	0	0
		1	0,795	1,0	1,111	32	1,107	1,41
		2	0,995	1,5	1,755	48	1,750	2,23
		3	1,195	2,0	2,399	56	2,394	3,05
		4	1,395	2,5	3,043	70	3,039	3,87
		5	1,595	3,0	3,687	76	3,683	4,69
		6	1,795	3,0	4,331	76	4,327	5,51
		7	1,995	3,5	4,975	84	4,972	6,33



Каждая кривая разрушения зерновки амаранта на рис. 3 имеет наклонные и горизонтальные участки, обусловливающие характер изменений структурно-механических свойств зерна при сжатии.

Экспериментально установлено, что увлажнение зерна амаранта до 9,5 % не приводит в полной мере к проявлению в зерновке при сжатии необходимой упругой деформации для последовательного отделения анатомических частей. На диаграмме разрушения при сжатии зерно амаранта влажностью 9,5 % проявляет свойства упругого тела при

нагрузке ступенчато: от 0 до 0,8 Н и от 0,8 до 1,2 Н. На участке преобладания пластических деформаций зерно данной влажности испытывает силу сжатия от 1,2 до 4,4 Н, а на участке начала разрушения образца от 4,4 Н и выше.

Расчет относительных деформаций зерновок амаранта (рис. 4) показывает, что при влажности зерна 9,5 % фракция сжатия испытывает не более 10 % упругих деформаций, при влажности зерновок 12 и 15 % соответственно не менее 20 и 48 % при одинаковом напряжении сжатия. Из этого следует, что увлажненная до 15,0 % зерновка амаранта при

одной и той же величине относительной деформации испытывает напряжение сжатия в 1,5 раза меньшее, чем зерновка, увлажненная до 9,5 %, и в 1,3 раза, чем зерновка, увлажненная до 12,0 %.

Зерно влажностью 12 % при сжатии вначале проявляет свойства упругого тела при нагрузке в диапазонах от 0 до 1,2 Н и от 1,2 до 2 Н, далее проявляет свойства пластического тела при нагрузке в диапазоне от 2 до 3,6 Н, а на горизонтальном участке при силе сжатия от 3,6 до 4,4 Н отличается постоянной пластичностью за счет удаления зародышевой части и обработки преимущественно крахмалистого перисперма.

Зерно влажностью 15 % при сжатии вначале проявляет свойства упругого тела при нагрузке в диапазоне от 0 до 1,6 Н, далее проявляет свойства пластического тела при силе сжатия в диапазоне от 1,6 до 3,6 Н по причине более быстрого выкрошивания зародыша, а на горизонтальном участке от 3,6 до 4,4 Н отличается так же, как и при сжатии зерна влажностью 12 %, постоянной пластичностью за счет обработки преимущественно крахмалистого перисперма.

Установлено, что при влажности зерна 9,5 % в диапазоне изменения напряжения сжатия G_i от 0 до 2,2 кПа зерновки амаранта испытывают деформации упругости на участке кривой, подчиняющейся линейной зависимости $y = 0,1136x + 0,0476$ при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9899$.

При влажности зерна 12,0 % в диапазоне изменения напряжения сжатия G_i от 0 до 2,0 кПа зерновки амаранта испытывают деформации упругости на участке кривой, подчиняющейся линейной зависимости $y = 0,0986x + 0,0476$ при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9953$.

При влажности зерновой массы 15,0 % в диапазоне изменения напряжения сжатия G_i от 0 до 2,2 кПа зерновки испытывают деформации упругости на участке кривой, подчиняющейся линейной зависимости $y = 0,0453x - 0,0302$ при величине достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9957$.

По литературным данным [16] увлажнение зерна свыше 15 % нежелательно, так как при влажности зерна амаранта более 16,5 % в ходе плющения измельчаемая масса нагревается свыше 45 °C и налипает на вальцы станка вследствие частичной клейстеризации крахмала, что оказывает отрицательное влияние на качество продуктов плющения: зерно плющенное, хлопья перисперма и крупуку зародышевую. Химический состав полученных продуктов плющения зерна амаранта приведен в табл. 4.

Наиболее ценным продуктом плющения зерна амаранта по содержанию белка, жира, клетчатки, минеральных веществ и витаминов для функционального питания является крупа зародышевая, выделяемая из зерновки амаранта при сжатии в области упругих деформаций. Перспективными для традиционного хлебопечения видами сырья могут выступать амарант плющенный и хлопья перисперма, отличающиеся повышенным содержанием крахмала и низкой зольностью.

Таким образом, применяемая в работе методика ВНИИЗ, включающая определение напряжений и относительных деформаций зерна в межвальцовом зазоре вальцового станка при плющении на специальном стендовом устройстве, позволила изучить особенности процесса разрушения зерновок амаранта при сжатии в заданном диапазоне влажности.

Практическим результатом проведенных исследований по изучению процесса плющения зерна амаранта на вальцовом станке является установление принципиальной возможности его разделения на анатомические части с последующим формированием стабильных потоков зернопродуктов, ценных в пищевом отношении, в том числе для традиционного хлебопекарного производства. Предложенный способ рекомендуется для проектирования технологического процесса разделения зерновки амаранта на анатомические части с целью его промышленной применимости.

Таблица 4 – Химический состав и энергетическая ценность продуктов плющения зерна амаранта [18]

Table 4 – Chemical composition and energy value of amaranth grain products obtained after rolling [18]

Наименование сырья	Белок	Жир	Углеводы усвояемые	Клетчатка	Зола	Минеральные вещества					Витамины			Энергетическая ценность /кал	
						натрий	калий	магний	фосфор	железо	тиамин	рибофлавин	пиридоксин /токотферол		
	г в 100 г продукта						мг в 100 г продукта								
Амарант плющенный	17,3	7,8	53,4	6,4	2,6	92	487	275	176	540	57	5,42	2,85	2,4/13,5	378
Хлопья перисперма	6,6	1,9	70,4	2,6	1,2	74	216	131	106	364	36	3,54	1,45	1,9/2,8	335
Крупка зародышевая	36,3	17,8	11,8	7,1	5,7	117	769	482	279	879	84	8,67	5,75	3,0/32,4	381

Список литературы

1. Актуальное направление развития мукомольной отрасли / Г. Н. Панкратов [и др.] // Хранение и переработка сельхозсыпь. – 2017. – № 4. – С. 29–31.
2. Злочевский, В. Л. Устройство для плющения зерна маятникового типа / В. Л. Злочевский, В. Ю. Чикина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 6 (56). – С. 57–62.
3. Наймушин, А. А. Модель размола зерна пшеницы, учитывающее его молекулярное строение / А. А. Наймушин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 10 (108). – С. 110–115.
4. Caselato-Sousa, V. M. State of Knowledge on Amaranth Grain: a Comprehensive Review / V. M. Caselato-Sousa, J. Amaya-Farfán // Journal of Food Science. – 2012. – Vol. 77, № 4. – P. 93–104. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x.
5. Amaranth seeds and products – the source of bioactive compounds / D. Ogrodowska [et al.] // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. – 2014. – Vol. 64, № 3. – P. 165–170.
6. Proteins of amaranth (*Amaranthus Spp.*), buckwheat (*Fagopyrum Spp.*), and quinoa (*Chenopodium Spp.*): A food science and technology perspective / F. Janssen [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2017. – Vol. 16, № 1. – P. 39–58. DOI: 10.1111/1541-4337.12240.
7. Tang, Y. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review / Y. Tang, R. Tsao // Molecular Nutrition and Food Research. – 2017. – Vol. 61, № 7. – 16 p. DOI: 10.1002/mnfr.201600767.
8. Barrio, D. A. Potential antitumor properties of a protein isolate obtained from the seeds of *Amaranthus mantegazzianus* / D. A. Barrio, M. C. Añón // European Journal of Nutrition. – 2010. – Vol. 49, № 2. – P. 73–82. DOI: 10.1007/s00394-009-0051-9.
9. Simulation of the effect of maize porridge fortified with grain amaranth or micronutrient powder containing NaFeEDTA on iron intake and status in Kenyan children / C. W. Macharia-Mutie [et al.] // Public Health Nutrition. – 2013. – Vol. 3, № 9. – P. 1605–1613. DOI: 10.1017/S1368980012005174.
10. Preparation of protein and mineral rich fraction from grain amaranth and evaluation of its functional characteristics / K. V. Preetham Kumar [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2016. – Vol. 69. – P. 358–362. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.05.002.
11. Alvarez-Jubete, L. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients / L. Alvarez-Jubete, E. K. Arendt, E. Gallagher // International Journal of Food Sciences and Nutrition. – 2009. – Vol. 60, iss. 4. – P. 240–257. DOI: 10.1080/09637480902950597.
12. Inglett, G. E. Physical properties of gluten-free sugar cookies made from amaranth-oat composites / G. E. Inglett, D. Chen, S. X. Liu // LWT – Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 63, № 1. – P. 214–220. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.03.056.
13. Enrichment of gluten-free roll with amaranth and flaxseed increases the concentration of calcium and phosphorus in the bones of rats / H. Gambuś [et al.] // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. – 2009. – Vol. 59, № 4. – P. 349–355.
14. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена / И. А. Бавыкина [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 2. – С. 91–99.
15. Жакатаева, А. Н. Санитарное и микробиологическое исследование хлеба с добавлением муки амаранта *A. cruentus* / А. Н. Жакатаева, Р. У. Уажанова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2012. – № 6. – С. 63–66.
16. Evaluation of roller milling potential of amaranth grains / S. D. Sakhare [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2017. – Vol. 73. – P. 55–61. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.11.006.
17. Effect of grain moisture content during milling on pasting profile and functional properties of amaranth fractions / K. V. Preetham Kumar [et al.] // Journal of Food Science and Technology-Mysore. – 2016. – Vol. 53, iss. 5. – P. 2434–2442. DOI: 10.1007/s13197-016-2226-8.
18. Амарант – продовольственная культура (происхождение, систематика, морфология, физиология, интродукция, возделывание, химический состав, сушка, хранение, переработка, применение) / Р. У. Уажанова [и др.]. – Краснодар : КубГТУ, 2016. – 348 с.
19. Шмалько, Н. А. Способ очистки зерна амаранта от примесей / Н. А. Шмалько, С. О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – № 3. – С. 114–120. DOI: 10.21179/2074-9414-2017-3-114-120.
20. Чикина, Е. Ю. Энергия сжатия зерновки при плющении / Е. Ю. Чикина, В. Л. Злочевский // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 7 (81). – С. 93–96.

References

1. Pankratov G.N., Meleshkina E.P., Vitol I.S., Hadrokov R.H. Aktual'noe napravlenie razvitiya mukomol'noy otrassli [Storage and processing of agricultural products]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of agricultural products], 2017, no. 4, pp. 29–31.
2. Zlochevskiy V.L., Chikina V.Ju. Ustroystvo dlya plyushcheniya zerna mayatnikovogo tipa [A device for crushing grain]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], 2009, no. 6(56), pp. 57–62.
3. Najmushin A.A. Model' razmola zerna pshenitsy, uchityvayushchee ego molekul'arnoe stroenie [Model grinding wheat, taking into account its molecular structure]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], 2013, no. 10(108), pp. 110–115.
4. Caselato-Sousa V.M., Amaya-Farfán J. State of Knowledge on Amaranth Grain: a Comprehensive Review. *Journal of Food Science*, 2012, vol. 77, no. 4, pp. 93–104. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x.
5. Ogrodowska D., Zadernowski R., Czaplicki S., Wronowska B., Derewiaka D. Amaranth seeds and products – the source of bioactive compounds. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2014, vol. 64, no. 3, pp. 165–170.

6. Janssen F., Pauly A., Rombouts I., et al. Proteins of amaranth (*Amarantus Spp.*), buckwheat (*Fagopyrum Spp.*), and quinoa (*Chenopodium Spp.*): A food science and technology perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2017, vol. 16, no. 1, pp. 39–58. DOI: 10.1111/1541-4337.12240.
7. Tang Y., Tsao R. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review. *Molecular Nutrition and Food Research*, 2017, vol. 61, no. 7, 16 p. DOI: 10.1002/mnfr.201600767.
8. Barrio D.A., Añón M.C. Potential antitumor properties of a protein isolate obtained from the seeds of amaranth *mantegazzianus*. *European Journal of Nutrition*, 2010, vol. 49, no. 2, pp. 73–82. DOI: 10.1007/s00394-009-0051-9.
9. Macharia-Mutie C.W., Omusundi A.M., Brouwer I.D., Mwai J.M., Mwangi A.M. Simulation of the effect of maize porridge fortified with grain amaranth or micronutrient powder containing NaFeEDTA on iron intake and status in Kenyan children. *Public Health Nutrition*, 2013, vol. 3, no. 9, pp. 1605–1613. DOI: 10.1017/S1368980012005174.
10. Preetham Kumar K.V., Dharmaraj U., Sakhare S.D., Inamdar A. Preparation of protein and mineral rich fraction from grain amaranth and evaluation of its functional characteristics. *Journal of Cereal Science*, 2016, vol. 69, pp. 358–362. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.05.002.
11. Alvarez-Jubete L., Arendt E.K., Gallagher E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2009, vol. 60, iss. 4, pp. 240–257. DOI: 10.1080/09637480902950597.
12. Inglett G.E., Chen D., Liu S.X. Physical properties of gluten-free sugar cookies made from amaranth-oat composites. *LWT – Food Science and Technology*, 2015, vol. 63, no. 1, pp. 214–220. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.03.056.
13. Gambuś H., Wrona P., Pastuzka D., et al. Enrichment of gluten-free roll with amaranth and flaxseed increases the concentration of calcium and phosphorus in the bones of rats. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2009, vol. 59, no. 4, pp. 349–355.
14. Bavykina I.A., Zvyagin A.A., Miroshnichenko L.A., Gusev K.Ju., Zharkova I.M. Effektivnost' produktov iz amaranta v bezglyutenovom pitaniye s neperenosimost'yu glyutena [Efficacy of amaranth products in gluten-free nutrition of children with gluten intolerance]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues], 2017, vol. 86, no. 2, pp. 91–99.
15. Zhakataeva A.N., Uazhanova R.U. Sanitarnoe i mikrobiologicheskoe issledovanie khleba s dobavleniem muki amaranta *A. cruentus* [Sanitary and microbiological study of bread with the addition of amaranth flour *A. cruentus*]. *Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Almaty Technological University], 2012, no. 6, pp. 63–66.
16. Sakhare S.D., Inamdar A., Preetham Kumar K.V., Dharmaraj U. Evaluation of roller milling potential of amaranth grains. *Journal of Cereal Science*, 2017, vol. 73, pp. 55–61. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.11.006.
17. Preetham Kumar K.V., Dharmaraj U., Sakhare S.D., Inamdar A. Effect of grain moisture content during milling on pasting profile and functional properties of amaranth fractions. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 2016, vol. 53, iss. 5, pp. 2434–2442. DOI: 10.1007/s13197-016-2226-8.
18. Uazhanova R.U., Roslyakov Yu.F., Zharkova I.V., Shmal'ko N.A. *Amarant – prodomol'stvennaya kul'tura (proiskhozhdenie, sistematika, morfologiya, fiziologiya, introduktsiya, vozdelyvanie, khimicheskiy sostav, sushka, khranenie, pererabotka, primenenie)*. [Amaranth is a food crop (origin, systematics, morphology, physiology, introduction, cultivation, chemical composition, drying, storage, processing, use)]. Krasnodar: KubGTU Publ., 2016. 348 p.
19. Shmal'ko N.A., Smirnov S.O. Sposob ochistki zerna amaranta ot primesey [Method of purification of amaranth grain from impurities]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2017, no. 3, pp. 114–120. DOI: 10.21179/2074-9414-2017-3-114-120.
20. Chikina E.Yu., Zlochevskiy V.L. Energiya szhatiya zernovki pri plyushchenii [The energy of compression of the grains during the compaction]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agrarian University], 2011, no. 7(81), pp. 93–96.

Шмалько Наталья Анатольевна

канд. техн. наук, доцент института пищевой и перерабатывающей промышленности, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: +7 (861) 255-15-98, e-mail: na.shmalko@yandex.ru

Смирнов Станислав Олегович

заместитель директора по научной работе, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии», 142718, Россия, Московская обл., Ленинский р-н, пос. Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 549-34-57, e-mail: sts_76@bk.ru

Natal'ya A. Shmalko

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Food Technology Institute, Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia, phone: +7 (861) 255-15-98, e-mail: na.shmalko@yandex.ru

Stanislav O. Smirnov

Associate Director for Research, Research Institute Food Concentrates Industry and Special Food Technology, 22, Izmaylovo, Leninskiy district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 549-34-57, e-mail: sts_76@bk.ru



ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА РЕОЛОГИЮ МАСЛИЧНОГО МАТЕРИАЛА

И. А. Шорсткий

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
350004, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

e-mail: thegeector@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 16.11.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© И. А. Шорсткий, 2018

Аннотация. Обработка импульсным электрическим полем является перспективным методом предварительной подготовки масличного материала перед процессами дальнейшей переработки. Экспериментальные данные получены на базе ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» ФГБОУ ВО «КубГТУ» (г. Краснодар). В работе проведено исследование реологических характеристик масличного материала с оценкой влияния предварительной обработки импульсным электрическим полем. С использованием математического аппарата и эксперимента установлено, что пластическая вязкость мезги соответствует вязкости растительного масла, что подтверждает выдвинутое в данной работе предположение бингамовской реологии. Экспериментальные исследования показали наличие структурообразования материала, поступающего в канал шнекового транспортера. Установлено наличие эффекта от обработки импульсным электрическим полем, с изменением структуры материала и снижением предельного напряжения сдвига с 24,36 до 22,89 Па для образцов после обработки напряженностью поля $E = 8 \text{ kV/cm}$ и количеством импульсов $n = 300$ в течение 3 с. Снижение предельного напряжения сдвига за счет обработки импульсным электрическим полем позволяет затрачивать меньшее количество энергии на процесс транспортировки или отжима масличного материала в случае процесса прессования. Данный фактор является положительным дополнением к существующему эффекту повышения выхода масла от предварительной обработки. Полученные параметры инженерной модели позволяют прогнозировать реологию вязко-пластичного течения в широком диапазоне скоростей сдвиговой деформации в каналах шнекового транспортера, в том числе и при обработке импульсным электрическим полем.

Ключевые слова. Реология, масличный материал, импульсное электрическое поле, вязко-пластичное течение, инженерная модель, канал шнекового транспортера

Для цитирования: Шорсткий, И. А. Влияние импульсного электрического поля на реологию масличного материала / И. А. Шорсткий // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 108–113. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-108-113.

INFLUENCE OF PULSE ELECTRIC FIELD ON OIL-BEARING MATERIAL RHEOLOGY

I. A. Shorstkii

Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350004, Russia

e-mail: thegeector@mail.ru

Received: 16.11.2017

Accepted: 16.03.2018

© I.A. Shorstkii, 2018

Abstract. Treatment with pulse electric field is a promising method of preliminary preparation of oil-bearing material before further treatment. Experimental data was obtained in Kuban State Technological University (“Food and Chemical Technologies Research Center”) (Krasnodar). The author studied oil-bearing material rheological properties and assessed the influence of preliminary treatment with pulse electric field. Using mathematical tools and an experiment the author found out that plastic viscosity of pulp corresponds to oil viscosity which confirms the assumption about Bingham rheology made in the paper. Experimental works have shown that there is structure formation in the material that enters conveyor auger feeder. The author determined that there is an effect after treatment with pulse electric field as the structure of the material changed and critical shear stress decreased from 24.36 to 22.89 Pa for the samples which were treated with field having field intensity $E = 8 \text{ kV/cm}$ and number of pulses $n = 300$ during three seconds. Critical shear stress decrease due to the treatment with pulse electric field allows to use less energy for oil-bearing material transportation and crushing in case of pressing process. That factor is a positive complement to the existing effect of oil yield increase after preliminary preparation. The obtained parameters of the engineering model make it possible to forecast rheology of viscoplastic flow in wide range of shear strain rates in conveyor auger feeder as well as during treatment with pulse electric field.

Keywords. Rheology, oil-bearing material, pulse electric field, viscoplastic flow, engineering model, conveyor auger feeder

For citation: Shorstkii I.A. Influence of Pulse Electric Field on Oil-Bearing Material Rheology. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 108–113 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-108-113.

Введение

Обработка импульсным электрическим полем (ИЭП) представляет собой новый вид электрофизического воздействия на клеточном уровне в пищевой промышленности, которая требует глубокого исследования ее механизмов и эффектов. Одним из направлений использования данного вида воздействия в РФ является совершенствование процессов переработки масличных материалов [1]. В процессе обработки ИЭП происходит разрушение целостности мембран масличных клеток за счет прохождения импульсов высокого напряжения через структуру материала, что приводит к облегченному выходу внутриклеточных компонентов. Для расширения спектра применения ИЭП к различным пищевым продуктам и процессам в промышленном масштабе необходимо четкое понимание формируемых изменений внутренней структуры материалов и их реологических свойств [2]. Особый интерес представляют данные течения материала в канале шнекового транспортера, для осуществления непрерывного режима обработки импульсным электрическим полем.

Процессы переработки сырья в агропромышленном комплексе имеют ряд особенностей, связанных с превалирующей долей стоимости сырья в себестоимости готовой продукции. Поэтому разработка перспективных направлений эффективного производства пищевой продукции связана с последовательными процессами многоэтапного фракционирования с выделением пищевых компонентов. Наиболее интересными в этом случае являются такие процессы фракционирования, как теплоперенос, массоперенос и фильтрация. Объединяет эти процессы наличие диффузионного и реологического механизмов переноса компонентов в рабочей зоне аппарата [3].

Численный анализ этих процессов показывает значительное влияние консистенции материала на скорость процессов переноса целевых компонентов [4]. Учитывая ограничения математического моделирования, связанные с параметризацией уравнений переноса, особую актуальность приобретают физико-химические методы анализа компонентов сырья, основных и вспомогательных материалов, участвующих в этих процессах. В ряде случаев математическое моделирование позволяет получить косвенные характеристики процесса [5, 6], не наблюдаемые непосредственно. В этом случае решающим фактором, определяющим адекватность модели реальному процессу, является экспериментальное определение этих характеристик [7, 8].

Целью данной работы является исследование параметров течения пластичной массы масличного материала в канале шнекового транспортера с оценкой влияния предварительной обработки импульсным электрическим полем.

Объекты и методы исследований

Идентификация течения вязко-пластичного материала в канале шнекового транспортера

основана на определении эффективной вязкости. Учитывая влияние давления, развивающегося в зоне межэлектродного пространства [9], ячейка вискозиметра была оборудована гидравлической системой регулируемого давления на ротор вискозиметра (рис. 1). Учитывая пластичность исследуемого материала, зазор контакта «ротор – поршень» составлял 2 мм.

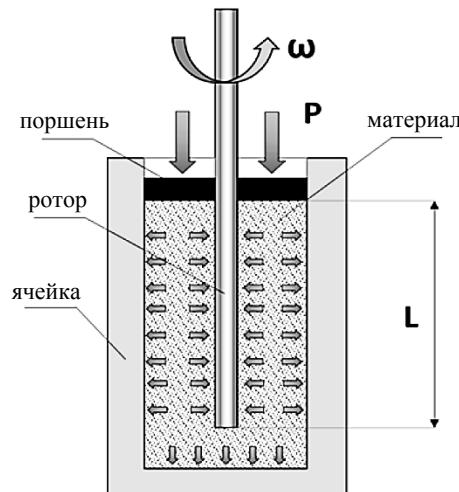


Рисунок 1 – Ротационный вискозиметр с гидравлической системой нагрузки

Figure 1 – Rotational rheometer with hydraulic loading system

Выбор ротационного способа измерения основан на возможности измерения вязкости как ньютоновских, так и неニュтоновских [9], т. е. истинных и структурированных сред. Структура реологических потоков в шнековом транспортере в значительной степени определяется выбором реологического уравнения течения, которое влияет на объемную производительность экструдера. Поэтому экспериментальное исследование было направлено на определение зависимости вязкости от напряжения и скорости сдвиговой деформации, а также гидравлического давления на исследуемый материал до и после обработки импульсным электрическим полем.

Учитывая, что измеряемая вязкость связана с процессами структурообразования при увеличении скорости сдвиговой деформации, то измеряемая эффективная вязкость стремится к ньютоновской.

В качестве экспериментального материала использовали:

- мезгу, выходящую из жаровни и поступающую в экструдер;
- предварительно обработанную мезгу при параметрах напряженности поля $E = 8 \text{ кВ/см}$ и количестве импульсов $n = 100, 200$ и 300 шт., при ширине импульса 100 мкс и паузой между импульсами 900 мкс .

Режим обработки был выбран на основе данных электрических и диэлектрических параметров обрабатываемого материала с показателем удельной проводимости $3,93 \cdot 10^{-4} \text{ см}/\text{м}$ [10]. Учитывая характер обработки и незначительный рост температуры ($0,5\text{--}1^\circ\text{C}$), температура принималась равной для всех экспериментов.

Обработку проводили на базе ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» ФГБОУ ВО «КубГТУ» с использованием энергетической установки Matsusada в разработанной камере обработки с плоскопараллельными электродами [11]. Вязкость измеряли на ротационном вискозиметре Fungilab One S при избыточном гидростатическом давлении 981 Па. Высота слоя материала в измеряемой ячейке составила 38 мм. Скорость сдвиговой деформации в процессе измерения варьировалась от 1 до 10 с^{-1} . Полученные экспериментальные данные подвергались статистической обработке в программной среде Excel и ANOVA.

Результаты и их обсуждение

Типичный график зависимости коэффициента эффективной вязкости представлен в осях $\mu_{\text{эфф}}$ (эффективная вязкость) – $\dot{\gamma}$ (скорость сдвиговой деформации) (рис. 2).

Как видно из представленного графика, при увеличении скорости сдвига вязкость мезги монотонно снижается, что подтверждает выдвинутое предположение о структурообразовании мезги, которое сохраняется и для образцов после обработки ИЭП. При увеличении количества посыпаемых импульсов от $n = 100$ до 300 шт. вязкость мезги возрастает. Далее для сравнения будут использованы данные для материала с обработкой ИЭП при $n = 300$ шт.

Учитывая, что коэффициент эффективной вязкости, регистрируемый на ротационном вискозиметре, представляет собой отношение напряжения сдвига к скорости сдвиговой деформации $\mu_{\text{эфф}} = \tau/\dot{\gamma}$, произвели обработку первичных реологических данных (табл. 1).

Для аппроксимации данных таблицы использовали линеаризацию исходных реологических показателей в обратных величинах:

$\frac{1}{\dot{\gamma}}; \frac{1}{\tau}$. В этом случае модельная зависимость кривой течения материала в шнековом транспортере может быть представлена в следующем виде:

$$\tau^R(\dot{\gamma}) = \frac{1}{b_0 + \frac{b_1}{\dot{\gamma}}}, \quad (1)$$

где b_0, b_1 – коэффициенты линейной аппроксимации обратных величин кривой течения материала

в канале шнекового транспортера ($b_0 = 0,03826 \text{ Па}^{-1}$ и $b_1 = 0,01009 \text{ Гц/Па}$). Для оценки вида этого структурообразования построили график консистенции исследованного вязкопластичного материала в осях «напряжение сдвига – скорость сдвиговой деформации» (рис. 3).

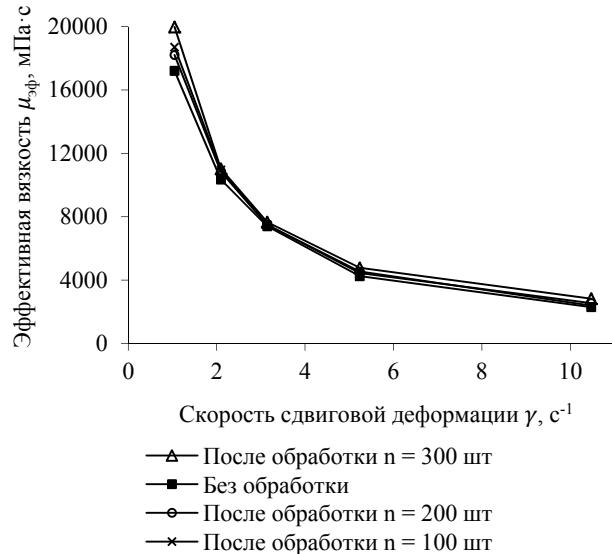


Рисунок 2 – Зависимость эффективной вязкости от скорости сдвиговой деформации для материала до и после обработки при напряженности поля $E = 8 \text{ кВ/см}$
Figure 2 – Dependence between effective viscosity and shear strain rate for the material before and after treatment at field intensity 8 kV/cm

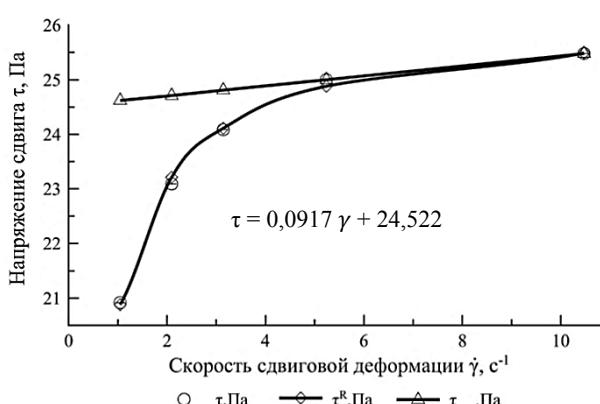


Рисунок 3 – График консистенции вязкопластичного материала до обработки ИЭП
Figure 3 – Viscoplastic material thickness before treatment with pulse electric field

Таблица 1 – Реология структурообразования мезги, поступающей в шнековый транспортер
Table 1 – Rheology of the pulp structure formation when it enters a conveyor auger feeder

Скорость сдвиговой деформации $\dot{\gamma}, \text{с}^{-1}$	Напряжение сдвига τ, Pa	Инженерная модель τ^R, Pa	Бингамовская модель $\tau_{\text{лин}}, \text{Pa}$	Невязка инженерной модели $(\tau - \tau^R)/\tau, \%$	Невязка бингамовской модели $(\tau - \tau_{\text{лин}})/\tau, \%$	Доверительный интервал $\delta/\tau, \%$
10,47	25,48	25,49	25,48	0,0	0,0	1,8
5,24	25,00	24,88	25,00	0,5	0,0	2,4
3,14	24,09	24,11	24,81	0,1	3,0	2,2
2,09	23,09	23,21	24,71	0,5	7,0	3,3
1,05	20,92	20,88	24,62	0,2	17,7	9,6

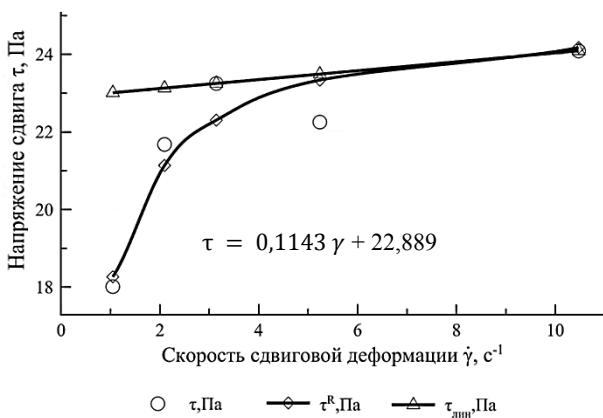


Рисунок 4 – График консистенции вязкопластичного материала после обработки ИЭП при $n = 300$

Figure 4 – Viscoplastic material thickness after treatment with pulse electric field when $n = 300$

Для определения эффекта влияния ИЭП на реологические параметры масличного материала построили график консистенции вязкопластичного материала после обработки импульсным электрическим полем (рис. 4).

Инженерная модель реологии мезги, представленная уравнением (1), позволяет определить предельные значения реологических свойств за счет построения асимптоты напряжения сдвига τ_∞ , определяемой следующим соотношением:

$$\tau_\infty = \lim_{\dot{\gamma} \rightarrow \infty} [\tau^R(\dot{\gamma})] = \frac{1}{b_0}, \quad (2)$$

Для уточнения параметров инженерной реологической модели (2) необходима гладкая функциональная зависимость в виде сплайн-аппроксимации, заданной в точках графика (рис. 3, 4) зависимости на отрезке $[a = 1,05; b = 10,47]$ Гц, разбитом на части γ_i (табл. 1). Для аппроксимации использовали кубический сплайн дефекта 1, представляющий собой функцию, которая:

- на каждом отрезке является многочленом степени не выше третьей;
 - имеет непрерывные первую и вторую производные на всем отрезке $[a, b]$;
 - в экспериментальных точках выполняется равенство сплайна интерполирующей функции.
- Для однозначного задания сплайна накладываем дополнительные требования на границах сплайна: $\tau''(a) = \tau''(b) = 0$. В этом случае, согласно теореме Шенберга – Уитни об условиях существования интерполяционного сплайна, существует только один сплайн $\tau_s(\gamma)$, удовлетворяющий перечисленным выше условиям. В этом случае интегральная относительная невязка пробной инженерной реологической функции может быть представлена в виде целевой функции $Z(b_0, b_1)$:

$$Z(b_0, b_1) = \int_a^b \left[\frac{\tau^R(\gamma) - \tau_s(\gamma)}{\tau^R(\gamma)} \right]^2 d\gamma, \quad (3)$$

Минимизация функционала (3) позволила уточнить параметры инженерной модели по сравнению с их квазилинейной аппроксимацией ($b_0 = 0,03817 \text{ Па}^{-1}$) и ($b_1 = 0,01052 \text{ Гц/Па}$) и ($b_0 = 0,0399 \text{ Па}^{-1}$) и ($b_1 = 0,0156 \text{ Гц/Па}$) для образцов после обработки. Реологическое уравнение течения, характерное для обработки материала ИЭП в процессе извлечения масла из мезги, определяется интервалом скоростей сдвиговой деформации от 5 до 11 с^{-1} . В этом случае для определения реологических параметров течения мезги в канале шнекового транспортера мезги наиболее реалистичным уравнением течения является идеально-пластическая модель Бингама:

$$\tau(\dot{\gamma}) = \tau_0 + \mu_{pl} \cdot \dot{\gamma}, \quad (4)$$

где τ_0 – предел текучести; μ_{pl} – коэффициент пластической вязкости. Параметры уравнения (4) могут быть определены на основе линейной аппроксимации в указанном интервале скоростей сдвиговой деформации с учетом найденной асимптоты (2) из параметров инженерной модели (1). Из графиков линейных аппроксимаций (рис. 4) следует, что $\tau_0 = 24,522 \text{ Па}$; $\mu_{pl} = 0,0917 \text{ Па}\cdot\text{с}$ и $\tau_0 = 22,889 \text{ Па}$; $\mu_{pl} = 0,1143 \text{ Па}\cdot\text{с}$ для образцов после обработки ИЭП соответственно. Уточняя начальное приближение этих параметров для скоростей сдвиговой деформации, используемых в процессах транспортировки масличного материала в шнековом транспортере, применяли интегральную относительную невязку идеально-пластической модели Бингама (4) относительно инженерной реологической функции:

$$Z_B(\tau_0, \mu_{pl}) = \int_{5,2}^{10,5} \left[\frac{\tau^R(\dot{\gamma}) - \tau(\dot{\gamma})}{\tau^R(\dot{\gamma})} \right]^2 d\dot{\gamma}, \quad (5)$$

Минимизация функционала (5) позволила уточнить параметры идеально-пластической модели Бингама относительно инженерной реологической функции ($\tau_0 = 24,3617 \text{ Па}$; $\mu_{pl} = 0,1168 \text{ Па}\cdot\text{с}$).

Выводы

Учитывая тот факт, что пластическая вязкость мезги соответствует вязкости растительного масла [12], входящего в состав этого вязкопластичного материала, получили подтверждение о выдвинутом предположении бингамовской реологии этого материала и сохранении ее после обработки импульсным электрическим полем. Как видно из представленных данных, график консистенции является собой бингамовскую вязкопластичную жидкость.

Проведенные экспериментальные исследования показали наличие структурообразования материала, поступающего в шнековый транспортер. При увеличении скорости сдвиговой деформации

эффективная вязкость снижается. Консистенция материала соответствует бингамовской реологии. Влияние обработки ИЭП на реологические параметры масличного материала присутствуют и подтверждают эффект изменения структуры материала после предварительной обработки со снижением предельного напряжения сдвига от 24,36 до 22,89 Па для исследуемого материала после обработки напряженностью поля Е = 8 кВ/см и количеством импульсов n = 300. Снижение предельного напряжения сдвига за счет обработки ИЭП позволяет затрачивать меньшее количество энергии на процесс транспортировки или отжима масличного материала в случае процесса

прессования. Данный фактор является положительным дополнением к существующему эффекту повышения выхода масла после предварительной обработки ИЭП. Полученные данные о слоистом представлении масличного материала формата «масло – твердые частицы – масло» и его реологические характеристики являются важными в процессах моделирования современного процесса обработки пищевых продуктов импульсным электрическим полем. Полученные параметры инженерной модели позволяют прогнозировать реологию вязко-пластичного течения в широком диапазоне скоростей сдвиговой деформации в каналах шнекового транспортера.

Список литературы

- Шорсткий, И. А. Совершенствование процесса экстрагирования масличных материалов на основе применения электрофизического воздействия : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Шорсткий Иван Александрович. – Краснодар, 2016. – 168 с.
- Xiang, B. Y. Effects of pulsed electric fields on structural modification and rheological properties for selected food proteins : dr. phil. sci. diss. / Bob Yongsheng Xiang. – Sainte-Anne-de-Bellevue, 2008. – 177 p.
- Постановка задачи описания переноса тепла, массы и давления при сушке / С. А. Подгорный [и др.] // Новые технологии. – 2014. – № 3. – С. 20–27.
- Метод конечных элементов в решении задач теплопроводности / С. А. Подгорный [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2013. – № 2 (56). – С. 10–15.
- Pasting and rheological properties of oat products dry-blended with ground chia seeds / G. E. Inglett [et al.] // LWT-Food Science and Technology. – 2014. – Vol. 55, №. 1. – P. 148–156. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.07.011.
- Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds / L. Chel-Guerrero [et al.] // International journal of biological macromolecules. – 2016. – Vol. 86. – P. 302–308. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.01.052.
- Akbulut, M. Physicochemical and rheological properties of sesame pastes (tahin) processed from hulled and unhulled roasted sesame seeds and their blends at various levels / M. Akbulut, H. Coklar // Journal of Food Process Engineering. – 2008. – Vol. 31, №. 4. – P. 488–502. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2007.00162.x.
- Savoire, R. Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review / R. Savoire, J. L. Lanoisellé, E. Vorobiev // Food and Bioprocess Technology. – 2013. – Vol. 6, №. 1. – P. 1–16.
- Кошевой, Е. П. Теоретическое рассмотрение деформирования материала на выходе экструдера / Е. П. Кошевой, В. С. Косачев, З. А. Меретуков // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – № 5–6. – С. 86–88.
- Shorstkii, I. Influence of temperature and solvent content on electrical properties of sunflower seed cake / I. Shorstkii, X. Q. Koh, E. Koshevoi // Journal of Food Processing and Preservation. – 2015. – Vol. 39, №. 6. – P. 3092–3097. DOI: 10.1111/jfpp.12574.
- Шорсткий, И. А. Оценка эффективности использования импульсного электрического поля в процессах экстрагирования масличных материалов / И. А. Шорсткий, Е. П. Кошевой // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2017. – №. 3. – С. 26–32.
- Stanciu, I. The study rheological behavior of sunflower oil / I. Stanciu // International Research Journal of Pure and Applied Chemistry. – 2014. – Vol. 4, №. 5. – P. 531. DOI: 10.9734/IRJPAC/2014/9586.

References

1. Shorstkii I.A. Sovrshenstvovanie processa extragirovaniya maslichnykh materialov na osnove primeneniya electrofizicheskogo vozdeistviya. Diss. kand. tekhn. nauk [Extraction process development of oil materials based on electro physic treatment application. Cand. eng. sci. diss.], Krasnodar, 2016. 168 p.
2. Xiang B.Y. Effects of pulsed electric fields on structural modification and rheological properties for selected food proteins. Dr. phil. sci. diss, Sainte-Anne-de-Bellevue, 2008. 177 p.
3. Podgornyy S.A., Koshevoy E.P., Kosachev V.S., Shalyahov A.A. Postanovka zadachi opisaniya perenosa tepla, massy i davleniya pri sushke [Statement of the task of describing heat transfer, mass and pressure during drying]. Novye tehnologii [New technologies], 2014, no. 3, pp. 20–27.
4. Podgornyy S.A., Meretukov Z.A., Koshevoy E.P., Kosachev V.S. Metod konechnykh elementov v reshenii zadach teploprovodnosti [The finite element method in solving problems of heat conduction]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tehnologiy [Bulletin on Voronezh State University of Engineering Technologies], 2013, no. 2(56), pp. 10–15.
5. Inglett G.E., Chen D., Liu S.X., Lee S. Pasting and rheological properties of oat products dry-blended with ground chia seeds. LWT-Food Science and Technology, 2014, vol. 55, no. 1, pp. 148–156. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.07.011.

6. Chel-Guerrero L., Barbosa-Martín E., Martínez-Antonio A., González-Mondragón E., Betancur-Ancona D. Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *International journal of biological macromolecules*, 2016, vol. 86, pp. 302–308. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2016.01.052.
7. Akbulut M., Coklar H. Physicochemical and rheological properties of sesame pastes (tahin) processed from hulled and unhulled roasted sesame seeds and their blends at various levels. *Journal of Food Process Engineering*, 2008, vol. 31, no. 4, pp. 488–502. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2007.00162.x.
8. Savoire R., Lanoisellé J.L., Vorobiev E. Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, vol. 6, no. 1, pp. 1–16.
9. Koshevoy E.P., Kosachev B.C., Meretukov Z.A. Teoreticheskoe rassmotrenie deformirovaniya materiala na vykhode [Theoretical consideration of material deformation at the extruder outlet]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [News institutes of higher Education. Food technology], 2004, no. 5–6, pp. 86–88. DOI: 10.9734/IRJPAC/2014/9586.
10. Shorstki I., Koh X.Q., Koshevoy E. Influence of Temperature and Solvent Content on Electrical Properties of Sunflower Seed Cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2015, vol. 39, no. 6, pp. 3092–3097. DOI: 10.1111/jfpp.12574.
11. Shorstki I.A., Koshevoy E.P. Otsenka effektivnosti ispol'zovaniya impul'snogo elektricheskogo polya v protsessakh ekstragirovaniya maslichnykh materialov [Perspectives of pulsed electric field application for extraction processes of oil contain materials]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya "Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv"* [ITMO University Scientific journal], 2017, no. 3, pp. 26–32.
12. Stanciu I. The Study Rheological Behavior of Sunflower Oil. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 2014, vol. 4, no. 5, pp. 531.

Шорсткий Иван Александрович

канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: +7 (967) 652-58-81, e-mail: thegector@mail.ru

Ivan A. Shorstki

Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer of the Department of Technological Equipment and Life-support Systems, Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia, phone: +7 (967) 652-58-81, e-mail: i-shorstky@mail.ru



DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-114-124
УДК 664.66.022.39

ХЛЕБНЫЕ ПАЛОЧКИ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ДЛЯ АХЛОРИДНОГО ПИТАНИЯ

Е. И. Пономарева^{1,*}, А. Ю. Кривошеев², С. И. Лукина¹, Н. Н. Алексина¹,
Е. А. Габелко¹, Б. Л. Агапов³

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19

²ИП «Зарутский С. Н.»,
394002, Россия, г. Воронеж, ул. Волгоградская, 30

³АО «Научно-исследовательский институт электронной техники»,
394033, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 5

*e-mail: elena6815@yandex.ru

Дата поступления в редакцию: 08.02.2018
Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Е. И. Пономарева, А. Ю. Кривошеев, С. И. Лукина,
Н. Н. Алексина, Е. А. Габелко, Б. Л. Агапов, 2018

Аннотация. В настоящее время актуальным является производство продуктов питания, не только удовлетворяющих потребности человека, но и имеющих определенную пищевую ценность и витаминно-минеральный состав. Приоритетным направлением повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий для лечебного и профилактического питания является включение в их рецептуру нетрадиционных видов сырья растительного происхождения. Использование их в питании улучшает баланс витаминов, аминокислот, макро- и микроэлементов, пищевых волокон и положительно влияет на здоровье человека. В данной статье предлагается разработка хлебных палочек для ахлоридного питания с внесением в рецептуру муки из семян льна и масла из виноградных косточек, обеспечивающих комплексное обогащение изделий, рекомендуемых при таких заболеваниях, как почечная и сердечная недостаточность, гипертония, остеопороз, артриты, артрозы. Применение муки из семян льна в производстве хлебобулочных изделий позволит увеличить в них содержание белка, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ. Масло из виноградных косточек богато полиненасыщенными жирными кислотами и биологически активными веществами, способствующими укреплению иммунного барьера. В работе приведены результаты определения влияния соли поваренной пищевой и нетрадиционных видов сырья на органолептические, физико-химические показатели готовых изделий, их микроструктуру, антиоксидантную активность. Предложен способ нивелирования отсутствия соли в рецептуре хлебных палочек для ахлоридного питания – применение ферментной композиции. Представлены результаты определения химического состава и расчета пищевой ценности хлебных палочек. Полученные данные будут способствовать расширению ассортимента специализированных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности.

Ключевые слова. Хлебные палочки, показатели качества, ферментная композиция, химический состав, пищевая ценность

Для цитирования: Хлебные палочки повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания / Е. И. Пономарева [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 114–124. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-114-124.

BREADSTICKS WITH ENHANCED NUTRITIONAL VALUE FOR SALT-FREE NUTRITION

E.I. Ponomareva^{1,*}, A.Y. Krivosheev², S.I. Lukina¹, N.N. Alekhina¹,
E.A. Gabelko¹, B.L. Agapov³

¹Voronezh State University of Engineering Technologies,
19, Revolyutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia

²IP «Zarutskii S.N.», 30, Volgogradskaya Str., Voronezh, 394002, Russia

³Research Institute of electronic technology,
5, Starykh Bolshevikov Str., Voronezh, 394033, Russia

*e-mail: elena6815@yandex.ru

Received: 08.02.2018

Accepted: 16.03.2018

© E.I. Ponomareva, A.Y. Krivosheev, S.I. Lukina, N.N. Alekhina, E.A. Gabelko, B.L. Agapov, 2018

Abstract. At present moment it is essential to produce food which not only satisfies people's needs, but also has a particular nutritional value and vitamin and mineral content. Introduction of non-traditional types of plant materials in the recipes of baked goods for preventive and therapeutic nutrition is a promising direction for enhancing their nutritional value. Consumption of these products

improves the balance of vitamins, amino acids, trace elements, macronutrients, food fibers and has a positive effect on human health. The article presents the development of breadstick recipe for salt-free nutrition using flax seed flour and grapeseed oil which guarantee overall enrichment of food recommended in case of such diseases as heart and renal failure, hypertension, osteoporosis, arthritis and arthrosis. Using flax seed flour in baked goods production will make it possible to increase the content of protein, food fibers, vitamins and mineral substances in them. Grapeseed oil has a lot of polyunsaturated fatty acids and biologically active substances which improve immune barrier. The article reveals the results of the determination of the table salt effect as well as the influence of non-traditional types of raw materials on organoleptic, physical and chemical parameters of the ready-to-use products, their microstructure and antioxidant activity. The author suggests using enzymatic composition instead of table salt in breadsticks recipe for salt-free nutrition. The article presents the results of the chemical composition determination and calculation of breadsticks nutritional value. The obtained data will help extend the product line of special-use baked goods with higher nutritional value.

Keywords. Breadsticks, quality parameters, enzymatic composition, chemical composition, nutritional value

For citation: Ponomareva E.I., Krivosheev A.Y., Lukina S.I., et al. Breadsticks with Enhanced Nutritional Value for Salt-free Nutrition. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 114–124 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-114-124.

Введение

Определяющим фактором достижения стратегических целей государственной политики РФ является повышение качества жизни населения нашего отечества. В последние годы наметилась устойчивая тенденция по использованию питания для профилактики и лечения различных заболеваний. В рационе практически всех социально-демографических групп населения страны ведущее место занимают хлебобулочные изделия. Однако современный ассортимент вырабатываемой продукции на хлебопекарных предприятиях не в полной мере обеспечивает потребности некоторых категорий населения при организации их лечебно-профилактического питания [1–3].

В связи с этим ученые, медики и технологии объединили свои усилия по созданию новой группы специализированных продуктов, предназначенных для различных видов питания, в том числе для ахлоридного. Лечебное питание является обязательным комплексным методом, в некоторых случаях оно усиливает действие различных видов терапии, предупреждая осложнения и прогрессирование болезни (недостаточность кровообращения, гипертоническая болезнь и т. п.). Основные требования к рациону ахлоридного питания направлены на ограничение соли, воды, простых углеводов и снижение калорийности с учетом уровня энергозатрат организма, полное обеспечение организма больного в витаминах и минеральных веществах [4–6].

Поэтому разработка новых рецептур ахлоридных хлебобулочных изделий, в том числе пониженной влажности с заданными свойствами, способствующих укреплению защитных сил организма при таких заболеваниях, как почечная и сердечная недостаточность, гипертония, остеопороз, артриты, артрозы, является актуальной задачей в хлебопечении.

Известно, что соль поваренная пищевая в хлебобулочных изделиях не только придает привычный для человека вкус, но и обеспечивает необходимые реологические, структурно-механические свойства теста и хлеба, оказывая влияние на формирование каркаса клейковины. Исключение из рецептуры соли ухудшает показатели полуфабрикатов и изделий: тесто становится липким, заготовки расплываются, мякиш с укрупненными и толстостенными порами характеризуется пониженной эластичностью из-за недостаточного набухания

белков при его формировании, также не образуется хрустящая корка.

Поэтому поиск способов устранения снижения качества хлебобулочных изделий в связи с исключением из рецептуры соли поваренной пищевой является следующим важным аспектом в хлебопекарной отрасли. Один из методов улучшения структурно-механических свойств хлебопекарных полуфабрикатов и готовых изделий – это применение технологических вспомогательных средств, в том числе ферментов [7–10]. Ферментные препараты позволяют оптимизировать формуустойчивость тестовых заготовок при расстойке и выпечке, обеспечивают необходимую структуру пористости мякиша, окраску корки, вкус и аромат изделий [11–16].

Целью работы было улучшение показателей качества хлебных палочек для ахлоридного питания из пшеничной муки первого сорта путем применения ферментной композиции и повышение пищевой ценности изделий за счет применения нетрадиционных видов сырья.

Объекты и методы исследований

В работе применялось следующее сырье: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта (ГОСТ Р 52189-2003), мука из семян льна (ТУ 9290-434-02068106-2016), дрожжи хлебопекарные пресованные (ГОСТ Р 54731-2011), соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000), сахар белый свекловичный кристаллический (ГОСТ 33222-2015), патока крахмальная высокоосахаренная (ГОСТ Р 52060-2003), маргарин марки МТ (ГОСТ 32188-2013), масло подсолнечное (ГОСТ 1129-2013), масло из виноградных косточек (ТУ-9141-0015811041-2003), вода питьевая (СанПиН 2.1.4.1074-01), ферментная композиция, состоящая из амилазы и ксиланазы (ГОСТ 54330-2011).

Для исследования были взяты образцы хлебных палочек: 1 – «Грэссини» из муки пшеничной первого сорта (контроль) [17]; 2 – «Мечта» с нетрадиционными видами сырья; 3 – «Фантазия» с нетрадиционными видами сырья и ферментной композицией. Образцы № 2 и 3 – ахлоридные изделия, вырабатываемые по ТУ 9117-443-02068106-2016, разработанным на кафедре технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств (ТХКМЗП) ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ВГУИТ).

1 Таблица 1 – Рецептуры хлебных палочек

Table 1 – Breadsticks recipes

Наименование сырья	Расход сырья для приготовления образцов хлебобулочных изделий, кг		
	№ 1 («Грессини»)	№ 2 («Мечта»)	№ 3 («Фантазия»)
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	100,0	85,0	85,0
Мука из семян льна	–	15,0	15,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	5,5	5,5	5,5
Соль поваренная пищевая	1,5	–	–
Сахар белый свекловичный кристаллический	1,0	–	–
Патока крахмальная высокосахареная	1,0	2,0	2,0
Маргарин марки МТ	2,5	–	–
Масло подсолнечное	2,5	–	–
Масло из виноградных косточек	–	5,0	5,0
Ферментная композиция	–	–	0,5
Вода питьевая	по расчету		

Рецептуры исследуемых видов изделий приведены в табл. 1.

Тесто влажностью 37,0 % замешивали безопарным способом, далее направляли в термостат для брожения при температуре 30 °C на 20 мин. Выбраженное тесто раскатывали и формовали в виде палочек (длина 150 мм, ширина 10–15 мм) и отправляли на окончательную расстойку в расстойный шкаф РТПК-530У при температуре (40 ± 1) °C и относительной влажности воздуха 80–85 % в течение 30 мин. Изделия выпекали в лабораторной электропечи ВНИИХП-6-56 при температуре 220–230 °C с увлажнением в течение 10–12 мин.

Анализ химического состава сырья осуществляли по следующим методикам: аминокислотный состав белка – методом ионообменной хроматографии на автоматическом аминокислотном анализаторе AAA Т-339 («MIKROTECHNA», Чехия), количество триптофана – по методу Лоренцо-Андрю и Франдзена. Содержание белка определяли по ГОСТ 10846-91, водорастворимых углеводов – по ГОСТ Р 51636-2000, жира – по ГОСТ 32905-2014, пищевых волокон – по ГОСТ 31675-2012. Минеральный состав (калий, кальций, магний, фосфор, железо, цинк, селен) исследовали по ГОСТ 32343-2013, ГОСТ 26657-97, ГОСТ Р 55449-2013, витаминный состав (тиамин, рибофлавин, пантотеновая кислота, пиридоксин, никотиновая кислота, токоферол) – по ГОСТ 29138-91, ГОСТ 29139-91, ГОСТ 31483-2012, ГОСТ 53494-2009, ГОСТ 29140-91, ГОСТ Р 54634-2011.

Биологическую ценность белков определяли путем расчета аминокислотного скора, основанного на сравнении аминокислотного состава изучаемого белка со справочной шкалой аминокислот идеального белка, установленной ФАО/ВОЗ.

В готовых изделиях определяли органолептические показатели (форма, размеры, поверхность, цвет, внутреннее состояние, хрупкость, вкус, запах) по ГОСТ 5667-65. Для анализа результатов исследуемых показателей использовали профильный метод и балльную оценку качества готовых изделий. Дегустационные испытания проводили с участием группы технологов со

стажем работы не менее трех лет. При дегустации эксперты пользовались оценочной шкалой [18].

Анализировали физико-химические показатели хлебных палочек: влажность – по ГОСТ 21094-75, прочность – на приборе Строганова, набухаемость – по ГОСТ 8494-96, коэффициент набухаемости рассчитывали исходя из увеличения массы каждого образца после его набухания [19]. Элементный состав хлебных палочек (углерод и водород) изучали с помощью растрового электронного микроскопа JSM-6380LV, оснащенного системой рентгеновского энергодисперсионного анализа INCAx-sight (Jeol, Япония). Микроструктуру хлебных палочек исследовали в режиме электронной эмиссии на электронном микроскопе JSM-6380LV (Япония).

Пищевую и энергетическую ценность изделий, степень покрытия суточной потребности в нутриентах рассчитывали по программе «COMPLEX», разработанной на кафедре ТХКМЗП ФГБОУ ВО «ВГУИТ», в основе которой заложена методика, утвержденная Институтом питания РАМН (ныне ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»). Содержание витаминов в хлебных палочках рассчитывали с учетом коэффициентов сохранности. Суммарное содержание антиоксидантов в готовых изделиях определяли на анализаторе «ЦветаЯзу-01-АА» (ОАО НПО «Химавтоматика», Россия).

Исследования проводили в лабораториях кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», испытательном лабораторном центре комбикормов, комбикормового сырья, пищевых продуктов автономной некоммерческой организации «Научно-технический центр «Комбикорм» (г. Воронеж), центре коллективного пользования научным оборудованием ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Экспериментальные исследования проводили в трехкратной повторности, полученные данные обрабатывали общепринятыми методами математической статистики с использованием стандартного пакета прикладных программ MAPLE 8. Ошибка опыта не превышала 5 %.

Таблица 2 – Химический состав муки пшеничной первого сорта и муки из семян льна
Table 2 – Chemical composition of the first grade wheat flour and flax seed flour

Наименование пищевых веществ	Содержание пищевых веществ в муке	
	пшеничная хлебопекарная первого сорта	из семян льна
Белок, г	10,6	36,0
Жиры, г	1,3	11,0
Углеводы, г	69,0	13,1
Зола, г	0,7	2,9
Пищевые волокна, г	4,9	30,0
Макроэлементы, мг		
калий	176	890
кальций	24	29
магний	44	660
фосфор	115	780
Микроэлементы:		
железо, мг	2,1	6,3
цинк, мкг	1,0	4,8
селен, мкг	6,0	25,4
Витамины, мг:		
тиамин	0,25	1,8
рибофлавин	0,08	0,18
пантотеновая кислота	0,50	1,08
пиридоксин	0,22	0,52
никотиновая кислота	2,20	3,34
токоферол	1,80	0,34

Таблица 3 – Содержание незаменимых аминокислот в сырье и аминокислотный скор (AC)

Table 3 – Content of essential amino acids in raw material and amino-acid score (AC)

Наименование аминокислоты	В числителе – содержание аминокислоты, мг/1 г белка; в знаменателе – АС относительно идеального белка, %	
	мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	мука из семян льна
Валин	38,7 / 77,4	67,9 / 136
Лейцин	101,9 / 145,6	114,7 / 164
Изолейцин	38,7 / 96,8	77,2 / 193
Лизин	25,0 / 45,4	49,4 / 90
Метионин + цистин	38,7 / 110,6	32 / 92
Тreonин	29,3 / 73,2	54,7 / 137
Триптофан	7,5 / 75,0	9,5 / 95
Фенилаланин + тирозин	54,7 / 91,2	101,9 / 170
Сумма незаменимых аминокислот, мг	334,5	507,3

Результаты и их обсуждение

Приоритетным направлением повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий является включение в их рецептуру нетрадиционных видов муки из цельносмолотых зерен злаковых и семян бобовых культур: пшеницы, ржи, овса, льна, гречихи, гороха, нута и других. Использование их в питании улучшает баланс витаминов, аминокислот, макро- и микроэлементов, пищевых волокон и положительно влияет на здоровье человека [20].

Таблица 4 – Жирнокислотный состав и содержание биологически активных компонентов в маслах
Table 4 – Fatty acid composition and content of biologically active components in oils

Наименование пищевых веществ	Содержание пищевых веществ в масле	
	подсолнечное	из виноградных косточек
Насыщенные жирные кислоты, %	11,3	11,0
Мононенасыщенные жирные кислоты, %	28,9	18,0
Полиненасыщенные жирные кислоты, %	59,8	71,0
Фитостеролы, мг%	170,0	180,0
Хлорофилл, мг/кг	0	4,7

Первым этапом работы было изучение химического состава нетрадиционных видов сырья. Муку из семян льна получали путем дезинтеграционно-волнового помола, позволяющего преобразовывать исходный продукт по классической схеме возбуждения генератора на диоде Ганна при слабом СВЧ информационном воздействии на длинах волн порядка 8 мм. Создаваемые в дезинтеграторе синхронизируемые условия взаимодействия энергетических полей и вещества на атомно-молекулярном уровне способствуют позитивным изменениям химического состава получаемого продукта [21].

Сравнительная оценка содержания нутриентов в 100 г исследуемых видов муки показала существенное различие по пищевым веществам (табл. 2). В муке из семян льна больше белка в 3,4 раза, пищевых волокон в 6 раз, углеводов меньше в 5 раз по сравнению с пшеничной мукой первого сорта. Несмотря на то, что количество жира увеличивается до 11 г, он является источником полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 и омега-6 (с преобладающим содержанием линоленовой кислоты) [22, 23]. Содержание минеральных веществ в муке из семян льна больше в 1,2–15 раз, витаминов – в 1,5–7,2 раза, чем в пшеничной муке первого сорта.

Суммарная доля незаменимых аминокислот в белке муки из семян льна составляет 51 % массы белка, что обуславливает его высокую биологическую ценность (табл. 3).

Благодаря богатому химическому составу продукты с содержанием муки из семян льна препятствуют развитию ряда различных заболеваний сердечно-сосудистой, мышечной, пищеварительной систем, образованию тромбов, атеросклеротических бляшек, способствуют снижению артериального давления и содержанию холестерина в крови, очищению организма человека от шлаков, токсинов, радионуклидов и солей тяжелых металлов.

В работе предлагается замена масла подсолнечного на масло из виноградных косточек. Оба вида относятся к представителям линолевого типа, однако в масле из виноградных косточек содержится больше полиненасыщенных жирных кислот и природных антиоксидантов (табл. 4) [24].

Включение его в рецептуру хлебобулочных изделий будет способствовать улучшению работы сердца и сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, очищению организма от свободных радикалов, укреплению иммунитета.

Вторым этапом работы было определение влияния изучаемых нетрадиционных видов сырья и соли поваренной пищевой на органолептические и физико-химические показатели хлебных палочек. Результаты пробной выпечки установили, что применение муки из семян льна, масла из виноградных косточек и исключение соли снижают балльную оценку изделий. Хлебные палочки «Мечта» (образец № 2) были очень хрупкими, с менее разрыхленной структурой, характеризовались пресным, недостаточно выраженным вкусом, запахом и по органолептическим параметрам оценивались в 49,5 балла (табл. 5).

По физико-химическим показателям также наблюдалось ухудшение – в изделиях уменьшался коэффициент набухаемости на 0,27 у. е. и их прочность – на 270 Н. Это связано с отсутствием в рецептуре хлебных палочек соли поваренной

пищевой, способствующей укреплению клейковинных белков, разрыхлению структуры изделий, улучшению их вкуса и аромата.

Для нивелирования ухудшения качества продукта предлагается применение ферментной композиции в количестве 0,5 % к массе муки (хлебные палочки «Фантазия» – образец № 3). Установлено, что внесение ферментов амилазы и ксиланазы, входящих в состав ферментной композиции, улучшает органолептические и физико-химические показатели хлебных палочек (табл. 5).

Графическое изображение результатов анализа дегустационных испытаний (профилограммы) хлебных палочек приведено на рис. 1.

По результатам анализа профилограмм выявлено, что изделия «Гриссини» (контроль) характеризовались оценкой «отлично». Хлебные палочки без соли поваренной пищевой с внесением нетрадиционных видов сырья («Мечта») определялись как «удовлетворительные». Образцы ахлоридных хлебных палочек с ферментной композицией, мукой из семян льна и виноградного масла оценивались как «хорошие», ближе к «отличным».

Таблица 5 – Показатели качества хлебных палочек

Table 5 – Breadsticks quality parameters

Показатели качества	Значение показателей качества в образцах		
	№ 1 («Гриссини»)	№ 2 («Мечта»)	№ 3 («Фантазия»)
Органолептические показатели			
Внешний вид:			
форма	округлая, без вмятин	округлая, с наличием небольшой плоскости на стороне, лежавшей на поду	округлая, без вмятин
баллы	5	4	5
Поверхность	Гладкая, без вздутий и трещин		
баллы	5	5	5
Цвет	коричневый	темно-серый, с отрубянистыми частицами	светло-коричневый, с отрубянистыми частицами
баллы	5	4	5
Внутренне состояние	разрыхленные, пропеченные, с равномерной структурой, без признаков непромеса	менее разрыхленные, пропеченные, с относительно равномерной структурой, без признаков непромеса	хорошо разрыхленные, пропеченные, с равномерной структурой, без признаков непромеса
баллы	4	3	5
Хрупкость	хрупкие, легко разламывающиеся с хрустом	очень хрупкие, разламывающиеся с хрустом	хрупкие, легко разламывающиеся с хрустом
баллы	5	3	5
Вкус	свойственный данному виду	пресный, недостаточно выраженный	с приятным привкусом муки из семян льна
баллы	5	3	4
Запах	свойственный данному виду	недостаточно выраженный аромат	с приятным запахом муки из семян льна
баллы	5	3	4
Итого баллов с учетом коэффициента значимости	70,5	49,5	65,0
Физико-химические показатели			
Влажность, %	9,0	9,0	9,0
Коэффициент набухаемости, у. е.	1,55	1,34	1,48
Прочность, Н	840	570	870

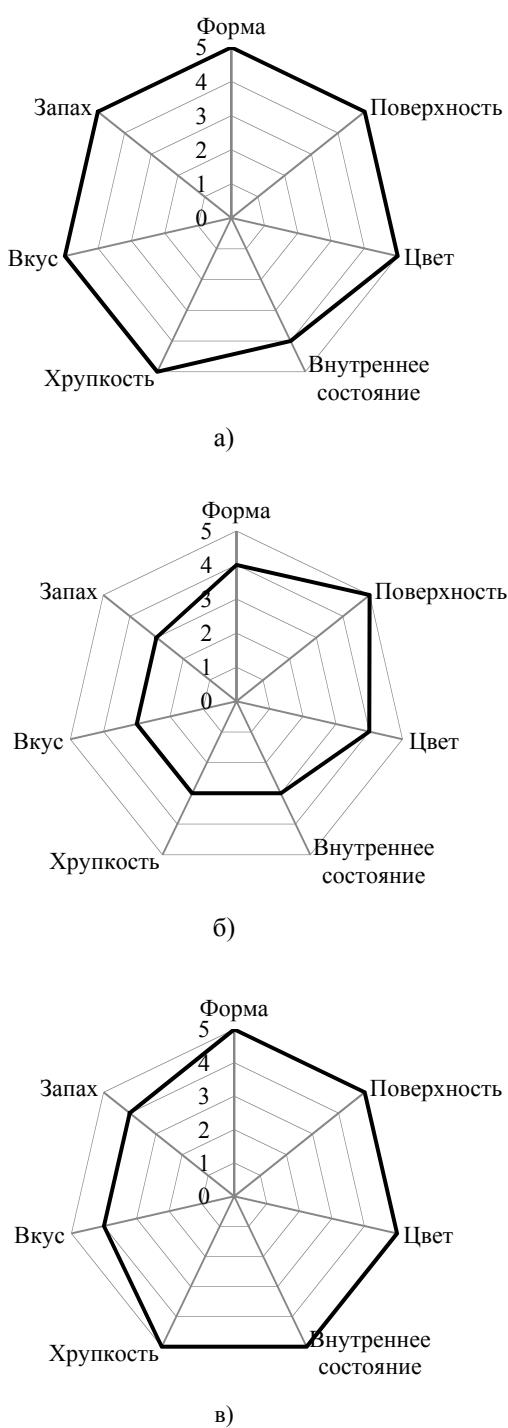


Рисунок 1 – Профилограммы органолептических показателей качества образцов хлебных палочек:
а – № 1 («Грессини»), б – № 2 («Мечта»),
в – № 3 («Фантазия»)

Figure 1 – Profile diagrams of organoleptic quality parameters for the following samples of breadsticks: a – № 1 (“Grissany”); b – № 2 (“Mechta”); c – № 3 (“Fantaziya”)

Присутствие соли поваренной пищевой угнетает деятельность дрожжей, тормозит процесс выделения диоксида углерода и этилового спирта, что подтверждается меньшим количеством углерода (56,74 масс. %) в образце № 1 и большим количеством кислорода (41,72 масс. %), обнаруженного в хлебных палочках методом рентгеновского энергодисперсионного анализа

(рис. 2). Однако благодаря соли в таком тесте формируется устойчивая губчатая структура клейковинного каркаса, обеспечивающего достаточную разрыхленность изделий. В хлебных палочках, приготовленных без соли поваренной пищевой с внесением муки из семян льна и масла из виноградных косточек (образец № 2), содержание углерода было наибольшим (58,68 масс. %), а кислорода – наименьшим (40,84 масс. %) по сравнению с исследуемыми образцами. В этом случае газообразование протекает более интенсивно, но отсутствие соли в тесте способствует образованию слишком растяжимой и малоэластичной клейковины, поэтому хлебные палочки были менее разрыхленными с относительно равномерной структурой. Использование ферментной композиции и нетрадиционного сырья (образец № 3) укрепляло клейковинный каркас теста без соли поваренной пищевой, улучшало его газоудерживающую способность, увеличивало образование диоксида углерода и тем самым обеспечивало получение изделий с хорошо разрыхленной и равномерной структурой.

Установлено, что применение ферментной композиции в тесте без внесения соли поваренной пищевой (образец № 3) увеличивало значение коэффициента набухаемости на 0,07 у. е. и прочности на 300 Н по сравнению с образцом № 1. Кроме того, прочность хлебных палочек в образце № 3 была выше на 30 Н, чем в изделиях «Грессини». Улучшение показателей качества в образце «Фантазия» объясняется тем, что под действием амилазы и кисланазы происходит более полный гидролиз крахмала, о чем свидетельствует микроструктура хлебных палочек (рис. 3).

Из микрофотографий видно, что межпоровые стенки хлебных палочек состоят из сплошной массы коагулированного белка и набухших, частично клейстеризованных зерен крахмала. Вследствие расщепления крахмала под действием ферментной композиции в образце № 3 наблюдаются отдельные немногочисленные крахмальные зерна вытянутой формы, практически не соприкасающиеся между собой. Это способствует улучшению физико-химических показателей ахлоридных хлебных палочек.

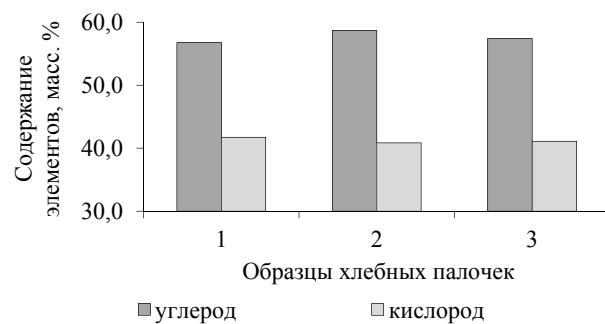
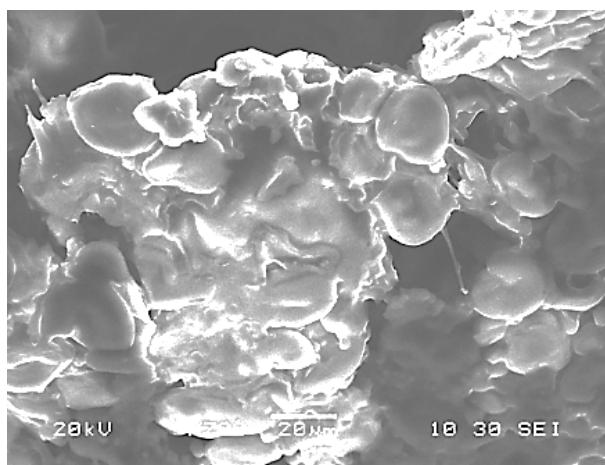
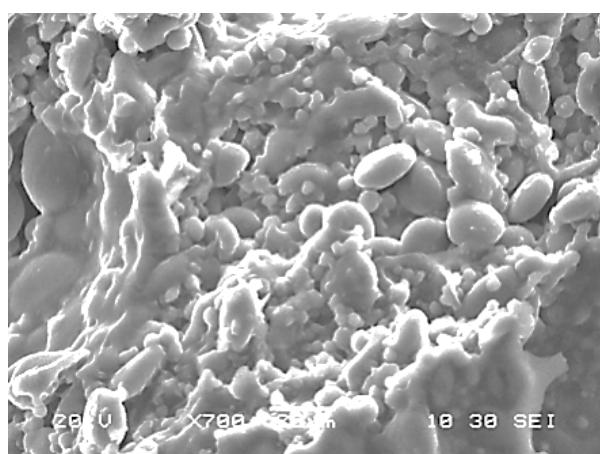


Рисунок 2 – Содержание химических элементов в образцах хлебных палочек: 1 – № 1 («Грессини»);
2 – № 2 («Мечта»); 3 – № 3 («Фантазия»)

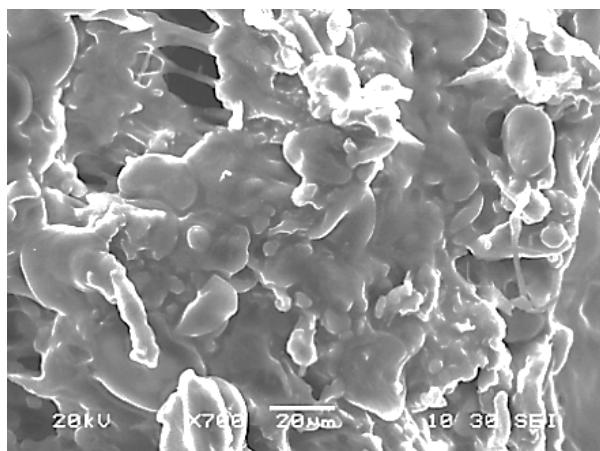
Figure 2 – Chemical elements content in samples of breadsticks:
1 – № 1 (“Grissany”); 2 – № 2 (“Mechta”); 3 – № 3 (“Fantaziya”)



a)



б)



в)

Рисунок 3 – Микроструктура образцов хлебных палочек (1×700): а – № 1 («Грессини»); б – № 2 («Мечта»); в – № 3 («Фантазия»)

Figure 3 – Microstructure of breadstick samples (1×700): a – № 1 (“Grissany”); b – № 2 (“Mechta”); c – № 3 (“Fantaziya”)

Определение суммарной антиоксидантной активности изучаемых видов изделий выявило, что в опытных образцах № 2 и 3 наблюдалось увеличение исследуемого показателя в среднем в 4 раза: содержание антиоксидантов в них составило

0,62–0,63 мг/100 г хлебных палочек против 0,15 мг/100 г в контроле (образец № 1) (рис. 4). Это связано с тем, что мука из семян льна богата природными антиоксидантами, такими как витамины группы В, токоферол, кальций, селен, цинк, которые способны препятствовать действию свободных радикалов в организме. Масло из косточек винограда характеризуется высокой антиоксидантной активностью за счет содержания хлорофилла [25].

Третьим этапом исследований была сравнительная оценка пищевой ценности исследуемых видов хлебных палочек – «Грессини» и для ахлоридного питания «Мечта», «Фантазия». Анализ расчета химического состава образцов, степени покрытия суточной потребности в веществах и содержания аминокислот показал, что изделия, приготовленные с использованием нетрадиционных видов сырья, превосходят контрольный образец (табл. 6, 7).

Выявлено, что в 100 г хлебных палочек «Мечта» и «Фантазия» содержится больше белков на 3,5 г, жиров на 1,3 г, пищевых волокон на 3,7 г, макроэлементов на 33–84 мг, микроэлементов на 0,1–0,4 мг, витаминов на 0,03–0,92 мг, чем в изделиях «Грессини», при этом снижается содержание углеводов на 8,8 г. Установлено, что потребление 100 г хлебных палочек с внесением муки из семян льна и масла из виноградных косточек обеспечит удовлетворение суточной нормы потребления белка на 19 %, жира – 8 %, углеводов – 14 %, пищевых волокон – 28 %, минеральных веществ – 3–30 %, витаминов – 2–39 %.

Определено, что биологическая ценность белка аминокислотного скора (АС) ахлоридных палочек увеличена по лизину с 38,9 до 45,5 %, по треонину с 64,2 до 73,0 %, по триптофану с 97,3 до 144,4 %, по остальным аминокислотам АС ниже 100 %.

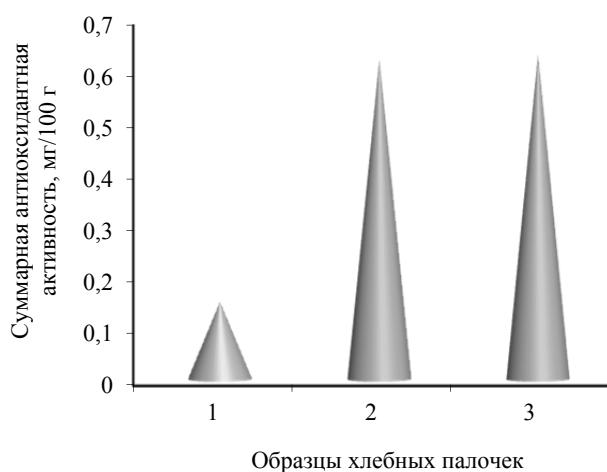


Рисунок 4 – Суммарная антиоксидантная активность в образцах хлебных палочек: 1 – № 1 («Грессини»); 2 – № 2 («Мечта»); 3 – № 3 («Фантазия»)

Figure 4 – Total antioxidant activity for samples of breadsticks: 1 – № 1 (“Grissany”); 2 – № 2 (“Mechta”); 3 – № 3 (“Fantaziya”)

Таблица 6 – Химический состав и степень удовлетворения суточной потребности организма человека в пищевых веществах за счет потребления 100 г хлебных палочек

Table 6 – Chemical composition and level of daily requirement satisfaction in food nutrients after consumption of 100 g of breadsticks

Наименование пищевых веществ	Физиологическая суточная потребность, г/мг (ТР ТС 022/2011)	Содержание в образцах		Степень удовлетворения за счет употребления образцов хлебных палочек, %	
		№ 1 («Грессини»)	№ 2 («Мечта»), № 3 («Фантазия»)	№ 1 («Грессини»)	№ 2 («Мечта»), № 3 («Фантазия»)
Белок, г	75	10,9	14,4	15	19
Жир, г	95	5,8	7,1	6	8
Углеводы, г	430	68,8	60,0	16	14
Пищевые волокна, г	30	4,3	8,0	14	28
Макроэлементы, мг:					
калий	3500	186	270	5	8
кальций	1000	27	60	3	6
магний	400	35	120	9	30
фосфор	800	121	203	15	25
Микроэлементы:					
железо, мг	14	0,3	0,4	2	3
цинк, мг	15	0,9	1,3	6	9
селен, мкг	70	5,0	8,0	7	11
Витамины:					
тиамин, мг	1,4	0,25	0,44	18	31
рибофлавин, мг	1,6	0,10	0,63	7	39
пантотеновая кислота, мг	6	0,30	0,40	5	7
пиридоксин, мг	2	0,19	0,22	9	10
биотин, мкг	50	1,80	1,40	4	2
токоферол, мг	10	1,58	2,50	16	25

Таблица 7 – Содержание незаменимых аминокислот, их аминокислотный скор и степень удовлетворения суточной потребности

Table 7 – Content of essential amino acids, their amino-acid score and nutrient daily requirement satisfaction level

Наименование аминокислоты	Значение для образцов хлебных палочек						Адекватный уровень суточного потребления, мг (MP 2.3.1.1915-04)	
	№ 1 («Грессини»)			№ 2 («Мечта»), № 3 («Фантазия»)				
	содержание, мг в 100 г продукта	AC, %	удовлетворение суточной потребности, %	содержание, мг в 100 г продукта	AC, %	удовлетворение суточной потребности, %		
Валин	449	82,4	18	572	79,4	23	2500	
Изолейцин	466	106,9	23	507	88,0	25	2000	
Лейцин	715	93,7	16	927	92,0	20	4600	
Лизин	233	38,9	6	360	45,5	9	4100	
Метионин + цистин	141	37,0	8	160	31,8	9	1800	
Треонин	280	64,2	12	420	73,0	18	2400	
Триптофан	106	97,3	13	208	144,4	26	800	
Фенилаланин + тирозин	510	78,0	12	700	81,0	16	4400	

Таблица 8 – Биологические показатели и энергетическая ценность хлебных палочек

Table 8 – Breadsticks biological parameters and energy value

Наименование изделия	Значение показателя, %			Энергетическая ценность, кДж/ккал
	биологическая ценность	коэффициент различия аминокислотного скора (КРАС)	индекс незаменимых аминокислот (ИНАК)	
«Грессини»	52,4	47,6	0,8	1587/378
«Мечта», «Фантазия»	62,2	37,8	0,7	1538/368

Расчет биологических показателей хлебных палочек выявил, что в изделиях «Мечта» и «Фантазия» значение биологической ценности выше на 9,8 %, соответственно коэффициент различия аминокислотного скора ниже на 9,8 %, а величина энергетической ценности меньше на

49 кДж (10 ккал) по сравнению с изделиями «Грессини» (табл. 8).

Заключение

Таким образом, проведенными исследованиями доказано, что использование ферментов амилазы и

ксиланазы при производстве хлебных палочек, в рецептуре которых отсутствует соль поваренная пищевая, позволяет улучшить их органолептические показатели (форму, цвет, внутреннее состояние) и увеличить значения физико-химических характеристик – коэффициента набухаемости и прочности. Выявлено, что внесение ферментной композиции и естественных биологически активных веществ в рецептуру хлебных палочек за счет применения нетрадиционных видов сырья обеспечивает

гармоничный вкус, аромат ахлоридных изделий, увеличивает их антиоксидантную активность и функциональность. Все это дает возможность сделать обоснованный вывод об эффективности применения ферментной композиции, муки из семян льна, масла из виноградных косточек в производстве ахлоридных хлебных палочек с целью включения их в рационы питания населения для оптимизации лечения и профилактики при почечной и сердечной недостаточности, гипертонии, остеопорозе.

Список литературы

1. Применение муки из цельносмолотого зерна пшеницы и пряностей в производстве ахлоридного хлеба / Е. И. Пономарева [и др.] // Хлебопродукты. – 2016. – № 8. – С. 40–42.
2. Оптимизация рецептуры хлеба повышенной пищевой ценности диабетического назначения / Л. П. Бессонова [и др.] // Хлебопродукты. – 2014. – № 2. – С. 36–37.
3. Белецкая, Н. М. Инновационные направления развития рынка хлебобулочных изделий / Н. М. Белецкая, Л. П. Удалова, Л. П. Пашенцева // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2016. – № 2 (58). – С. 63–69.
4. Древин, А. В. Нетрадиционное сырье для производства хлебобулочных изделий функционального назначения / А. В. Древин, Е. С. Таранова // Хлебопечение России. – 2016. – № 1. – С. 20–21.
5. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality / L. Flander [et al.] // Food Science and Technology. – 2007. – Vol. 40, iss. 5. – P. 860–870.
6. Стабровская, О. И. Многокомпонентные смеси для производства хлебобулочных изделий / О. И. Стабровская, А. С. Романов, О. Г. Короткова // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 2. – С. 30–33.
7. Macgregor, A. W. α -Amylase, Limit Dextrinase, and α -Glucosidase Enzymes in Barley and Malt / A. W. Macgregor // Critical Reviews in Biotechnology. – 2016. – Vol. 5, № 2. – P. 117–128. DOI:10.3109/07388558709086972.
8. Pyranose Oxidase from Trametes multicolor Impacts Dough and Bread Microstructure / K. Decamps [et al.] // Cereal chemistry. – 2014. – Vol. 91, № 4. – P. 414–417. DOI: 10.1094/CCHEM-11-13-0248-N.
9. Effect of Hydrolyzing Enzymes on Wheat Bran Cell Wall Integrity and Protein Solubility / E. Arte [et al.] // Cereal chemistry. – 2016. – Vol. 93, № 2. – P. 162–171. DOI:10.1094/CCHEM-03-15-0060-R.
10. Колупаева, Т. Г. Ферментные препараты компании «Новозаймс» для замены пищевых добавок с индексом / Т. Г. Колупаева // Хлебопродукты. – 2013. – № 4. – С. 14–16.
11. Sensitising effects of genetically modified enzymes used in flavour, fragrance, detergence and pharmaceutical production: cross-sectional study / L. T. Budnik [et al.] // Sociological methodology. – 2016. – Vol. 74, № 1. – Р. 1–7. DOI:10.1136/oemed-2015-103442.
12. Use of Enzymes to Minimize Dough Freezing Damage / M. E. Steffolani [et al.] // Food and Bioprocess Technology. – 2012. – Vol. 5, № 6. – P. 2242–2255. DOI 10.1007/s11947-011-0538-2.
13. Хлебопекарные улучшители. Ферменты, эмульгаторы, ферmentoактивное сырье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hlebinfo.ru/zanyatie-12-chast-3-hleboperekarnye-uluchshiteli-fermenty-emulgatoryi-fermentoaktivnoe-syire.html>. – Дата доступа: 24.12.2017.
14. Бобышев, К. А. Влияние ферментного препарата глюкозооксидазы на свойства теста и качество хлеба из пшеничной муки / К. А. Бобышев, И. В. Матвеева // Хлебопродукты. – 2014. – № 7. – С. 25–27.
15. Исследование влияния применения технологического вспомогательного средства EnzoWay 5.02 при гидротермической обработке зерна пшеницы на свойства теста и хлеба / В. В. Петриченко [и др.] // Хлебопродукты. – 2015. – № 5. – С. 34–35.
16. Китаевская, С. В. Применение ферментных препаратов в технологии хлебобулочных изделий на основе замороженных полуфабрикатов / С. В. Китаевская, О. А. Решетник // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 24. – С. 91–94.
17. Производство диетических сухарей, хлебных палочек и хрустящих хлебцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/3549045/page:5>. – Дата доступа: 17.12.2017.
18. Optimization of technological parameters of preparation of dough for rusks of high nutrition value / A. A. Zhuravlev [et al.] // Foods and Raw materials. – 2017. – Vol. 5, № 1. – P. 81–90. DOI: 10.21179/2308-4057-2017-1-73-80.
19. Влияние овощных и фруктовых порошков на органолептические показатели хлебных палочек диабетического назначения / А. Ю. Веселова [и др.] // Хлебопечение России. – 2014. – № 5. – С. 18–20.
20. Об отраслевой целевой программе «Развитие хлебопекарной промышленности РФ на 2014–2016 гг.» // Хлебопродукты. – 2014. – № 5. – С. 8.
21. Влияние дезинтеграционно-волнового помола на фракционный и аминокислотный состав белка нута / Г. О. Магомедов [и др.] // Вестник ВГУИТ. – 2013. – № 1. – С. 94–97.
22. Рудницкая, Ю. И. Безопасность использования льняной муки в технологиях кулинарной продукции / Ю. И. Рудницкая, И. П. Березовикова // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 1. – С. 1–4.
23. Миневич, И. Э. Использование семян льна в хлебопечении / И. Э. Миневич, В. А. Зубцов, Т. Б. Цыганова // Хлебопродукты. – 2008. – № 3. – С. 38–40.

24. Масло из косточек винограда – перспективное сырье для фармацевтической и косметической продукции [Электронный ресурс] / Е. В. Бокшан [и др.]. – Режим доступа: <http://provisor.com.ua/archive/2000/N5/oil.php>. – Дата доступа: 17.12.2017.

25. Хлорофилл: польза для здоровья, источники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://herbcart.ru/xlorofill-polza-dlya-zdorovya-istochniki>. – Дата доступа: 25.12.2017.

References

1. Ponomareva E.I., Lukina S.I., Odintsova A.V., Zubkova E.V. Primenenie muki iz tselnosmolotogo zerna pshenitsyi i pryanostey v proizvodstve ahloridnogo hleba [Using Flour Produced from Wheat Whole Grain and Spices in Salt-Free Bread Production]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2016, no. 8, pp. 40–42.
2. Bessonova L.P., Shevtsov A.A., Mayulina I.V., Tertyichnaya T.N. Optimizatsiya retseptury khleba povyshennoy pishchevoy tsennosti diabeticheskogo naznacheniya [Optimization of Bread Recipe with High Nutritional Value for Diabetic Use]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2014, no. 2, pp. 36–37.
3. Beletskaya N.M., Udalova L.P., Pashentseva L.P. Innovatsionnye napravleniya razvitiya rynka khlebobulochnykh izdeliy [Innovative Development Areas for Baked Goods Market]. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava* [Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law], 2016, no. 2(58), pp. 63–69.
4. Drevin A.V., Taranova E.S. Netraditsionnoe syr'e dlya proizvodstva khlebobulochnykh izdeliy funktsional'nogo naznacheniya [Non-Traditional Raw Materials for Functional Purpose Baked Goods Production]. *Khlebopечение России* [Baking in Russia], 2016, no. 1, pp. 20–21.
5. Flander L., Salmenkallio-Marttila M., Suortti T., Autio K. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *Food Science and Technology*, 2007, vol. 40, no. 5, pp. 860–870.
6. Stabrovskaya O.I., Romanov A.S., Korotkova O.G. Mnogokomponentnye smesi dlya proizvodstva khlebobulochnykh izdeliy [Multicomponent Mixtures for Baked Goods Production]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2009, no. 2, pp. 30–33.
7. Macgregor A.W. α -Amylase, Limit Dextrinase, and α -Glucosidase Enzymes in Barley and Malt. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2016, vol. 5, no. 2, pp. 117–128. DOI:10.3109/07388558709086972.
8. Decamps K., Joye I.J., Pareyt B., Courtin C.M., Delcour J.A. Pyranose Oxidase from Trametes multicolor Impacts Dough and Bread Microstructure. *Cereal Chemistry*, 2014, vol. 91, no. 4, pp. 414–417. DOI: 10.1094/CCHEM-11-13-0248-N.
9. Arte E., Katina K., Holopainen-Mantila U., Nordlund E. Effect of Hydrolyzing Enzymes on Wheat Bran Cell Wall Integrity and Protein Solubility. *Cereal Chemistry*, 2016, vol. 93, no. 2, pp. 162–171. DOI:10.1094/CCHEM-03-15-0060-R.
10. Kolupaeva T.G. Fermentnye preparaty kompanii "Novozayms" dlya zameny pishchevykh dobavok s indeksom [Enzyme Preparations Produced by "Novoymes" for Replacing Food Additives with Index]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2013, no. 4, pp. 14–16.
11. Budnik L.T., Scheer E., Sherwood B.P., Baur X. Sensitising effects of genetically modified enzymes used in flavour, fragrance, detergence and pharmaceutical production: cross-sectional study. *Sociological Methodology*, 2016, vol. 74, no. 1, pp. 1–7. DOI:10.1136/oemed-2015-103442.
12. Steffolani M.E., Ribotta P.D., Pérez G.T., Puppo M.C. Use of Enzymes to Minimize Dough Freezing Damage. *Food and Bioprocess Technology*, 2012, vol. 5, no. 6, pp. 2242–2255. DOI 10.1007/s11947-011-0538-2.
13. *Khlebopekarnye uluchshiteli. Fermenty, emul'gatory, fermentoaktivnoe syr'e* [Baking Improvers. Enzymes, Emulsifiers, Enzyme Active Raw Materials]. Available at: <http://hlebinfo.ru/zanyatie-12-chast-3-hleboperekarnye-uluchshiteli-fermenty-emulgatoryi-fermentoaktivnoe-syre.html>. (accessed 24 December 2017).
14. Bobyshev K.A., Matveeva I.V. Issledovanie vliyaniya primeneniya tekhnologicheskogo vspomogatel'nogo sredstva EnzoWay 5.02 pri gidrotermicheskoy obrabotke zerna pshenitsy na svoystva testa i khleba [Influence of Glucose Oxidase Enzyme Preparation on the Properties of Dough and Bread Quality Produced from Wheat Flour]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2014, no. 7, pp. 25–27.
15. Petrichenko V.V., Ivanov M.G., Ponomareva E.I., Voropaeva O.N. Issledovanie vliyaniya primeneniya tekhnologicheskogo vspomogatel'nogo sredstva EnzoWay 5.02 pri hidrotermicheskoy obrabotke zerna pshenitsyi na svoystva testa i khleba [Study of the Effect of Technological Support Tool EnzoWay 5.02 Application on the Properties of Dough and Bread during Wheat Grain Hydrothermal Treatment]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2015, no. 5, pp. 34–35.
16. Kitaevskaya S.V., Reshetnik O.A. Primenenie fermentnykh preparatov v tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy na osnove zamorozhennykh polufabrikatov [Using Enzyme Preparations in Baked Goods Production Technology Based on Frozen Ready-to-Cook Food]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Herald of the Kazan Technological University], 2013, vol. 16, no. 24, pp. 91–94.
17. *Proizvodstvo dieticheskikh sukharey, khlebnykh palochek i khrustyashchikh khlebtsev* [Production of Dried Dietary Bread, Breadsticks and Crispbread]. Available at: <https://studfiles.net/preview/3549045/page:5>. (accessed 17 December 2017).
18. Zhuravlev A.A., Lukina S.I., Ponomareva E.I., Roslyakova K.E. Optimization of technological parameters of preparation of dough for rusks of high nutrition value. *Foods and Raw materials*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 81–90. DOI: 10.21179/2308-4057-2017-1-73-80.
19. Veselova A.Yu., Kostyuchenko M.N., Dremucheva G.F., Smirnova S.A. Vliyanie ovoshchnykh i fruktovykh poroshkov na organolepticheskie pokazately khlebnykh palochek diabeticheskogo naznacheniya [Application of vegetable and fruit powders in recipes bread sticks of diabetic supplies]. *Khlebopечение России* [Baking in Russia], 2014, no. 5, pp. 18–20.
20. Ob otrazhennykh tselevoy programme "Razvitiye khleboperekarnoy promyshlennosti RF na 2014–2016 gg." [Industry Development Program "Baking Industry Development in the Russian Federation in 2014–2016"]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2014, no. 5, pp. 8.

21. Magomedov G.O., Sadyigova M.K., Lukina S.I., Kustov V.Yu. Vliyanie dezintegratsionno-volnovogo pomola na fraktsionnyy i aminokislotnyy sostav belka nuta [Influence of Disintegrating Wave Milling on Particle Size Distribution and Amino Acid Composition of Chickpea Protein]. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2013, no. 1, pp. 94–97.
22. Rudnitskaya Yu.I., Berezovikova I.P. Bezopasnost' ispol'zovaniya l'nyanoy muki v tekhnologiyakh kulinarney produktsii [Safe Use of Flax Flour in Culinary Products Production Technology]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2012, no. 1, pp. 1–4.
23. Minevich I.E., Zubtsov V.A., Tsyananova T.B. Ispol'zovanie semyan l'na v khlebopechenii [Use of seeds of flax in bakery]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2008, no. 3, pp. 38–40.
24. Bokshan E.V., Darmogray R.E., Dzera V., Choliy L.F., Shteyn T. *Maslo iz kostochek vinograda – perspektivnoe syr'e dlya farmatsevticheskoy i kosmeticheskoy produktsii* [Grape Seed Oil – Perspective Raw Material for Pharmaceutical and Beauty Products]. Available at: <http://provisor.com.ua/archive/2000/N5/oil.php>. (accessed 17 December 2017).
25. *Khlorofill: pol'za dlya zdorov'ya, istochniki* [Chlorophyll: Use for Health, Sources]. Available at: <https://herbcart.ru/xlorofill-polza-dlya-zdorovya-istochniki>. (accessed 24 December 2017).

Пономарева Елена Ивановна

д-р техн. наук, профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (961) 613-17-06, e-mail: elena6815@yandex.ru

Кривошеев Андрей Юрьевич

технолог ИП «Заруцкий С.Н.», 394002, Россия, г. Воронеж, ул. Волгоградская, 30, тел.: +7 (916) 551-58-30, e-mail: Dj-andry@mail.ru

Лукина Светлана Ивановна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (951) 567-63-35, e-mail: lukina.si@yandex.ru

Алехина Надежда Николаевна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (910) 344-77-75, e-mail: nadinat@yandex.ru

Габелько Евгения Анатольевна

магистрант кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (951) 565-15-75, e-mail: evg.gabelko2014@yandex.ru

Агапов Борис Львович

канд. техн. наук, ведущий инженер отдела 28, лаборатории 281, АО «Научно-исследовательский институт электронной техники», 394033, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 5, тел.: +7 (915) 586-64-16, e-mail: b.agapov2010@yandex.ru

Elena I. Ponomareva

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Pasta and Grain Processing Industries, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (961) 613-17-06, e-mail: elena6815@yandex.ru

Andrey Yu. Krivosheev

Technologist, IP "Zarutskii S.N.", 30, Volgogradskaya Str., Voronezh, 394002, Russia, phone: +7 (916) 551-58-30, e-mail: Dj-andry@mail.ru

Svetlana I. Lukina

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Pasta and Grain Processing Industries, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolyutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (951) 567-63-35, e-mail: lukina.si@yandex.ru

Nadezhda N. Alekhina

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Pasta and Grain Processing Industries, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolyutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (910) 344-77-75, e-mail: nadinat@yandex.ru

Yevgenia A. Gabelko

Undergraduate of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Pasta and Grain Processing Industries, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolyutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (951) 565-15-75, e-mail: evg.gabelko2014@yandex.ru

Boris L. Agapov

Cand.Sci.(Eng.), Leading Engineer of the Department 28, Laboratory 281, Research Institute of Electronic Technology, 5, Starykh Bolshevikov Str., Voronezh, 394033, Russia, phone: +7 (915) 586-64-16, e-mail: b.agapov2010@yandex.ru



РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИЩЕВОГО КОНЦЕНТРАТА «КАША ГРЕЧНЕВАЯ» ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

О. В. Скрипко*, Е. С. Стаценко, О. В. Покотило

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»,
675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19

*e-mail: oskripko@rambler.ru

Дата поступления в редакцию: 26.12.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© O. V. Скрипко, Е. С. Стаценко, О. В. Покотило, 2018

Аннотация. Перспективным развитием пищевой индустрии является производство продуктов с заданными характеристиками (составами, структурой, сенсорными показателями). Это продукты низкокалорийные, полезные для здоровья, со сбалансированным составом и функциональными свойствами, с возможностью быстрого приготовления и длительного хранения. Целью исследований является разработка технологии и оценка качества пищевого концентрата «Каша гречневая с соево-папоротниковым белково-витаминно-минеральным концентратом» повышенной пищевой и биологической ценности. Достигнутые результаты исследований позволили разработать технологию приготовления нового обогащенного продукта в виде пищевого концентрата с высокой пищевой и биологической ценностью на основе аналога путем дополнения компонентного состава сырья, а также получить модельную рецептуру смеси пищевого концентрата с соево-папоротниковым белково-витаминно-минеральным концентратом, дать оценку качества продукта. Посредством моделирования рецептуры и определения химического состава, пищевой ценности, а также оценки качества по органолептическим показателям, обоснована целесообразность производства данного продукта. Исследованиями установлено, что употребление в пищу разработанного пищевого концентрата компенсирует степень удовлетворения суточной потребности человека в белке на 23 %, жире на 18 %, витамине С на 37 %, витамине Е на 105 %, минеральных веществах: калии – 23 %, кальции – 12 %, фосфоре – 40 %, магния – 34 %, а также пищевых волокнах на 37 %, что показывает преимущество продукта в сравнении с аналогом. На основании полученных результатов разработана техническая документация в виде стандарта организации и технологических инструкций для производства пищевого концентрата «Каша гречневая с соево-папоротниковым белково-витаминно-минеральным концентратом». Данный продукт с заданными свойствами может производиться на предприятиях общественного питания и пищеконцентратной промышленности.

Ключевые слова. Соево-папоротниковый белково-витаминно-минеральный концентрат, рецептура, технология, химический состав, потребительские свойства

Для цитирования: Скрипко, О. В. Разработка рецептур и оценка качества пищевого концентрата «Каша гречневая» повышенной пищевой и биологической ценности / О. В. Скрипко, Е. С. Стаценко, О. В. Покотило // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 125–131. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-125-131.

RECIPES DEVELOPMENT AND QUALITY EVALUATION OF FOOD CONCENTRATE “BUCKWHEAT PORRIDGE” WITH HIGHER NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE

O.V. Skripko*, E.S. Statsenko, O.V. Pokotilo

All-Russian Scientific Research Institute of Soybean,
19, Ignatevskoe shosse, Blagoveshchensk, 675027, Russia

*e-mail: amursoja@gmail.com

Received: 26.12.2017

Accepted: 16.03.2018

© O.V. Skripko, E.S. Statsenko, O.V. Pokotilo, 2018

Abstract. Production of food with specified characteristics (composition, structure, sensory parameter) is a promising direction of food industry development. Such products are low-calorie foods, they are good for health, have balanced composition and functional properties. They can be cooked fast and have extended storage. The main objective of the given research is to develop production technology and evaluate the quality of the food concentrate “Buckwheat porridge with soybean-fern-protein-vitamin-mineral concentrate” having higher biological and nutritional value. The research results made it possible to develop production technology of a new enriched food such as food concentrate with high biological and nutritional value using an analogue by means of increasing the number of components in the raw material as well as to get a model recipe of the food concentrate mixture with soybean-fern-protein-vitamin-mineral concentrate and evaluate product quality. By means of recipe modeling and determining the chemical composition, nutritional value as well as assessing the quality in respect to organoleptic parameters the authors proved that it is

important to produce the given product. The research has revealed that if a person consumes the developed food concentrate the daily requirement for protein is satisfied 23%, fat – 18%, vitamin C – 37%, vitamin E – 105%, mineral substances: potassium – 23%, calcium – 12%, phosphorus – 40%, magnesium – 34%, and food fiber – 37%. That shows the advantages of the product if we compare it with the analogue. Using obtained results the author developed a set of technical documents, namely, corporate standard and operating procedures for the production of food concentrate “Buckwheat porridge with soybean-fern-protein-vitamin-mineral concentrate”. The given product with specified qualities can be produced by catering companies and food-concentrates industry.

Keywords. Soybean-fern-protein-vitamin-mineral concentrate, recipe, production technology, chemical composition, consumer properties

For citation: Skripko O.V., Statsenko E.S., Pokotilo O.V. Recipes Development and Quality Evaluation of Food Concentrate “Buckwheat Porridge” with Higher Nutritional and Biological Value. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 125–131 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-125-131.

Введение

Пищевые концентраты на рынке нашей страны появились в 50-х годах прошлого столетия и приобрели популярность среди россиян. Это продукты длительного хранения, готовые или частично готовые к употреблению и лишенные большей части влаги. Они удобны тем, что не требуют особых условий хранения, из пищеконцентратной смеси можно быстро приготовить кулинарное блюдо. В настоящее время ассортимент пищевых концентратов достаточно широк и представлен множеством различных производителей. При этом их рецептура и технология могут значительно отличаться даже в одной ассортиментной группе [1–3].

В условиях дефицита нутриентов в питании россиян перед учеными и производителями стоит задача разработать пищевые продукты, сбалансированные по всем основным веществам (белкам, жирам, углеводам, пищевым волокнам, минеральным веществам и витаминам), употребление которых будет способствовать профилактике заболеваний, обеспечит необходимую суточную калорийность, а сам продукт будет иметь привлекательный внешний вид и высокие органолептические показатели [4–6].

Целью наших исследований являлась разработка рецептуры и технологии пищевого концентрата «Каша гречневая с соево-папоротниковым белково-витаминно-минеральным концентратом», определение его химического состава и пищевой ценности, а также оценка качества по органолептическим показателям.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись: технологический процесс получения продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности в виде пищевых концентратов с соево-папоротниковым белково-витаминно-минеральным концентратом (БВМК) (СТО 9197-002-00668442-2016), крупа гречневая (ГОСТ Р 55290-2012), овощи сушеные (ГОСТ 32065-2013), соль поваренная (ГОСТ Р 515774-2000), кулинарный жир (ГОСТ 28414-89), лук репчатый свежий (ГОСТ Р 51783-2001). Исследования проводились в соответствии со стандартными методами: изучение состава соево-папоротниковых продуктов проводили с использованием следующих методик: содержание

витамина С – титриметрическим методом (ГОСТ 24556-89), витамина Е – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ГОСТ Р 54634-2011), определение влаги – методом высушивания до постоянной массы (ГОСТ 15113.4-77), определение жира – методом настаивания с растворителем (ГОСТ 15113.9-77), определение белка – методом измерения массовой доли общего азота по Кельдалю (ГОСТ 26889-86); определение углеводов – методом определения растворимых углеводов по Бертрану (ГОСТ 26176-91), определение общего содержания минеральных веществ – в соответствии с ГОСТ 15113.8-77, определение органолептических показателей – путем оценки внешнего вида, цвета, запаха, вкуса и консистенции (ГОСТ 15113.3-77); обработка экспериментальных данных – статистическими методами анализа (программы Excel, Statistica 6.0).

Результаты исследований и их обсуждение

В ФГБНУ ВНИИ сои разработана безотходная технология получения добавки корrigирующего действия из сои и папоротника орляк путем извлечения белка из подготовленного сырья без потерь ценных компонентов, с использованием в качестве коагулянта раствора композиции аскорбиновой и янтарной кислот [7, 8].

Соево-папоротниковый БВМК получали следующим образом. Соевое зерно мыли и замачивали в воде для набухания и размягчения. Свежие побеги папоротника инспектировали, промывали в проточной воде для отделения посторонних примесей и резали на кусочки длиной 1–2 см. Замоченное соевое зерно смешивали с измельченным папоротником. Смесь измельчали в воде при нагревании, затем разделяли на жидкую и твердую фракции. В жидкой части проводили коагуляцию белковых веществ. Для максимального растворения, выделения белковых веществ, их агломерации и осаждения pH смеси доводили до 4,4–4,5 путем введения в состав композиции водных растворов аскорбиновой и янтарной кислот. При этом дополнительно обогащается химический состав коагулата физиологически ценными ингредиентами (витамином С и янтарной кислотой) [9, 10]. Затем отделяли полученный коагулят от сыворотки, формовали гранулы и сушили в щадящем режиме (при температуре 37–40 °C) до влажности не более 10 % [3].

Полученный соево-папоротниковый белково-витаминно-минеральный концентрат (БВМК) представляет собой пористые, хрупкие, в меру ломкие сухие гранулы с шероховатой поверхностью, от зеленого до темно-зеленого с оттенками цвета, с умеренно выраженным, приятным вкусом и ароматом папоротника.

Химический состав соево-папоротникового БВМК характеризуется содержанием в 100 г: воды 12,0 г; белка 42,5 г; жира 10,6 г; углеводов 22,0 г; пищевых волокон 7,2 г; минеральных веществ 12,9 г. Энергетическая ценность равна 325,4 ккал. Кроме того, соево-папоротниковый БВМК содержит значительное количество минеральных веществ и витаминов (мг в 100 г): калий – 3194, фосфор – 1162, кальций – 598, магний – 130, витамин С – 100, витамин Е – 10,6 [11].

Вышеуказанные данные свидетельствуют о том, что соево-папоротниковый БВМК является ценной пищевой добавкой и может использоваться для обогащения пищевых продуктов белком, растительными жирами и пищевыми волокнами. Вместе с тем он имеет богатый минеральный состав и содержит значительное количество витаминов С и Е, может быть использован для коррекции пищевого статуса населения РФ [9, 12–14].

Модельную рецептуру пищевого концентрата вторых обеденных блюд «Каша гречневая» готовили, взяв за основу традиционную рецептуру (табл. 1) [15].

В модельной рецептуре смеси пищевого концентрата «Каша гречневая» произведена замена гречневой крупы в количестве 20 % на соево-папоротниковый белково-витаминно-минеральный концентрат. Такая замена способствует повышению содержания белка и улучшению его качественного состава в готовом блюде. Введение в состав концентрата более 20 % БВМК ухудшает вкус и цвет продукта, придает ему бобовый кислый привкус, выраженный аромат гречки становится менее выраженным. При снижении в рецептуре количества соево-папоротникового БВМК до уровня ниже 20 % от массы крупы не достигается повышения пищевой и биологической ценности.

Белково-витаминно-минеральный концентрат вносят в смесь в гранулированном виде, при варке он набухает, хорошо сохраняет форму и по внешнему виду напоминает мясной фарш.

Технологический процесс производства пищевых концентратов «Каша гречневая с БВМК» заключается в следующем:

- гречневую крупу очищают от примесей, моют питьевой водой и 35–40 мин обрабатывают острым паром под давлением 0,15–0,20 МПа. Влажность сваренной гречневой крупы (31 ± 3) % [15];
- лук репчатый сущеный и соево-папоротниковый белково-витаминно-минеральный концентрат инспектируют, удаляя посторонние примеси и нестандартные частицы;
- жир освобождают от тары и растапливают в пароварочном кotle, нагревая до температуры не

более 55 °C, затем жир фильтруют через металлотканое сито № 1, 6 [15];

– соль поваренную пищевую просеивают через металлотканое сито № 2,0–2,5 и пропускают через магниты. Соль влажностью более 1 % подсушивают в сушилке [15];

– подготовленные компоненты дозируют и смешивают в соответствии с рецептурой. В смеситель сначала загружают компоненты, состоящие из крупных частиц – крупу гречневую, лук репчатый сущеный и соево-папоротниковый белково-витаминно-минеральный концентрат, затем соль. Далее, перемешивая смесь, добавляют жир и смешивают массу в течение 2–4 мин. Масса должна быть однородной без крупных комков;

– смесь упаковывают в пакеты из ламинированного целлофана, массой от 50 до 120 г, герметизируют, фасуют в картонные коробки и направляют на реализацию [15]. Для данных пищевых концентратов установлены режимы хранения: продолжительность хранения 12 месяцев; температура хранения не более 20 °C; относительная влажность воздуха не более 75 %.

Результаты сравнительной оценки химического состава и степени удовлетворения суточной потребности в нутриентах, представленные в табл. 2, свидетельствуют о том, что использование в составе пищеконцентратной смеси БВМК способствует повышению содержания в 100 г продукта белка на 4,1 г, жира – на 1,3 г, снижению содержания общих углеводов на 8,7 г, при одновременном увеличении содержания в их составе пищевых волокон на 1,4 г, а также повышению содержания витамина Е на 0,6 мг и появлению в составе витамина С в количестве 26 мг на 100 г. В смеси пищевых концентратов «Каша гречневая с БВМК» улучшается минеральный состав за счет повышения содержания К в 2,5 раза, Са в 7 раз, Р на 146 мг (в 100 г продукта).

Таблица 1 – Рецептура пищевых концентратов вторых обеденных блюд «Каша гречневая» и «Каша гречневая с БВМК», %

Table 1 – Recipes of food concentrates for second courses “Buckwheat porridge” and “Buckwheat porridge with soybean-fern-protein-vitamin-mineral concentrate”, %

Наименование компонентов	Каша гречневая (аналог)	Каша гречневая с белково-витаминно-минеральным концентратом (разработка)
Крупа гречневая варено-сущеная	84,5	67,5
Соево-папоротниковый БВМК	–	17,0
Жир	10,0	10,0
Соль	3,0	3,0
Лук репчатый сущеный	2,5	2,5
Итого:	100	100

Таблица 2 – Химический состав (на 100 г) и степень удовлетворения суточной потребности в нутриентах пищевых концентратов «Каша гречневая» и «Каша гречневая с БВМК»

Table 2 – Chemical composition (in 100 g) and daily requirement satisfaction in nutrients for food concentrates “Buckwheat porridge” and “Buckwheat porridge with soybean-fern-protein-vitamin-mineral concentrate”

Наименование показателя	Каша гречневая		Каша гречневая с БВМК	
	содержание	степень удовлетворения, %	содержание	степень удовлетворения, %
Вода, г	12,0		12,0	
Белки, г	12,8	17	16,9	23
Жиры, г	13,8	17	15,1	18
Углеводы, г	47,3	13	38,6	11
Пищевые волокна, г	9,6	32	11,0	37
Витамин Е, мг	9,9	99	10,5	105
Витамин С, мг	0	0	26,0	37
Минеральные вещества, г, в том числе:	4,5		6,4	
Калий, мг	321	9	797	23
Фосфор, мг	252	25	398	40
Кальций, мг	17	2	115	12
Магний, мг	169	42	135	34
Энергетическая ценность, ккал	364,6		357,9	

Пищевой концентрат второго обеденного блюда, получаемый по разработанной рецептуре, по степени удовлетворения суточной потребности организма человека в питательных веществах значительно превосходит концентрат, полученный

по традиционной рецептуре. Употребление 100 г «Каши гречневой с БВМК» компенсирует суточную норму потребления белка на 23 %, жира на 18 %, пищевых волокон на 37 %, витамина С на 37 %, витамина Е на 105 %, а также минеральных веществ: калия – 23 %, кальция – 12 %, фосфора – 40 %, магния – 34 %.

Результаты качественной оценки белка [16] пищевого концентрата по незаменимым аминокислотам представлены в табл. 3.

После приготовления и исследования химического состава нового пищевого продукта на дегустационном совещании проведена оценка его качества по органолептическим показателям в соответствии с пятибалльной шкалой оценки [17]. Результаты оценки описаны с использованием метода количественного дескрипторно-профильного анализа [18]. Для этого были определены наиболее значимые органолептические свойства конкретного продукта (дескрипторы), а для получения численного параметра восприятия интенсивности сенсорного признака построены графические профилограммы с использованием шкалы интенсивности дескриптора (не воспринимается – 0, слабо воспринимается – 1, довольно слабо воспринимается – 2, средне воспринимается – 3, довольно сильно воспринимается – 4, сильно воспринимается – 5) [19].

Построение органолептических профилей проводили по кластерам:

- дескрипторы внешнего вида;
- дескрипторы текстуры;
- дескрипторы вкусовых характеристик;
- дескрипторы характеристик аромата;
- дескрипторы характеристик вкуса и привкусов.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика сбалансированности аминокислотного состава пищевых концентратов «Каша гречневая» и «Каша гречневая с БВМК»

Table 3 – Comparative analysis of amino acids content balance in food concentrates “Buckwheat porridge” and “Buckwheat porridge with soybean-fern-protein-vitamin-mineral concentrate”

Показатель	Эталон		Каша гречневая (аналог)			Каша гречневая с БВМК (разработка)		
	Незаменимые аминокислоты							
	аминокислота	скор	аминокислота	скор	КУНА	аминокислота	скор	КУНА
Валин	5,0	1,0	5,95	1,19	0,68	5,90	1,18	0,76
Изолейцин	4,0	1,0	4,05	1,01	0,80	4,32	1,08	0,83
Лейцин	7,0	1,0	6,67	0,95	0,85	6,93	0,99	0,91
Лизин	5,5	1,0	4,46	0,81	1,00	4,95	0,90	1,00
Тreonин	4,0	1,0	3,69	0,92	0,88	3,81	0,95	0,94
Метионин + цистин	3,5	1,0	4,15	1,19	0,68	3,64	1,04	0,87
Фенилаланин + тирозин	6,0	1,0	7,34	1,22	0,66	7,69	1,28	0,70
Триптофан	1,0	1,0	1,34	1,34	0,58	1,33	1,33	0,63
Сумма аминокислот	36,0	–	37,65	–	–	38,57	–	–
Показатели сбалансированности аминокислотного состава								
C min	1,0		0,81			0,90		
KCAC	1,0		0,77			0,84		
KPAC	0		0,23			0,16		
ПСИ	→min		5,48			1,86		
ИНАК	→1,0		1,07			1,08		
КОАС*	0		0,64			0,75		

* – коэффициент отклонения значений аминокислотного состава от эталонных

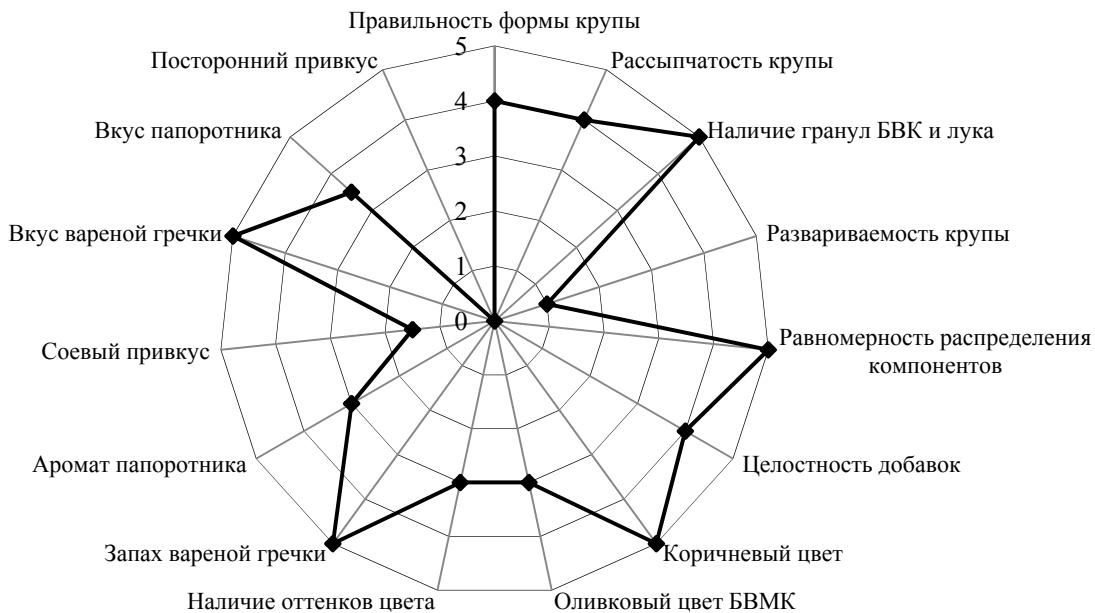


Рисунок 1 – Сенсорный профиль каши гречневой с соево-папоротниковым БВМК

Figure 1 – Sensory profile of buckwheat porridge with soybean-fern-protein-vitamin-mineral concentrate

Сенсорный профиль разработанного продукта в виде блюда, приготовленного в соответствии с технологией, показан на рис. 1.

На основании проведенных исследований разработана техническая документация для промышленного производства разработанного продукта: СТО 9194-003-00668442-2017 «Пищевые концентраты вторых обеденных блюд. Каша гречневая с белково-витаминно-минеральным концентратом» и технологическая инструкция на их производство.

Таким образом, проведенные исследования позволили оптимизировать рецептуру и разработать технологию производства нового обогащенного продукта в виде пищевого концентрата с высокой пищевой и биологической ценностью.

Разработанный пищевой концентрат по степени удовлетворения суточной потребности организма

человека в питательных веществах значительно превосходит продукты питания, получаемые по традиционным рецептограмм и технологиям.

Органолептическая оценка приготовленных кулинарным способом модельных образцов показала высокие потребительские свойства полученного продукта. Улучшенный химический состав и отличные потребительские свойства гарантируют высокое качество разработанного пищевого концентрата.

Полученные в результате исследований новые научные данные, а также разработанный на их основе пакет технической документации могут быть использованы предприятиями пищеконцентратной промышленности и общественного питания при производстве пищевых продуктов.

Список литературы

1. Ваншин, В. В. Технология пищеконцентратного производства / В. В. Ваншин, Е. А. Ваншина. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 180 с.
2. Добровольский, В. Ф. Приоритетные направления научных исследований по производству пищевых концентратов и продуктов специального назначения / В. Ф. Добровольский, И. Д. Шальнова // Хранение и переработка сельхозсыпь. – 2004. – № 8. – С. 8–10.
3. Novel Food Processing Technologies / G. V. Barbosa-Cánovas, M. S. Tapia, M. P. Cano eds. – Boca Raton : CRC Press, 2005. – 720 p.
4. Technology development of protein rich concentrates for nutrition in extreme conditions using soybean and meat by-products / T. K. Kalenik [et al.] // Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria. – 2017. – Vol. 16 (3). – P. 255–268. DOI: 10.17306/J.AFS.0501.
5. Сергиенко, И. В. Инновационно-технологические решения в создании функциональных продуктов питания / И. В. Сергиенко, А. Е. Куцова, С. В. Куцов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2015. – № 2. – С. 126–129. DOI: 10.20914/2310-1202-2015-2-126-129.
6. Оттавей, П. Б. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база / П. Б. Оттавей ; пер. с англ. И. С. Горожанкиной. – СПб. : Профессия. – 2010. – 312 с.
7. Скрипко, О. В. Технологические подходы к приготовлению функциональных белково-витаминных продуктов на основе сои / О. В. Скрипко // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 6. – С. 84–92.

8. Physicochemical kinetics of the production of concentrated forms of polycomponent systems / S. M. Dotsenko [et al.] // Theoretical foundations of chemical engineering. – 2015. – Vol. 49, № 4. – P. 427–435. DOI: 10.1134/S0040579515040260.
9. Скрипко, О. В. Разработка технологии функциональных продуктов питания на основе сои и папоротника / О. В. Скрипко, О. В. Литвиненко, О. В. Покотило // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 6. – С. 96–103.
10. Сучков, А. В. Влияние янтарной кислоты и ее солей на физическую работоспособность : автореф. дис. ... канд. мед. наук / А. В. Сучков. – М., 1989. – 24 с.
11. Скрипко, О. В. Использование сои и папоротника орляк в технологии закусочных продуктов для общественного питания / О. В. Скрипко, Е. С. Стасенко, О. В. Покотило // Современные технологии производства и переработки сельскохозяйственных культур: сборник научных статей по материалам научно-практической конференции (с международным участием), посвященной 105-летию со дня рождения селекционера, заслуженного агронома РФ, ветерана труда Т. П. Рязанцевой (5–6 сент. 2017 г.). – Благовещенск : Типография. – С. 200–206.
12. Разработка научно-обоснованных рецептур пищевых концентратов повышенной биологической ценности / И. А. Бугаец [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 1. – С. 102–103.
13. Обоснование уровня обогащения пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В. М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания. – 2010. – № 1. – С. 23.
14. Fuller, M. Determination of protein and amino acid digestibility in food including implications of gut microbial amino acid synthesis / M. Fuller // British Journal of Nutrition. – 2012. – Vol. 108. – P. 238–246. DOI: 10.1017/S0007114512002279.
15. Справочник технолога пищеконцентратного производства / В. Н. Гуляев [и др.]. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 488 с.
16. Методология оценки сбалансированности аминокислотного состава многокомпонентных пищевых продуктов / П. А. Лисин [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (11). – С. 53–58.
17. Вытовтов, А. А. Теоретические и практические основы органолептического анализа продуктов питания / А. А. Вытовтов. – СПб. : ГИОРД, 2010. – 232 с.
18. Заворохина, Н. В. Потенциал дескрипторно-профильного метода дегустационного анализа / Н. В. Заворохина, О. В. Чугунова // Вестник ЮУрГУ. – 2014. – Т. 2, № 2. – С. 58–62.
19. Матисон, В. А. Применение дескрипторно-профильного метода для оценки качества продуктов питания / В. А. Матисон, Н. И. Арутюнова, Е. Д. Горячева // Пищевая промышленность. – 2015. – № 6. – С. 52–54.

References

1. Vanshin V.V. *Tekhnologiya pishchekoncentratnogo proizvodstva* [Technology of food-concentrates production]. Orenburg: OGU Publ., 2012. 180 p.
2. Dobrovolskiy V.F., Shal'nova I.D. Prioritetnye napravleniya nauchnykh issledovaniy po proizvodstvu pishchevykh kontsentratov i produktov spetsial'nogo naznacheniya [Priority directions of scientific research on the production of food concentrates and special-purpose products]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of farm products], 2004, no. 8, pp. 8–10.
3. Barbosa-Cánovas G.V., Tapia M.S., Pilar Cano M. eds. *Novel Food Processing Technologies*. Boca Raton: CRC Press, 2005. 720 p.
4. Kalenik T.K., Costa R., Motkina E.V., et al. Technological development of protein-rich concentrates using soybean and meat by-products for nutrition in extreme conditions. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 2017, vol. 16(3), pp. 255–268. DOI: 10.17306/J.AFS.0501.
5. Sergiyenko I.V., Kutsova A.Ye., Kutsov S.V. Innovatsionno-tehnologicheskiye resheniya v sozdaniyu funktsional'nykh produktov pitaniya [Innovative technological solutions in the creation of functional food products]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* [Proceeding of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2015, no. 2, pp. 126–129. DOI: 10.20914/2310-1202-2015-2-126-129.
6. Ottaway P.B. *Food fortification and supplementation. Technological, safety and regulatory aspects*. Woodhead Publishing, Sawston, Cambridge, 2008. 296 p. (Russ. ed.: Gorozhankina I.S. *Obogashchenie pishchevykh produktov i biologicheski aktivnye dobavki: tekhnologiya, bezopasnost' i normativnaya baza*. St. Petersburg, Professiya Publ., 2010. 312 p.).
7. Skripko O.V. Tekhnologicheskie podkhody k prigotovleniyu funktsional'nykh belkovo-vitaminnykh produktov na osnove soi [Technological approaches to preparation of functional protein and vitamin products based on soybean]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2017, no. 6, pp. 84–92.
8. Dotsenko S.M., Skripko O.V., Kalenik T.K., Medvedeva E.V. Physicochemical kinetics of the production of concentrated forms of polycomponent systems. *Theoretical foundations of chemical engineering*. 2015, vol. 49, no. 4, pp. 427–435. DOI: 10.1134/S0040579515040260.
9. Skripko O.V., Litvinenko O.V., Pokotilo O.V. Razrabotka tekhnologii funktsional'nykh produktov pitaniya na osnove soi i paporotnika [The development of technology of functional food products based on soybean and fern]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of KrasGAU], 2017, no. 6, pp. 96–103.
10. Suchkov A.V. *Vliyaniye yantarnoy kisloty i yeye solej na fizicheskuyu rabotosposobnost'*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Influence of succinic acid and its salts on physical working capacity. Cand. eng. sci. thesis]. Moscow, 1989. 24 p.
11. Skripko O.V., Statsenko E.S., Pokotilo O.V. Ispol'zovanie soi i paporotnika orlyak v tekhnologii zakusochnykh produktov dlya obshchestvennogo pitaniya [The use of soybean and bracken (*Pteridium aquilinum*) in snack foods technology for public catering]. *Sovremennye tekhnologii proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: Sbornik nauchnykh statey po materialam nauchno-prakticheskoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem), posvyashchennyi 105-letiyu so dnya rozhdeniya selekcionera, zasluzhennogo agronoma RF, veterana truda T.P. Ryazantsevoy* [Modern technologies of production and processing of agricultural crops: Collection of scientific articles on materials of the research and practice conference (with international

participation), dedicated to the 105th anniversary of the birth of the Breeder, Honored Agronomist of the Russian Federation, Veteran of Labor T.P. Ryazantseva]. Blagoveshchensk, 2017, pp. 200–206.

12. Bugayets I.A., Tamova M.Yu., Bugayets N.A. Razrabotka nauchno-obosnovannykh retseptur pishchevykh kontsentratorov povyshennoy biologicheskoy tsennosti [Development of scientifically grounded formulations of food concentrates with enhanced biological value]. *Izvestia vuzov. Pishevaya tekhnologiya* [News institutes of higher Education. Food technology], 2007, no. 1, pp. 102–103.

13. Kodentsova V.M., Vrzesinskaya O.A., Sukhanov V.B., Shatnyuk L.I. Obosnovaniye urovnya obogashcheniya pishchevykh produktov vitaminami i mineral'nymi veshchestvami [Substantiation of the level of enrichment of food products with vitamins and minerals]. *Voprosy pitanija* [Nutrition Problems], 2010, no. 1, p. 23.

14. Fuller M. Determination of protein and amino acid digestibility in food including implications of gut microbial amino acid synthesis. *British Journal of Nutrition*, 2015, vol. 108, pp. 238–246. DOI: 10.1017/S0007114512002279.

15. Gulyaev V.N. *Spravochnik tekhnologa pishchekontsentratnogo proizvodstva* [The reference book of the technologist of food-concentrates production]. Moscow: Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1984. 488 p.

16. Lisin P.A., Musina O.N. Metodologiya otsenki sbalansirovannosti aminokislotnogo sostava mnogokomponentnykh pishchevykh produktov [Methodology for evaluation the balance of the amino-acid composition of multi-component foodstuffs]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Omsk State Agrarian University], 2013, no. 3(11), pp. 53–58.

17. Vytovtov A.A. *Teoreticheskiye i prakticheskiye osnovy organolepticheskogo analiza produktov pitanija* [Theoretical and practical principles of organoleptic analysis of food products]. St. Petersburg: GIORD Publ., 2010. 232 p.

18. Zavorokhina N.V., Chugunova O.V. Potentsial deskriptorno-profil'nogo metoda degustatsionnogo analiza [Potential descriptor-profile method of tasting analysis]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Herald South Ural State University], 2014, vol. 2, no. 2, pp. 58–62.

19. Matison V.A., Arutyunova N.I., Goryacheva Ye.D. Primeneniye deskriptorno-profil'nogo metoda dlya otsenki kachestva produktov pitanija [Application descriptor-profile method for assessing the quality of food]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Processing Industry], 2015, no. 6, pp. 52–54.

Скрипко Ольга Валерьевна

д-р техн. наук, доцент, заведующая лабораторией технологии переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», 675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19, тел.: +7 (4162) 37-30-05, e-mail: oskripko@rambler.ru

Стасенко Екатерина Сергеевна

канд. техн. наук, доцент, научный сотрудник лаборатории технологии переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», 675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19, тел.: +7 (4162) 36-94-50, e-mail: ekasta79@gmail.com

Покотило Олеся Владимировна

младший научный сотрудник лаборатории технологии переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», 675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19, тел.: +7 (4162) 36-94-50, e-mail:pokotilo.olesya@mail.ru

Olga V. Skripko

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Laboratory of Technology for Processing of Agricultural Products, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, 19, Ignatevskoe shosse, Blagoveshchensk, 675027, Russia, phone: +7 (4162) 37-30-05, e-mail: oskripko@rambler.ru

Ekaterina S. Statsenko

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Researcher of the Laboratory of Technology for Processing of Agricultural Products, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, 19, Ignatevskoe shosse, Blagoveshchensk, 675027, Russia, phone: +7 (4162) 36-94-50, e-mail: ekasta79@gmail.com

Olesya V. Pokotilo

Junior Researcher of the Laboratory of Technology for Processing of Agricultural Products, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, 19, Ignatevskoe shosse, Blagoveshchensk, 675027, Russia, phone: +7 (4162) 36-94-50, e-mail:pokotilo.olesya@mail.ru



DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-132-142
УДК 005:664

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ПИЩЕВОМ ПРЕДПРИЯТИИ

**Е. С. Вайскробова^{1,*}, Н. И. Барышникова¹, И. Ю. Резниченко²,
Л. Е. Покрамович¹**

¹ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г. И. Носова»,
455000, Россия, г. Магнитогорск, пр-т Ленина, 38

²ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: v_zhenya@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 07.12.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Е. С. Вайскробова, Н. И. Барышникова,
И. Ю. Резниченко, Л. Е. Покрамович, 2018

Аннотация. Тенденции современного развития пищевой отрасли, в том числе производства мясных продуктов, связаны с обязательным улучшением и совершенствованием технологий производства и внедрением эффективных систем менеджмента, которые базируются на комплексных подходах к управлению рисками. Большое значение приобретает разработка и применение таких систем, которые гарантировали бы необходимую и стабильную безопасность продукции для потребителя, а также их качество. В связи с этим актуальна необходимость создания модели интегрированной системы управления, базирующейся на стандартах системы менеджмента качества (СМК) и системы менеджмента безопасности пищевой продукции (СМБПП). Авторами проведен сравнительный анализ требований интегрируемых стандартов. На основании данного анализа и экспертной оценки установлены 10 областей интегрирования, в результате чего разработана матрица требований к элементам интегрированной системы. Проведены исследования по мониторингу рисков, научно обоснованы потенциальные источники возникновения опасных факторов, выявлены неприемлемые риски, установлены критические контрольные точки и разработан план СМБПП для управления в данных точках. Установлены закономерности влияния этапов петли качества на показатели качества и безопасности, идентифицированы и структурированы процессы на базе нотации IDEF0, построены по блокам схемы взаимодействия процессов, устанавливающие направления материальных и информационных потоков и отражающие взаимодействия процессов. Разработана модель интегрированной системы и определены информационные требования для ее функционирования. Для предприятия применена методика оценки результативности такой системы на основе критериев самооценки. Показаны преимущества от усовершенствования и внедрения интегрированной системы на предприятии г. Саранска (Республика Мордовия).

Ключевые слова. Качество, безопасность, система менеджмента качества, система менеджмента безопасности пищевой продукции, интегрированная система управления качеством и безопасностью

Для цитирования: Разработка интегрированной системы управления на пищевом предприятии / Е. С. Вайскробова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 132–142. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-132-142.

DEVELOPMENT OF THE INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM IN FOOD PRODUCTION COMPANY

E.S. Vayskrobova^{1,*}, N.I. Baryshnikova¹, I.Yu. Reznichenko², L.E. Pokramovich¹

¹Nosov Magnitogorsk State Technical University
38, Lenina Ave., Magnitogorsk, 455000, Russia

²Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: v_zhenya@mail.ru

Received: 07.12.2017

Accepted: 16.03.2018

© E.S. Vayskrobova, N.I. Baryshnikova,
I.Yu. Reznichenko, L.E. Pokramovich, 2018

Abstract. Modern tendencies in food industry development (including meat products processing) are connected with compulsory advance and improvement in production techniques as well as implementation of effective management systems which stem from

the integrated approach to risk management. The development and implementation of the systems which would guarantee required and stable safety of products for consumers are very important as well as their quality. For that reason it is essential to develop the models of integrated management system which will be based on the quality management system (QMS) and food safety management system standards. The authors performed comparative analysis of the requirements of the integrated standards. As a result of the analysis and expert evaluation they determined ten areas of integration, developed the matrix of requirements for the elements of the integrated system. The authors studied the risks, gave scientific evidence concerning the occurrence of potential hazards, determined unacceptable risks, pointed out critical control points and developed food safety management system plan for management in these points. They also determined the regularities in the influence of the quality loop stages on the quality and safety parameters, identified and structured the processes using IDEF0 function modeling methodology, made the blocks of graphs that show the interaction of processes determining the directions of information and product flows and reflecting the interaction of processes. The authors developed an integrated system model and determined the information requirements for its functioning. They used the procedure of the system performance assessment in a company using self-assessment criteria. The authors showed the advantages of the implementation and improvement of the integrated system in the company located in Saransk, the Republic of Mordovia.

Keywords. Quality, safety, quality management system, food safety management system, integrated quality and safety management system

For citation: Vayskrobova E.S., Baryshnikova N.I., Reznichenko I.Yu., Pokramovich L.E. Development of the Integrated Management System in Food Production Company. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 132–142 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-132-142.

Введение

Потребительский рынок пищевой продукции является важнейшей составляющей современной экономики Российской Федерации и развивается согласно определенным государственным программам и Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ на период до 2020 года в рамках комплексного и системного подходов. Одним из главных направлений государственной научно-технической политики в области здорового общества является обеспечение населения безопасными и качественными продуктами [1].

В Российской Федерации сложилась и действует система нормативного и правового регулирования отношений в области обеспечения качества и безопасности пищевой продукции, которая основана на унификации и гармонизации национальных норм безопасности пищевой продукции с международными документами и исполнением обязательств Российской Федерации как члена ВТО и ЕАЭС.

Несовершенство правовых и организационных механизмов в отношении качества и безопасности пищевой продукции, отсутствие контроля со стороны государственных малочисленных надзорных служб приводят к тому, что на российском потребительском рынке реализуются продукты, не отвечающие требованиям качества и безопасности, потребностям большинства населения, а также фальсифицированная пищевая продукция. Отсутствие единой информационной системы прослеживаемости качества и безопасности пищевой продукции на всех этапах и стадиях технологического цикла пищевой продукции усугубляет сложившуюся ситуацию [2].

Предприятиям как субъектам, отвечающим за качество и безопасность выпускаемой продукции, для обеспечения стабильной работы и развития необходимо производить высококачественную и безопасную продукцию для наиболее полного удовлетворения законодательных требований и потребительских предпочтений. В связи с этим все большую роль завоевывает внедрение систем менеджмента качества и менеджмента

безопасности, использование которых, при их грамотном ведении, гарантирует необходимое и стабильное качество и безопасность выпускаемой продукции для потребителя [2].

Согласно действующим нормативным и законодательным документам на предприятиях пищевой отрасли при осуществлении процессов производства (изготовления) пищевой продукции, связанных с требованиями безопасности такой продукции, изготовитель должен разработать, внедрить и поддерживать процедуры, основанные на принципах ХАССП, что отражено в положениях Технического регламента ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (ст. 10) с 15 февраля 2015 года, а также в отраслевых технических регламентах Евразийского экономического союза [3, 4, 6].

Представляя отдельно стандарты для системы менеджмента качества и системы безопасности продукта, предприятия могут добиться признания только для определенных аспектов их деятельности, создавая несогласованность в управлении различными объектами в пределах предприятия. Для согласования общего руководства в управлении на предприятии необходимо внедрять эти системы в объединенном виде, то есть интегрировать разрозненные мероприятия на всех стадиях петли качества. В результате создание интегрированных систем управления, базирующихся на стандартах СМК и СМБПП, является в настоящее время актуальной темой. Введение таких систем позволит предприятиям урегулировать требования для безопасности и качества продукции, управлять ими и удовлетворять законодательные и потребительские требования [2].

Проблеме создания интегрированных систем менеджмента качества и безопасности посвящено много исследований. Например, показана эффективность данной системы при производстве хлеба [9], на кондитерском предприятии [10], в молочной промышленности [11], при производстве игристых вин [12]. Авторами проанализирован комплексный подход к управлению рисками в интегрированной системе менеджмента качества и

безопасности пищевой продукции, показан эффективный механизм управления качеством пищевой продукции, который позволит организации оперативно реагировать на риски во внутренней и внешней среде, а также создать уверенность потребителей в том, что организация обеспечивает все необходимые условия для выпуска безопасного продукта [12–14, 19].

На основании вышесказанного определена цель настоящей работы – разработать интегрированную систему управления качеством и безопасностью для предприятий пищевой отрасли путем интеграции требований стандартов ИСО 9001 и СМБПП на основе процессного подхода.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования в работе являлись: аддитивная модель интегрированной системы, функционирующая на мясоперерабатывающем предприятии г. Саранска (Республика Мордовия); процесс производства сырокопченых колбас; элементы системы менеджмента безопасности пищевой продукции (СМБПП) и системы менеджмента качества (СМК).

В качестве инструментов при выполнении работы использовали: информационную базу международных и российских нормативных и законодательных актов, ГОСТ Р ИСО 9001 «Система менеджмента качества. Требования», ГОСТ Р ИСО 22000 «Система менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции», ГОСТ Р 51705.1 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования», отраслевые нормативные и методические документы, а также теоретические и практические аспекты управления деятельностью предприятия.

В работе использованы следующие методы: метод экспертной балльной оценки для оценки вероятности и тяжести выявленных опасных факторов при производстве сырокопченых колбас; нотация IDEF0, методы математической статистики, статистические методы анализа [2, 18].

Результаты и их обсуждение

На начальном этапе для разработки интегрированной системы управления качеством и безопасностью (ИСУКиБ) был проведен сопоставительный анализ требований объединяемых стандартов с целью установления областей совмещения СМК по ГОСТ Р ИСО 9001 и СМБПП, которая в настоящее время представлена двумя стандартами: ГОСТ Р ИСО 22000 и ГОСТ Р 51705.1.

Анализ структуры стандартов ИСО 9001, ГОСТ Р 51705.1 и ИСО 22000 позволил установить их близость и совместимость. В дальнейшем с целью выявления похожих элементов и отличий в требованиях этих стандартов было проведено детальное рассмотрение степени соответствия ИСО 9001 и ГОСТ Р 51705.1, а также ИСО 9001 и ИСО 22000.

Для определения степени соответствия требований этих стандартов использовали экспертный метод, который позволил определить соответствие каждого пункта рассматриваемых нормативных документов. Так, определялось соответствие каждого пункта ГОСТ Р 51705.1 и ИСО 22000 пункту ИСО 9001. Для этого была создана квалифицированная группа, состоящая из семи человек. В состав данной группы вошли специалисты из органов по сертификации г. Магнитогорска, г. Челябинска и г. Москвы, специалисты предприятий пищевой отрасли г. Саранска и г. Магнитогорска, а также представители университетов г. Магнитогорска, г. Челябинска и г. Москвы.

Каждый участник квалифицированной группы выставлял собственную оценку по балльной шкале от 0,1 до 1,0. Высшая балльная оценка выставлялась за полностью схожие и наиболее близкие пункты стандартов. Окончательная оценка соответствия была получена в результате сбора и обработки данных, представленных всеми членами группы. Для определения степени согласованности оценок членов группы необходимо было определить коэффициент вариации, который составил 4–22 %. Это означает, что изменчивость незначительна, а информация однородна. Для визуального представления сходств и различий в этих стандартах были построены круговые диаграммы (рис. 1, 2), по которым можно увидеть, что они совместимы и на их базе возможно построение ИСУКиБ [5–7].

Подтверждение соответствия процессов, характеризующихся наиболее эффективной управляемостью, является обязательным условием разработки системы качества и безопасности.

Мясоперерабатывающее предприятие г. Саранска выпускает большой ассортимент мясопродукции, в том числе сырокопченые колбасы. Для разработки ИСУКиБ сырокопченых колбас нами проведен анализ технологического (жизненного) цикла данного объекта. При выделении и описании данного цикла была использована нотация IDEF0.

В результате установлены факторы, формирующие качество и безопасность продукции, и выявлен ряд факторов, оказывающих влияние на эффективное функционирование системы на мясоперерабатывающем предприятии. Выявлено, что наряду с техпроцессами необходимо рассматривать процесс управления оборудованием, так как деятельность технических служб непосредственно воздействует на качество и безопасность готовой продукции. Посредством проведенного анализа определили, что основу обеспечения качества и безопасности продукции составляют восемь процессов: маркетинговые исследования рынка и заключение контрактов, планирование и управление производством, проектирование и разработка продукции, закупки сырья и материалов, производство, управление оборудованием, мониторинг процессов и продукции, реализация готовой продукции [2].

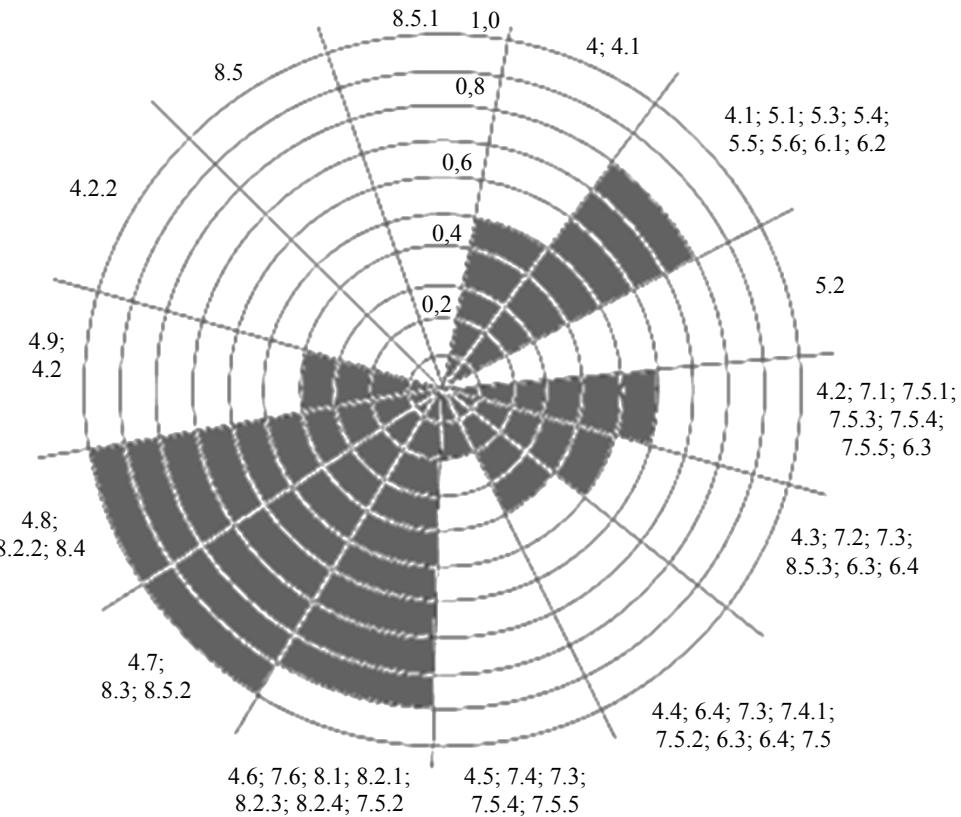


Рисунок 1 – Круговая диаграмма сходств и различий ГОСТ Р 51705.1 и ИСО 9001

Figure 1 – Circular graph showing the similarities and differences between GOST R 51705.1 and ISO 9001

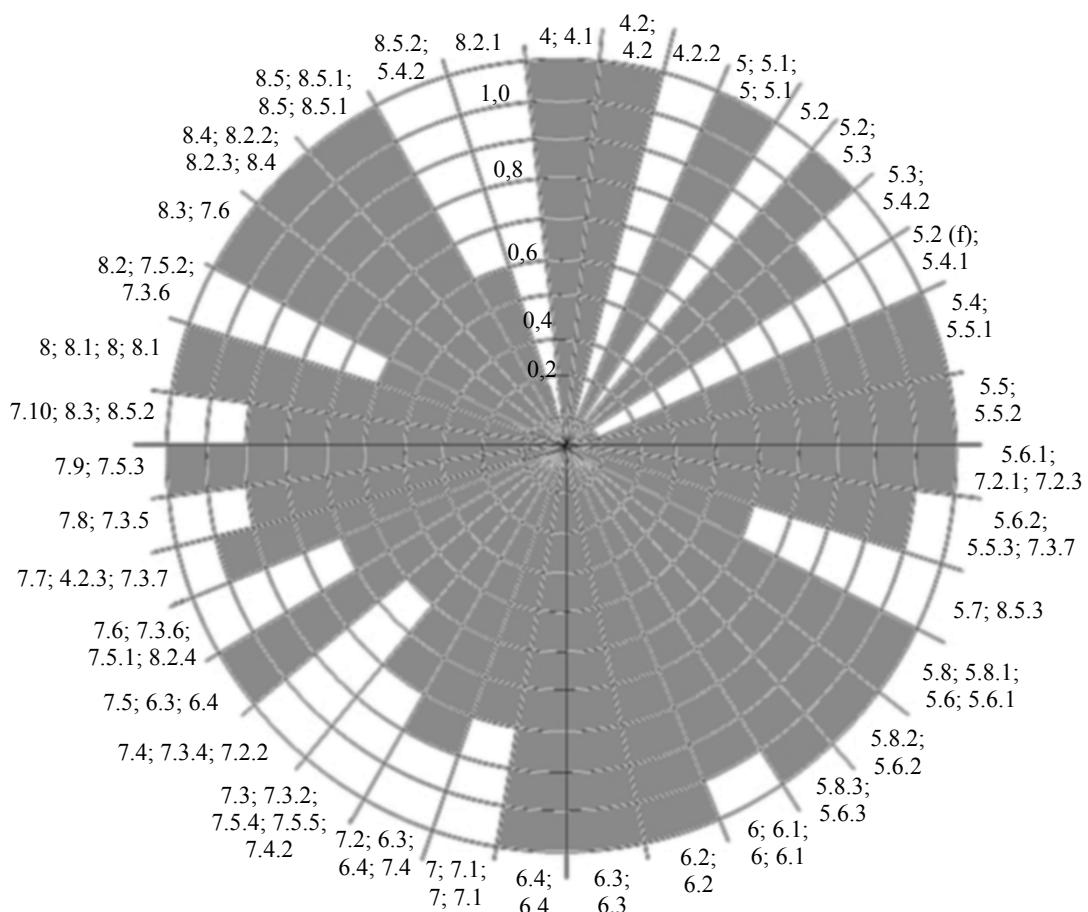


Рисунок 2 – Круговая диаграмма сходств и различий ИСО 22000 и ИСО 9001

Figure 2 – Circular graph showing the similarities and differences between ISO 22000 and ISO 9001

В дальнейшем для построения системы необходимо было выявить и охарактеризовать риски биологического, химического и физического происхождения, которые характерны для производства сырокопченой колбасы, а также процедуры их контроля.

Экспертным путем осуществлена оценка выявленных рисков с точки зрения тяжести последствий и вероятности их реализации, на основе чего были определены неприемлемые риски. В качестве примера в табл. 1 приведен фрагмент оценки опасных факторов, влияющих на безопасность сырокопченых колбас [8, 15–17, 20].

На основе систематизации опасных факторов и выявленных неприемлемых рисков с применением метода «дерева принятия решений» установлены критические контрольные точки (ККТ). В результате нами было выявлено три ККТ в технологическом процессе как факторе, формирующем качество и безопасность готовой продукции: внесение раствора нитрита натрия, копчение и сушка (табл. 2).

Для каждой ККТ назначены критические пределы, а также процедуры их контроля, корректирующие действия, процедуры верификации и формы записей, которые были представлены в виде плана СМБПП, фрагмент которого приведен в табл. 3 [2].

Таблица 1 – Анализ опасных факторов при производстве сырокопченых колбас

Table 1 – Hazards analysis at uncooked smoked sausage production

Этап процесса	Потенциальная опасность	Описание опасности	Превентивные меры для предотвращения опасности	Оценка риска / является ли потенциальная опасность значительной
Осадка и созревание	биологическая: дрожжи, плесени, БГКП, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, <i>S. aureus</i>	присутствие патогенных микроорганизмов в готовом продукте может вызвать кишечные болезни	поддержание и контроль влажности, расстояния между батонами, температурных и временных режимов	5 / да
	химическая	не привносит опасностей при функционировании ППОПМ		
	физическая	не привносит опасностей при функционировании ППОПМ		

Таблица 2 – Определение критических контрольных точек при производстве сырокопченых колбас

Table 2 – Determination of critical control points at uncooked smoked sausage production

Наименование компонента или этапа	Определение критических контрольных точек					
	Опасные факторы	вопрос 1	вопрос 2	вопрос 3	вопрос 4	ККТ или меры предупреждения
Внесение раствора нитрита натрия	химические	да	нет	да	нет	ККТ 1
	физические	да	нет	да	нет	ППОПМ
Копчение	химические	да	да	–	–	ККТ 2
Сушка	биологические	да	да	–	–	ККТ 3

Таблица 3 – План СМБПП
Table 3 – Food safety management systems plan

ККТ 1 – Внесение раствора нитрита натрия	ККТ	Опасные факторы	Критические пределы	Процедуры мониторинга		Выявление причин несоответствия и их устранение; контроль продукта, его забраковка (при необходимости), изолирование и утилизация; дополнительное обучение персонала	Коррекция, корректирующие действия	Проверка записей в журналах; подтверждение правильности использования Несоответствующей продукции; проведение внутренних аудитов; тестирование компетентности персонала	Процедуры верификации	Записи ХАССП
				что измеряют	каким образом					
Чрезмерная дозировка по рецептуре	Чрезмерная дозировка	количество	мерная круглышка	на каждую партию	составитель фарша					

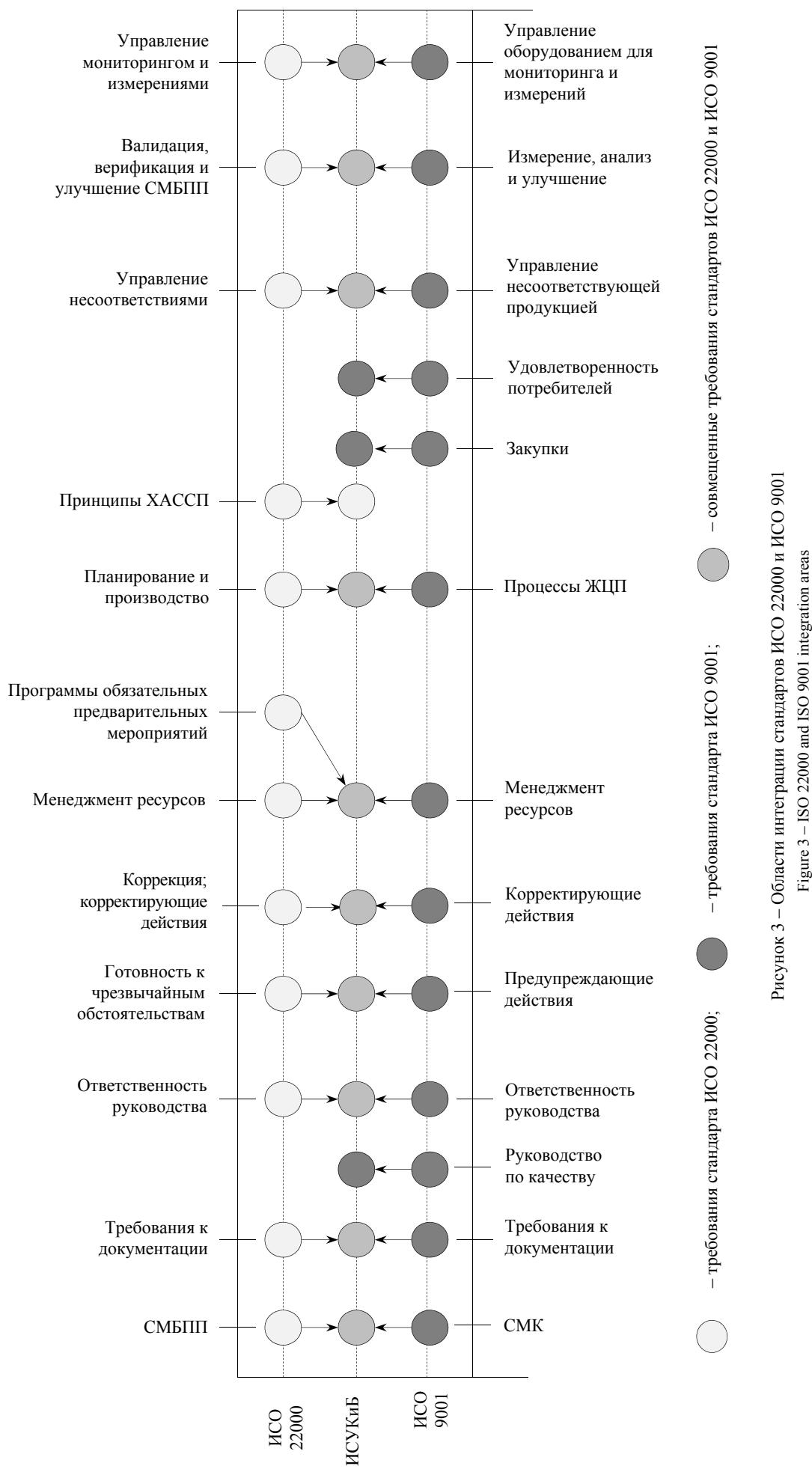


Рисунок 3 – Области интеграции стандартов ИСО 22000 и ИСО 9001
Figure 3 – ISO 22000 and ISO 9001 integration areas

На следующем этапе исследований на основе стандартов ИСО 9001 и ИСО 22000 была сформирована модель ИСУКиБ. Данная модель основывается на процессном подходе, позволяющем гарантировать необходимые параметры качества и безопасности продукции. Подобным образом предприятия смогут объединять и другие стандарты, в нашем случае это ИСО 9001 и ГОСТ Р 51705.1.

Начальный этап формирования модели ИСУКиБ предполагает установление ее элементов. Для разработки элементов определены области объединения вышеуказанных стандартов, которых оказалось 10 (рис. 3). В результате для процесса объединения элементов был использован принцип совмещения, то есть к элементам стандарта ИСО 9001 добавлялись схожие элементы стандарта ИСО 22000, а те элементы, которые оказались специфическими для этих стандартов, полностью включались в состав элементов интегрированной системы.

Далее на основе выявленных элементов ИСУКиБ был выделен состав процессов, на базе которых разработана модель ИСУКиБ, реализующая цикл непрерывного улучшения (рис. 4). Модель имеет практическое значение и позволяет определить границы базовых процессов, установить взаимосвязи процессов ИСУКиБ и взаимосвязи между подразделениями предприятия, то есть обеспечить эффективный обмен информацией как внутри предприятия, так и с внешними организациями.

На базе созданной процессной модели ИСУКиБ выполнено структурирование процессов с применением нотации IDEF0. В результате модель связывает управляемые, обеспечивающие и базовые процессы, которые объединены по блок-схемам, и указывает взаимодействия данных процессов. В модели указаны направления потоков ресурсов и документации и отражена зависимость функционирования каждого процесса друг от друга. Для определения владельцев процессов в дальнейшем разработана матрица ответственности, в которой определена роль руководства предприятия при обеспечении систематического контроля и анализа ИСУКиБ.

Для оценки результативности, соответствия и вероятности для улучшений предложенной модели разработана методика оценки ее результативности. Методика предполагает балльную оценку восьми критериев: лидерство, политика и цели, взаимодействие персонала, обеспечение ресурсами, управление процессами, удовлетворенность внутренних потребителей (для ИСУКиБ – удовлетворенность внешних потребителей), удовлетворенность внутренних потребителей работой, результативность и эффективность процессов, воздействие предприятия на общество (оценивается только для ИСУКиБ). В рамках этой методики предложен алгоритм оценки результативности (рис. 5), основой которого явилась самооценка функционирования владельцами процессов.

Для каждого выявленного процесса в подразделениях заполняется опросник по восьми

критериям. В каждом блоке (критерии) анкеты содержится пять вопросов, на которые предполагается пять вариантов ответа, при этом каждому варианту ответа в опроснике присваивается соответствующий коэффициент.

Данная методика обеспечивает удобный в применении и общедоступный способ установления уровня развития ИСУКиБ предприятия и определения главных секторов для улучшения [2].

Апробация разработанной и усовершенствованной методики на мясоперерабатывающем предприятии г. Саранска показала, что она имеет практическую значимость.

На базе разработанной модели ИСУКиБ нами было проведено усовершенствование аддитивной модели на предприятии, которое позволило создать полностью интегрированную систему:

- переработана часть базовых, обеспечивающих и управляемых процессов, в результате чего разработана новая организационная структура предприятия, матрица ответственности, матрица взаимодействия процессов, новые структуры управления процессами, которые показывают их последовательность и взаимодействие с привязкой к структурным подразделениям предприятия, а также входные и выходные данные процессов;
- разработано и внедрено Руководство по качеству и безопасности;
- проведена актуализация документации предприятия;
- предложена новая структура обозначения документации в соответствии с основополагающими требованиями внешней документации.

Проведенные в период с 2008–2010 гг. мероприятия показали, что внедренная система ИСУКиБ гармонично сочетает в себе требования разработанных на предприятии СМК и СМБПП и является эффективной. Установлены следующие преимущества от внедрения системы:

- возможность осуществлять совместное и четкое управление качеством и безопасностью продукции, а также выполнять законодательные и потребительские требования;
- за счет четкого разграничения ответственности персонала улучшилось управление системой в целом;
- за счет отлаженных информационных потоков удалось своевременно реагировать на возникающие несоответствия;
- за счет объединения систем число документации сократилось на 16 %;
- за счет четкого управления системой и отлаженных информационных потоков долю несоответствий удалось снизить до 0 % в 2010 г.;
- за счет четкого управления безопасностью и введения программ обязательных мероприятий показатели санитарно-гигиенического состояния помещений улучшились на 11,3 %;
- за счет эффективных предупреждающих и корректирующих действий количество претензий от потребителей сократилось на 91 %.

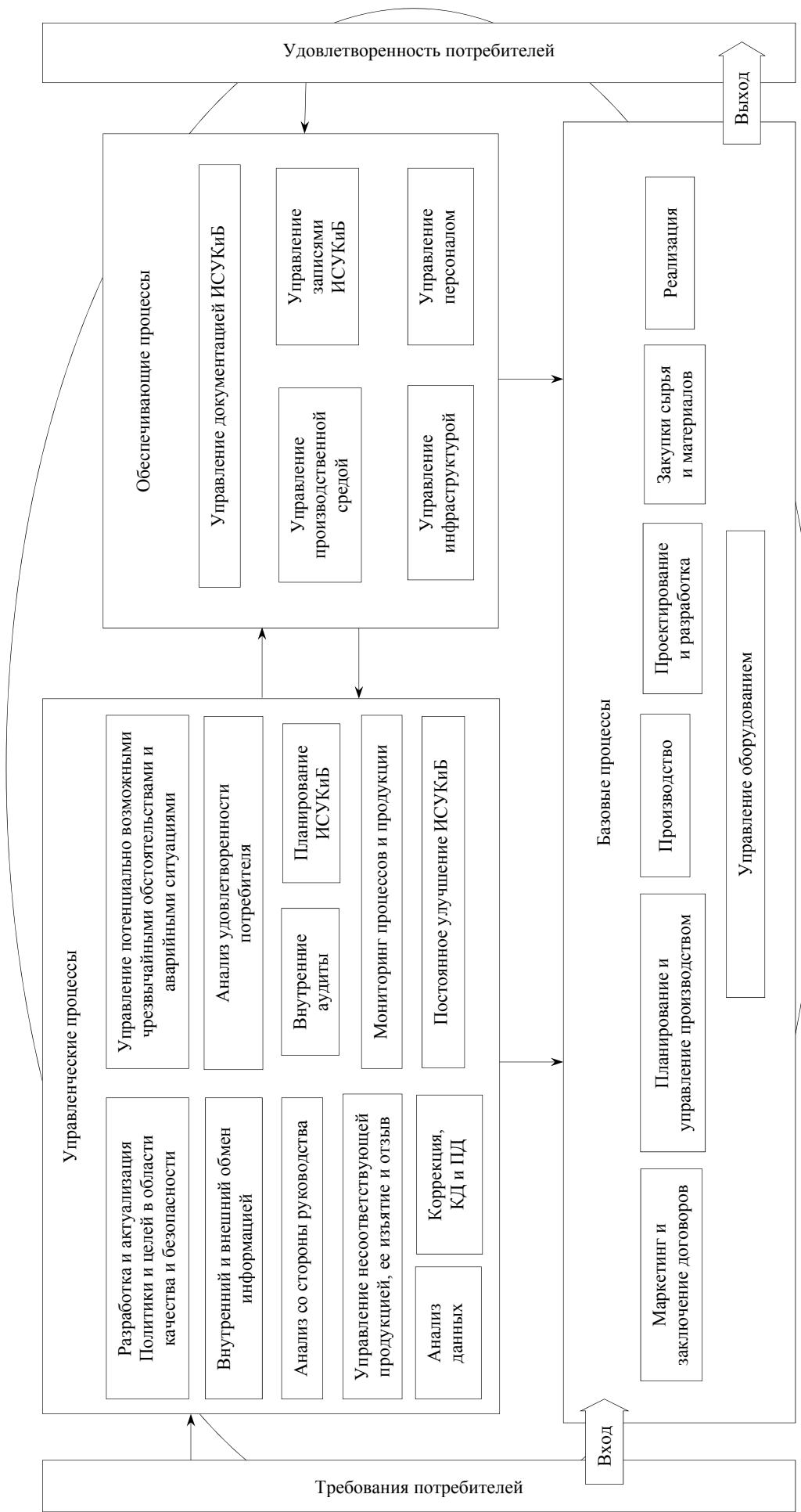


Рисунок 4 – Модель ИСУКиБ
Figure 4 – Integrated quality and safety management system (IQSMS) model

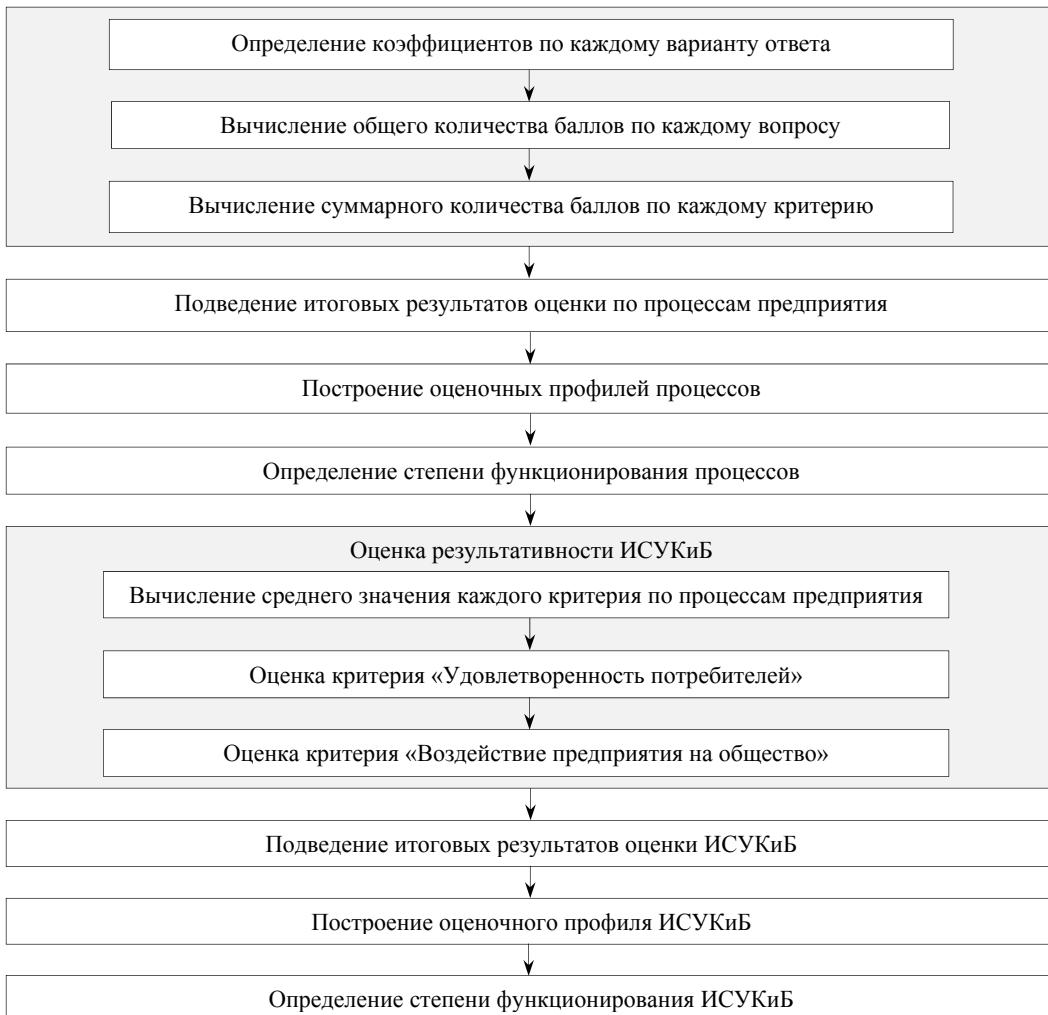


Рисунок 5 – Алгоритм оценки результативности процессов ИСУКиБ

Figure 5 – Assessment algorithm for IQSMS processes efficiency

Вводы

Исходя из результатов проведенных исследований можно сделать выводы об эффективности внедрения ИСУКиБ на предприятии за счет ряда преимуществ: оптимизирования и систематизации своей деятельности, четкого прослеживания и прозрачности предприятия,

снижения материальных ресурсов и несоответствия продукции, повышения качества и безопасности выпускаемой продукции, улучшения санитарно-гигиенического состояния предприятия, повышения удовлетворенности потребителей и, как следствие, повышения конкурентоспособности продукции и предприятия в целом.

Список литературы

- Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года : Распоряжение Правительства РФ от 17.04.2012 № 559-р. – Собрание законодательства РФ. – 2012. – № 18. – Ст. 2246.
- Вайскробова, Е. С. Разработка интегрированной системы управления качеством и безопасностью сыропокченых колбас : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.02.23 / Вайскробова Евгения Сергеевна. – Магнитогорск, 2011. – 23 с.
- ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 дек. 2011 г. № 880. – СПб. : ГИОРД, 2015. – 176 с.
- ТР ТС 034/2013. О безопасности мяса и мясной продукции. – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 окт. 2013 г. № 68. – 107 с.
- ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – М. : Стандартинформ, 2015. – 32 с.
- ГОСТ Р ИСО 22000-2007. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции. – М. : Стандартинформ, 2012. – 36 с.
- ГОСТ Р 51705.1-2001. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования. – М. : Стандартинформ, 2009. – 12 с.
- ГОСТ 33182-2014. Промышленность мясная. Порядок разработки системы ХАССП на предприятиях мясной промышленности. – М. : Стандартинформ, 2015. – 13 с.

9. Барышникова, Н. И. Разработка программ предварительных мероприятий при производстве хлеба в соответствии с системой менеджмента безопасности пищевой продукции / Н. И. Барышникова, Е. С. Вайскробова, И. Ю. Резниченко // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования : материалы 75-й международной научно-технической конференции. – Магнитогорск, 2017. – Т. 2. – С. 25–27.
10. Сурков, И. В. Разработка интегрированной системы менеджмента качества и безопасности на примере кондитерского предприятия / И. В. Сурков, Г. А. Гореликова, В. С. Биндюк // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 1 (36). – С. 112–117.
11. Чудакова, Е. А. ХАССП как системный подход к идентификации, оценке и контролю безопасности пищевых продуктов в молочной промышленности / Е. А. Чудакова, Е. И. Рыжков // Новые технологии. – 2015. – № 2. – С. 29–37
12. Обеспечение безопасности пищевых продуктов в рамках системы НАССП, контроль качества вырабатываемой продукции за период внедрения и применения системы НАССП (на примере ОАО «Минский завод игристых вин») / Н. В. Борушко [и др.] // Здоровье и окружающая среда. – 2011. – № 17. – С. 171–175.
13. Мамаев, С. В. Управление рисками в интегрированной системе менеджмента качества и безопасности пищевой продукции промышленного предприятия / С. В. Мамаев // Российская экономика в условиях новых вызовов современной эпохи : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения М. А. Валюгина – первого декана экономического факультета Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева. – Саранск, 2017. – С. 195–198.
14. Коптелова, Н. Б. Создание интегрированной системы менеджмента качества и безопасности на предприятии пищевой отрасли / Н. Б. Коптелова // Перспективное развитие науки, техники и технологий : материалы 3-й международной научно-практической конференции. – Курск, 2013. – С. 155–158.
15. Горбик, П. А. Система менеджмента качества на пищевом предприятии на основе принципов ХАССП. Рекомендации по внедрению / П. А. Горбик, С. Г. Комарова // Успехи в химии и химической технологии. – 2016. – Т. 30, № 2. – С. 22–23.
16. Иванов, Д. Качество – основа интегрированной системы менеджмента / Д. Иванов // Стандарты и качество. – 2014. – № 6 (924). – С. 64–66.
17. Дранкова, Н. А. ХАССП в современной ситуации, после вступления России в Таможенный союз и ВТО / Н. А. Дранкова, В. Ф. Сопин // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 6. – С. 233–236.
18. Merkushova, N. I. Efficiency of management systems, based on international standards / N. I. Merkushova, E. B. Gafforova // European Researches. – 2012. – № 3. – P. 279–286.
19. Lisitsyn, A. Research of methods of identification and quantitative content of prion protein in blood of animals and man / A. Lisitsyn, A. Prosekov, O. Kriger // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Т. 7, № 2. – P. 1723–1728.
20. Al-Kandari, D. Incorporating HACCP into national food control systems – analyzing progress in The United Arab Emirates / D. Al-Kandari, D. J. Jukes // Food Control. – 2011. – Vol. 22, № 6. – P. 851–861. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.10.013.

References

1. *Strategiya razvitiya pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda* [Food and Processing Industry Development Strategy in the Russian Federation up to 2020]. Russian Federation Government Decree. 17.04.2012, No. 559-r. Collection of Legislative Acts of the Russian Federation, 2012, No. 18, Clause 2246.
2. Vayskrobova E.S. *Razrabotka integrirovannoy sistemy upravleniya kachestvom i bezopasnost'yu syrokopchenykh kolbas. Avtoref. kand. tekhn. nauk* [Development of the Integrated System Combining Quality and Safety Management of Uncooked Smoked Sausage Production. Cand. eng. sci. thesis]. Magnitogorsk, 2011. 23 p.
3. TR TS 021/2011. *O bezopasnosti pishchevoy produktsii* [Technical Regulation of Customs Union 021/2011. On Food Safety]. Approved by the Decision of the Commission of the Customs Union on December, 9, 2011. No. 880. St. Petersburg: GIORD Publ., 2015. 176 p.
4. TR TS 034/2013. *O bezopasnosti myasa i myasnoy productsii* [Technical Regulation of Customs Union 034/2013. On Safety of Meat and Meat Products]. Approved by the Decision of the Commission of the Customs Union on October 9, 2013, No. 68, 107 p.
5. GOST R ISO 9001-2015. *Systemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya* [State Standard R ISO 9001-2015. Quality Management Systems. Requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 32 p.
6. GOST R ISO 22000-2007. *Systemy menedzhmenta bezopasnosti pishchevoy produktsii. Trebovaniya k organizatsiyam, uchastvuyushchim v tsepi sozdaniya pishchevoy produktsii* [State Standard R ISO 22000-2007. Food Safety Management Systems. Requirements for any Organizations in the Food Chain]. Moscow, Standartinform Publ., 2012. 36 p.
7. GOST R 51705.1-2001. *Sistemy kachestva. Upravleniye kachestvom pishchevykh produktov na osnove printsipov HACCP. Obshchiye trebovaniya* [State Standard R 51705.1-2001. Quality Systems. HACCP principles for Food Products Quality Management. General Requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 12 p.
8. GOST 33182-2014. *Promyshlennost' myasnaya. Poryadok razrabotki sistemy HACCP na predpriatiyakh myasnoy promyshlennosti* [State Standard 33182-2014. Meat Industry. Order of Development of HACCP System for Meat Industry]. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 13 p.
9. Baryshnikova N.I., Vaiskrobova E.S., Reznichenko, I.Yu. Razrabotka program predvaritel'nykh meropriyatiy pri proizvodstve khleba v sootvetstvii s sistemoy menedzhmenta bezopasnosti pishchevoy produktsii [Development of the Preliminary Activities Programs for Bread Production According to Food Safety Management System]. Materialy sem'desyat pyatoy mezdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii: "Aktual'nyye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya" [Proceedings of the 75th International Scientific Conference "Current Issues in Modern Science, Engineering and Technology"]. Magnitogorsk, 2017, vol. 2, pp. 25–27.
10. Surkov I.V., Gorelikova G.A., Bindyuk V.S. Razrabotka integrirovannoy sistemy menedzhmenta kachestva i bezopasnosti na primere konditerskogo predpriyatiya [Development of the Integrated System of Quality Management and Safety Assurance at the Confectionery Enterprise]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, no. 1(36), pp. 112–117.

11. Chudakova E.A., Ryzhkov E.I. HACCP kak sistemnyy podkhod k identifikatsii, otsenke i kontrolyu bezopasnosti pishchevykh produktov v molochnoy promyshlennosti [HACCP as a Comprehensive Approach to the Identification, Assessment and Control of Food Products in Diary Industry]. *Novye tekhnologii* [New Technologies], 2015, no. 2, pp. 29–37.
12. Borushko N.V. Obespecheniye bezopasnosti pishchevykh produktov v ramkakh sistemy HACCP, kontrol' kachestva vyrobaytyvaevoy produktsii za period vnedreniya i primeneniya sistemy HACCP (na primere OAO "Minskiy zavod igristykh vin") [Food Safety Ensuring as a Part of HACCP, Product Quality Control during HACCP System Introduction and Usage Stages] (Based on the Example of JSC "Minsk Sparkling Wines Factory"). *Zdorov'ye i okruzhayushchaya sreda* [Health and Environment], 2011, no. 17, pp. 171–175.
13. Mamayev S.V. Upravleniye riskami v integrirovannoy sisteme menedzhmenta kachestva i bezopasnosti pishchevoy produktsii promyshlennogo predpriyatiya [Risk Management in the Integrated Quality and Food Safety Management System in Food Production Company]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 95-letiyu M.V. Valyugina – pervogo dekana ekonomiceskogo fakul'teta Natsional'noissledovatel'skogo Mordovskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.P. Ogareva "Rossiyskaya ekonomika v usloviyah vyzovov sovremennoy epokhi"* [Proceedings of Russian Applied Research Conference, devoted to the 95th birthday of M.A. Velyugin, the first dean of the economic faculty of Ogarev Mordovia State University "Russian Economy and New Century Challenges"]. Saransk, 2017, pp. 195–198.
14. Koptelova N.B. Sozdaniye integrirovannoy sistemy menedzhmenta kachestva i bezopasnosti na predpriyatiy pishchevoy trasli [Development of Integrated Quality and Safety Management System for Food Industry Companies]. *Materialy tret'ey mezhunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Perspektivnoye razvitiye nayki, tekhniki i tekhnologiy"* [III International Applied Research Conference Proceedings "Science, Engineering and Technology Perspective Development"]. Kursk, 2013, pp. 155–158.
15. Gorbik P.A., Komarova S.G. Sistema menedzhmenta kachestva na pishchevom predpriyatiy na osnove printsipov KhASSP. Rekomendatsii po vnedreniyu [Quality Management System in Food Production Company Based on HACCP Principles. Implementation Considerations]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Advances in Chemistry and Chemical Technology Journal], 2016, vol. 30, no. 2, pp. 22–23.
16. Ivanov D. Kachestvo – osnova integrirovannoy sistemy menedzhmenta [Quality as a Base for Integrated Management System]. *Standarty i kachestvo* [Standards and Quality]. 2014, no. 6(924), pp. 64–66.
17. Drankova N.A., Sopin V.F. KhASSP v sovremennoy situatsii, posle vstupleniya Rossii v Tamozhenny soyuz i WTO [HACCP Nowadays after Russia Joined the Customs Union and WTO]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Kazan National Research Technological University Journal]. 2013, vol. 16, no. 6, pp. 233–236.
18. Merkushova N.I., Gafforova E.B. Efficiency of management systems, based on international standards. *European Researches*, 2012, no. 3, pp. 279–286.
19. Lisitsyn A. Prosekov A., Kriger O. Research of methods of identification and quantitative content of prion protein in blood of animals and man. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, vol. 7, no. 2, pp. 1723–1728.
20. Al-Kandari D., Jukes D.J. Incorporating HACCP into national food control systems – analyzing progress in the United Arab Emirates. *Food Control*, 2011, vol. 22, no. 6, pp. 851–861. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.10.013.

Вайскробова Евгения Сергеевна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры стандартизации, сертификации и технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», 455000, Россия, г. Магнитогорск, пр-т Ленина, 38, тел.: +7 (3519) 58-06-33, e-mail: ssitpp@mail.ru

Барышникова Надежда Ивановна

канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой стандартизации, сертификации и технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», 455000, Россия, г. Магнитогорск, пр-т Ленина, 38, тел.: +7 (3519) 58-06-33, e-mail: ssitpp@mail.ru

Резниченко Ирина Юрьевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой товароведения и управления качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: tovar-kemtipp@mail.ru

Покрамович Людмила Евгеньевна

старший преподаватель кафедры стандартизации, сертификации и технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», 455000, Россия, г. Магнитогорск, пр-т Ленина, 38, тел.: +7 (3519) 58-06-33, e-mail: ssitpp@mail.ru

Evgenia S. Vayskrobova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Standardization, Certification and Technology of Food Products, Nosov Magnitogorsk State Technical University, 38, Lenina Ave., Magnitogorsk, 455000, Russia, phone: +7 (3519) 58-06-33, e-mail: ssitpp@mail.ru

Nadezhda I. Baryshnikova

Cand.Sci.(Biol.), Associate Professor, Head of the Department of Standardization, Certification and Technology of Food Products, Nosov Magnitogorsk State Technical University, 38, Lenina Ave., Magnitogorsk, 455000, Russia, phone: +7 (3519) 58-06-33, e-mail: ssitpp@mail.ru

Irina Yu. Reznichenko

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Commodity and Quality Management, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: tovar-kemtipp@mail.ru

Lyudmila E. Pokramovich

Senior Lecturer, Chair of the Department of Standardization, Certification and Technology of Food Products, Nosov Magnitogorsk State Technical University, 38, Lenina Ave., Magnitogorsk, 455000, Russia, phone: +7 (3519) 58-06-33, e-mail: ssitpp@mail.ru



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕОЛИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ МОЛОКА ОТ ТОКСИКОЭЛЕМЕНТОВ

А. К. Какимов¹, Ж. Х. Какимова¹, И. А. Смирнова², Е. С. Жарыкбасов^{2,*}

¹РГП на ПХВ «Государственный университет им. Шакарима г. Семей», 071412, Казахстан, ВКО, г. Семей, ул. Глинки, 20а

²ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: erlan-0975@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 12.12.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© А. К. Какимов, Ж. Х. Какимова, И. А. Смирнова,
Е. С. Жарыкбасов, 2018

Аннотация. В статье представлены результаты по содержанию свинца и кадмия в молочном сырье, отобранном из семи населенных пунктов двух районов Семейского региона Восточно-Казахстанской области (Абайский, Аягозский районы). Обнаружено высокое содержание свинца (от 0,11 до 0,15 мг/л) в образцах молока, отобранных из населенных пунктов, наиболее близко расположенных к территории бывшего Семипалатинского ядерного полигона. Для понижения содержания токсичных элементов в молочном сырье разработан экспериментальный фильтрационный стенд с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области. Модуль природного цеолита $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ составляет 6,3 единицы, что определяет его как высокочистый клиноптилолит, высокоеффективный сорбционный ионообменный материал. В результате экспериментальных исследований установлено, что природный цеолит Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области проявляет сорбционные свойства по отношению к ионам кадмия и свинца. Применение цеолита в качестве сорбционно-фильтрующего материала способствует понижению содержания ионов кадмия и свинца в молоке в процессе фильтрации. К наиболее оптимальным технологическим режимам фильтрации молока, способствующим значительному изменению содержания исследуемых элементов, относятся: температура фильтрации 18–20 °C, частота оборотов насоса 300 об/мин, с фильтром экспериментального стенда, содержащим 200 г природного цеолита. Вместе с тем исследовано изменение органолептических и физико-химических показателей молока в процессе фильтрации. Установлено, что органолептические и физико-химические показатели в процессе фильтрации молока с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита не изменяются и соответствуют требованиям нормативных документов, регламентирующих показатели качества свежего молока. Наблюдается незначительное понижение титруемой кислотности молока.

Ключевые слова. Молоко, свинец, кадмий, природный цеолит, сорбционно-фильтрующий материал

Для цитирования: Перспективные направления применения цеолита для очистки молока от токсикоэлементов / А. К. Какимов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 143–149. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-143-149.

PROMISING AREAS OF ZEOLITE APPLICATION IN MILK PURIFICATION FROM TOXIC ELEMENTS

A.K. Kakimov¹, Zh.H. Kakimova¹, I.A. Smirnova², E.S. Zharykbasov^{2,*}

¹Shakarim State University of Semey
20a, Glinka Str., Semey, 071412, EKR, Kazakhstan

²Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University),
47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: erlan-0975@mail.ru

Received: 12.12.2017

Accepted: 16.03.2018

© A.K. Kakimov, Zh.H. Kakimova, I.A. Smirnova,
E.S. Zharykbasov, 2018

Abstract. The article reveals the data on lead and cadmium content in raw milk samples taken in seven areas located in two districts of Semey Territory of East Kazakhstan Region (Abay and Ayagoz Districts). The authors determined high content of lead (from 0.11 to 0.15 mg/l) in milk samples taken in the populated areas which are located closer to the territory of the former Semipalatinsk Nuclear Test Site. To reduce the content of toxic elements in raw milk the authors developed an experimental filtration unit using natural zeolite brought from Tarbagataysky deposit (East Kazakhstan Region) as sorption-filtering material. Natural zeolite module $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ consists of 6.3 units which characterizes it as a high-purity clinoptilolite, highly efficient sorption ion-exchange material. As a result of the experiments the authors determined that natural zeolite taken from Tarbagataysky deposit of East Kazakhstan Region shows sorption properties in relation to lead and cadmium ions. Zeolite application as a sorption-filtering material helps reduce cadmium and lead ion content in milk during filtration. The most suitable processing parameters of milk filtration which help change the content of the

considered elements significantly are the following: filtration temperature should be 18–20°C, pump rotation frequency – 300 rpm with filter of the experimental unit which consists of 200 g of natural zeolite. Besides, the authors studied the changes in organoleptic, physical and chemical properties of milk during filtration. The authors determined that organoleptic, physical and chemical properties during milk filtration using natural zeolite as a sorption-filtering material do not change and comply with the regulatory requirements which specify fresh milk quality parameters. Titratable acidity of milk reduces insufficiently.

Keywords. Milk, lead, cadmium, natural zeolite, sorption-filtering material

For citation: Kakimov A.K., Kakimova Zh.H., Smirnova I.A., Zharykbasov E.S. Promising Areas of Zeolite Application in Milk Purification from Toxic Elements. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 143–149 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-143-149.

Введение

Во всем мире обеспечение качества и безопасности пищевых продуктов является приоритетным направлением государственной политики развития аграрного сектора экономики. Среди многочисленных факторов, влияющих на качество и безопасность пищевых продуктов, одним из основных является экологическая чистота используемого сырья.

Исследованиями экологической безопасности сырья животного и растительного происхождения как одной из связующих цепочек в биогеохимической пищевой цепи занимаются многие ученые. Большое внимание при этом уделяется тяжелым металлам. Широкий спектр действия тяжелых металлов на организм человека определяет актуальность проблемы загрязнения окружающей среды данными ксенобиотиками [1].

Тяжелые металлы влияют практически на все системы организма, оказывая токсическое, аллергическое, канцерогенное и гонадотропное действие. Значительную опасность при хроническом воздействии, даже в небольших дозах, представляют такие тяжелые металлы, как свинец, кадмий, мышьяк и ртуть [2, 3]. Вместе с тем во многих исследованиях отмечается влияние экологического фактора на ухудшение технологических свойств молока [4, 5]. В связи с этим значительное число научных исследований последних лет посвящено определению тяжелых металлов в молоке и молочных продуктах, исследованию источников поступления токсикоэлементов в молочное сырье, а именно кормовых растений и объектов окружающей среды [6–8].

В настоящее время наиболее актуальным направлением является проведение новых научных исследований, направленных на снижение содержания токсикоэлементов в готовом продукте в процессе технологической обработки исходного сырья. На основе анализа литературных источников установлено, что содержание токсичных элементов в процессе технологической переработки сырья животного и растительного происхождения не только повышается, но и, в отдельных случаях, понижается. Основными процессами, влияющими на понижение содержания токсичных элементов, являются механическая, тепловая и физико-химическая обработка исходного сырья [9, 10].

Для понижения содержания токсичных элементов в исходном сырье применяют различные сорбенты природного и искусственного происхождения. Например, для очистки молока от токсичных элементов в качестве сорбирующего

вещества был выбран «Полифепан» ЗАО «Сайнтек» – природный полимер растительного происхождения, состоящий в основном из лигнина, структурными элементами которого являются производные фенилпропана [11].

Для понижения содержания токсичных элементов в молочном сырье применяют и такие сорбенты, как порошок полифепана, графена, тетацин-кальция. Способ очистки молока, загрязненного токсичными элементами, включает:

- внесение в молоко-сырье сорбента с выдержкой от 5 до 20 мин (зависит от вида сорбента) при температуре 6 °C и постоянном перемешивании;
- очистку молока-сырья от сорбента центробежным способом на сепараторе-молокоочистителе с холодной очисткой [12, 13].

Среди сорбентов, используемых для очистки объектов окружающей среды и пищевых продуктов, все больше внимания уделяется цеолитам. Обширная информация, опубликованная в различных отечественных и иностранных изданиях за последние 20 лет, показывает, что цеолиты эффективно используются на практике. Адсорбционные и ионообменные свойства природных цеолитов показывают, что они, благодаря своей пористой структуре, химической природе, селективности в отношении сорбции ионов токсичных элементов, являются наиболее перспективными сорбентами в ионообменной технологии [14].

В связи с этим цеолиты применяются для очистки от токсичных элементов, в том числе от тяжелых металлов, природных и сточных вод, а в сельском хозяйстве – как пищевые добавки в корм для животных и птиц. Кроме того, значительная пористость и адсорбционная способность природных цеолитов позволяют использовать их в качестве фильтрующего материала, например, при центробежной очистке растительных масел, при очистке биогаза с применением фильтра [15, 16].

В пищевой промышленности цеолиты нашли применение как адсорбенты и катализаторы. Цеолит является эффективным сорбентом для ионов тяжелых металлов [17]. В этой связи проводятся многочисленные исследования состава и адсорбционных свойств цеолитодержащих пород различных месторождений [18, 19].

Учитывая перспективность применения цеолита в пищевой отрасли для понижения токсичных элементов в пищевых продуктах, в данной работе поставлена следующая задача: исследовать и разработать технологический способ применения цеолита для понижения токсичных элементов в сырье молочного происхождения, основываясь на анализе содержания свинца и кадмия в сырьевых ресурсах.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования было выбрано коровье молоко. Образцы цельного молока были отобраны из семи населенных пунктов двух районов Семейского региона Восточно-Казахстанской области (Абайский, Аягозский районы).

Эти районы, в соответствии с законом РК «О социальной защите граждан, пострадавших вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне», относятся к разным зонам радиационного риска: Абайский район – к зоне максимального радиационного риска, Аягозский район – к зоне повышенного радиационного риска.

Места отбора исследуемых образцов были выбраны также с учетом розы ветров: это территории, расположенные в юго-восточном направлении со стороны бывшего Семипалатинского ядерного полигона.

Содержание тяжелых металлов определялось с помощью метода масс-спектрометрии с индуктивно связанный плазмой «VARIAN 820-ICPMS».

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования проведен анализ содержания ионов кадмия и свинца в сырье молочного происхождения. Результаты исследования представлены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, наибольшее содержание свинца, превышающее нормы предельно допустимой концентрации (ПДК 0,1 мг/л), наблюдается в городе Аягоз и селе Акшатау Аягозского района, а также в селах Жидебай и Карааул Абайского района.

Содержание кадмия во всех образцах молока, отобранных с исследуемых регионов, напротив, не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК 0,03 мг/л). Наибольшее содержание кадмия (0,027 мг/л) обнаружено в образцах молока, отобранных из села Карааул.

Превышение содержания свинца и повышенное содержание кадмия в образцах молока, по-видимому, связано с загрязнением объектов окружающей среды вследствие захоронения военных отходов на территории бывшего Семипалатинского ядерного полигона, а также с результатами многолетнего использования всевозможного транспорта на исследуемой территории.

На основе анализа содержания свинца и кадмия в образцах молока, отобранных из семи населенных пунктов двух районов Семейского региона Восточно-Казахстанской области, разработана технология переработки молочного сырья с повышенным содержанием ионов свинца и кадмия с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области.

Были проведены исследования минералогического и химического состава исследуемых образцов цеолита. На основании проведенных исследований установлено, что основными составляющими цеолита являются минералы клиноптиолит, кварц и калишпат.

По химическому составу цеолит содержит (%): $\text{SiO}_2 - 73,93$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 11,65$; $\text{CaO} - 0,80$; $\text{K}_2\text{O} - 4,41$; $\text{Na}_2\text{O} - 1,12$; $\text{MgO} - 0,30$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 2,05$. Модуль цеолита $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ составляет 6,3 единицы, что определяет его как высокочистый клиноптиолит, высокоэффективный сорбционный ионообменный материал.

Для проведения исследований был разработан экспериментальный стенд для фильтрации молока. Технологическая схема проведения комплексных экспериментальных исследований процессов фильтрации молока представлена на рис. 2.

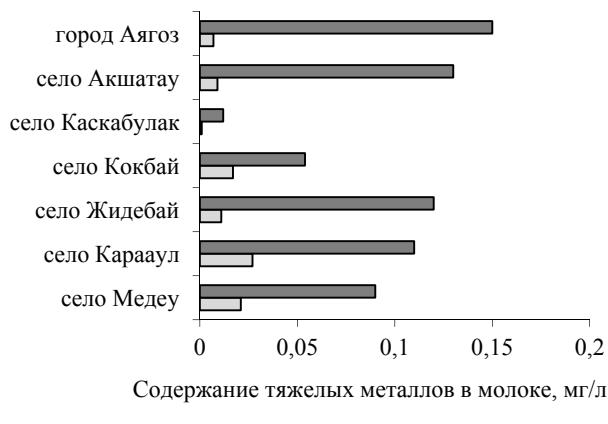


Рисунок 1 – Содержание тяжелых металлов в образцах молока Семейского региона

Figure 1 – Content of heavy metals in milk samples from Semey Region

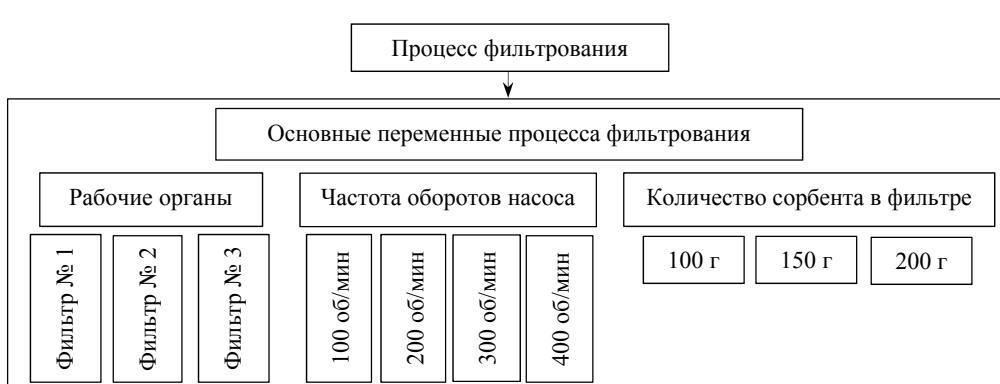


Рисунок 2 – Технологическая схема проведения эксперимента

Figure 2 – Process flow diagram for the experiment

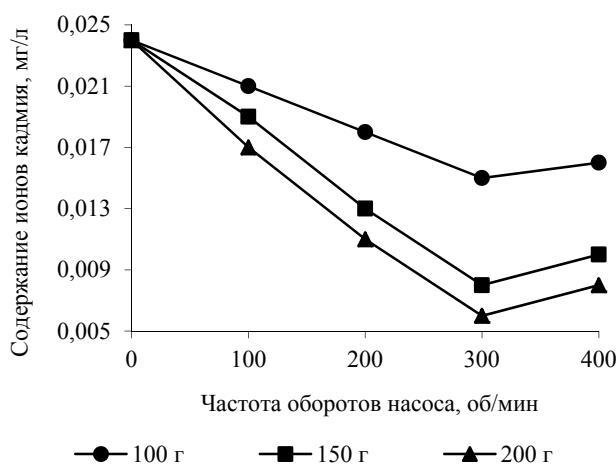


Рисунок 3 – Изменение содержания ионов кадмия в молоке в процессе фильтрации

Figure 3 – Changes in cadmium ion content in milk during filtration

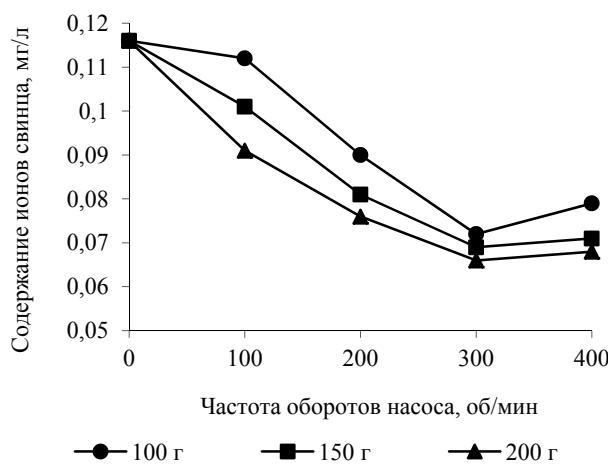


Рисунок 4 – Изменение содержания ионов свинца в молоке в процессе фильтрации

Figure 4 – Changes in lead ion content in milk during filtration

Таблица 1 – Органолептические показатели молока до фильтрации и после фильтрации

Table 1 – Organoleptic milk properties before and after filtration

Наименование показателя	Характеристика	
	молоко до фильтрации	молоко после фильтрации
Консистенция	однородная жидкость без осадка и хлопьев	однородная жидкость без осадка и хлопьев
Вкус и запах	чистые, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку	чистые, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку
Цвет	белый	белый

Для проведения комплексных экспериментальных исследований образцы цельного молока были отобраны в пастбищный период в частных

хозяйствах Семейского региона, где молочное сырье характеризуется повышенным содержанием свинца и кадмия.

Перед исследованием все образцы молока были смешаны. Для фильтрации молока на экспериментальном стенде были использованы три фильтра, содержащие 100, 150 и 200 г цеолита.

Частота оборотов насоса варьировалась от 100 до 400 об/мин. Учитывая, что фильтрация молока с применением цеолита основана на процессе экзотермической адсорбции, экспериментальные исследования были проведены при температуре 18–20 °C как наиболее оптимальной температуре адсорбции [20].

Результаты исследования влияния основных переменных процессов фильтрования на изменение содержания кадмия и свинца представлены на рис. 3 и 4.

На основании проведенных исследований установлено, что с увеличением объема цеолита в фильтрах содержание исследуемых элементов понижается. Так, в образцах молока содержание кадмия (рис. 3) максимально понизилось от 0,024 до 0,006 мг/л. Содержание же свинца в образцах молока (рис. 4) уменьшилось от 0,116 до 0,066 мг/л.

При этом увеличение числа оборотов насоса фильтрующей установки до 300 об/мин положительно отражается на снижении содержания исследуемых элементов в образцах молока. При увеличении числа оборотов насоса фильтрующей установки до 400 об/мин содержание исследуемых элементов в образцах молока понижается в меньшей степени, чем при фильтрации молока с частотой оборотов насоса фильтрующей установки 300 об/мин. Влияние увеличения частоты оборотов насоса в фильтрующей установке до 400 об/мин на степень уменьшения кадмия и свинца в образцах молока можно объяснить сокращением длительности контакта цеолита с жидкой фазой молока.

На следующем этапе были исследованы изменения органолептических и физико-химических показателей молока в процессе фильтрации. Результаты исследования органолептических показателей представлены в табл. 1.

На основании проведенных исследований установлено, что по органолептическим показателям молоко до фильтрации и после фильтрации (табл. 1) при температуре 18–20 °C не изменяется и соответствует требованиям нормативных документов, регламентирующих качество свежего молока.

Результаты исследования физико-химических показателей представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, по физико-химическим показателям массовые доли жира, белка и сухих веществ в молоке до фильтрации и после фильтрации не изменились. В связи с тем, что содержание сухих веществ в молоке до фильтрации и после фильтрации составляло 12 %, показатель плотности молока остался неизменным.

Таблица 2 – Физико-химические показатели молока до фильтрации и после фильтрации

Table 2 – Physical and chemical milk properties before and after filtration

Наименование показателя	Норма	
	молоко до фильтрации	молоко после фильтрации
Кислотность, °Т	19	18
Плотность, г/см ³	1,028	1,028
Массовая доля жира, %	5,5	5,5
Массовая доля сухих веществ, %	12	12
Массовая доля белка, %	2,89	2,89

Вместе с тем необходимо отметить, что в молоке после фильтрации титруемая кислотность понизилась на 1 °Т.

Понижение титруемой кислотности молока после фильтрации можно объяснить тем, что основными компонентами молока, обуславливающими его титруемую кислотность, являются кислые фосфорнокислые соли кальция, натрия, калия, лимоннокислые соли, углекислота, белки и др.

Известно, что органические соединения свинца при длительном поступлении в организм животного способны замещать кальций из фосфата кальция, особенно при недостатке в кормах солей кальция. Поэтому можно предположить, что свинец ведет себя подобно кальцию, то есть, замещая кальций в молоке, свинец находится в фазе истинного раствора молока в виде фосфорнокислых солей. При понижении содержания свинца в молоке после фильтрации незначительно понижается содержание фосфорнокислых солей свинца в

коллоидной фазе и в фазе истинного раствора молока, что обуславливает незначительное понижение титруемой кислотности молока в процессе его фильтрации через сорбционный материал.

Таким образом, на основании проведенных исследований обнаружено высокое содержание свинца (от 0,11 до 0,15 мг/л) в образцах молока, отобранных из населенных пунктов, ближе всего расположенных к территории бывшего Семипалатинского ядерного полигона.

На основе анализа экологического мониторинга сырьевых ресурсов разработан экспериментальный стенд для фильтрации молока с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области.

В результате экспериментальных исследований установлено, что природный цеолит Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области проявляет сорбционные свойства в отношении ионов кадмия и свинца. Применение же цеолита в качестве сорбционно-фильтрующего материала способствует понижению содержания ионов кадмия и свинца в молоке в процессе фильтрации. К наиболее оптимальным технологическим режимам фильтрации молока, способствующим значительному изменению содержания исследуемых элементов, относятся: температура фильтрации 18–20 °С, частота оборотов насоса 300 об/мин, с фильтром экспериментального стенда, содержащим 200 г природного цеолита.

После фильтрации молока при температуре 18–20 °С на экспериментальной стенде фильтрационной установке основные показатели молока не изменились.

Список литературы

1. The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: a review / A. Khan [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2015. – Vol. 22, № 18. – P. 13772–13799. DOI: 10.1007/s11356-015-4881-0.
2. Тепляя, Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) / Г. А. Тепляя // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – № 1 (23). – С. 182–192.
3. Health risk assessment of Al and heavy metals in milk products for different age groups in China / M. Yu [et al.] // Polish Journal of Environmental studies. – 2015. – Vol. 24, № 6. – P. 2707–2714. DOI: 10.15244/pjoes/58964.
4. Топурия, Г. М. Экология и качество молока / Г. М. Топурия, Л. Ю. Топурия // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 6. – С. 227–229.
5. Кокаева, М. Г. Повышение экологической безопасности молока и молочных продуктов в техногенной зоне РСО – Алания / М. Г. Кокаева, Р. Б. Темираев // Сыроделие и маслоделие. – 2015. – № 6. – С. 36–38.
6. Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine / A. Abdulkhalil [et al.] // International Food Research Journal. – 2012. – № 19 (3). – P. 1089–1094.
7. Assessment of heavy metal contamination in raw milk for human consumption / M. Younus [et al.] // South African Journal of Animal Science. – 2016. – Vol. 46, № 2. – P. 166–169. DOI: 10.4314/sajas.v46i2.7.
8. Демиденко, Г. А. Содержание свинца и кадмия в молочной продукции, реализуемой в городе Красноярске / Г. А. Демиденко, В. В. Шуранов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 9. – С. 163–166.
9. Шапошников, А. А. Распределение токсичных веществ в молочных продуктах / А. А. Шапошников, Н. Г. Габрук // Молочная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 26–28.
10. Че, С. Н. Влияние тепловой обработки на физические показатели и содержание тяжелых металлов в макромицетах / С. Н. Че, В. И. Бакайтис, И. Э. Цапалова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 2 (37). – С. 138–143.

11. Забодалова, Л. А. Влияние методов детоксикации на технологические свойства молочного сырья / Л. А. Забодалова, И. Ю. Потороко // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. – № 2. – С. 82–90.
12. Пат. 2441397 Российская Федерация, МПК A23L 1/015, A23C 7/04. Способ очистки молока-сырья от токсичных металлов / Полянская И. С., Топал О. И. ; заявитель и патентообладатель Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина. – № 2010129412/13. – 5 с.
13. Пат. 2327357 Российской Федерации, МПК A23L 1/015, A23C 7/04. Способ очистки молока-сырья от кадмия / Охрименко О. В., Забегалова Г. Н., Чекулаева Л. Н. ; заявитель и патентообладатель Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина. – № 2006118909/13. – 4 с.
14. Nitrogen sorption and its release in the soil after zeolite application / J. Vilcek [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2013. – № 2. – P. 228–234.
15. Земсков, В. И. Свойства фильтрующих перегородок из природного цеолита / В. И. Земсков, Г. М. Харченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (114). – С. 148–152.
16. Семенова, О. П. Цеолит – наполнитель фильтра для очистки биогаза / О. П. Семенова // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. – 2014. – № 4. – С. 47–50.
17. Sorption characteristics of heavy metals onto natural zeolite of clinoptilolite type / Ghasemi-Fasaei R. [et al.] // International Research Journal of Applied and Basic Sciences. – 2012. – № 3 (10). – P. 2079–2084.
18. Савченков, М. Ф. Цеолиты России / М. Ф. Савченков // XXI век. Техносферная безопасность. – 2017. – № 2. – С. 38–44.
19. Васильянова, Л. С. Цеолиты в экологии / Л. С. Васильянова, Е. А. Лазарева // Новости науки Казахстана. – 2016. – № 1 (127). – С. 61–85.
20. Комаров, В. М. Адсорбенты и их свойства / В. М. Комаров. – Минск : Наука и техника, 1977. – 248 с.

References

1. Khan A., Khan S., Khan M.A., Qamar Z., Waqas M. The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants, their effects on plants nutrients, and associated health risk: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 2015, vol. 22, no. 18, pp. 13772–13799. DOI: 10.1007/s11356-015-4881-0.
2. Teplaya G.A. Tyazhelye metally kak faktor zagryazneniya okruzhayushchey sredy (obzor literatury) [Heavy metals as a factor of environmental pollution (a review)]. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan bulletin of ecological education], 2013, no. 1(23), pp. 182–192.
3. Yu M., Liu Y., Achal V., Fu Q.-L., Li L. Health risk assessment of al and heavy metals in milk products for different age groups in china. *Polish Journal of Environmental studies*, 2015, vol. 24, no. 6, pp. 2707–2714. DOI: 10.15244/pjoes/58964.
4. Topuriya G.M., Topuriya L.Yu. Ekologiya i kachestvo moloka [Ecology and quality of milk]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 2016, no. 6, pp. 227–229.
5. Kokaeva M.G., Temiraev R.B. Povyshenie ekologicheskoy beopasnosti moloka i molochnykh produktov v tekhnogennoy zone RSO-Alaniya [Increase of environmental safety of milk and dairy products in the technogenic zone of RNO-Alania]. *Syrodelie i maslodelie* [Cheese and butter making], 2015, no. 6, pp. 36–38.
6. Abdulkhaliq A., Swaileh K.M., Hussein R.M., Matani M. Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine. *International Food Research Journal*, 2012, no. 19(3), pp. 1089–1094.
7. Younus M., Abbas T., Zafar M., Saleem G. Assessment of heavy metal contamination in raw milk for human consumption. *South African Journal of Animal Science*, 2016, vol. 46, no. 2, pp. 166–169. DOI: 10.4314/sajas.v46i2.7.
8. Demidenko G.A., Shuranov V.V. Soderzhanie svintsa i kadmiya v molochnoy produktsii, realizuemoy v gorode Krasnoyarske [The content of lead and cadmium in dairy products sold in the city of Krasnoyarsk]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of KrasGAU], 2015, no. 9, pp. 163–166.
9. Shaposhnikov A.A., Gabruk N.G. Raspredelenie toksichnykh veshhestv v molochnykh produktakh [Distribution of toxic substances in dairy products]. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry], 2014, no. 6, pp. 26–28.
10. Che S.N., Bakaytis V.I., Tsapalova I.E. Vliyanie teplovoy obrabotki na fizicheskie pokazateli i soderzhanie tyazhelykh metallov v makromitsetakh [The effect of heat treatment on physical parameters and the content of heavy metals in macromycetes]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2015, no. 2(37), pp. 138–143.
11. Zabodalova L.A., Potoroko I.Yu. Vliyanie metodov detoksifikatsii na tekhnologicheskie svoystva molochnogo syr'ya [Influence of methods of detoxification on technological properties of dairy raw materials]. *Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Processes and devices of food production], 2011, no. 2, pp. 82–90.
12. Polyanskaya I.S., Topal O.I. *Sposob ochistki moloka-syr'ya ot toksichnykh metallov* [Method of purification of raw milk from toxic metals]. Patent RF, no. 2441397, 2012.
13. Okhrimenko O.V., Zabegalova G.N., Chekulaeva L.N. *Sposob ochistki moloka-syr'ya ot kadmiya* [Method of cleaning milk-raw materials from cadmium]. Patent RF, no. 2327357, 2008.
14. Vilcek J., Torma S., Adamisin P., Hronec O. Nitrogen sorption and its release in the soil after zeolite application. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2013, no. 2, pp. 228–234.
15. Zemskov V.I., Kharchenko G.M. Svoystva fil'truyushchikh peregorodok iz prirodnogo tseolita [Properties of filtering partitions from natural zeolite]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2014, no. 4(114), pp. 148–152.

16. Semenova O.P. Tseolit – napolnitel' fil'tra dlya ochistki biogaza [Zeolite – filler filter for cleaning biogas]. *Vestnik Severo-Vostochnogo Federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova* [Bulletin of the North-Eastern Federal University nam. M.K. Ammosov], 2014, no. 4, pp. 47–50.
17. Ghasemi-Fasaei R., Gafari-Haghghi M., Mousavi S.M., Dehghan M. Sorption characteristics of heavy metals onto natural zeolite of clinoptilolite type. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 2012, no. 3(10), pp. 2079–2084.
18. Savchenkov M.F. Tseolity Rossii [Zeolites of Russia]. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'* [XXI century. Technospheric safety], 2017, no. 2, pp. 38–44.
19. Vasil'yanova L.S., Lazareva E.A. Tseolity v ekologii [Zeolites in ecology]. *Novosti nauki Kazakhstana* [Science news of Kazakhstan], 2016, no. 1(127), pp. 61–85.
20. Komarov V.M. *Adsorbenty i ikh svoystva* [Adsorbents and their properties]. Minsk: Nauka i tekhnika Publ., 1977. 248 p.

Какимов Айтбек Калиевич

д-р техн. наук, профессор, руководитель центра послевузовского образования, РГП на ПХВ «Государственный университет им. Шакарима г. Семей», 071412, Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20а, тел.: +7 (7222) 35-95-49, e-mail:kancel@semgu.kz

Aitbek K. Kakimov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Dean of the Information and Communicative Technology Faculty, Shakarim State University of Semey, 20a, Glinka Str., Semey, 071400, Kazakhstan, phone: +7 (7222) 35-95-49, e-mail: kancel@semgu.kz

Какимова Жайнагуль Хасеновна

канд. техн. наук, заведующая кафедрой стандартизации и биотехнологии, РГКП на ПХВ «Государственный университет им. Шакарима г. Семей», 071400, Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20а, тел.: +7 (7222) 35-95-49, e-mail: kancel@semgu.kz

Zhaynagul H. Kakimova

Cand.Sci.(Eng.), Head of the Department of Standardization and Biotechnology, Shakarim State University of Semey, 20a, Glinka Str., Semey, 071400, Kazakhstan, phone: +7 (7222) 35-95-49, e-mail: kancel@semgu.kz

Смирнова Ирина Анатольевна

д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemtipp.ru

Irina A. Smirnova

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Milk and Milk Products Technology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemtipp.ru

Жарықбасов Ерлан Сауыкович

аспирант кафедры технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: erlan-0975@mail.ru

Erlan S. Zharykbasov

Postgraduate Student of the Department of the Technology Milk and Milk Products, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Stroiteley Blvd, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: erlan-0975@mail.ru



ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В ОВОЩАХ ЮКО (Г. ШЫМКЕНТ)

Г. Э. Орымбетова^{1,*}, Г. Д. Шамбулова², Э. М. Орымбетов¹,
М. К. Касымова¹, З. И. Кобжасарова¹

¹РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова»,
160012, Казахстан, г. Шымкент, пр-т Тауке хана, 5

²АО «Алматинский технологический университет»,
050012, Казахстан, г. Алматы, ул. Толе би, 100

*e-mail: orim_77@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 03.11.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Г. Э. Орымбетова, Г. Д. Шамбулова, Э. М. Орымбетов,
М. К. Касымова, З. И. Кобжасарова, 2018

Аннотация. Одной из важных задач в области пищевой безопасности является обеспечение качества и производство безопасной продукции. В последнее время проведение исследований на содержание нитратов в растениеводческой продукции местного производства является актуальным. Многие исследования ученых по влиянию нитратов на здоровье человека доказывают, что нитраты являются одним из источников внешней угрозы. Минеральные удобрения приносят вред при их неправильном хранении и применении. Приведены сравнительные характеристики на содержание нитратов в растительной продукции между нормативными документами ЕС и ТС. Приведены предельно допустимые концентрации и их влияние на организм человека. В некоторых образцах огурцов содержание нитратов превышало ПДК. Длительная нагрузка нитратами даже в малых дозах является одним из важных химических факторов риска для здоровья населения, снижает устойчивость организма к воздействию таких внешних факторов окружающей среды, как экологические и социальные. Исследования были проведены в Южно-Казахстанском округе (ЮКО). Для исследований были взяты образцы растениеводческой продукции местного производства. Установлены уровни содержания нитратов в основных видах пищевых продуктов растительного происхождения, проведен расчет рисков неблагоприятного воздействия контролируемых нитратов, поступающих с выращенной в ЮКО растительной продукцией, который подтвердил необходимость проведения постоянного мониторинга безопасности пищевого сырья. Проведено ранжирование пищевой продукции по вкладу в общее значение экспозиции. Так, среди потребляемых овощей местного производства высоким значением обладали картофель (61,16 %) и капуста (12,1 %). Значения HQ_{med} и HQ₉₀ составили меньше единицы. В работе изложены основные способы уменьшения содержания нитратов в растениеводческой продукции.

Ключевые слова. Безопасность пищевых продуктов, нитраты, оценка риска

Для цитирования: Оценка содержания нитратов в овощах ЮКО (г. Шымкент) / Г. Э. Орымбетова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 150–155. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-150-155.

ASSESSMENT OF NITRATES CONTENT IN VEGETABLES GROWN IN SOUTH KAZAKHSTAN REGION (SHYMKENT CITY)

G.E. Orymbetova^{1,*}, G.D. Shambulova², E.M. Orymbetov¹,
M.K. Kasymova¹, Z.I. Kobzhasarova¹

¹M.Auezov South Kazakhstan State University,
5, Tauke khan Ave., Shymkent, 160012, Kazakhstan

²Almaty Technological University,
100, Tole bi Str., Almaty, 050012, Kazakhstan

*e-mail: orim_77@mail.ru

Received: 03.11.2017

Accepted: 16.03.2018

© G.E. Orymbetova, G.D. Shambulova, E.M. Orymbetov,
M.K. Kasymova, Z.I. Kobzhasarova, 2018

Abstract. One of the most important goals in the sphere of food safety is quality assurance and production of safe food. Nowadays studies devoted to determination of nitrates content in locally produced plant products are of very high priority. Many researches on the influence of nitrates on human health prove that nitrates are one of the external threat sources. Mineral fertilizers can cause harm if improperly stored or used. The authors give comparative characteristics for nitrates content in plant products contrasting regulatory documents in European Union and Customs Union. They point out threshold limit values and their influence on human body. In some samples of cucumbers nitrates content exceeded threshold limit values. Long nitrate consumption even in small amounts is one of the important chemical risk factors for the population health as it decreases organism resistance to the influence of such external environmental factors as ecological and social ones. The research was carried out in South Kazakhstan Region. To conduct the

research the authors took the samples of locally produced plant products. They determined the levels of nitrates content in the main local food products, assessed the risks of harmful impact of the controlled nitrates which come with plant products grown in South Kazakhstan Region. The results show that it is necessary to carry out constant control to ensure foodstuff safety. The authors classified food products according to their contribution to the total exposure value. Thus, the authors found out that among locally produced vegetables potato and cabbage had the highest values (61.16% and 12.1% respectively). HQ_{med} and HQ₉₀ values were less than 1. The authors pointed out the main ways to reduce nitrates content in plant products in the article.

Keywords. Food safety, nitrates, risk assessment

For citation: Orymbetova G.E., Shambulova G.D., Orymbetov E.M., Kasymova M.K., Kobzhasarova Z.I. Assessment of Nitrates Content in Vegetables Grown in South Kazakhstan Region (Shymkent City). *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 150–155 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-150-155.

Введение

Производство качественных и безопасных продуктов питания и сырья способствует развитию таких отраслей, как национальная экономика, торговля, туризм. Одним из главных факторов устойчивого развития является гарантия продовольственной безопасности и безопасности продуктов питания.

В настоящее время в Казахстане разработана государственная программа развития здравоохранения «Денсаулық» на 2016–2020 гг., основанная на указе Президента РК от 1 февраля 2010 г. № 922.

Целью программы является обеспечение развития эффективной и устойчивой системы охраны здоровья граждан как основы социального благополучия и экономического процветания государства.

В условиях глобализации населения растет спрос на продукты питания. В целях удовлетворения этого спроса происходит повышение интенсивности и объемов промышленного производства в секторах производства сельскохозяйственной продукции. При этом создаются новые возможности. Способом увеличения уровня производства продуктов растительного происхождения является не только применение агротехнических приемов, но и использование химикатов (удобрения, средства борьбы с вредителями растений и т. д.), что влечет за собой угрозу безопасности продуктов питания.

На сегодняшний день актуальным является проведение исследований на содержание нитратов в овощной продукции местного производства (картофель, морковь, огурцы, капуста, томаты, лук репчатый). Это обусловлено нерациональным использованием удобрений, в результате которого возрастает уровень нитратов в почве и растениях [1–3].

Многие исследования ученых по влиянию нитратов на здоровье человека доказывают, что они являются одним из источников внешней угрозы [4].

Нитраты и их соединения часто поступают в организм человека вместе с водой (20 %) или пищевыми продуктами (70–75 %), такими как мясные продукты, овощи, фрукты и др.

При поступлении в организм человека нитраты под воздействием фермента нитратредуктазы способны восстанавливаться до нитритов, которые, в дальнейшем взаимодействуя с гемоглобином крови, окисляют в нем двухвалентное железо в трехвалентное. В результате теряется способность переноса кислорода в крови. Нитраты способны

снижать содержание витаминов в пище, которые входят в состав многих ферментов, стимулируют действие гормонов, а через них влияют на все виды обмена веществ. У беременных женщин возникают выкидыши, а у мужчин – снижение потенции [5]. По данным Mensinga (2003) [6], фоновый уровень содержания метгемоглобина составляет 1–3 %, при 10 % нарушается транспорт кислорода клетками крови, при 20 % наблюдается развитие цианоза и гипоксии, при повышении до 50 % возможны судороги, обмороки и аритмия (по данным IPCS, 2006 [7]), при 70 % наступает смерть [8–11].

Попадая в организм человека, нитраты вызывают развитие патогенной кишечной микрофлоры, при этом выделяются токсины, которые приводят к интоксикации всего организма.

Хроническое действие малых доз нитратов ведет к невыраженным изменениям в морфологической структуре печени и селезенки.

Допустимые уровни содержания нитратов в продуктах питания для стран Таможенного союза регламентируются в соответствии с ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» для 24 наименований пищевой продукции, а также для продуктов питания беременных и кормящих женщин, детей раннего возраста, школьников и дошкольников [12]. Для стран ЕС нормирование содержания нитратов в продуктах питания осуществляется согласно Регламенту комиссии (ЕС) №1881/2006, который устанавливает максимальные уровни некоторых контаминаントов для пищевых продуктов, но при этом количественные значения допустимых уровней содержания нитратов регламентируются только для шпината, некоторых видов салата латук и детского питания в общем [13]. В соответствии с основным документом Codex Alimentarius, регламентирующим допустимый уровень присутствия контаминаントов в пище CODEX STAN 193–1995, содержание нитратов в пищевых продуктах не нормируется [14].

По нормам Всемирной организации охраны здоровья для взрослого человека допустимая безопасная доза нитратов составляет 3,7 мг на 1 кг массы тела, что эквивалентно потреблению 222 мг нитрата в день для взрослого весом 60 кг (FAO/WHO, 2013) [15].

Проводимые исследования по измерению нитратов и нитритов в овощах ограничены в Республике Казахстан (особенно в г. Шымкенте), поэтому необходимо учитывать этот вопрос, т. к. овощи являются важным продуктом питания и в ресурсе нитратов. В этой статье исследовалась

концентрация нитратов в доступных овощах г. Шымкент.

Целью работы является определение содержания нитратов в продуктах растительного происхождения и потенциального риска для здоровья населения в зависимости от нагрузки овощей нитратами.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования была выбрана сельскохозяйственная продукция, продаваемая на рынках г. Шымкента (ЮКО). В городе большая часть населения удовлетворяет потребности в пищевых продуктах за счет местной и собственной продукции.

Отбор проб и пробоподготовка осуществлялась в соответствии с нормативной документацией на каждый вид продукции. Оценка содержания нитратов в растениеводческой продукции осуществлялась ионометрическим методом в соответствии с ГОСТ 29270-95 «Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения нитратов» [16].

Было отобрано и проанализировано 180 образцов основных видов растениеводческой продукции (огурцы, томаты, лук репчатый, капуста, картофель, морковь).

Исследования были проведены в лабораториях Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова на кафедре «Пищевая инженерия» и филиала республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Национальный центр экспертизы», относится к комитету охраны общественного здоровья Министерства здравоохранения Республики Казахстан по Южно-Казахстанской области.

Оценка экспозиции нитратами пищевых продуктов на население, проживающее в г. Шымкенте, осуществлялась согласно МУ 2.3.7.2519-09 «Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на население» [17].

Экспозиция рассчитывалась по формуле:

$$\text{Exp} = \frac{\sum_{i=1}^N (C_i \times M_i)}{BW},$$

где Exp – значение экспозиции контаминантом, мг/кг массы тела/сут;

C_i – содержание контаминанта в i -м продукте, мг/кг;

M_i – потребление i -го продукта, кг/сут;

BW – масса тела человека, кг;

N – общее количество продуктов, включенных в исследование.

Вклад каждой группы пищевых продуктов в общее значение экспозиции контаминантом рассчитывали:

$$\text{Contr } i = \frac{C_i \times M_i}{\sum_{i=1}^N (C_i \times M_i)} \cdot 100 \%,$$

где $\text{Contr } i$ – вклад i -го продукта в общее значение экспозиции;

C_i – содержание контаминанта в i -м продукте, мг/кг;

M_i – потребление i -го продукта, кг/сут.

Риск развития неканцерогенных эффектов оценивался через расчет коэффициентов опасности (HQ).

Расчет HQ проводился с учетом средней, или медианной, дозы по формуле:

$$HQ = \frac{\text{Exp}}{\text{ДСД}} \text{ или } \frac{\text{Exp}}{\text{УПНП}},$$

где HQ – коэффициент опасности;

Exp – значение экспозиции контаминантом по среднему содержанию, или медиане, мг/кг массы тела/сут;

ДСД – допустимая суточная доза поступления контаминанта с пищевыми продуктами, мг/кг;

УПНП – условное переносимое недельное поступление контаминанта с пищевыми продуктами, мг/кг.

Величины неканцерогенного риска оценивались как пренебрежительно малый риск в развитии токсических эффектов – при $HQ \leq 1,0$, высокий – при $HQ > 1,0$.

Был проведен социальный опрос (интервью) населения г. Шымкента по употреблению сельскохозяйственной продукции. Возраст граждан, участвовавших в опросе, составил от 18 до 50 лет.

Результаты и их обсуждение

Оценка содержания нитратов в основных видах растениеводческой продукции местного производства проводилась на основании лабораторных исследований.

Результаты содержания нитратов в сельскохозяйственной продукции, выращенной в ЮКО, представлены в табл. 1 и 2.

Результатами исследований показано, что не все растения одинаково накапливают нитраты. Большое количество было обнаружено в картофеле, капусте, помидорах. Нитраты в основном накапливаются в кочерыжке капусты, в сердцевине моркови, в кожуре огурцов, картофеля. Однако обнаруженное остаточное содержание нитратов не превышало ПДК во всех продуктах растительного происхождения.

Таблица 1 – Содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции, выращенной в ЮКО

Table 1 – Content of nitrates in agricultural products grown in South Kazakhstan Region

Продукт	Количество образцов	Содержание, мг/кг	ПДК, мг/кг
Огурцы	28	33–165	150
Томаты	26	16–145	150
Лук репчатый	27	29–75	80
Капуста	28	11–310	500
Картофель	35	65–280	250
Морковь	36	20–165	400

Таблица 2 – Потребление овощей
и содержание нитратов в них

Table 2 – Consumption of vegetables and their nitrate content

Продукт	Фактическое потребление овощей (кг) в различных возрастных категориях населения (за 2016 г.)	Содержание нитратов, мг/кг	
		Медиана	90 процентиль
Огурцы	50,8	86	133
Томаты		90	132,5
Лук репчатый		45	64
Капуста	66	131	263
Морковь		70	130
Картофель	93,5	170	253

Таблица 3 – Потребление нитратов с местными растительными продуктами

Table 3 – Consumption of nitrates with local plant products

Продукт	Нитрат, мг/кг массы тела / % от ДСД		
	в год	в неделю	в день
Овощи	371	7,73	1,02/27

Полученные результаты фактического содержания нитратов в овощной продукции ЮКО были использованы в дальнейшем при расчете поступления этих соединений в организм с пищевыми продуктами.

Данные фактического потребления продуктов питания (усредненные с учетом сезона года) населением г. Шымкента за 2016 г. представлены в табл. 2.

Для проведения оценки уровня поступления нитратов с овощами на килограмм массы тела человека было рассчитано среднее значение массы тела: $69,2 \pm 1,2$.

Данные фактического потребления овощей, средние значения массы тела взрослого и результаты изучения содержания нитратов в овощах позволили рассчитать экспозицию нитратами овощей на население, проживающее в г. Шымкенте.

Расчет суточной нагрузки контаминаントами пищевых продуктов на население проводился на основе данных социального опроса об объеме потребления продуктов питания с рационами.

На основании данных социального опроса населения г. Шымкента (248 человек) установлено вариативное поступление нитратов с пищевыми продуктами и определен вклад продуктов растительного происхождения в общее значение экспозиции на население города.

Ранжирование пищевых продуктов по вкладу в общее значение экспозиции составило (%): картофель – 61,16; капуста – 12,1; огурцы – 9,43; томаты – 7,71; морковь – 6,5; лук – 3,1.

Таким образом, продуктами с наибольшим вкладом в экспозицию являются картофель, капуста и огурцы.

Алиментарная нагрузка нитратами для населения не превысила рекомендуемой ДСД и составила 0,85 мг/кг массы тела в сутки (23 % от ДСД).

Расчет коэффициентов опасности на уровне медианы и 90-го перцентиля содержания нитратов в растениеводческой продукции:

$$HQ_{med} = \frac{1,02}{3,7} = 0,27, HQ_{90} = \frac{1,6}{3,7} = 0,43.$$

Значения HQ_{med} и HQ_{90} составили меньше единицы, следовательно, углубленная оценка экспозиции не требуется, неканцерогенный риск находится на допустимом уровне.

Неканцерогенные риски связаны с тем, что нитраты, ежедневно попадая в организм человека вместе с продуктами питания и накапливаясь внутри, могут повлиять на кровеносную и сердечно-сосудистую системы.

Подводя итоги, необходимо отметить, что вопрос безопасности, безусловно, является актуальным в области профилактического звена здравоохранения. Растительное сырье, уровень загрязнения контаминантами которого не превышает допустимых значений, может быть реализовано для населения без ограничений. Хотя не надо забывать, что находящиеся в сырье и продуктах контаминанты оказывают нагрузку на организм человека. Длительная нагрузка нитратами даже в малых дозах является одним из важных химических факторов риска для здоровья населения.

Применение процессов термической и механической обработки растениеводческой продукции, таких как очистка, варка, бланширование, консервирование, соление и квашение, приводят к снижению уровня нитратов, но при этом уменьшается и содержание минеральных веществ и витаминов. Свежезасоленную капусту, огурцы и другие заквашенные овощи рекомендуется употреблять через 10–15 дней. При долговременном вымачивании в воде листьев петрушки и укропа из них вымывается 10–15 % нитратов [18].

Таким образом, установлены уровни содержания нитратов в основных видах пищевых продуктов растительного происхождения; проведен расчет рисков неблагоприятного воздействия контролируемых нитратов, поступающих с выращенной в ЮКО растительной продукцией; подтверждена необходимость проведения постоянного мониторинга безопасности пищевого сырья.

Для предотвращения накопления нитратов в растениеводческой культуре необходимо пересмотреть агротехнику, уменьшить использование минеральных удобрений.

Рекомендации по снижению содержания нитратов в овощах:

- мойка и очистка (например, картофель, морковь и др.);
- когда требуется измельчение или протирка, следует сделать это незадолго до приготовления;

- бланшировать овощи с высоким содержанием нитратов в кипящей воде в течение 1–3 мин и до потребления оставить в воде (замачивание);
- хранить овощи до следующего приема пищи в холодильнике (ниже 4 °C) или морозильной камере (при температуре ниже –18 °C);
- хранить свежие листовые овощи необходимо в холодильнике, если они не приготовлены немедленно;
- приготовленную пищу, вынутую из холодильника или морозильника, необходимо разогревать сразу,

тщательно кипятить в течение 1 мин и немедленно потреблять.

Полученные результаты привели к составлению следующих задач: познакомить население г. Шымкента со сложившейся обстановкой на рынке и предложить рекомендации по снижению нитратов; продолжить работу по изучению содержания нитратов в других растениеводческих культурах; изучить возможности выращивания растений с наименьшим накоплением нитратов и донести это до фермеров.

Список литературы

1. Загрязнение питьевой воды и продуктов питания нитратами и его связь с состоянием здоровья населения / Е. А. Белоусова [и др.] // Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. – М., 2012. – Т. 3. – С. 43–46.
2. Василовский, А. М. Гигиеническая оценка безопасности продовольственного сырья в Центральной Сибири / А. М. Василовский, С. В. Куркатов // Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. – М., 2012. – Т. 3. – С. 57–60.
3. Колнет, И. В. Особенности заболеваемости населения в связи с контаминацией пищевых продуктов / И. В. Колнет, О. В. Клепиков, Д. А. Морковина // Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. – М., 2012. – Т. 3. – С. 111–113.
4. Крохалева, С. И. Содержание нитратов в растительных продуктах питания и их влияние на здоровье человека / С. И. Крохалева, П. В. Черепанов // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. – 2016. – № 3 (24). – С. 27–36.
5. Соколов, О. А. Особенности распределения нитратов и нитритов в овощах / О. А. Соколов // Картофель и овощи. – 1987. – № 6. – С. 45–49.
6. Mensinga, T. T. Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds / T. T. Mensinga, G. J. Speijers, J. Meulenbelt // Toxicological Reviews. – 2003. – Vol. 22 (1). – P. 41–51. DOI:10.2165/00139709-200322010-00005U.
7. IPCS. Poisons Information Monograph G016: Nitrates and nitrites. (September 1996) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.inchem.org/documents/pims/chemical/pimg016.html.
8. Guidelines for drinking-water quality. 2nd ed. Vol. 2. Health Criteria and other supporting information. Geneva : World Health Organization, 1996. – 973 p.
9. U.S. EPA. Integrated Risk Information System (IRIS) data base access. U.S. Environmental Protection Agency, 1997.
10. Wright, R. O. Methemoglobinemia: etiology, pharmacology, and clinical management / R. O. Wright, W. J. Lewander, A. D. Woolf // Annals of Emergency Medicine. – 1999. – Vol. 34 (5). – P. 646–656. DOI: 10.1016/S0196-0644(99)70167-8.
11. Fan, A. M. Evaluation of the nitrate drinking water standard with reference to infant methemoglobinemia and potential reproductive toxicology / A. M. Fan, C. C. Willhite, S. A. Book // Regulatory Toxicology and Pharmacology. – 1987. – Vol. 7 (2) – P. 135–148. DOI: 10.1016/0273-2300(87)90024-9.
12. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 дек. 2011 г. № 880. – СПб. : ГИОРД, 2015. – 176 с.
13. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance).
14. Codex General Standard For Contaminants And Toxins In Food And Feed (Codex Stan 193-1995).
15. FAO/WHO. Nitrate (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds) // WHO Food Additive series World Health Organization, (Geneva 2003, 50) 2013.
16. ГОСТ 29270-95. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения нитратов. – М. : Стандартинформ, 2010. – 24 с.
17. МУ 2.3.7.2519-09. Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических контаминаントов пищевых продуктов на население. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 27 с.
18. Койка, С. В. Нитраты и нитриты в продукции растениеводства / С. В. Койка, В. Т. Скориков // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. – 2008. – № 3. – С. 58–63.

References

1. Belousova E.A., Knyazeva L.I., Osipova G.M., Goryachev A.V. Zagryaznenie pit'evoy vody i produktov pitaniya nitratami i ego svyaz' s sostoyaniem zdorov'ya naseleniya [Pollution of drinking water and food products with nitrates and its relationship with the health of the population]. *Materialy XI Vserossiyskogo s'ezda gigienistov i sanitarnykh vrachey* [Proceedings XI All-Russia Congress of hygienists and sanitary doctors]. Moscow, 2012, vol. III, pp. 43–46.
2. Vasilovsky A.M., Kurkatov S.V. Gigienicheskaya otsekna bezopasnosti prodovol'stvennogo syr'ya v Tsentral'nnoy Sibiri [Hygienic assessment of the safety of food raw materials in Central Siberia]. *Materialy XI Vserossiyskogo s'ezda gigienistov i sanitarnykh vrachey* [Proceedings XI All-Russia Congress of hygienists and sanitary doctors]. Moscow, 2012, vol. III, pp. 57–60.

3. Kolnet I.V., Klepikov O.V., Morkovina D.A. Osobennosti zabolеваemosti naseleniya v svyazi s kontaminatsiyey pishchevykh produktov [Peculiarities of the morbidity of the population in connection with the contamination of food products]. *Materialy XI Vserossiyskogo s'ezda gigenistov i sanitarnykh vrachey* [Proceedings XI All-Russia Congress of hygienists and sanitary doctors]. Moscow, 2012, vol. III, pp. 111–113.
4. Krokhalova S.I., Cherepanov P.V. Soderzhanie nitratov v rastitel'nykh produktakh pitaniya i ikh vliyanie na zdorov'e cheloveka [Nitrate content in plant food products and their influence on human health]. *Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo universiteta im. Sholom-Aleykhem* [Bulletin of Priamur State University named after Sholom-Aleikhem], 2016, no. 3(24), pp. 27–36.
5. Sokolov O. Osobennosti raspredeleniya nitratov i nitritov v ovoshchakh [Peculiarities of the distribution of nitrates and nitrites in vegetables]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potatoes and Vegetables], 1987, no. 6, pp. 45–49.
6. Mensinga T.T., Speijers G.J., Meulenbelt J. Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicological Reviews*, 2003, vol. 22(1), pp. 41–51. DOI: 10.2165/00139709-200322010-00005U.
7. IPCS. Poisons Information Monograph G016: Nitrates and nitrites. (September 1996). Available at: www.inchem.org/documents/pims/chemical/pimg016.html.
8. Guidelines for drinking-water quality. 2nd ed. Vol. 2. Health Criteria and other supporting information. Geneva: World Health Organization, 1996. 973 p.
9. U.S. EPA. Integrated Risk Information System (IRIS) data base access. U.S. Environmental Protection Agency, 1997.
10. Wright R.O., Lewander W.J., Woolf Wright A.D. Methemoglobinemia: etiology, pharmacology, and clinical management. *Annals of Emergency Medicine*, 1999, vol. 34(5), pp. 646–656. DOI: 10.1016/S0196-0644(99)70167-8.
11. Fan A.M., Willhite C.C., Book S.A. Evaluation of the nitrate drinking water standard with reference to infant methemoglobinemia and potential reproductive toxicology. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 1987, vol. 7(2), pp. 135–148. DOI: 10.1016/0273-2300(87)90024-9.
12. TR TS 021/2011. O bezopasnosti pishchevoy produktsii [Technical Regulations of the Customs Union 021/2011. On Food Safety]. Moscow, Standartinform Publ., 2011.
13. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance).
14. Codex General Standard For Contaminants And Toxins In Food And Feed (Codex Stan 193-1995).
15. FAO/WHO. Nitrate (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds) In: WHO Food Additive series World Health Organization, (Geneva 2003, 50) 2013.
16. GOST 29270-95. Produkty pererabotki plodov i ovoshchey. Metod opredeleniya nitratov [State Standard 29270-95. Products processed fruits and vegetables. Method for determination of nitrates]. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 24 p.
17. MU 2.3.7.2519-09. Opredelenie ekspozitsii i otsenka risika vozdeystviya khimicheskikh kontaminantov pishchevykh produktov na naselenie [Methodical indications 2.3.7.2519-09. Determination of exposure and assessment of the risk of exposure to chemical contaminants of food products on the population]. Moscow, Federal'nyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2010. 27 p.
18. Koyka S.V., Skorykov V.T. Nitraty i nitritы v produktsii rastenievodstva [Nitrates and nitrites in crop production]. *Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries], 2008, no. 3, pp. 58–63.

Орымбетова Гулбаги Эмитовна

канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой инженерии, РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова», 160012, Казахстан, г. Шымкент, пр-т Тауке хана, 5, e-mail: orim_77@mail.ru

Шамбулова Гульнара Досанбековна

канд. техн. наук, доцент, АО «Алматинский технологический университет», 050012, Казахстан, г. Алматы, ул. Толеби, 100

Орымбетов Эмит Махатович

канд. техн. наук, доцент кафедры энергетики и нетрадиционных энергетических систем, РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова», 160012, Казахстан, г. Шымкент, пр-т Тауке хана, 5

Касымова Махаббат Куандыковна

канд. хим. наук, доцент кафедры пищевой инженерии, РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова», 160012, Казахстан, г. Шымкент, пр-т Тауке хана, 5

Кобжасарова Зиба Исаковна

канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой инженерии, РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова», 160012, Казахстан, г. Шымкент, пр-т Тауке хана, 5

Gulbagi E. Orymbetova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Food Engineering, M.Auezov South Kazakhstan State University, 5, Tauke khana Ave., Shymkent, 160012, Kazakhstan, e-mail: orim_77@mail.ru

Gulnara D. Shambulova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Almaty Technological University, 100, Tole bi Str., Almaty, 050012, Kazakhstan

Emit M. Orymbetov

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Energy and Non-traditional Energy Systems, M.Auezov South Kazakhstan State University, 5, Tauke khana Ave., Shymkent, 160012, Kazakhstan

Mahabbat K. Kasymova

Cand.Sci.(Chem.), Associate Professor of the Department of Food Engineering, M.Auezov South Kazakhstan State University, 5, Tauke khana Ave., Shymkent, 160012, Kazakhstan

Ziba I. Kobzhasarova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Food Engineering, M.Auezov South Kazakhstan State University, 5, Tauke khana Ave., Shymkent, 160012, Kazakhstan

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ЖЕЛАТИНА ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

О. Д. Сергазиева*, Н. В. Долганова

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный
технический университет (АГТУ)»,
414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

*e-mail: ahiles-7575@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 19.10.2017

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© О. Д. Сергазиева, Н. В. Долганова, 2018

Аннотация. Актуальность данных исследований заключается в разработке технологии экологически чистых природных съедобных защитных покрытий пищевых продуктов с использованием отходов рыбной промышленности. В работе представлены результаты изучения свойств и возможности применения съедобных пищевых пленок, изготовленных на основе ихтиожелатина, для сохранения качества разнообразных пищевых продуктов. Для изготовления пищевой съедобной пленки использовали желатин, полученный из отходов рыбоперерабатывающей промышленности (рыбной чешуи) (ихтиожелатин). Пленку готовили на основе ихтиожелатина с концентрацией от 5 до 15 % и пластификатора – глицерина с концентрацией от 2 до 20 %. Все полученные пленки проходили проверку качества по органолептическим (внешний вид, запах, цвет) и физико-механическим показателям (рН, массовая доля влаги, продолжительность растворения, толщина пленки, разрушающее напряжение при растяжении, паропроницаемость). Полученные результаты показали возможность применения пищевых пленок на основе ихтиожелатина в общественном питании. Изменение количества пластификатора позволяет получить два типа пленок: одну более плотную (2 % пластификатора), с малым растяжением, которую можно применить для производства пакетов при хранении и заморозке продуктов, второй тип (5 % пластификатора) может быть использован для изготовления цветных пленок с рисунками, которые применяются как защитное и декоративное покрытие кондитерских изделий. Для применения разработанных пленок в качестве покрытия холодных закусок (салатов, различных нарезок), для защиты банкетных блюд от высыхания и заветривания необходимо обратить особое внимание на паропроницаемость пленки, зависимость ее от количества пластификатора и толщины. Возможность регулирования данного показателя может расширить область применения разработанной съедобной пленки.

Ключевые слова. Съедобная пищевая пленка, ихтиожелатин, технология, показатели безопасности

Для цитирования: Сергазиева, О. Д. Применение пленок на основе желатина для сохранения качества пищевых продуктов / О. Д. Сергазиева, Н. В. Долганова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 156–163.
DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-156-163.

USING FOOD WRAPS BASED ON GELATIN TO PRESERVE FOOD QUALITY

O.D. Sergazieva*, N.V. Dolganova

Astrakhan State Technical University (ASTU),
16, Tatischeva Str., Astrakhan, 414056, Russia

*e-mail: ahiles-7575@mail.ru

Received: 19.10.2017

Accepted: 16.03.2018

© O.D. Sergazieva, N.V. Dolganova, 2018

Abstract. The research in the given sphere is essential because it is concerned with the development of ecologically clean natural edible food wraps production technology using fish industry waste products. The article presents the results of the studies devoted to the consideration of properties and possibilities of using edible food wraps based on ichthyo-gelatin to preserve quality of different food products. To produce edible food wrap the author used gelatin obtained from the waste products (fish scale) of fish-processing industry (ichthyo-gelatin). The wrap was produced based on ichthyo-gelatin with concentration from 5 to 15% and plasticizer (glycerol with concentration from 2 to 20%). All obtained wraps were subject to quality control considering organoleptic (flavor, color, look) and physicochemical properties (pH, moisture content, dissolution rate, film thickness, breaking stress at stretching, water vapor permeability). The obtained results showed that it is possible to use food wraps based on ichthyo-gelatin in public catering. Changes in plasticizer proportion made it possible to produce two types of film: the first one was thicker (2% of plasticizer) having low stretching ability it can further be used in production of bags for products storage and freezing; the second type of the film (5% of plasticizer) can be used to produce colorful films with prints which can be applied for protective and decorative wrapping of confectionery products. To use the developed films as a protective wrapping for cold dishes (such as salads and various cold cuts), to protect banquet dishes against drying and thick film formation it is necessary to pay especial attention to water vapor permeability of the film its dependence on the proportion of plasticizer and thickness. Variability of this parameter can extend the application sphere of the developed edible film.

Keywords. Edible food wrap, ichthyo-gelatin, technology, safety parameters

For citation: Sergazieva O.D., Dolganova N.V. Using Food Wraps Based on Gelatin to Preserve Food Quality. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 156–163 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-156-163.

Введение

Развитие человечества влечет за собой проблему роста уровня загрязненности окружающей среды. Поэтому работы над созданием безотходной и экологичной пищи приобретают актуальность. Многочисленные исследования в области разработки пищевых пленок и покрытий продуктов питания обусловлены высоким спросом потребителей на продукты, сочетающие высокое качество, длительный срок хранения, а также экологически чистую упаковку. Именно поэтому особое внимание уделяется разработкам в области создания съедобных или биоразлагаемых покрытий и пленок на основе биополимеров, способных обеспечить защиту продуктов от усушки, пагубного воздействия кислорода и микроорганизмов в процессе движения товара к потребителю и, в дальнейшем, защиту окружающей среды от неблагоприятного воздействия отходов от пищевых продуктов. Концепция съедобных пленок и покрытий представляет собой перспективное направление для создания новых упаковочных материалов. Это связано с тем, что съедобные пленки и покрытия могут быть изготовлены с широким диапазоном свойств, в зависимости от предполагаемого их использования. Создание съедобной упаковки позволяет реализовать идею обогащения продукта функциональными добавками за счет включения их в состав пленок. Основная цель получения композитных пленок состоит в модификации проницаемости и механических свойств, в зависимости от особенностей сферы применения.

При таком положении вещей заслуживают внимания пленки и покрытия на основе желатина, позволяющие защитить продукт от порчи путем замедления процессов миграции влаги и газов, а также используемые в качестве одного из способов введения в продукт антиоксидантов, ферментных или функциональных добавок.

Анализ разработок и исследований в области создания съедобных и биодеградируемых покрытий на основе желатина указывает на определенные успехи в этой области. Использование желатина в качестве основы для формирования защитного покрытия позволяет получить качественные, с увеличенным сроком хранения и пищевой ценностью, продукты.

Ранее в Астраханском государственном техническом университете была разработана технология получения ихтиожелатина из чешуи рыб [7]. Предварительные исследования показали, что ихтиожелатин может быть применен для разработки «барьерных технологий», базирующихся на использовании пленкообразующих растворов. Это позволяет одновременно решать две актуальные задачи: разработка технологии

экологически чистых природных съедобных защитных покрытий пищевых продуктов и использование при этом продуктов переработки отходов рыбной промышленности.

Цель работы: изучение свойств съедобных пищевых пленок, изготовленных на основе ихтиожелатина, и возможность их применения для сохранения качества разнообразных пищевых продуктов.

Объекты и методы исследований

Для изготовления пищевой съедобной пленки использовали желатин, полученный из отходов рыбоперерабатывающей промышленности (рыбной чешуи) (ихтиожелатин). Рыбная чешуя для производства ихтиожелатина приобреталась в ООО «Наша кухня», г. Астрахань. Изготавливали ихтиожелатин по техническим условиям, разработанным на кафедре технологии товаров и товароведения ФГБОУ ВО «АГТУ». Он соответствовал требованиям на пищевой желатин марки П-11. Индивидуальной особенностью ихтиожелатина является более низкая температура плавления 22–24 °C, это объясняется химическим составом и строением рыбного коллагена, содержанием таких аминокислот, как пролин и оксипролин [7].

В качестве пластификатора был выбран глицерин пищевой, произведенный по ЛСР 002-293-2007, ГОСТ 6824-9, так как применение его в качестве пластификатора для пленок, предназначенных для упаковки пищевых продуктов, хорошо изучено, он доступен, а также сравнительно недорог [4–6].

Пленку готовили на основе ихтиожелатина с концентрацией от 5 до 15 % и пластификатора – глицерина с концентрацией от 2 до 20 % [9].

Все полученные пленки проходили проверку качества по органолептическим (внешний вид, запах и цвет) и по физико-механическим показателям (рН, массовая доля влаги, продолжительность растворения, толщина пленки, разрушающее напряжение при растяжении, паропроницаемость).

Определение рН проводили с помощью рН-метра «рН-150 ми». Массовую долю влаги пленки определяли по ГОСТ 9793-74 высыпыванием в сушильном шкафу при температуре (103 ± 2) °C. Продолжительность полного растворения листа пленки размером 15x20 мм в горячей и холодной воде определяли при перемешивании до полного растворения.

Толщину пленки измеряли переносным лазерным аккумуляторным толщиномером марки «Константа К5», зав. 1585, инв. № 810, диапазон 0–2000, мкм, $\pm 0,2\%$.

Определение разрушающего напряжения при растяжении и относительного удлинения при разрыве пленки производилось при помощи

разрывной машины ИР 5074-3. Паропроницаемость пленки определяли весовым методом по ГОСТ 7730-89.

Технология изготовления пленок для всех образцов была одинаковая. Для приготовления пленкообразующего раствора к расчетному количеству измельченного желатина добавляли глицерин, смешивали и заливали расчетным количеством воды, аккуратно перемешивали, накрывали и оставляли для набухания при комнатной температуре на необходимое время. Во время набухания желатин периодически перемешивали. Емкость с набухшим желатином помещали на водяную баню, нагретую до температуры 35 °C. При осторожном перемешивании желатин доводили до полного растворения, однородности без видимого разделения фаз. Далее формовали пленки на пластиковых подложках размером 45x45 см. Пленки изготавливались путем нанесения подготовленного пленкообразующего раствора на полимерные подложки, заранее обезжиренные спиртовым раствором. Толщину пленки регулировали количеством наносимого пленкообразующего раствора на подложки одинакового размера. Сушка пленок до влажности 8–9 % осуществлялась в сушильном шкафу с конвекцией при температуре 45–50 °C.

Результаты и их обсуждение

В результате первичного анализа качества полученных пленок для дальнейшего исследования были выбраны два образца, которые по внешнему виду были тактильно гибкие, однородные, с гладкой поверхностью без трещин, без следов разделения фаз, почти не было нерастворимых частиц и посторонних включений, отсутствовали хрупкие зоны и пузыри. Данные пленки легко отделялись от подложки без разрушений.

Первый образец – пленка, изготовленная на основе 10 % иктиожелатина и 2 % пластификатора, второй образец – пленка, изготовленная на основе 8 % иктиожелатина и 5 % пластификатора.

По органолептическим характеристикам исследуемые пленки соответствуют характеристикам, представленным в табл. 1.

Влажность пленки регулируется в процессе сушки и составляет от 7,5 до 11 %.

Образцы имели значение pH 5,5–7,2.

Соотношение толщины пленки и количества пленкообразующего раствора представлено в табл. 2.

Для дальнейших исследований были взяты пленки с толщиной около 60 мкм. Данная толщина была выбрана на основе анализа литературных данных [1–3].

При определении паропроницаемости пленок с 5 % содержанием пластификатора в составе рецептуры (образец 2) убыль массы воды происходила быстрее по сравнению с образцами, в составе которых содержалось 2 % пластификатора (образец 1). Это дает основания полагать, что увеличение количества пластификатора приводит к ухудшению барьерных свойств по отношению к парам воды.

Таблица 1 – Органолептические характеристики исследуемых пленок

Table 1 – Organoleptic properties of the considered food wraps

№ п/п	Наименование показателя	Характеристика показателя	
		1 образец	2 образец
1	Вкус	Без вкуса. При внесении вкусовых компонентов вкус в соответствии компоненту	Без вкуса. При внесении вкусовых компонентов вкус в соответствии компоненту
2	Цвет	Бесцветная, однородная, имеет желтоватый оттенок. При использовании пищевых красителей цвет, свойственный цвету вносимой добавки	Бесцветная, однородная. При использовании пищевых красителей цвет, свойственный цвету вносимой добавки
3	Запах	Без запаха. При включении в рецептуру ароматических компонентов запах, свойственный вводимым компонентам, без порчающих признаков	Без запаха. При включении в рецептуру ароматических компонентов запах, свойственный вводимым компонентам, без порчающих признаков
4	Внешний вид	Однородная, без следов растрескивания, хрупких зон, наплывов и пузырей, без включения нерастворенных и посторонних частиц	Однородная, без следов растрескивания, хрупких зон, единичные наплывы и пузыри, без включения нерастворенных и посторонних частиц
5	Прозрачность	Прозрачная	Прозрачная

Таблица 2 – Соотношение толщины пленки и количества пленкообразующего раствора

Table 2 – Ratio of film thickness to the amount of film-forming solution

№ п/п	Количество пленкообразующего раствора, мл	Толщина готовой пленки, мкм
1	35	69,37 ± 0,2
2	30	60,85 ± 0,2
3	25	48,90 ± 0,2
4	20	38,42 ± 0,2

Данные исследования относительного удлинения и разрушающего напряжения двух типов пленки (табл. 3) показали, что при увеличении массовой доли пластификатора увеличивается относительное удлинение пленки при разрыве в 2 раза, а разрушающее напряжение при растяжении становится в 2 раза меньше.

Таблица 3 – Относительное удлинение и разрушающее напряжение двух типов пленки
Table 3 – Relative elongation and breaking stress values for two types of films

Показатели	Типы пленки	
	1	2
Массовая доля пластификатора, %	2	5
Относительное удлинение при разрыве, %	4	9,5
Среднее значение разрушающего напряжения при растяжении, МПа (кгс/мм)	58,6	38,6

В результате можно констатировать, что изменение количества пластификатора позволяет получить два типа пленки: одну более плотную и с малым растяжением, которую возможно применить для производства пакетов при хранении и заморозке продуктов, второй тип может быть использован для обертывания продуктов.

При определении сроков хранения пленку хранили в герметичной картонной коробке при комнатной температуре в течение 100 суток. Исследование более продолжительного срока не рационально, так как продукция, для упаковки которой планируется применение данной пленки, не требует более длительных сроков хранения.

1. Исследования микробиологических показателей безопасности в соответствии с ТР ТС 021/2011

показали, что даже после 100 суток хранения пленок все микробиологические показатели соответствуют нормативным (табл. 4) [8].

Пленку первого типа применяли как упаковку для хранения сыпучих продуктов и приготовления порционных блюд. Для упаковывания полуфабрикатов и сыпучих продуктов приготовленную пленку первого типа формовали в виде пакетов, размеры которых зависели от количества продукта, помещенного в них; пакеты герметично запаивали. Для приготовления блюда «Каша гречневая молочная порционная» подготавливали пакет из съедобной пищевой пленки, в который помещали 10 г гречневой крупы. Также были изготовлены порционные пакеты с замороженными полуфабрикатами (пельменями). При приготовлении данных продуктов их помещали в горячую воду непосредственно в упаковку, готовые блюда получались высокого качества. Пленка растворялась в жидкости без остатка, без посторонних запахов.

Была проведена дегустация стандартного продукта (образец-эталон) и продукта в пищевой съедобной пленке с желатином из рыбного сырья. Оценки ставились дегустационной комиссией по пятибалльной шкале. Если проставляли оценку ниже, чем 5, то рядом с оценкой обязательно давали пояснение (табл. 5, 6).

Таблица 4 – Микробиологические показатели желатиновых пленок

Table 4 – Microbial attributes of the gelatin films

Наименование показателя	Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011	Пленка после 1 ч хранения	Пленка после 10 суток хранения	Пленка после 100 суток хранения
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$
БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	0,001	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Бактерии рода <i>Salmonella</i>	не допускается	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Бактерии вида <i>Escherichia coli</i> , не допускаются в массе продукта, г	0,1	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Энтерококки, КОЕ/г	не более $2 \cdot 10^3$	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
<i>Staphylococcus aureus</i>	не допускается	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Плесени и дрожжи, КОЕ/г (см^3), не более	не более 100	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Сульфатредуцирующие клостридии, не допускаются в массе продукта, г	0,01	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено

Таблица 5 – Дегустационный лист «Пельмени домашние» (1) и «Пельмени домашние в съедобной пленке» (2)

Table 5 – Tasting list “Home-made meat dumplings” (1) and “Home-made meat dumplings in edible film” (2)

№	Наименование блюда	Короткова М. Б.		Саблина Н. П.		Якубова О. С.		Примечание
		внешний вид	вкус	внешний вид	вкус	внешний вид	вкус	
1	Пельмени домашние	5	5	5	5	5	5	
2	Пельмени домашние в съедобной пленке	5	5	5	5	5	5	

Таблица 6 – Дегустационный лист «Каша гречневая молочная порционная» (1) и «Каша гречневая молочная порционная в съедобной пленке» (2)
Table 6 – Tasting list “Buckwheat cereal with milk” (1) and “Buckwheat cereal with milk in edible film” (2)

№	Наименование блюда	Короткова М. Б.		Саблина Н. П.		Якубова О. С.		Примечание
		внешний вид	вкус	внешний вид	вкус	внешний вид	вкус	
1	Каша гречневая молочная порционная	5	5	5	5	5	5	
2	Каша гречневая молочная порционная в съедобной пленке	5	5	5	5	5	4	имеется слабозаметный посторонний привкус

Такие заготовки выгодны и удобны в общественном питании, так как они помогают работникам экономить время на взвешивании сырья по рецептограмм, а также при расчете количества порций.

Эти пленки можно использовать для фасовки каш быстрого приготовления, которые продаются порционно в картонных упаковках по 5 или 10 штук.

Из пленки второго типа изготавливались цветные пленки с рисунками как защитное и декоративное покрытие кондитерских изделий. Данные элементы являлись съедобным декором, имели привлекательный вид.

Рассматривался еще один способ применения пленок первого и второго типа – в общественном питании, в качестве покрытия банкетных блюд (холодных закусок, кондитерских изделий) для их защиты от высыхания и заветривания. Для данного эксперимента был взят салат с различной заправкой, а также мясная и рыбная гастрономия.

Данные блюда выдерживали в течение 3 ч под пленками. После 2 ч хранения на пленке салатов начали образовываться капли дистиллята, а в продукте начали проходить процессы микробиологической порчи, появился кислый запах и вкус, не свойственный блюду. Это доказывает, что данная пленка неприменима для покрытия холодных закусок (салатов) в связи с низкой паропроницаемостью пленки ($25 \text{ г}/\text{м}^2$ за 24 ч). Но при применении данной пленки для покрытия холодных закусок, таких как гастрономическая мясная нарезка и рыбная нарезка, данная пленка показала хорошие результаты.

Также хорошие результаты данный тип пленки показал при упаковке бисквитных и песочных пирожных, защищая данный продукт от высыхивания и сохраняя его пищевую ценность, а следовательно, создавая предпосылки увеличения сроков хранения.

Возможность увеличения сроков хранения кулинарной продукции при комнатной температуре (20 ± 5) °C и влажности 45–50 %, упакованной в опытные образцы пленок, определяли по органолептическим и микробиологическим показателям (табл. 7, 8).

Полученные результаты показали возможность применения пищевых пленок на основе ихтиожелатина в общественном питании. Изменение количества пластификатора позволяет получить два типа пленок: одну более плотную (2 % пластификатора), с малым растяжением, которую возможно применить для производства пакетов при хранении и заморозке продуктов; второй тип (5 % пластификатора) может быть использован для изготовления цветных пленок с рисунками, применяемых как защитное и декоративное покрытие кондитерских изделий. Для применения разработанных пленок в качестве покрытия холодных закусок, для защиты банкетных блюд от высыхания и заветривания необходимо обратить особое внимание на паропроницаемость пленки, зависимость ее от количества пластификатора и толщины. Возможность регулирования данного показателя может расширить область применения разработанной пленки, что и будет являться дальнейшим исследованием.

Таблица 7 – Оценка блюд по микробиологическим и органолептическим показателям при хранении в съедобной пленке с желатином из рыбного сырья после 1 ч хранения
Table 7 – Evaluation of the dishes considering microbiological and organoleptic parameters after one hour of storage in the edible wrap produced from gelatin obtained from fish wastes

Наименование показателя	Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011	Мясная гастрономия	Салат	Бисквитное пирожное
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
БГКП (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	0,1	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Бактерии рода <i>Salmonella</i>	не допускается	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Бактерии вида <i>Escherichia coli</i> , не допускаются в массе продукта, г	0,1	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
<i>Staphylococcus aureus</i>	не допускается	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Плесени и дрожжи, КОЕ/г (см ³), не более	50	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Сульфатредуцирующие клоストриди, не допускаются в массе продукта, г	0,1	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Внешний вид		соответствует	соответствует	соответствует
Запах		свойственный	свойственный	свойственный
Вкус		свойственный	свойственный	свойственный

Таблица 8 – Оценка блюд по микробиологическим и органолептическим показателям при хранении в съедобной пленке с желатином из рыбного сырья после 6 ч хранения

Table 8 – Evaluation of the dishes considering microbiological and organoleptic parameters after six hours of storage in the edible wrap produced from gelatin obtained from fish wastes

Наименование показателя	Допустимые уровни по ТР ТС 021/2011	Мясная гастрономия	Салат	Бисквитное пирожное
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$
БГКП (coliформы), не допускаются в массе продукта, г	0,1	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Бактерии рода <i>Salmonella</i>	не допускается	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Бактерии вида <i>Escherichia coli</i> , не допускаются в массе продукта, г	0,1	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
<i>Staphylococcus aureus</i>	не допускается	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Плесени и дрожжи, КОЕ/г (см^3), не более	50	не обнаружено	обнаружено	не обнаружено
Сульфатредуцирующие клоストриди, не допускаются в массе продукта, г	0,1	не обнаружено	обнаружено	не обнаружено
Внешний вид	–	цвет значительно отличается от типичного	цвет значительно отличается от типичного	слабое подсыхание поверхности основного продукта
Запах	–	слабовыраженный, недостаточно типичный с заметным преобладанием кислого	нетипичный, посторонний	слабовыраженный
Вкус	–	нетипичный, посторонний	–	недостаточно выраженный

Список литературы

1. Савицкая, Т. А. Съедобные полимерные пленки и покрытия: история вопроса и современное состояние (обзор) / Т. А. Савицкая // Полимерные материалы и технологии. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 6–36.
2. Могильный, М. П. Теоретические и практические аспекты создания инновационных технологий мясных продуктов функционального назначения для общественного питания : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.15 / Могильный Михаил Петрович. – М., 2011. – 25 с.
3. Пат. 2297151 С2 Российская Федерация, МПК A23P1/08, A23P1/08. Способ формирования защитного покрытия для хранения рыбной продукции / Маслова Г. В., Сподобина Л. А., Красавцев В. Е., Нудьга Л. А., Петрова В. А., Бочек А. М., Панарин Е. Ф. ; заявитель и патентообладатель Государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по развитию и эксплуатации флота «ГИПРОРЫБФЛОТ». – заявл. 27.06.2005 ; опубл. 20.04.2007, Бюл. № 11. – 7 с.
4. Пат. 2525926 С1 Российская Федерация, МПК C08J5/18, A61K47/36. Водорастворимая биодеградируемая съедобная упаковочная пленка / Алексанян И. Ю., Пленкин А. В., Нугманов А. Х.-Х., Никулина М. А., Титова Л. М. ; заявитель и патентообладатель Никулина Мария Александровна. – заявл. 01.09.2013 ; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23. – 10 с.
5. Пат. 2458077 С1 Российская Федерация, МПК C08J5/18, C08L5/06, C08L5/08, C08L101/16. Биоразлагаемая пленка на основе пектина и хитозана / Перфильева О. О. ; заявитель и патентообладатель Перфильева Ольга Олеговна. – заявл. 14.12.2010 ; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 22. – 7 с.
6. СанПиН 2.3.6.1079-01. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям общественного питания, изготовлению и оборотоспособности в них пищевых продуктов и продовольственного сырья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. – Дата обращения: 06.09.17.
7. СанПиН 2.3.2.1293-03. Гигиенические требования по применению пищевых добавок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. – Дата обращения: 06.09.17.
8. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. – Дата обращения: 06.09.17.
9. Якубова, О. С. Разработка технологии получения ихтиожелатина из чешуи рыб : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Якубова Олеся Сергеевна. – Воронеж, 2006. – 24 с.
10. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс]. – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 дек. 2011 г. № 880. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. – Дата обращения: 06.09.17.
11. Al-Hassan, A. A. Starch-gelatin edible films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers / A. A. Al-Hassan, M. N. Norziah // Food hydrocolloids. – 2012. – № 26. – Р. 108–117. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.04.015.
12. Физико-химические свойства и применение пищевых съедобных пленок и покрытий в сохранении фруктов / Т. А. Диаб [и др.] // Пищевая агрономика. – 2011. – С. 988–1000.
13. Аллам, А. Ю. Применение пищевых покрытий на основе хитозана для сохранения качества и увеличения сроков хранения свежей клубники /А. Ю. Аллам, Н. В. Долганова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2017. – № 2 (43) – С. 80–85.

14. Allam, A. Y. Effects of edible chitosan-based films produced from shrimp *Penaeus semisulcatus* on storability and quality of tomato fruits /A. Y. Allam, N. V. Dolganova // Scientific Light. – 2017. – Vol. 1, № 4. – P. 84–89.
15. Allam, A. Y. Effects of chitosan coating on postharvest quality of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum*) /A. Y. Allam, N. V. Dolganova // Journal Ciencia e Tecnica Vitivinicola. – 2017. – Vol. 32, № 6. – P. 295–271.
16. Якубова, О. С. Сравнительная характеристика свойств желатина различного происхождения / О. С. Якубова, А. А. Бекешева, Д. А. Гусева // Материалы IV Международного балтийского морского форума. – Калининград : БГАРФ, 2016. – С. 1528–1538.
17. Покусаева, О. А. Ихтиожелатин как основа съедобных пленочных покрытий для пищевых продуктов / О. А. Покусаева, Н. В. Долганова, О. С. Якубова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 123–128.
18. Иванова, Е. А. Оценка перспектив использования коллагеновых белков чешуи рыб в технологии пищевых производств / Е. А. Иванова, О. С. Якубова // Современное бизнес-пространство: актуальные проблемы и перспективы. – 2014. – № 1. – С. 157–159.
19. Пат. Российской Федерации 2532180 С1, МПК C08L5/00. Пищевое пленочное покрытие / Денисова М. Н., Жук С. Г., Бухарова Е. Н., Рысмухамбетова Г. Е., Кащенко В. Ф.; заявитель и патентообладатель Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова. – заявл. 23.07.2013 ; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 30. – 6 с.
20. Касьянов, Г. И. Биоразрушаемая упаковка для пищевых продуктов / Г. И. Касьянов // Наука. Техника. Технологии. – 2015. – № 3. – С. 1–20.

References

1. Savitskaya T.A. S'edobnye polimernye plenki i pokrytiya: istoriya voprosa i sovremennoe sostoyanie (obzor) [Edible polymer films and coatings: background and current state (a review)]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2016, vol. 2, no. 2, pp. 6–36.
2. Mogil'nyy M.P. *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty sozdaniya innovatsionnykh tekhnologiy myasnykh produktov funktsional'nogo naznacheniya dlya obshchestvennogo pitaniya*. Avtoref. diss. dokt. nauk. [Theoretical and practical aspects of developing innovative technologies for production of functional use meat products to be applied in catering. Dr. eng. sci. thesis]. Moscow, 2011. 25 p.
3. Maslova G.V., Spodobina L.A., Krasavtsev V.E., Nud'ga L.A., Petrova V.A., Bochek A.M., Panarin E.F. *Sposob formirovaniya zashchitnogo pokrytiya dlya khraneniya rybnykh produktov* [Protective layer developing method for fish products storage]. Patent RF, no. 2297151 С2, 2007.
4. Aleksanyan I.Yu., Plenkin A.V., Nugmanov A.Kh.-Kh., Nikulina M.A., Titova L.M. *Vodorastvorimaya biodegradiruemaya s'edobnaya upakovochnaya plenka* [Water-soluble biodegradable edible wrap]. Patent RF, no. 2525926 С1, 2014.
5. Perfil'eva O.O. *Biorazlagaemaya plenka na osnove pektina i khitozana* [Biodegradable wrap based on pectin and chitosan]. Patent RF, no. 2458077 С1, 2012.
6. SanPiN 2.3.6.1079-01. *Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k organizatsiyam obshchestvennogo pitaniya, izgotovleniyu i oborotosposobnosti v nich pishchevykh produktov i prodovol'stvennogo syr'ya* [Sanitary-epidemiological requirements for public catering enterprises, production and circulation of food products and food ingredients in them]. Available at: <http://www.consultant.ru>. (accessed 16 September 2017).
7. SanPiN 2.3.2.1293-03. *Gigienicheskie trebovaniya po primeneniyu pishchevykh dobavok* [Hygienic requirements for food additive using]. Available at: <http://www.consultant.ru>. (accessed 16 September 2017).
8. SanPiN 2.3.2.1078-01. *Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov* [Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products]. Available at: <http://www.consultant.ru>. (accessed 16 September 2017).
9. Yakubova O.S. *Razrabotka tekhnologii polucheniya ikhtiozhelatina iz cheshui ryb*. Avtoref. kand. dokt. nauk. [Development of technology for obtaining ichthyo-gelatin from fish scale. Cand. eng. sci. thesis]. Voronezh, 2006. 24 p.
10. TR TS 021/2011. *O bezopasnosti pishchevoy produktov* [Technical Regulations of the Customs Union 021/2011. On Food Safety]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. Available at: www.consultant.ru. (accessed 16 September 2017).
11. Al-Hassan A.A., Norziah M.N. Starch-gelatin edible films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. *Food hydrocolloids*, 2012, no. 26, pp. 108–117. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.04.015.
12. Diab T.A., Biliaderis C.G., Gerasopoulos D.A., Sfakiotakis E.F. Fiziko-khimicheskie svoystva i primenenie pishchevykh s'edobnykh plenok i pokrytiy v sokhranenii fruktov [Physical and chemical properties and application of edible wraps and covers to preserve fruit]. *Pishchevaya agronauka* [Agriscience for food production], 2011, pp. 988–1000.
13. Allam A.Ju., Dolganova N.V. Primenenie pishchevykh pokrytiy na osnove khitozana dlya sokhraneniya kachestva i uvelicheniya srokov khraneniya svezhey klubniki [Using of food-based chitosan to preserve the quality of fresh strawberries and increase its shelf life]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov* [Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs], 2017, no. 2(43), pp. 80–85.
14. Allam A.Y., Dolganova N.V. Effects of edible chitosan-based films produced from shrimp *penaeus semisulcatus* on storability and quality of tomato fruits. *Scientific Light*, 2017, vol. 1, no. 4, pp. 84–89.
15. Allam A.Y., Dolganova N.V. Effects of chitosan coating on postharvest quality of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum*). *Journal Ciencia e Tecnica Vitivinicola*, 2017, vol. 32, no. 6, pp. 295–271.
16. Jakubova O.S., Bekesheva A.A., Guseva D.A. Sravnitel'naya kharakteristika svoystv zhelatina razlichnogo

- proiskhozdeniya [Comparative analysis of properties of gelatin having different origin]. *Materialy IV Mezhdunarodnogo baltiyskogo morskogo foruma* [Proceedings of the IV International Baltic Maritime Forum]. Kaliningrad, 2016, pp. 1528–1538.
17. Pokusaeva O.A., Dolganova N.V. Ikhthiozelatin kak osnova s'edobnykh plenochnykh pokrytiy dlya pishchevykh produktov [Fish Gelatin as a Base of Edible Film Coatings for Food Products]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaystvo* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry], 2015, no. 1, pp. 123–128.
18. Ivanova E.A., Jakubova O.S. Otsenka perspektiv ispol'zovaniya kollagenovykh belkov cheshui ryb v tekhnologii pishchevykh proizvodstv [Estimation of prospects of use of collagenic fibers of scales of fishes in technology of food manufactures]. *Sovremennoe biznes-prostranstvo: aktual'nye problemy i perspektivy* [Modern business environment: current issues and perspectives], 2014, no. 1, pp. 157–159.
19. Denisova M.N., Zhuk S.G., Buharova E.N., Rysmuhametova G.E., Kashhenko V.F. *Pishchevoe plenochnoe pokrytie* [Food wrap]. Patent RF, no. 2532180 C1, 2014.
20. Kas'yanov G.I. Biorazrushаемая упаковка для pishchevykh produktov [Biodegradable Food Packaging]. *Nauka. Tekhnika. Tekhnologii* [Science. Engineering. Technology], 2015, no. 3, pp. 1–20.

Сергазиева Ольга Дмитриевна

канд. с.-х. наук, доцент кафедры технологии товаров и товароведения, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, тел.: +7 (512) 61-42-55, e-mail: ahiles-7575@mail.ru

Долганова Наталья Вадимовна

д-р техн. наук, профессор кафедры технологии товаров и товароведения, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

Olga D. Sergazieva

Cand.Sci.(Agr.), Associate Professor of the Department of Technology of the Goods and Commodity Research, Astrakhan State Technical University, 16, Tatischeva Str., Astrakhan, 414056, Russia, phone: +7 (512) 61-42-55, e-mail: ahiles-7575@mail.ru

Natalya V. Dolganova

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology of the Goods and Commodity Research, Astrakhan State Technical University, 16, Tatischeva Str., Astrakhan, 414056, Russia



DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-164-171
УДК 547.913

ЭНАНТИОМЕРНЫЙ СОСТАВ КОМПОНЕНТОВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ *OCIMUM L.*

Т. В. Сачивко¹, *, Н. А. Коваленко², Г. Н. Супиченко², В. Н. Босак¹

¹ УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
213407, Беларусь, г. Горки, ул. Мичурина, 5

² УО «Белорусский государственный технологический университет»,
220006, Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13а

*e-mail: sachyuka@rambler.ru

Дата поступления в редакцию: 10.01.2018

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Т. В. Сачивко, Н. А. Коваленко, Г. Н. Супиченко, В. Н. Босак, 2018

Аннотация. Базилик *Ocimum L.* относится к перспективным эфиромасличным и пряно-ароматическим культурам, зеленая масса и эфирные масла которого могут с успехом применяться в различных отраслях экономики, в том числе в пищевой промышленности. В 56 образцах базилика *Ocimum L.* различного эколого-географического происхождения определены содержание и сбор эфирных масел. В исследованиях с изучаемыми сортобразованиями базилика установлено, что содержание эфирных масел у базилика различных видов (базилик обыкновенный – *Ocimum basilicum L.*, базилик тонкоцветный – *Ocimum tenuiflorum L.*, базилик килиманджарский – *Ocimum kilimandscharicum Willd.*, базилик американский – *Ocimum canum Sims.*) составило 0,28–0,83 % при его сборе 24,0–314,6 кг/га и урожайности зеленой массы в фазу технологической спелости (массовое цветение) 0,51–5,08 кг/м². Методом газожидкостной хроматографии изучен компонентный и энантиомерный состав эфирных масел новых районированных сортов базилика *Ocimum L.* (Магия, Володар, Настена, Источник), созданных в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и внесенных в Государственный реестр сортов Республики Беларусь. В результате исследований установлено, что в образцах эфирных масел новых сортов базилика присутствует до 20 компонентов, основными из которых являются линалоол, метилхавикол, α- и β-пинены, α-терpineол, эвгенол, гераниол, гераниаль, геранилацетат, тимол, нераль, карвон, карвакрол, лимонен и 1,8-цинеол. Энантиомеры представлены у компонентов эфирных масел α- и β-пинены, лимонен и линалоол.

Ключевые слова. Базилик, зеленая масса, эфирные масла, компонентный состав, энантиомерный состав

Для цитирования: Энантиомерный состав компонентов эфирных масел *Ocimum L.* / Т. В. Сачивко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 164–171. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-164-171.

ENANTIOMERIC COMPOSITION OF ESSENTIAL OILS *OCIMUM L.* COMPONENTS

T.V. Sachyuka¹, *, N.A. Kovalenko², G.N. Supichenko², V.N. Bosak¹

¹Belarusian State Academy of Agriculture,
5, Michurina Str., Gorki, 213407, Belarus

²Belarusian State Technological University,
13a, Sverdlova Str., Minsk, 220006, Belarus

*e-mail: sachyuka@rambler.ru

Received: 10.01.2018

Accepted: 16.03.2018

© T.V. Sachyuka, N.A. Kovalenko, G.N. Supichenko, V.N. Bosak, 2018

Abstract. Basil *Ocimum L.* belongs to the perspective aromatic and essential-oil plants. Its green mass and essential oils can be successfully used in different sectors of economy including food industry. In 56 samples of basil *Ocimum L.* having different ecological and geographic origin the author determined the content and yield of essential oils. The study of the taken basil cultivars shows that the content of essential oils in different types of basil (sweet basil – *Ocimum basilicum L.*, holy basil – *Ocimum tenuiflorum L.*, camphor basil – *Ocimum kilimandscharicum Willd.*, hoary basil – *Ocimum canum Sims.*) was 0.28–0.83% when its yield was 24.0–314.6 kg/ha and green mass yield during technological maturity phase (massive flowering) was 0.51–5.08 kg/m². By means of gas liquid chromatography method the author performed compositional and anantiometric analysis of the composition of the essential oils obtained from the new basil varieties such as *Ocimum L.* (Magiya, Volodar, Nastena, Istochnik), bred in Belorussian State Agricultural Academy and catalogued in the National Register of Cultivars in the Republic of Belarus. As a result of the research the author determined that essential oil samples obtained from the new basil cultivars have up to 20 components. The main components are linalool, methyl

chavicol, α - and β -pinenes, α -terpineol, eugenol, geraniol, geranial, geranyl acetate, thymol, nerol, carvone, carvacrol, limonene and 1,8-cineol. Enantiomers are present in essential oil components α - and β -pinenes, limonene and linalool.

Keywords. Basil, green mass, essential oils, component composition, enantiomeric composition

For citation: Sachyuka T.V., Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Bosak V.N. Enantiomeric Composition of Essential Oils *Ocimum* L. Components. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 164–171 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-164-171.

Введение

В настоящее время возделывается около 15 эфирно-масличных культур (кориандр, тмин, фенхель, душица, манго, мята перечная и др.), из которых вырабатываются эфирные масла около 40 наименований. Эфирные масла обладают широким спектром биологической активности, проявляя антибактериальные, противовоспалительные, ранозаживляющие и иммуномодулирующие свойства [1–7].

В проявлении лечебных и потребительских свойств растительного сырья и эфирных масел значительную роль играет оптическая активность входящих в их состав веществ, поскольку оптические изомеры одного и того же вещества могут оказывать различное действие на организм, поэтому состав оптически активных изомеров является важнейшей характеристикой качества фитопрепаратов.

Анализ летучих веществ методом инантиоселективной газовой хроматографии в последние годы получает все более широкое применение в связи с высокой селективностью, универсальностью и эффективностью. Использование данных о составе стереоизомеров может быть перспективным методом определения фальсификации растительного сырья и эфирных масел путем подмешивания более дешевых ингредиентов растительного происхождения или синтетических компонентов [8–11].

Поскольку искусственно синтезированные вещества представляют собой, как правило, рацемические смеси, с помощью методов, основанных на определении стереоизомеров, возможно эффективное выявление таких фальсификаций.

Лимонен, α - и β -пинены, линалоол относятся к наиболее распространенным терпеноидным соединениям эфирных масел, для которых характерно свойство оптической изомерии. Энантиомеры этих веществ присутствуют в растениях в различных соотношениях, иногда со значительным преобладанием одной из форм, что может быть использовано для стандартизации и предотвращения фальсификации растительного сырья и фитопрепаратов на его основе.

Так, например, R -(-)-линалоол совместно с R -(-)-линилацетатом может являться индикатором аутентичности масла из *Citrus bergamia*, используемого в качестве ароматизатора для чая Earl Grey. Преобладание $3S$ -(+)-линалоола характерно для листьев *Lippia alba* и *Cinnamomum tamala*, тогда как $3R$ -(+)-линалоол доминирует в эфирных маслах *Ocimum basilicum*. Оба энантиомера α -пинена широко распространены в природных источниках, хотя $1R$ -(+)-изомер часто

преобладает; для β -пинена характерна индивидуальность в распределении изомеров. Таким образом, любое изменение в характерном распределении энантиомеров может быть связано с фальсификацией или неправильной переработкой растительного сырья [8, 11–14].

Базилик (*Ocimum* L.) является одной из наиболее перспективных эфиромасличных и пряно-ароматических культур.

Базилик широко применяется в различных отраслях экономики: в пищевой и медицинской отраслях, в парфюмерии, косметической и фармацевтической промышленности, в декоративном садоводстве [3, 15].

Вся надземная часть базилика отличается приятным запахом и нежным вкусом, благодаря чему он нашел широкое применение в кулинарии. По аромату базилик превосходит мяту, а его листья имеют слегка холодящий солоноватый горьковато-терпкий вкус и обладают ароматом, имеющим различные оттенки: гвоздичный, перечный, лимонный, анисовый и др. – всего известно около 40 типов ароматов базилика. Специфический аромат листьям придают эфирные масла, содержащие, в частности, вещества цинеол и линалоол.

В качестве пряности базилик используется в свежем, сухом и замороженном виде.

Свежие и высушенные листья и цветки базилика применяют в кулинарии при изготовлении различных национальных блюд в греческой, французской, итальянской и кавказской кухнях.

Как приправу базилик добавляют в салаты, мясные и рыбные блюда, в различные маринады, а также употребляют для ароматизации овощных консервов, солений и в колбасном производстве. В ликерно-водочной промышленности базилик используется в производстве ликеров, что вносит разнообразие во вкусовую гамму выпускаемых изделий.

Базилик является обязательным ингредиентом при изготовлении знаменитого итальянского соуса песто. Его используют для отдушки масел и уксуса, которые затем применяют для придания пикантного привкуса салатам и белым соусам.

Базилик входит в состав пряных смесей, заменяющих черный перец, а также в специальные ароматические композиции. Хорошо сочетается базилик с майораном, петрушкой, кориандром, мяты, эстрагоном, розмарином, чабером, имбирем, мяты, бергамотом, иссопом, вербеной, мандарином, геранью и др. [3, 15].

Базилик обладает дезинфицирующим свойством, противовоспалительным и тонизирующим действием, его эфирные масла обладают бактерицидным действием. В современной

медицине базилик используют для приготовления ароматических ванн, полосканий, в качестве мягкчительного и противолихорадочного средства.

Базилик также можно использовать для оказания адресной экропротективной помощи населению в отдельных регионах. В качестве радиопротекторов чаще всего используется фиолетовая форма базилика.

Базилик обладает свойством предотвращать рост некоторых вредных для организма бактерий, что также связано с компонентным составом его эфирных масел. Экстракт базилика рекомендуется для консервирования продуктов питания, при этом добавление свежего или сушеного базилика в различные блюда придает им не только замечательный аромат, но и дополнительную антибактериальную защиту.

Базилик используется и в других сферах деятельности человека, в частности для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений, в т. ч. в качестве репеллента.

Используют базилик (*Ocimum L.*) также как медоносное и декоративное растение [3, 15].

Цель исследования – изучение энантиомерного состава компонентов эфирных масел новых районированных сортов базилика *Ocimum L.*

Объекты и методы исследования

Исследования проводили с 56 сортообразцами базилика различного эколого-географического происхождения в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (г. Горки, Республика Беларусь) на окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, подстилаемой лессовидным суглинком.

Почва опытного участка имела следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} – 6,5–6,8, содержание P₂O₅ (0,2 М HCl) – 390–410 мг/кг, K₂O (0,2 М HCl) – 370–390 мг/кг почвы, гумуса (0,4 н K₂Cr₂O₇) – 2,9–3,1 % (индекс агрохимической окультуренности 1,0).

Почва пахотного горизонта характеризовалась нейтральной реакцией почвенной среды, повышенным и высоким содержанием гумуса, высоким содержанием подвижных соединений фосфора и калия и по своим агрохимическим показателям была весьма благоприятна для возделывания большинства сельскохозяйственных культур, в т. ч. и базилика (*Ocimum L.*) [3, 15].

В коллекцию входили четыре вида базилика: базилик обыкновенный (*Ocimum basilicum L.*), базилик тонкоцветный (*Ocimum tenuiflorum L.*), базилик килиманджарский (*Ocimum kilimandscharicum Willd.*), базилик американский (*Ocimum canum Sims.*).

Посев семян коллекционных сортообразцов базилика проводили во второй декаде апреля в зимней теплице. Сеянцы пикировали в фазе первого настоящего листа в кассеты с ячейками размером 65 см³.

Посадку рассады на постоянное место осуществляли в третьей декаде мая в трехкратной повторности, размещение вариантов опыта – реномизированное. Площадь опытной делянки составляла 1,25 м², учетной – 0,75 м². На делянке размещали по 10 растений, схема посадки – 50×25 см.

Перед посадкой рассады под культивацию вносили полное минеральное удобрение N₄₅P₆₀K₉₀ (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий). Агротехника возделывания базилика – общепринятая для культуры [3, 15].

Эфирные масла у исследуемых сортообразцов базилика выделяли из измельченного свежесобранного растительного сырья, собранного в фазу технологической спелости (массовое цветение) методом гидродистилляции.

Исследование энантиомерного состава компонентов эфирных масел проводили в УО «Белорусский государственный технологический университет» у новых районированных сортов базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum L.*) Настена, Володар, Магия и базилика тонкоцветного (*Ocimum tenuiflorum L.*) Источник, созданных в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и внесенных в Государственный реестр сортов Республики Беларусь [3, 15–17].

Газохроматографический анализ образцов эфирных масел выполнен на хроматографе «Цвет-800» с пламенно-ионизационным детектором с использованием стеклянной капиллярной колонки длиной 30 м (DB-17) в режиме программирования температуры от изотермы при 80 °C в течение 1 мин с подъемом температуры со скоростью 3°/мин до 115 °C и подъемом температуры со скоростью 4°/мин до изотермы при 200 °C в течение 10 мин, при температуре испарителя и детектора 230 и 280 °C соответственно и линейной скорости газа-носителя азота 18,8 см/с. Временем удерживания несорбирующегося газа считали время выхода пика метана.

Идентификацию основных компонентов эфирных масел и их энантиомеров проводили путем сравнения рассчитанных значений G1 с индексами стандартных веществ, а также с литературными данными. В качестве реперных компонентов для расчета обобщенных индексов удерживания (G1) использовали *n*-алканы C₇H₁₆–C₁₆H₃₄, индексы удерживания которых принимали равными 100n (индексы Ковача) [8, 10, 15, 18–20].

В условиях линейного градиента температуры расчет G1 основных компонентов эфирных масел проводили по формуле:

$$G1 = 100 \left[\frac{[t'_{R(x)} + q \lg t'_{R(x)}] - [t'_{R(n)} + q \lg t'_{R(n)}]}{[t'_{R(n+1)} + q \lg t'_{R(n+1)}] - [t'_{R(n)} + q \lg t'_{R(n)}]} + n \right],$$

где t'_{R(x)}, t'_{R(n)}, t'_{R(n+1)} – приведенные времена удерживания анализируемого компонента, *n*-алкана (C_nH_{2n+2}) и следующего *n*-алкана (C_{n+1}H_{2n+4}) соответственно, причем t'_{R(n)} < t'_{R(x)} < t'_{R(n+1)}.

Таблица 1 – Содержание эфирных масел различных видов базилика

Table 1 – Essential oil content in different types of basil

Показатели	Базилик обыкновенный	Базилик тонкоцветный	Базилик килиманджарский	Базилик американский
Эфирные масла, %	0,28–0,83	0,61–0,67	0,31–0,37	0,28–0,34
Сбор эфирных масел, кг/га	24,0–314,6	133,1–232,4	76,7–154,5	49,3–101,6
Урожайность зеленой массы, кг/м ²	0,51–4,31	2,07–3,63	2,52–5,08	1,69–3,48

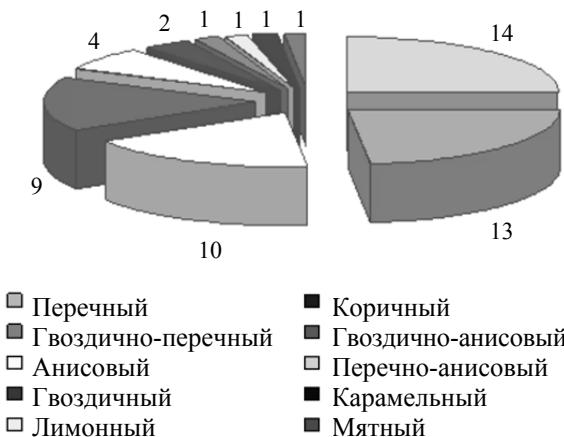


Рисунок 1 – Органолептическая оценка сортообразцов базилика

Figure 1 – Organoleptic evaluation of basil variety

Значение q определяли с использованием приведенных времен удерживания трех последовательно выходящих n -алканов по формуле:

$$q = \frac{t^1 R(n) + t^1 R(n+2) - 2t^1 R(n+1)}{\lg(t^1 R(n+1) / t^1 R(n) \cdot t^1 R(n+2))}.$$

Содержание компонентов вычисляли по площадям газохроматографических пиков методом внутренней нормализации без использования относительных поправочных коэффициентов по формуле:

$$\omega_i = \frac{S_i \cdot 100}{\sum S_i},$$

где w_i – содержание i -го компонента в смеси, %; S_i – площадь пика i -го компонента.

Результаты и их обсуждение

Как показали результаты исследований, содержание эфирных масел у различных сортообразцов базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L.) составило 0,28–0,83 % при его сборе 24,0–314,6 кг/га, у базилика тонкоцветного (*Ocimum tenuiflorum* L.) – 0,61–0,67 % и 133,1–232,4 кг/га соответственно, у базилика килиманджарского (*Ocimum kilimandscharicum* Willd.) – 0,31–0,37 % и 76,7–154,5 кг/га, у базилика американского (*Ocimum canum* Sims.) – 0,28–0,34 % и 49,3–101,6 кг/га (табл. 1).

Урожайность зеленой массы в фазу технологической спелости (массовое цветение) у базилика обыкновенного составила 0,51–4,31 кг/м², у базилика тонкоцветного – 2,07–3,63, у базилика

килиманджарского – 2,52–5,08, и у базилика американского – 1,69–3,48 кг/м².

Наибольшая вариабельность изучаемых показателей отмечена у базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L.), что связано с большим количеством изучаемых сортообразцов данного вида базилика (2/3 всех представленных сортообразцов).

Важным показателем технологической оценки базилика является его аромат. Органолептическая оценка изучаемых сортообразцов базилика (свежесобранные листья) показала, что в них отмечено 10 различных ароматов, что свидетельствует о перспективности селекции на данный признак и широких возможностях применения данной культуры в пищевой промышленности (рис. 1).

Перечный аромат отмечен у 14 образцов базилика, гвоздично-перечный – у 13, анисовый – у 10, гвоздичный – у 9, лимонный – у 4, коричный – у 2 сортообразцов. Гвоздично-анисовым, перечно-анисовым, карамельным и мятным ароматом обладали по 1 сортообразцу.

Исследование компонентного состава эфирного масла у новых районированных сортов базилика в фазе массового цветения показало его значительные отличия в зависимости от изучаемого сорта (табл. 2, рис. 2).

Таблица 2 – Компонентный состав эфирных масел различных сортов базилика, мас.%

Table 2 – Component composition of essential oils in different basil cultivars, mass %

Показатели	Сорт Магия	Сорт Володар	Сорт Настена	Сорт Источник
(–)- α -пинен	–	0,08	–	–
(+)- α -пинен	–	0,02	–	0,05
камfen	–	0,16	–	0,19
(+)- β -пинен	–	0,04	–	0,26
(–)- β -пинен	–	0,59	0,12	0,53
(–)-лимонен	–	–	0,25	0,29
(+)-лимонен	–	–	0,12	27,00
1,8-цинеол	1,15	4,43	–	–
(–)-линалоол	54,54	57,70	7,75	0,27
(+)-линалоол	–	–	0,22	0,36
метилхавикол	25,26	27,24	1,34	13,47
(–)- α -терpineол	0,27	0,39	0,50	0,51
карвон	0,04	0,02	15,02	0,15
нераль	0,24	0,06	18,08	0,04
гераниаль	1,05	0,63	24,50	0,12
гераниол	0,17	0,24	13,73	0,03
геранилацетат	0,49	0,26	2,98	1,12
эвгенол	0,56	0,99	1,26	20,94
тимол	0,09	0,48	0,27	8,61
карвакрол	0,09	0,02	0,61	0,16

Наибольшее содержание летучих веществ (($-$)- α -пинен, (+)- α -пинен, камfen, (+)- β -пинен, ($-$)- β -пинен) отмечено у сортов базилика Володар и Источник (кроме компонента ($-$)- α -пинен, который у сорта Источник не обнаружен).

У сортов базилика Магия и Настена содержание в эфирном масле данных летучих компонентов находилось в пределах ниже чувствительности прибора (кроме ($-$)- β -пинена у сорта Настена, концентрация которого составила 0,12 мас.%).

Энантиомеры среди компонентов летучих веществ были представлены у сорта базилика Володар: ($-$)- α -пинен – 0,08 мас.%, (+)- α -пинен – 0,02 мас.%; (+)- β -пинен – 0,04 мас.%, ($-$)- β -пинен – 0,59 мас.%. У сорта базилика Источник энантиомеры отмечены для компонента β -пинен: (+)- β -пинен – 0,26 мас.%, ($-$)- β -пинен – 0,53 мас.%.

Энантиомеры компонентов эфирных масел лимонен и линалоол отмечены у сортов базилика Настена и Источник.

Содержание ($-$)-лимонена у сорта Настена составило 0,25 мас.%, сорта Источник – 0,29 мас.%; у сортов Магия и Володар данный компонент не обнаружен (как и компонент (+)-лимонен). Наибольшая концентрация (+)-лимонена отмечена у сорта Источник (27,0 мас.%); у сорта Настена она оказалась лишь 0,12 мас.%. У сорта Настена концентрация ($-$)-линалоола составила 7,75 мас.%, у сорта Источник – только 0,27 мас.%. По содержанию (+)-линалоола сорта Настена и Источник оказались близки – 0,22 % и 0,36 мас.% соответственно.

Максимальная концентрация компонента линалоол (без деления на энантиомеры ($-$)-линалоол и (+)-линалоол) обнаружена у сортов Магия и Володар (54,54 и 57,70 мас.%).

Компонент 1,8-цинеол отмечен в эфирных маслах сортов базилика Магия и Володар – 1,15 и 4,43 мас.% соответственно.

Содержание метилхавикола оказалось наибольшим у сортов Магия и Володар (25,26 и 27,24 мас.%). У сорта Источник содержание метилхавикола составило 13,47 мас.%, а у сорта Настена – только 1,34 мас.%.

По содержанию компонента ($-$)- α -терpineол все исследуемые сорта оказались достаточно близки – 0,27–0,51 мас.%.

Высокая концентрация таких компонентов, как карвон, нераль, гераниаль, гераниол и геранилацетат, которые отвечают за аромат растения, отмечена у сорта Настена: 15,02; 18,08; 24,50; 13,73 и 2,98 мас.% соответственно. У остальных исследуемых сортов их содержание характеризовалось гораздо меньшими показателями: карвон – 0,02–0,15 мас.%, нераль – 0,04–0,24 мас.%, гераниаль – 0,12–1,05 мас.%, гераниол – 0,03–0,24 мас.%, геранилацетат – 0,26–1,12 мас.%.

Наибольшее содержание эвгенола (20,94 мас.%) и тимола (8,61 мас.%) отмечено у сорта Источник. У остальных сортов содержание эвгенола составило 0,56–1,26 мас.%, тимола – 0,09–0,48 мас.%.

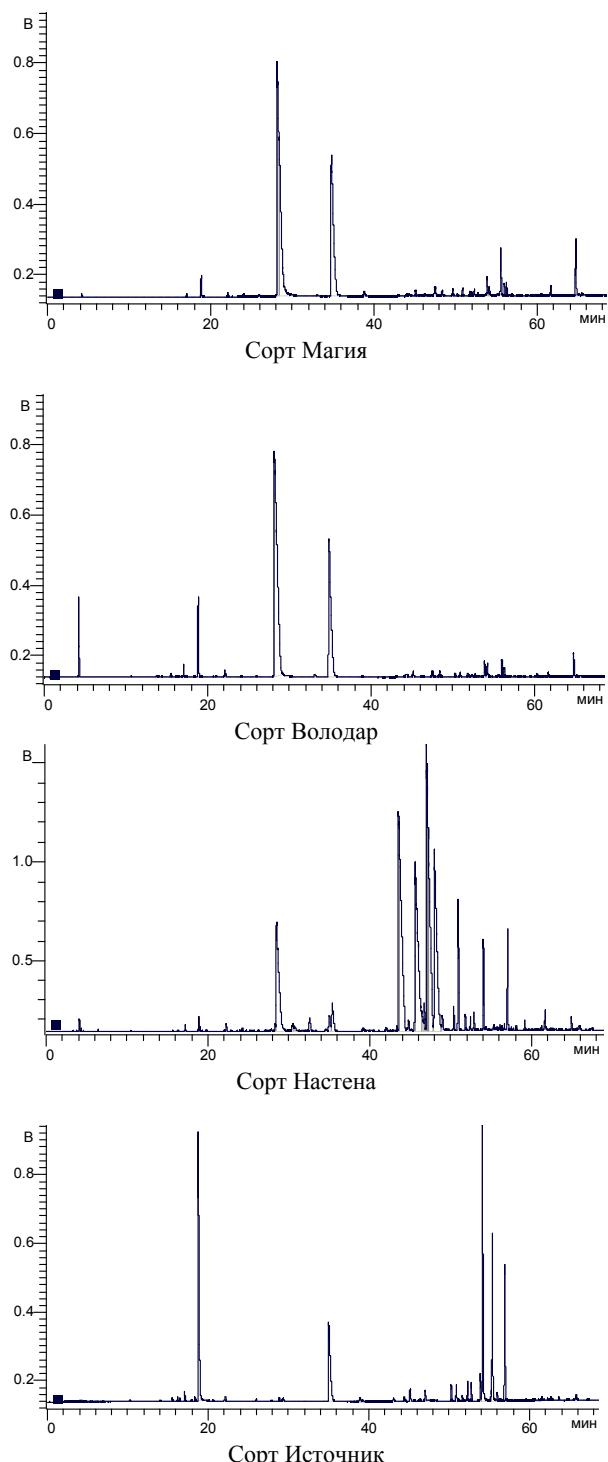


Рисунок 2 – Хроматограммы эфирных масел различных сортов базилика *Ocimum L.*

Figure 2 – Essential oils chromatograms for different cultivars of basil *Ocimum L.*

По содержанию карвакрола более всего выделялся сорт Настена (0,61 мас.%); у сорта Источник содержание карвакрола в эфирных маслах составило 0,16 мас.%, у сорта Магия – 0,09, и у сорта Володар – 0,02 мас.%.

Существенное влияние на количественный состав эфирных масел оказывает способ подготовки растительного сырья. Особенностью эфирного масла, полученного из воздушно-сухого сырья, является повышение доли монотерпенов и

их кислородсодержащих производных по сравнению с образцами из свежей фитомассы. Содержание монотерпеноидов повышается от 85 до 92 мас.%. Отмечено возрастание концентрации α - и β -пиненов. Наибольшие изменения касаются содержания линалоола. Его доля в образцах из сухого сырья возрастает на 10–15 мас.% при некотором снижении концентрации метилхавикола (с 26 до 22 мас.%) [8, 13].

Компонентный состав эфирных масел в значительной степени зависит также от длительности и условий хранения [8, 11, 13].

В исследованиях для выяснения изменений качественного и количественного состава эфирных масел *Ocimum basilicum* L. (сорт Магия) в процессе хранения образец эфирных масел из сухого растительного сырья был выдержан при комнатной температуре в течение 6 месяцев (табл. 3).

В результате исследований отмечено, что после шестимесячного хранения в образце эфирных масел уменьшилось содержание 1,8-цинеола (с 1,2 до 0,9 мас.%) и метилхавикола (с 25,3 до 24,1 мас.%) при увеличении содержания линалоола с 54,5 до 56,5 мас.%.

Таким образом, исследование компонентного и энантиомерного состава эфирного масла базилика *Ocimum* L. показало, что в образцах содержится до 20 различных компонентов, основными из которых являются линалоол, метилхавикол, α - и β -пинены, α -терpineол, эвгенол, гераниол, гераниаль, геранилацетат, тимол, нераль, карвон и карвакрол.

Энантиомеры представлены у компонентов эфирных масел *Ocimum* L. α - и β -пинены, лимонен и линалоол.

Общее содержание эфирных масел в сортообразцах базилика различных видов составило 0,28–0,83 % при его сборе 24,0–314,6 кг/га и урожайности зеленой массы 0,51–5,08 кг/м².

Таблица 3 – Динамика содержания основных компонентов эфирных масел *Ocimum basilicum* L.

Table 3 – Dynamics of the main components content in essential oils *Ocimum basilicum* L.

Соединение	Исходный образец	Конечный образец
1,8-цинеол	1,2	0,9
(-)линалоол	54,5	56,5
Метилхавикол	25,3	24,1

Список литературы

1. Войткевич, С. А. Целебные растения и эфирные масла / С. А. Войткевич. – М. : Пищевая промышленность, 2002. – 172 с.
2. Гуринович, Л. К. Эфирные масла / Л. К. Гуринович, Т. В. Пучкова. – М. : Школа косметических химиков, 2005. – 192 с.
3. Сачивко, Т. В. Базилик: особенности селекции и возделывания / Т. В. Сачивко. – Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2015. – 128 с.
4. Evaluation agronomique et chimique de différentes espèces d'origan / X. Simonnet [et al.] // Revue Suisse de Viticulture et Arboriculture. – 2011. – Vol. 43, № 6. – P. 344–349.
5. Ghazi, S. Single and combined effects of vitamin C and oregano essential oil in diet, on growth performance, and blood parameters of broiler chicks reared under heat stress condition / S. Ghazi, T. Amjadian, S. Norouzi // International Journal of Biometeorology. – 2015. – Vol. 59. – P. 1019–1024. DOI: 10.1007/s00484-014-0915-4.
6. Ninou, E. Essential oil responses to water stress in greek oregano populations / E. Ninou, J. Mylonas, K. Paschalidis // Journal of Essential Oil Bearing Plants. – 2017. – Vol. 20. – P. 12–23. DOI: 10.1080/0972060X.2016.1264278.
7. The effects of organic and conventional cultivation systems on the content of bioactive substances in herbal plants / R. Kazimierczak [et al.] // Vegetable crops research bulletin. – 2011. – Vol. 75. – P. 133–144.
8. Исследование компонентного состава эфирного масла *Ocimum basilicum* L. из растительного сырья Республики Беларусь / Н. А. Коваленко [и др.] // Труды БГТУ: Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2014. – № 4. – С. 194–196.
9. Скорина, В. В. Сравнительная оценка сортообразцов базилика по компонентному составу эфирного масла / В. В. Скорина, Т. В. Сачивко // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – М. : РУДН, 2015. – С. 369–372.
10. Содержание и особенности компонентного состава эфирного масла базилика *Ocimum* L. / Т. В. Сачивко [и др.] // Вестник БГСХА. – 2015. – № 2. – С. 79–82.
11. Христова, Ю. П. Исследование компонентного состава эфирных масел представителей рода *Ocimum* L. в условиях Южного берега Крыма / Ю. П. Христова // Труды Никитского ботанического сада. – 2011. – Т. 133. – С. 236–248.
12. Ткачев, А. В. Хиропсифический анализ летучих растительных веществ / А. В. Ткачев // Успехи химии. – 2007. – Т. 76, вып. 10. – С. 1014–1032. DOI: 10.1070/RC2007v07n10ABEH003728.
13. Энантиомерный состав некоторых компонентов эфирного масла плодов *Coriandrum sativum* (Apiaceae) / Н. А. Коваленко [и др.] // Растительные ресурсы. – 2011. – Вып. 2. – С. 91–97.
14. Lee, S. J. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties / S. J. Lee, K. Umano, T. Shibamoto // Food Chemistry. – 2005. – Vol. 91. – P. 131–137.
15. Особенности агротехники и селекции базилика (*Ocimum* L.) / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки : БГСХА, 2015. – 28 с.
16. Государственный реестр сортов Республики Беларусь. – Минск : Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 2017. – 225 с.

17. Сачивко, Т. В. Особенности коллекции пряно-ароматических растений в ботаническом саду / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Труды БГТУ: Лесное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 206–210.
18. Davies, N. W. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases / N. W. Davies // Journal Chromatography. – 1990. – Vol. 503. – P. 1–24.
19. Konig, W. A. Enantioselective Gas Chromatography in Flavor and Fragrance Analysis: Strategies for the Identification of Known and Unknown Plant Volatiles / W. A. Konig, D. H. Hochmuth // Journal of Chromatographic Science. – 2004. – Vol. 42. – P. 423–439.
20. Usman, L. A. Comparative studies of constituents and antibacterial activities of leaf and fruit essential oil of *Ocimum basilicum* grown in north central Negeria / L. A. Usman, R. O. Ismaael, M. F. Zubair // Journal of Chemistry and Biochemistry Science. – 2013. – Vol. 3. – P. 47–52.

References

1. Voytkevich S.A. *Tselene rasteniya i efirnye masla* [Medicinal plants and essential oils]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost' Publ., 2002. 172 p.
2. Gurinovich L.K., Puchkova T.V. *Efirnye masla* [Essential oils]. Moscow: Shkola kosmeticheskikh khimikov Publ., 2005. 192 p.
3. Sachyuka T.V. *Bazilik: osobennosti selektsii i vozdelivaniya* [Basil: features of selection and cultivation]. Saarbruecken: Lambert Academic Publishing, 2015. 128 p.
4. Simonnet X., Quennoz M., Bellenot D., Pasquier B. Evaluation agronomique et chimique de differentes especes d'origan. *Revue Suisse de Viticulture et Arboriculture*, 2011, vol. 43, no. 6, pp. 344–349 (in French).
5. Ghazi S., Amjadian T., Norouzi S. Single and combined effects of vitamin C and oregano essential oil in diet, on growth performance, and blood parameters of broiler chicks reared under heat stress condition. *International Journal of Biometeorology*, 2015, vol. 59, pp. 1019–1024. DOI: 10.1007/s00484-014-0915-4.
6. Ninou E., Mylonas J., Paschalidis K. Essential oil responses to water stress in greek oregano populations. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2017, vol. 20, pp. 12–23. DOI: 10.1080/0972060X.2016.1264278.
7. Kazimierczak R., Hallmann E., Kazimierczyk M., Sokolowska O. The effects of organic and conventional cultivation systems on the content of bioactive substances in herbal plants. *Vegetable crops research bulletin*, 2011, vol. 75, pp. 133–144.
8. Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Sachyuka T.V., Bosak V.N. Component composition study of *Ocimum basilicum* L. essential oil from plant material of the Republic of Belarus. *Trudy BGTU: Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya*. [Proceedings of BSTU: Chemistry, organic substances technology and biotechnology], 2014, no. 4, pp. 194–196.
9. Skorina V.V., Sachyuka T.V. Sravnitel'naya otsenka sertoobraztsov bazilika po komponentnomu sostavu efirnogo masla [Comparative estimation of varieties of basil on component composition of essential oil]. *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya* [New and unconventional plants and prospects of their use]. Moscow: RUDN University Publ., 2015, pp. 369–372.
10. Sachyuka T.V., Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Bosak V.N. Soderzhanie i osobennosti komponentnogo sostava efirnogo masla bazilika *Ocimum* L. [Keeping and characteristic components of essential oil of basil *Ocimum* L.]. *Vestnik BGSNA* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2015, no. 2, pp. 79–82.
11. Khristova J.P. Issledovanie komponentnogo sostava efirnykh masel predstaviteley roda *Ocimum* L. v usloviyakh Yuzhnogo berega Kryma [Research of component composition of essential oils of the representatives of the genus *Ocimum* L. under the southern coast of Crimea]. *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada* [Proceedings of the Nikitsky Botanical Garden], 2011, vol. 133, pp. 236–248.
12. Tkachev A.V. Khirospeficheskiy analiz letuchikh rastitel'nykh veshchestv [Hirospecifical analysis of volatile plant substances]. *Uspekhi khimii* [Chemistry successes], 2007, vol. 76, no. 10, pp. 1014–1032. DOI: 10.1070/RC2007v07n10ABEH003728.
13. Kovalenko N.A., Supichenko G.N., Leontev V.N., Shutova A.G. Enantiomernyy sostav nekotorykh komponentov efirnogo masla plodov *Coriandrum sativum* (Apiaceae) [Enantiomeric composition of some components of the essential oil of fruit *Coriandrum sativum* (Apiaceae)]. *Rastirelye resursy* [Plant Resources], 2011, no. 2, pp. 91–97.
14. Lee S.J., Umano K., Shibamoto T. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 2005, vol. 91, pp. 131–137.
15. Sachyuka T.V., Bosak V.N., Kovalenko N.A., Supichenko G.N. *Osobennosti agrotekhniki i selektsii bazilika (Ocimum L.)* [Features of cultivation and selection of basil (*Ocimum* L.)]. Gorki: BSAA Publ., 2015. 28 p.
16. *Gosudarstvennyj reestr sortov Respubliki Belarus* [State register of varieties of the Republic of Belarus]. Minsk: Ministerstvo sel'skogo khozyaystva i prodovol'stviya Respubliki Belarus Publ., 2017. 225 p.
17. Sachyuka T.V., Bosak V.N. Osobennosti kollektsiy pryano-aromaticeskikh rasteniy v botanicheskem sadu [Features of collection of spicy-aromatic plants in the botanical garden]. *Trudy BGTU: Lesnoe khozyaystvo* [Proceedings of BSTU: Forestry], 2016, no. 1, pp. 206–210.
18. Davies N.W. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. *Journal Chromatography*, 1990, vol. 503, pp. 1–24.
19. Konig W.A., Hochmuth D.H. Enantioselective Gas Chromatography in Flavor and Fragrance Analysis: Strategies for the Identification of Known and Unknown Plant Volatiles. *Journal of Chromatographic Science*, 2004, vol. 42, pp. 423–439.

20. Usman L.A., Ismaeel R.O., Zubair M.F. Comparative studies of constituents and antibacterial activities of leaf and fruit essential oil of *Ocimum basilicum* grown in north central Negeria. *Journal of Chemistry and Biochemistry Science*, 2013, vol. 3, pp. 47–52.

Сачивко Татьяна Владимировна

канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии, УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 213407, Беларусь, г. Горки, ул. Мичурина, 5, тел.: +375-33-6935025, e-mail: sachyuka@rambler.ru

Коваленко Наталья Александровна

канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры физической, коллоидной и аналитической химии, УО «Белорусский государственный технологический университет», 220006, Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13а

Супиченко Галина Николаевна

канд. хим. наук, старший преподаватель кафедры физической, коллоидной и аналитической химии, УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь, 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а

Босак Виктор Николаевич

д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности, УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Беларусь, 213407, г. Горки, ул. Мичурина, 5, тел.: +375-29-7049512, e-mail: bosak1@tut.by

Tatsiana V. Sachyuka

Cand.Sci.(Agr.), Associate Professor, Assistant Professor of the Department of Agricultural Biotechnology, Ecology and Radiology, Belarusian State Academy of Agriculture, 5, Michurina Str., Gorki, 213407, Belarus, phone: +375-33-6935025, e-mail: sachyuka@rambler.ru

Nataliya A. Kovalenko

Cand.Sci.(Chem.), Associate Professor, Assistant Professor of the Department of Physical, Colloid and Analytical Chemistry, Belarusian State Academy of Agriculture, 13a, Sverdlova Str., Minsk, 220006, Belarus

Galina N. Supichenko

Cand.Sci.(Chem.), Senior Lecturer of the Department of Physical, Colloid and Analytical Chemistry, Belarusian State Technological University, 13a, Sverdlova Str., Minsk, 220006 Belarus

Viktar N. Bosak

Dr.Sci.(Agr.), Professor, Head of the Department of Occupational Safety, Belarusian State Academy of Agriculture, 5, Michurina Str., Gorki, 213407, Belarus, phone: +375-29-7049512, e-mail: bosak1@tut.by



DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-172-183

УДК 332.1

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ РОССИИ

Н. М. Сурай*, Ж. Н. Диброва, О. А. Сагина, Б. Л. Орлов

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
технологий и управления им. К. Г. Разумовского»,
109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73

*e-mail: natalya.mixajlovsna.1979@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 25.01.2018

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Н. М. Сурай, Ж. Н. Диброва, О. А. Сагина, Б. Л. Орлов, 2018

Аннотация. В статье представлены результаты исследования современного уровня развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в Липецкой, Тамбовской и Смоленской областях. Данное исследование основывается на системном подходе к изучению региональной сельскохозяйственной потребительской кооперации, используются монографический, абстрактно-логический, статистико-экономический, графический методы исследования. Сельскохозяйственные потребительские кооперативы могут обеспечить достижение индивидуальных целей сельских граждан, потребителей, членов и сотрудников кооператива, укрепление их личного благосостояния и социальной безопасности для решения общегосударственной задачи реализации приоритетных национальных проектов, а также занятость населения и продовольственную безопасность государства. На сегодняшний день аграрный сектор России пребывает в более тяжелых условиях по сравнению с дореформенным периодом. В статье представлены основные тенденции развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в России. Направлениями аналитической оценки выступили: количество сельскохозяйственных кооперативов, основные показатели развития сельскохозяйственной потребительской кооперации, статистика по количеству потребительских кооперативов по Центральному федеральному округу. В работе проанализированы данные о выполнении областной целевой программы по устойчивому развитию сельских территорий через организацию и развитие производства продукции в личных подсобных хозяйствах граждан и в крестьянско-фермерских хозяйствах. Представлены направления развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в России.

Ключевые слова. Сельскохозяйственная потребительская кооперация, малые формы хозяйствования, сельскохозяйственная продукция, Липецкая область, Тамбовская область, Смоленская область, сельское хозяйство, государственная поддержка

Для цитирования: Современное состояние и перспективы развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в Центральном федеральном округе России / Н. В. Сурай [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 172–183.
DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-172-183.

MODERN CONDITION AND DEVELOPMENT PROSPECTS FOR AGRICULTURAL CONSUMER COOPERATION IN THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT OF THE RUSSIAN FEDERATION

N.M. Surai*, J.N. Dibrova, O.A. Sagina, B.L. Orlov

K.G. Razumovsky Moscow State University
of Technologies and Management,
73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

*e-mail: natalya.mixajlovsna.1979@mail.ru

Received: 25.01.2018

Accepted: 16.03.2018

© N.M. Surai, J.N. Dibrova, O.A. Sagina, B.L. Orlov, 2018

Abstract. The article reveals the results of the study devoted to the consideration of the modern development level of agricultural consumer cooperatives in Lipetsk, Tambov and Smolensk Regions. The given research is based on using systematic approach during regional agricultural consumer cooperatives consideration. The author used monographic, abstract-logical, economic and statistical, as well as graphic research methods. Agricultural consumer cooperatives can guarantee achievement of individual goals of people living in rural areas, consumers, cooperative members and personnel. They can contribute to their personal wellbeing and social security, address the federal challenge which implies implementation of national priority project as well as employment and state food security. Today agriculture in Russia is in worse condition than compared to the pre-reform period. The article presents the main trends in development of agricultural consumer cooperatives in Russia. The research involved the following focus areas for analytical study: number of agricultural cooperatives, the main parameters of agricultural consumer cooperation development, statistic data on

the number of agricultural consumer cooperatives working in the Central Federal District. The authors analyzed the data on the implementation of the regional funding program considering sustainable development of rural areas through organization and development of production in private households and farm enterprises. The article indicates the directions for agricultural consumer cooperatives development in Russia.

Keywords. Agricultural consumer cooperatives, minor forms of economy management, agricultural products, Lipetsk Region, Tambov Region, Smolensk Region, agriculture, government support

For citation: Surai N.M., Dibrova J.N., Sagina O.A., Orlov B.L. Modern Condition and Development Prospects for Agricultural Consumer Cooperation in the Central Federal District of the Russian Federation. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 172–183 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-172-183.

Введение

Одним из приоритетных направлений развития аграрного сектора экономики в России, по мнению современных экономистов, является возрождение и устойчивое развитие системы сельскохозяйственной кооперации [1]. Объединение товаропроизводителей на условиях кооперации приобретает особую актуальность в современных условиях. Сельскохозяйственная потребительская кооперация играет значительную роль в укреплении экономического потенциала, конкурентоспособности и социального статуса сельскохозяйственных производителей, улучшении условий хозяйствования и создании стимулов для роста товарной продукции. Сельскохозяйственная кооперация является одним из основных механизмов обеспечения продовольственной безопасности страны. Деятельность сельскохозяйственной кооперации в современной России получила активное научное исследование после принятия Федерального закона «О сельскохозяйственной кооперации» № 193-ФЗ от 8 декабря 1995 г.

Федеральный закон от 08.12.1995 г. № 193-ФЗ «О сельскохозяйственной кооперации» предусматривает создание и функционирование двух видов сельскохозяйственных кооперативов: производственных и потребительских. Институтом развития малых и средних сельскохозяйственных товаропроизводителей являются сельскохозяйственные потребительские кооперативы. Сельскохозяйственные потребительские кооперативы – это некоммерческие объединения сельскохозяйственных товаропроизводителей (малых сельскохозяйственных организаций, фермеров, владельцев личных подсобных хозяйств), оказывающие им те или иные услуги (переработка, хранение и сбыт продукции, поставка ресурсов, механизированное обслуживание, кредитование и страхование) по себестоимости, то есть без цели получения прибыли от соответствующих операций [2]. Кооперация открывает для небольших предприятий возможность наращивать производство, получить помочь в технике, обработке земли и сбыте продукции. В конечном итоге это влияет на повышение доходов и уровня жизни людей, служит важным фактором обеспечения занятости, развития сельскохозяйственных территорий и решения насущных социальных проблем. В Российской Федерации развитие сельскохозяйственных потребительских кооперативов находится в самой начальной стадии – только около 1 % всех видов услуг в отрасли оказывается кооперативами. При этом практика

показала, что развитие всех иных видов кооперации наиболее успешно в том случае, если начинается с создания сельскохозяйственного потребительского кредитного кооператива. Это объясняется более универсальным характером услуг, оказываемых сельскохозяйственным потребительским кредитным кооперативом, возможностью для кооператоров пройти «проверку на прочность», аккумуляцией ресурсов для дальнейшего создания и роста кооперативов, нуждающихся в материальной базе. Развитие кооперативов (перерабатывающих, сбытовых, обслуживающих и им подобных) сдерживается тем, что коммерческие банки в принципе не кредитуют (и в обозримом будущем не будут кредитовать) такого рода некоммерческие организации. Таким образом, кооперативное строительство напрямую зависит от опережающего развития сельскохозяйственной потребительской кредитной кооперации [2]. Также необходимо принятие мер по внедрению в субъектах Российской Федерации наилучших региональных практик управления системой сельскохозяйственной кооперации и ее развития. Анализ современного уровня развития системы сельскохозяйственной потребительской кооперации по федеральным округам Российской Федерации свидетельствует, что не во всех округах равномерно приживаются те или иные ее формы. Лидирующее место занимают Приволжский, Центральный и Сибирский федеральные округа [1]. Региональные объединения сельскохозяйственных кооперативов, фермерских хозяйств и личных подсобных хозяйств могут способствовать обеспечению стабильного развития продовольственной сферы за счет формирования альтернативной массовому производству и сетевой торговле рыночной ниши, удовлетворяющей потребности населения в натуральных продуктах и развитию сельских территорий на основе повышения занятости населения, вовлекаемого в деятельность и обслуживаемого кооперацией.

Целью работы является анализ современного состояния сельскохозяйственной потребительской кооперации в России, в частности в Липецкой, Тамбовской и Смоленской областях, определение перспектив ее развития.

Объекты и методы исследования

Исследование выполнено по заказу Ассоциации межрегионального социально-экономического взаимодействия «Центральный федеральный округ». Исполнителем явилось Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)».

Объектом исследования являются сельскохозяйственные потребительские кооперативы, зарегистрированные и функционирующие в Липецкой, Смоленской и Тамбовской областях Центрального федерального округа, а также рыночная среда, в условиях которой они создаются и развиваются.

В работе применялись следующие методы исследования: абстрактно-логический, монографический, экономико-статистический, сравнительного анализа, аналитический, включенного наблюдения.

Информационной базой исследования послужили законодательные и нормативно-правовые акты Российской Федерации, официальные данные Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, материалы Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, материалы интервью, данные управлений сельского хозяйства обследованных регионов, данные официального сайта АККОР.

Научная новизна данного исследования заключается в обобщении результатов исследования современного состояния сельскохозяйственной потребительской кооперации в Липецкой, Тамбовской и Смоленской областях, а также в систематизации направлений ее развития.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время существуют проблемы развития сельскохозяйственной кооперации в России, а именно:

- психологическая неготовность к самостоятельному кооперируанию и налаживанию партнерских отношений;
- несовершенство законодательной базы;
- низкий уровень доходов сельского населения, субъектов малого предпринимательства, не позволяющий им обеспечить необходимый стартовый капитал для создания и осуществления деятельности кооператива;
- ограниченность доступа к инвестиционным ресурсам, что не позволяет проводить обновление и модернизацию материально-технической базы;
- недоступность банковских кредитов, обусловленная недостатком залоговой базы и высокими ставками за привлекаемые финансовые ресурсы;

- недостаточный уровень правовой культуры, информированности населения о преимуществах кооперации и законодательных условиях ее развития и деятельности;
- недостаточная государственная поддержка;
- неразвитость заготовительной сети, системы хранения сельскохозяйственной продукции, товаропроводящей инфраструктуры;
- отсутствие эффективной системы сбыта как ключевого звена в товаропроводящей цепи, что сдерживает развитие кооперации и выход кооперативов на внутренние и внешние рынки, не позволяет добиться рентабельности, необходимой для расширенного воспроизводства;
- отсутствие эффективной системы кооперации, многоуровневой вертикали управления;
- дефицит квалифицированных кадров, отсутствие механизма их подготовки и закрепления.

В настоящее время малые формы хозяйствования составляют основу агропромышленного комплекса страны и являются потенциалом развития кооперации (табл. 1) [4, 5, 7].

По экспертным оценкам союзов и ассоциаций сельскохозяйственных кооперативов в состав сельхозкооперативов входит около 1 % личных подсобных хозяйств и 12 % крестьянских (фермерских) хозяйств. Объемы сельскохозяйственной продукции, производимой в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения, составляют около половины продукции отрасли. Помимо сельскохозяйственного производства, малый агробизнес обеспечивает заселение сельских территорий, занятость сельского населения, осуществляет селообразующие функции, содействует развитию местных бюджетов, сохраняет от деградации земельные ресурсы. Удельный вес крестьянских (фермерских) хозяйств, включая индивидуальных предпринимателей, в производстве сельскохозяйственной продукции постоянно возрастает. Так, объем продукции, произведенной в крестьянских (фермерских) хозяйствах, включая индивидуальных предпринимателей, в 2013 году составлял 9,8 % общего объема производства, а в 2016 году доля крестьянских (фермерских) хозяйств возросла до 12,5 % (табл. 2) [4–7]. Хозяйства населения в 2016 году произвели 35,4 % всей сельскохозяйственной продукции в России, что в 2,77 раза превышает долю крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей в сфере АПК.

Таблица 1 – Количество сельскохозяйственных производителей по категориям за 2017 г.

Table 1 – Number of agricultural producers by categories in 2017

Категории хозяйств	РФ	Липецкая область	Тамбовская область	Смоленская область
Сельскохозяйственные организации, ед.	36 400	440	508	435
Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели, ед.	174 600	973	1839	1274
Личные подсобные и другие индивидуальные хозяйства граждан, ед.	18 200 000	232 436	239 593	186 579
Некоммерческие объединения граждан, ед.	76 300	144	586	996

Таблица 2 – Структура производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств в Российской Федерации, 1990–2016 гг., %

Table 2 – Production structure of some types of agricultural products according to the nature of households in Russia, 1990–2016, %

Категории хозяйств	Годы									
	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016
Хозяйства всех категорий, в т. ч.:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
– сельскохозяйственные организации	73,7	50,2	45,2	44,6	44,5	47,9	47,6	49,5	51,5	52,5
– хозяйства населения	26,3	47,9	51,6	49,3	48,3	43,2	42,6	40,5	37,4	35,4
– крестьянские (фермерские) хозяйства, ИП в сфере АПК	–	1,9	3,2	6,1	7,2	8,9	9,8	10,0	11,1	12,5

Таблица 3 – Структура производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции по категориям хозяйств по России и в трех исследуемых областях, 2017 г., %

Table 3 – Production structure of some types of agricultural products according to the nature of households in Russia in three considered regions, 2017, %.

Наименование сельскохозяйственной продукции	РФ		Смоленская область		Липецкая область		Тамбовская область	
	КФХ (в т. ч. ИП)	ЛПХ						
Зерновые и зернобобовые культуры	28	–	15	2	15	1	21	0,1
Картофель	8,5	78	9	83	2,3	77,8	3,0	75,4
Овощи	14,5	67	6	81	1,8	73,3	0,5	87,1
Плоды и ягоды	2,9	75,2	–	99,9	0,02	40	–	70
Молоко	7	44	11,2	29	5,1	25	14,2	53,7
Мясо	4	25	2	18	1,0	9	0,009	10,6

Данные сельскохозяйственные товаропроизводители являются социальной базой развития кооперации. В настоящее время необходимо вовлечение в кооперацию личных подсобных хозяйств и сложившихся фермерских хозяйств с целью обеспечения занятости и удешевления производимой продукции. Только объединение всех малых форм хозяйствования в АПК в один консолидированный механизм кооперативного взаимодействия позволит добиться максимальной эффективности для каждого, а в долгосрочной перспективе – стать одним из важнейших стратегических факторов обеспечения устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации [8].

По многим видам продукции малые формы хозяйствования в России обеспечивают порядка 50 % общего объема производства продукции в отрасли (табл. 3) [5–7]. Так, в 2017 г. малыми формами хозяйствования произведено: 86,5 % объема производства картофеля в хозяйствах всех категорий, 81,5 % – овощей, 51 % – молока.

Статистические данные свидетельствуют, что в настоящее время личные подсобные хозяйства вносят существенный вклад в развитие сельскохозяйственного производства Смоленской, Липецкой и Тамбовской областей. Вклад малых форм хозяйствования в аграрную экономику Липецкой области ежегодно составляет порядка 30 %. В Липецкой области ими произведено 75 % овощей, 80 % – картофеля, в Смоленской области – около 90 % картофеля и овощей, молока – 40 %, в свою очередь, в Тамбовской области – 25 % молока, более 70 % картофеля и овощей. В розничной цене продукта до 60 % составляют издержки и прибыль переработчиков и торговли. Одним из наиболее эффективных механизмов

повышения в цене доли производителя является развитие сельскохозяйственной потребительской кооперации в сфере переработки и сбыта продукции АПК.

Рассмотрим динамику развития сельскохозяйственных производственных и потребительских кооперативов в России за период с 2011 года по 2017 гг. включительно (рис. 1) [4, 5, 7, 8]. Так, на начало 2017 г. число сельскохозяйственных производственных кооперативов составило 8854 ед., что на 27,4 % меньше в сравнении с 2011 г. Основные причины: неразвитость законодательной базы, недостаточное субсидирование, слабый контроль деятельности сельскохозяйственных производственных кооперативов и защиты прав и интересов членов кооператива. Хотя, если сравнивать с 2014 г., можно отметить тенденцию их роста на 8,6 %. Поддержка малых форм хозяйствования, оказываемая государством, востребована на местах. За последние два года в России создано 740 кооперативов. В настоящее время в стране действует 4000 кооперативов.

По видам деятельности преобладают кооперативы по переработке мяса сельскохозяйственных животных и птицы – 36 % и по переработке молока – 33 %. По оценочным данным, сельскохозяйственные потребительские кооперативы, существенно различаясь по своей численности и мощности по регионам, в среднем по России обеспечивают потребности своих членов не более чем на 1 %. Этому есть ряд объективных и субъективных причин, в том числе несовершенство законодательной базы, непоследовательность и противоречивость мер регулирования в данной сфере. Кооперативы развиваются в условиях жесточайшей конкуренции с крупными торговыми сетями, агрофирмами и холдингами, крупными

перерабатывающими, снабженческими и обслуживающими предприятиями и другими рыночными интеграторами, занимающими монопольное положение на том или ином рынке. Потенциальные участники кооперации (фермеры, малые и средние предприятия, высокотоварные личные подсобные хозяйства) территориально разбросаны и заметно различаются по масштабам производства и экономическому положению [9].

Развитие сельскохозяйственной кооперации за 2013–2017 гг. носит разноплановый характер. По состоянию на 1 января 2017 г. в России в сельской местности функционируют все формы сельскохозяйственных кооперативов (табл. 4) [4, 5]. В структуре кооперативов преобладающую долю занимают снабженческо-сбытовые кооперативы (32,5 %). В 2017 г. в России создано 740 кооперативов.

По данным Министерства сельского хозяйства России, количество зарегистрированных сельскохозяйственных потребительских кооперативов на 1 декабря 2017 г. составило 6130 ед., а доля фактически работающих – 65 %. Основными причинами недостаточного уровня развития сельскохозяйственной потребительской кооперации являются: слабый уровень государственной поддержки малых форм хозяйствования в АПК и сельскохозяйственных потребительских кооперативов; большой диспаритет цен на сельскохозяйственную продукцию и средства производства для сельского хозяйства, неразвитость материально-технической базы рыночной инфраструктуры АПК; несовершенство законода-

тельной и нормативно-правовой базы развития малых форм хозяйствования и кооперативного движения. Анализ показал, что развитие сельскохозяйственных потребительских кооперативов имеет место в тех регионах страны, в которых органы власти оказывают им организационную и финансово-экономическую поддержку. Поддержка выражается также в форме софинансирования капитальных вложений или возмещения части понесенных затрат. Такие меры поддержки кооперативам оказываются в Липецкой области.

В настоящее время государственная поддержка сельскохозяйственных потребительских кооперативов осуществляется в форме грантов на развитие материально-технической базы в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 гг. В 2017 г. на данное направление выделено из федерального и регионального бюджетов около 2 млрд руб. С 2017 г. грантовая поддержка сельхозкооперативам оказывается в рамках «единой» субсидии. По данным органов управления АПК субъектов РФ объем финансирования из средств федерального бюджета мероприятий по грантовой поддержке малых форм хозяйствования в 2017 г. составил:

- в Липецкой области 80 768,10 тыс. руб. (12 % от «единой» субсидии (697 017,5 тыс. руб.);
- в Смоленской области 52 565,48 тыс. руб. (42 % от «единой» субсидии (126 207,8 тыс. руб.);
- в Тамбовской области 228 332,1 тыс. руб. (35 % от «единой» субсидии (9659 315,6 тыс. руб.).

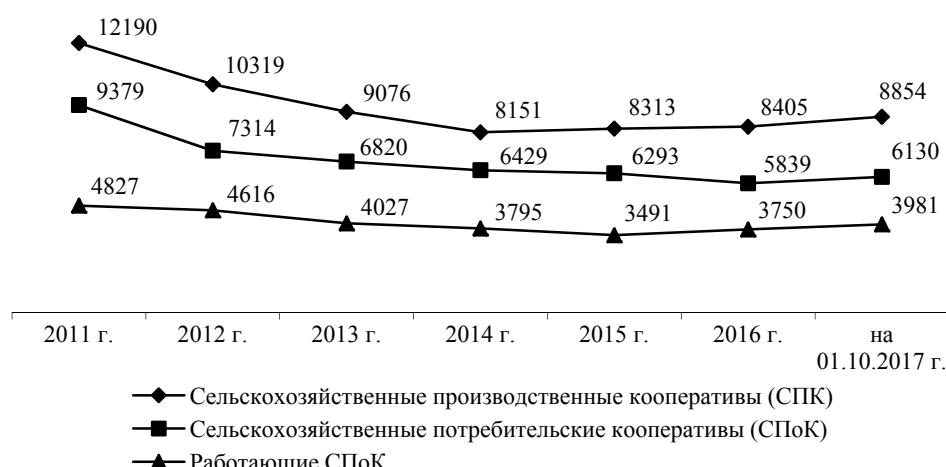


Рисунок 1 – Динамика количества сельскохозяйственной кооперации в РФ

Figure 1 – Changes in the number of agricultural cooperatives in Russia

Таблица 4 – Динамика количества сельскохозяйственных потребительских кооперативов

Table 4 – Changes in the number of agricultural consumer cooperatives

Формы сельскохозяйственных потребительских кооперативов	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Численность сельскохозяйственных потребительских кооперативов, в т. ч.	6252	5975	5730	6293	6130
работающих, ед. Из них:	4027	3795	3491	3491	3981
– снабженческо-сбытовые	1866	1595	1441	1474	1994
– кредитные	1847	1846	1740	1578	1385
– перерабатывающие	1178	1043	1124	1013	1059
– обслуживающие	932	799	750	709	850
– прочие	429	692	675	1519	846

Таблица 5 – Количество сельскохозяйственных потребительских кооперативов в Смоленской, Липецкой, Тамбовской областях за 2017 г., ед.

Table 5 – Number of agricultural consumer cooperatives in Smolensk, Lipetsk and Tambov Regions in 2017, units

Территориальные образования	Всего, в т. ч. работающих, ед.	В том числе			
		перерабатывающие	снабженческо-сбытовые	кредитные	прочие
Смоленская область	47 6	5	22	1	19
Липецкая область	895 760	87	455	328	24
Тамбовская область	36 10	8	23	3	2

Таблица 6 – Динамика количества сельскохозяйственных потребительских кооперативов в Липецкой области

Table 6 – Changes in the number of agricultural consumer cooperatives in Lipetsk Region

	2014 г.	2015 г.	2016 г.	на 01.01.2017 г.	на 01.12.2017 г.
Численность сельскохозяйственных потребительских кооперативов, в т. ч. работающих, ед.	516 –	613 –	733 –	830 –	895 760
– снабженческо-сбытовые	131	149	189	228	455
– кредитные	264	288	313	324	328
– перерабатывающие	36	52	67	76	87
– прочие	85	124	164	202	24

Рассматриваемые регионы существенно отличаются по уровню и тенденциям развития кооперативного движения. Если в Липецкой области число сельскохозяйственных потребительских кооперативов достигло 895 ед., то в Тамбовской и Смоленской областях их количество соответственно равно всего лишь 36 и 47 ед. (табл. 5) [5–7].

Из общего числа образованных кооперативов в Липецкой области реально функционируют 760 ед. (или 85,0 %), в Тамбовской области – 10 ед. (27,8 %) и Смоленской области – 6 ед. (12,8 %).

За период 2013–2016 гг. общее число кооперативов в Липецкой области возросло на 414 ед., или в 1,9 раза, в то же время в Тамбовской области их количество сократилось на 21 ед. (более чем на треть), а в Смоленской области – на 14 ед. (почти на четверть). В исследуемых регионах сконцентрировано 24 % всех сельскохозяйственных потребительских кооперативов, а доля работающих кооперативов в них составляет 72 % (табл. 6).

При этом лидером по развитию сельскохозяйственной кооперации в РФ является Липецкая область. В Липецкой области зарегистрировано 895 кооперативов, из них действует 760 ед. [6, 7].

В Липецкой области сельскохозяйственные потребительские кооперативы (причем как снабженческо-сбытовые и перерабатывающие, так и кредитные) имеются во всех 18 муниципальных районах и даже городских округах региона. В отдельных территориальных образованиях области (Грязинском, Добринском, Елецком, Липецком, Хлевенском, Чеплыгинском районах) в различные виды сельскохозяйственной кооперации вовлечено от 40 до 60 % и более личных подсобных хозяйств граждан. В то же время в Тамбовской области на 23 муниципальных района и 7 городских округов находится всего лишь 9 действующих снабженческо-сбытовых и один кредитный кооператив. В Смоленской области на 25 муниципальных районов

соответственно только пять снабженческо-сбытовых и один кредитный кооператив.

Постоянно увеличивающемуся росту числа сельскохозяйственных потребительских кооперативов в Липецкой области способствует эффективно действующая трехуровневая система управления развитием кооперации «область – район – поселение» и активная работа институтов развития кооперации (рис. 2) [10]. В области осуществляется комплексный подход к развитию кооперации, который включает организационные, финансовые механизмы и объединение усилий всех уровней власти.

Созданная в Липецкой области комплексная система развития кооперации направлена на развитие сельских территорий и предусматривает:

- обеспечение занятости сельского населения через вовлечение личных подсобных хозяйств в товарное производство;
- улучшение качества жизни сельского населения через повышение доходности путем участия в кооперативной деятельности.

В каждом сельском поселении определены ответственные координаторы, в основном это главы поселений, а в муниципальных районах организованы координационные центры. Формулой успеха развития кооперации в области также стали институты развития, созданные под эгидой Некоммерческой микрокредитной компании Липецкого областного фонда поддержки малого и среднего предпринимательства: Фонд поддержки кооперативов, Фонд микрофинансирования, Центр развития кооперативов. Центр развития кооперативов существует как подразделение НО «Липецкий областной фонд поддержки малого и среднего предпринимательства» с 1 ноября 2013 г. Основная цель Центра – это создание эффективной информационной, консультационной и методической системы развития и оказания помощи вновь открывающимся и действующим кооперативам с целью выполнения ими уставных задач.

I. Трехуровневая система управления



II. Институты и финансовые инструменты поддержки кооперации



Рисунок 2 – Трехуровневая система управления развитием кооперации в Липецкой области

Figure 2 – Three-level system of cooperation development management in Lipetsk Region

Кооперативам предоставляется около 18 видов займов по ставке 5 % годовых на реализацию инвестиционных проектов, направленных на создание животноводческих комплексов и ферм для разведения крупного рогатого скота, строительство кооперативных оптовых или розничных рынков, приобретение сельскохозяйственной техники, оборудования, грузового транспорта, сельскохозяйственных животных, пополнение оборотных средств, пополнение фонда финансовой взаимопомощи.

С 2014 г. в области реализуется единственная в России государственная программа «Развитие кооперации и коллективных форм собственности в Липецкой области» до 2020 г. Она направлена на развитие кооперативов различной направленности, институтов поддержки кооперации, создание кооперативной торговой сети. До 2020 г. объем финансирования госпрограммы составляет более 800 млн руб. За 2014–2016 гг. на поддержку кооперативов в рамках Государственной программы развития кооперации направлено 354 млн руб., за период с начала 2017 г. – 168 млн руб.

Меры государственной поддержки охватывают все направления – от регистрации до организации сбыта. Для кооперативов нет ограничений, они могут воспользоваться одновременно всеми видами субсидий, в том числе на:

- формирование многоуровневой системы кооперации (направлена на вовлечение новых членов в сельскохозяйственные кредитные кооперативы, создание кооперативов второго уровня);
- поддержание финансовой устойчивости кооперативов (возмещение затрат на проведение ревизий, по обслуживанию расчетного счета кооператива в банках);
- строительство и реконструкция производственных, складских зданий, помещений, сооружений по производству, переработке и хранению сельскохозяйственной продукции;
- приобретение оборудования, транспортных средств, техники и машин;
- приобретение молодняка сельскохозяйственных животных и птицы, кормов, семян и посадочного материала;
- строительство сельскохозяйственных кооперативных рынков, установку нестационарных торговых

объектов для организации сельскохозяйственных ярмарок «Торговые ряды»;
– брендирование кооперативной продукции.

Кооперативам возмещается от 30 до 60 % произведенных затрат с поправкой на объем бюджетных ассигнований, предусмотренный для каждой отдельной субсидии.

Помимо государственной поддержки для кооперативов предусмотрены налоговые льготы в рамках нормативных правовых актов Липецкой области, которые обеспечивают финансовую устойчивость кооперативов, в том числе:

- налоговые льготы сельскохозяйственным кооперативам, занимающимся производством пищевой продукции и применяющим упрощенную систему налогообложения;
- налоговые льготы индивидуальным предпринимателям – членам сельскохозяйственных потребительских кооперативов, применяющим патентную систему налогообложения (в части дифференциации размера потенциально возможного к получению годового дохода по видам деятельности, по территориям действия патентов (для удаленной сельской местности);
- налоговые льготы кооперативам по налогу на имущество организаций.

Результатом применения комплексных мер стало возрастающее доверие сельского населения к кооперативным формам хозяйствования. За 2014–2016 гг. кредитными кооперативами выдано займов на сумму более 2,7 млрд руб.

Стимулом для развития кредитной кооперации стала поддержка на пополнение фондов финансовой взаимопомощи. Укрупнение кредитной кооперации осуществляется по двум направлениям: вовлечение личных подсобных хозяйств и создание кооперативов II уровня. Успешно используется крупными кредитными кооперативами механизм ассоциированного членства Липецкого областного фонда поддержки малого и среднего предпринимательства. Это позволяет увеличить их капитализацию, расширяет для них доступ к льготным займам.

Таким образом, органы власти и кооперативы работают над созданием кооперативной торговой сети, формируют условия для входа в розничную торговую сеть на основе контрактов, соглашений, договоров. Продажу кооперативной продукции осуществляют почти 200 предприятий розничной торговли. Ведется строительство сельскохозяйственных кооперативных рынков. Обеспечен доступ на действующие розничные рынки, расширены сельскохозяйственные ярмарки. Развивается новый формат торговли «магазин в магазине». Внедрена практика взаимодействия кооперативов с сетевыми компаниями. Одним из приоритетных направлений политики Липецкой области является вовлечение населения в производственные отношения через создание кооперативных предприятий различной специализации. Кооперативное движение может и должно стать основой устойчивого развития муниципальных образований, в том числе сельских территорий.

Таким образом, успех развития кооперации в Липецкой области опирается на следующие факторы:

- системная поддержка кооперирования и кооперативов: нормативно-правовая, финансовая, институциональная, методическая, информационная, материально-техническая;
- создание многоуровневой системы поддержки кооперации;
- межведомственный подход, комбинирование ресурсов программ развития сельского хозяйства, малого бизнеса, социальной защиты, поддержки молодежи;
- использование административного ресурса на всех уровнях: регион, район, сельские администрации, работа с потенциальными лидерами и тщательный отбор членов кооперативов;
- комбинирование возможностей обслуживающей и кредитной кооперации для развития бизнеса;
- использование кооперирования как для повышения доходов и занятости сельского населения (решение социальных задач), так и для развития потенциала средних и крупных сельхозтоваропроизводителей для вывода их на новый уровень;
- поддержка товаропроизводителя одновременно с расширением каналов для сбыта продукции (рынки, бюджетная сфера);
- создание благоприятных условий для работы бизнеса с помощью ассоциаций сельхозтоваропроизводителей.

Тамбовская область среди регионов Центрального федерального округа занимает шестое место по объему сельскохозяйственного производства. Именно пищевая и перерабатывающая сферы представляют собой наиболее эффективные точки развития кооперации с учетом экономических особенностей развития Тамбовской области. Можно выделить специфические формы, характерные для кооперативного движения Тамбовской области: преобладание сельскохозяйственных производственно-потребительских кооперативов; развитие специализированных потребительских кооперативов: строительных, кредитных, медицинских, консультационных; трансформация многофункциональных потребительских обществ, сложившихся в советский период, в соответствии с рыночными условиями хозяйствования.

Существуют конкурентные преимущества кооперации в Тамбовской области, выражющиеся в: наличии обильных запасов плодородной почвы; экологичности продукции в силу отсутствия предприятий с высокой долей концентрации промышленных отходов; ориентации региональной экономики на сельскохозяйственный уклад; наличии человеческих ресурсов в силу приближенности к федеральному центру; развитой транспортной инфраструктуре, позволяющей эффективно выстраивать логистику цикла производства сельхозпродукции; приближенности к емким рынкам сбыта [12].

Современное состояние сельскохозяйственной потребительской кооперации в Тамбовской области характеризуется следующим:

- в систему потребительской кооперации региона вовлечены только 9 % крестьянских (фермерских) хозяйств и 0,1 % личных подсобных хозяйств населения;
- через систему потребительской кооперации малыми формами хозяйствования реализуется в основном молоко, а также скот и птица в живой массе;
- действующие сельскохозяйственные потребительские кооперативы осуществляют в основном сбытовую деятельность, снабженческая деятельность не развита;
- сельскохозяйственная кредитная потребительская кооперація фактически не функционирует;
- сельскохозяйственные потребительские кооперативы второго уровня отсутствуют.

Несмотря на низкий уровень развития, сельскохозяйственная потребительская кооперация в регионе при необходимой организации государственной поддержки и регулирования имеет благоприятные перспективы в силу следующих обстоятельств:

- высокий удельный вес малых форм хозяйствования в структуре производства сельскохозяйственной продукции;
- возможности расширения направлений деятельности потребительских кооперативов за счет снабженческой деятельности, хранения, переработки и сбыта овощей и картофеля;
- обеспеченность малых форм хозяйствования необходимыми земельными ресурсами, возможности ее увеличения;
- высокая доля сельского населения.

Агропромышленный комплекс Смоленской области и его базовая отрасль – сельское хозяйство – являются ведущими системообразующими сферами экономики, формирующими агропродовольственный рынок, продовольственную и экономическую безопасность, трудовой и поселенческий потенциал сельских территорий.

В 2017 г. в Смоленской области оказана поддержка на развитие сельскохозяйственной потребительской кооперации. Так, гранты общей суммой в 49 млн руб. предоставлены на реализацию двух проектов по развитию материально-технической базы кооперативов. Кроме того, восстановлена деятельность Ассоциации крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов «Содействие».

На основе результатов исследований относительно развития кооперации в Смоленской области определены следующие направления [12]:

1. Муниципалитету Смоленской области целесообразно совместно с образовательными учреждениями и крупными организациями провести ознакомительную и разъяснительную работу среди сельского и городского населения, молодежи, неработающих граждан с целью включения их в статус кооператоров и активизации кооперативного движения.
2. Разработка методов стимулирования и личной заинтересованности населения в деятельности кооперативов; обеспечение средствами автоматизации производства и механизации труда,

направленных на выпуск продукции стандартного качества и повышение эффективности функционирования кооперативных структур; создание многочисленных новых рабочих мест, способных привлечь граждан области и повысить их уровень жизни, особенно жителей сельских местностей; вовлечение в производственный оборот неиспользованных денежных средств населения при условии гарантирования эффективного их использования для вкладчиков; организация благоприятного климата в производственной среде кооперативного сектора экономики, обеспечивающего привлекательность населения качеством труда.

3. Продолжить развитие наиболее приоритетных форм кооперации в Смоленской области, способствующих росту объемов производства отечественной конкурентоспособной продукции, положительно влияющих на уровень занятости и уровень жизни населения, которыми считаются: предприятия розничной торговли и общественного питания, аграрные, производственные, снабженческие, сбытовые, ветеринарные кооперативы.

4. Оказывать содействие развитию отечественного законодательства, способствующего адаптации деятельности кооперативов по производству сельскохозяйственной, пищевой продукции к требованиям населения и рыночной экономики; оказание на первом этапе финансовой помощи кооператорам в виде льготных кредитов для успешной деятельности производства стандартизированной продукции; внедрение современных принципов и методов управления деятельностью кооперативов, приближенных к аналогичным условиям развитых стран мира.

5. Необходимо предоставить населению право принимать участие в работе одновременно нескольких кооперативов, производящих разные виды товаров и услуг.

Развитие сельскохозяйственных потребительских кооперативов имеет место в тех регионах страны, где органы власти оказывают им заметную организационную и финансово-экономическую поддержку, особенно когда такая поддержка выражается в дополнительных к федеральным мерах – в форме софинансирования капитальных вложений или возмещения части уже понесенных затрат [13].

Перспективным направлением развития сельскохозяйственных кооперативов является объединение их с перерабатывающими предприятиями, выстраивание агрологистической цепочки и вовлечение кооперативов в работу с оптово-распределительными центрами, создание и развитие экспортно-ориентированных кооперативов [14].

Важным направлением является осуществление мероприятий по привлечению зарубежных партнеров и инвестиций для участия в деятельности кооперативов, кооперативных объединений [15]. Кооперативная внешняя торговля на основе устойчивых международных кооперативных связей, являясь частью международных экономических и торговых отношений, создает благоприятные

предпосылки для улучшения взаимопонимания между кооператорами, содействует развитию сельхозпроизводства. Кроме того, международная кооперативная торговля в значительной мере содействует усилению экономического потенциала кооперативов, расширению ассортимента товаров, поступающих в кооперативные магазины, обеспечивает укрепление конкурентоспособности кооперативов [16].

Выводы и предложения

Анализ современного кооперативного движения в России свидетельствует о том, что кооперативы имеют в своей основе нереализованный потенциал и должны занять более значительное место в решении долгосрочных экономических задач общества в целом. Миссия кооперации в России заключается в обеспечении стабильного развития продовольственной сферы за счет формирования альтернативной массовому производству и сетевой торговле рыночной ниши, удовлетворяющей потребности населения в натуральных продуктах, производимых в строгом соответствии с экологическими стандартами, и развитие сельских территорий на основе повышения занятости населения, вовлекаемого в деятельность и обслуживаемого кооперацией.

В целях создания условий для эффективного развития сельскохозяйственной кооперации в России необходимо:

- кооперативному сообщству – активизировать деятельность по популяризации движения сельскохозяйственной кооперации, повышению кооперативной грамотности сельского населения и кооперативное просвещение; усилить работу, направленную на обмен опытом между регионами по развитию сельскохозяйственной кооперации;
- региональным органам государственной власти и органам местного самоуправления провести в 2018–2019 годах региональные мероприятия с главами муниципальных образований по вопросам развития сельскохозяйственной кооперации;
- региональным органам государственной власти и органам местного самоуправления – организовать системную работу по обучению, информированию и консультированию членов кооперативов, руководящих органов, специалистов сельскохозяйственных кооперативов и инициативных групп малых форм хозяйствования по вопросам развития кооперации на селе; создавать в регионах организации инфраструктуры развития сельскохозяйственной кооперации: центры развития, фонды поддержки, провести работу по укреплению ревизионных союзов сельскохозяйственных кооперативов, а также укреплению и поддержке сельскохозяйственных потребительских кредитных кооперативов второго уровня;
- региональным органам государственной власти и органам местного самоуправления – содействовать созданию логистических центров на базе кооперативных объединений крестьянских хозяйств картофелеводческого направления, обеспечению этого процесса грантовой поддержкой и льготным инвестиционным кредитованием;
- Министерству сельского хозяйства Российской Федерации необходимо ежегодно проводить всероссийские семинары с главами сельских поселений и молодыми фермерами по вопросам создания сельскохозяйственных кооперативов. Создать в регионах постоянно действующую школу «Молодой кооператор»;
- необходимо внести коррективы в условия грантовой поддержки сельскохозяйственных кооперативов, в частности: изменить соотношение господдержки к собственным средствам – 80 к 20 %; включить в программу грантовой поддержки сельскохозяйственных потребительских кооперативов сельскохозяйственные потребительские кредитные кооперативы;
- необходимо установление для сельскохозяйственных потребительских кооперативов, применяющих общую систему налогообложения, нулевую ставку по налогу на прибыль от операций с продукцией членов кооперативов;
- поддержать решение Съезда кооператоров по созданию в Минсельхозе РФ структурного подразделения по развитию сельхозкооперативов, в том числе кредитных, с передачей ему функции государственного регулирования;
- Министерству сельского хозяйства Российской Федерации совместно с региональными органами управления АПК организовать работу по созданию региональных центров развития сельскохозяйственной кооперации, в том числе на базе союзов, ассоциаций кооперативов и фермерского самоуправления;
- внедрение передовых практик создания кооперативов первого уровня, представленных Минсельхозом РФ;
- необходимо внедрение комплексных проектов по созданию кооперативов хранения и переработке сельскохозяйственного сырья и аквакультуры, разработанных МГУТУ им. К. Г. Разумовского.

Таким образом, развитие сельскохозяйственной кооперации является необходимым условием обеспечения рентабельности сельскохозяйственного производства субъектами малого и среднего предпринимательства, сохранения занятости на селе, повышения покупательной способности в сельских поселениях.

Список литературы

1. Барбашин, Е. А. Эволюция развития сельскохозяйственной кооперации в России / Е. А. Барбашин, Ю. Ф. Бабкова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 7. – С. 22–23.
2. Морозов, А. В. Сохранение сельскохозяйственной потребительской кредитной кооперации – главная задача кооперативной политики / А. В. Морозов, Г. И. Явкина // Аналитический вестник Совета Федерации Федерального Собрания РФ. – 2017. – № 21 (678). – С. 31–40.

3. Сельскохозяйственная потребительская кооперация в современной России: состояние, проблемы / Б. А. Воронин [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 4. – С. 62–68.
4. Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 года. Предварительные итоги / пред. ред. кол. К. Э. Лайкам. – М. : Статистика России, 2016. – 70 с.
5. Янбых, Р. Г. О развитии сельскохозяйственной потребительской кооперации в России [Электронный ресурс] / Р. Г. Янбых, А. В. Морозов, Г. И. Явкина. – М. : Региональное бюро по Европе и Центральной Азии, 2014. – 78 с. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/42213072-O-razvitiis-selskohozyaystvennoy-potrebiteleskoy-kooperacii-v-rossii.html>.
6. Смоленская область в цифрах. 2017 / под ред. Е. Ю. Зубковой [и др.]. – Смоленск : Смоленскстат, 2017. – 368 с.
7. Россия в цифрах. 2017 / пред. ред. кол. А. Е. Суринов. – М. : Росстат, 2017. – 511 с.
8. Резвяков, В. А. Об актуальных вопросах развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в Российской Федерации / В. А. Резвяков, Е. С. Суровцева // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1. – С. 129–133.
9. Петриков, А. В. Совершенствование бюджетирования сельского хозяйства / А. В. Петриков // Аналитический вестник. – 2017. – № 21 (678). – С. 24–30.
10. Коллективные формы хозяйствования в современной экономике / В. Е. Дементьев [и др.] ; под ред. Г. Б. Клейнера. – М. : Научная библиотека, 2017. – 356 с.
11. Проблемы развития кооперации в сельских территориях Тамбовской области / В. Д. Мамонтов [и др.] // Социально-экономические явления и процессы. – 2015. – Т. 10, № 8 – С. 62–69.
12. Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 года / Федеральная служба государственной статистики. – М. : Статистика России. – С. 13, 16, 19, 22, 28, 31, 34, 37, 43, 46, 49, 52.
13. Сельскохозяйственная потребительская кооперация: экономико-правовые проблемы развития в современной России / Б. А. Воронин [и др.] // Аграрный Вестник Урала. – 2016. – № 8. – С. 74–81.
14. Gumerov, A. Fast Multipole Methods for the Helmholtz Equation in Three Dimensions. – London : PRESS, 2010. – 426 p.
15. Our countryside: the future. A fair deal for rural England. Наша сельская местность: будущее. Честный взгляд на сельскую Англию. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20090616140704/http://www.defra.gov.uk/rural/pdfs/rural/wp/rural.pdf>. (дата обращения 11.05.2017).
16. Analyzing and Managing Banking Risk: A Framework for Assessing Corporate Governance and Financial Risk / ed. S. B. Bratanovic, H. Greunin. – Washington : The World Bank, 2003. – 245 c.
17. Tretyak, V. P. Instruments for the implementation of import substitution strategy in the agro-industrial complex / V. P. Tretyak, O. A. Anichkina, K. G. Abazieva // Managing service, education and knowledge management in the knowledge economic era – Proceedings of the annual international conference on management and technology in knowledge, service, tourism and hospitality (SERVE 2016). – Jakarta ; Vladimir, 2017. – P. 33–36. DOI: 10.1201/9781315269146-8.
18. Ahmedov, A. E. Adaptive direction of sustainable development of the enterprises of a building complex / A. E. Ahmedov, I. V. Smolyaninova, M. A. Shatalov // Synergy. – 2015. – № 1. – P. 55.
19. Priority areas of development of the labor potential of rural territories in Russia / F. I. Mirzabalaeva [et al.] // Academy of Strategic Management Journal. – 2017. – Vol. 16, sp. iss. 1. – P. 131–148.

References

1. Barbashin E.A., Babkova Yu.F. Evolyutsiya razvitiya sel'skokhozyaystvennoy kooperatsii v Rossii [Evolution of the development of agricultural cooperation in Russia]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy], 2013, no. 7, pp. 22–23.
2. Morozov A.V., Yavkina G.I. Sokhranenie sel'skokhozyaystvennoy potrebitel'skoy kreditnoy kooperatsii – glavnaya zadacha kooperativnoy politiki [Preservation of agricultural consumer credit cooperation is the main task of cooperative policy]. *Analiticheskiy vestnik Soveta Federatsii Federal'nogo Sobraniya RF* [Analytical Herald of the Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation], 2017, no. 21(678), pp. 31–40.
3. Voronin B.V., Kot E.M., Voronina Ya.V., Fateeva N.B., Malanicheva A.V. Sel'skokhozyaystvennaya potrebitel'skaya kooperatsiya v sovremennoy Rossii: sostoyanie, problemy [Agricultural consumer cooperation in modern Russia: state, problems]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian herald of the Urals], 2017, no. 4, pp. 62–68.
4. Vserossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya perepis' 2016 goda. Predvaritel'nye itogi [All-Russian Agricultural Census of 2016. Preliminary results]. Moscow: Statistika Rossii Publ., 2016. 70 p.
5. Yanbykh R.G., Morozov A.V., Yavkina G.I. O razvitiyu sel'skokhozyaystvennoy potrebitel'skoy kooperatsii v Rossii [On the development of agricultural consumer cooperation in Russia]. Moscow: Regional'noe byuro po Evrope i Tsentral'noy Azii Publ., 2014. 78 p. Available at: <http://docplayer.ru/42213072-O-razvitiis-selskohozyaystvennoy-potrebiteleskoy-kooperacii-v-rossii.html>.
6. Smolenskaya oblast' v tsifrah. 2017. [Smolensk region in figures. 2017. At a Glance]. Smolensk: Smolenskstat Publ., 2017. 368 p.
7. Rossiya v tsifrah. 2017. [Russia in figures. 2017]. Moscow: Rosstat Publ., 2017. 511 p.
8. Rezvyakov V.A., Surovtseva E.S. Ob aktual'nykh voprosakh razvitiya sel'skokhozyaystvennoy potrebitel'skoy kooperatsii v Rossiyskoy Federatsii [On topical issues of development of agricultural consumer cooperation in the Russian Federation]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Bashkir State Agrarian University], 2017, no. 1, pp. 129–133.
9. Petrikov A.V. Sovremenstvovaniye byudzhetirovaniya sel'skogo khozyaystva [Improvement of agricultural budgeting]. *Analiticheskiy vestnik Soveta Federatsii Federal'nogo Sobraniya RF* [Analytical Herald of the Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation], 2017, no. 21(678), pp. 24–30.
10. Dement'ev V.E., Kachalov R.M., Kleyner G.B., et al. *Kollektivnye formy khozyaystvovaniya v sovremennoy ekonomike* [Collective forms of management in modern economy]. Moscow: Nauchnaya biblioteka Publ., 2017. 356 p.

11. Mamontov V.D., Protasevich B.G., Putintsev V.V., Chernov S.D. Problemy razvitiya kooperatsii v sel'skikh territoriyakh Tambovskoy oblasti [Problems of development of cooperation in rural areas of Tambov region]. *Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy* [Socio-economic Phenomena and Processes], 2015, vol. 10, no. 8, pp. 62–69.
12. *Vserossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya perepis' 2016 goda* [All-Russian Agricultural Census of 2016. Statistical Bulletin]. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service]. Moscow: Statistika Rossii Publ., 2016. pp. 13, 16, 19, 22, 28, 31, 34, 37, 43, 46, 49, 52.
13. Voronin B.A., Kot E.M., Voronina Ya.V., Fateeva N.B., Malanicheva A.V. Sel'skokhozyaystvennaya potrebitel'skaya kooperatsiya: ekonomiko-pravovye problemy razvitiya v sovremennoy Rossii [Agricultural consumer cooperation: economic and legal problems of development in modern Russia]. *Agrarnyy Vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2016, no. 8, pp. 74–81.
14. Gumerov A. *Fast Multipole Methods for the Helmholtz Equation in Three Dimensions*. London: PRESS, 2010. 426 p.
15. *Our countryside: the future. A fair deal for rural England. Nasha sel'skaya mestnost': budushchee. Chestnyy vzglyad na sel'skuyu Angliyu*. Available at: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20090616140704/http://www.defra.gov.uk/rural/pdfs/ruralwp/rural.pdf>. (accessed 11 May 2017).
16. Bratanovic S.B., Greuning H. *Analyzing and Managing Banking Risk: A Framework for Assessing Corporate Governance and Financial Risk*. Washington: The World Bank, 2003. 245 p.
17. Tretyak V.P., Anichkina O.A., Abazieva K.G. Instruments for the implementation of import substitution strategy in the agro-industrial complex. *Managing Service, Education and Knowledge Management in The Knowledge Economic Era – Proceedings of The Annual International Conference on Management and Technology in Knowledge, Service, Tourism and Hospitality (SERVE 2016)*. Jakarta, Vladimir, 2017, pp. 33–36. DOI: 10.1201/9781315269146-8.
18. Ahmedov A.E., Smolyaninova I.V., Shatalov M.A. Adaptive direction of sustainable development of the enterprises of a building complex. *Synergy*, 2015, no. 1, pp. 55.
19. Mirzabalaeva F.I., Zabelina O.V., Alieva P.R., Shichkin I.A. Priority areas of development of the labor potential of rural territories in Russia. *Academy of Strategic Management Journal*, 2017, vol. 16, special iss. 1, pp. 131–148.

Сурай Наталья Михайловна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экономики и управления на предприятиях малого и среднего бизнеса, заместитель директора Института экономики, менеджмента и права, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского», 109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, тел.: +79104499962

Диброва Жанна Николаевна

канд. экон. наук, доцент, директор департамента правового и кадрового обеспечения, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского», 109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, тел.: +79104499962

Сагина Оксана Александровна

канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и управления на предприятиях малого и среднего бизнеса, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского», 109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, тел.: +79163391009

Орлов Борис Львович

канд. экон. наук, профессор, профессор кафедры экономики и управления на предприятиях малого и среднего бизнеса, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского», 109004, Россия, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, тел.: +79267819005

Natalia M. Surai

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Management at Small and Medium Business, Associate Director of the Institute of Economics, Management and Law, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, phone: +79104499962

Zhanna N. Dibrova

Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor, Director of the Department of Legal and Personnel Support, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, phone: +79104499962

Oksana A. Sagina

Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor of the Department of Economics and Management at Small and Medium-sized Enterprises, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, phone: +79163391009

Boris L. Orlov

Cand.Sci.(Econ.), Professor, Professor of the Department of Economics and Management at Small and Medium Enterprises, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, 73, Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia, phone: +79267819005



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СИНТЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СЕГМЕНТАРНОЙ ОЦЕНКЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРЕДИТНОГО РИСКА

С. Г. Черниченко*, Р. М. Котов, С. А. Гильмулина

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

*e-mail: chernichenko6@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 19.01.2018

Дата принятия в печать: 16.03.2018

© С. Г. Черниченко, Р. М. Котов, С. А. Гильмулина, 2018

Аннотация. Многогранный, многофакторный и многокомпонентный характер кредитного риска дает основание рассматривать его как единую гипотетическую конструкцию, состоящую из автономных разноплановых сегментов рисковых ситуаций. В связи с тем, что в данной работе исследуется механизм движения ссудного капитала в границах валютного кредита, в составе интегрального (совокупного, комплексного) кредитного риска рассматривается генеральная комбинация из кредитного, процентного, валютного и инфляционного рисков. По причине существующей возможности правового регулирования процентного риска и наличия отложенного механизма анализа кредитоспособности заемщика как основного фактора кредитного риска особый интерес в оценочной процедуре представляют валютный и инфляционный риски. В условиях широкого распространения коммерческого и банковского кредитования российских предприятий, предусматривая в качестве «чистых дебиторов» (заемщиков) предприятия сельского хозяйства, химической промышленности и машиностроения, авторы предлагают оригинальную методику оценки интегрального кредитного риска. Исследовательская работа имеет заданную последовательность действий. На первой стадии осуществляется структурирование рисковой ситуации в кредитном процессе, выявление составных тематических компонентов и их последующая стратегическая взаимоувязка. Вторая стадия отражает анализ возможностей и специфики предварительной сегментарной оценки уровня риска. Третья стадия предполагает разработку экспериментально-синтетического подхода к сегментарной оценке интегрального кредитного риска в условиях волатильности валютных курсов и процентных ставок, на фоне инфляционных ожиданий. В методике предусмотрены следующие сценарии: 1) изолированная оценка риска инфляции; 2) изолированная оценка валютного риска; 3) комплексная оценка валютного и инфляционного рисков.

Ключевые слова. Интегральный кредитный риск, валютный риск, процентный риск, риск инфляции, оценка риска

Для цитирования: Черниченко, С. Г. Экспериментально-синтетический подход к сегментарной оценке интегрального кредитного риска / С. Г. Черниченко, Р. М. Котов, С. А. Гильмулина // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 184–189.
DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-184-189.

EXPERIMENTAL SYNTHETIC APPROACH TO SEGMENT ASSESSMENT OF AGGREGATE CREDIT RISK

S.G. Chernichenko*, R.M. Kotov, S.A. Gilmulina

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

*e-mail: chernichenko6@mail.ru

Received: 19.01.2018

Accepted: 16.03.2018

© S.G. Chernichenko, R.M. Kotov, S.A. Gilmulina, 2018

Abstract. Multifaceted, multifactor and multicomponent nature of credit risk makes it possible to consider it as an integral hypothetical unit which consists of the autonomous diverse segments specifying risky situations. As the given article is focused on the mechanism of loan fund circulation within foreign currency loan the author considers the combination of credit, interest rate, foreign exchange and inflation risks within the aggregate (total, combined) credit risk. Foreign exchange and inflation risks generate special interest in relation to evaluation procedures as there can be statutory regulation of interest rate risk and well-functioning mechanism of debt capacity analysis as the main factor of credit risk. As commercial loans and bank credits taken by Russian companies are wide spread the authors of the article suggest an innovative procedure of aggregate credit risk assessment considering agricultural companies, as well as companies belonging to chemical and machine-building industries as “pure borrowers” (debtors). The research has a set sequence of procedures. During the first stage the authors structured a risky situation in the lending process, determined specific constituents and performed their further strategic agreement. The second stage implies the analysis of the possibilities and specific characteristics of the preliminary segment assessment of the risk level. The third stage involves the development of experimental synthetic approach to the segment assessment of the aggregate credit risk in case of foreign exchange rate and interest rate volatility when there are inflation expectations. The procedure considers the following scenarios: 1) isolated assessment of inflation risk; 2) isolated assessment of exchange rate risk; 3) complex assessment of inflation and exchange rate risks.

Keywords. Aggregate credit risk, foreign exchange risk, interest rate risk, inflation risk, risk assessment

For citation: Chernichenko S.G., Kotov R.M., Gilmulina S.A. Experimental Synthetic Approach to Segment Assessment of Aggregate Credit Risk. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 184–189 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-184-189.

Введение

Кредитный риск позиционируется как ситуация неопределенности, существующая относительно фактов и сроков погашения долга, выступающая носителем вероятностной, противоречивой и двойственной природы возможных финансовых результатов в условиях альтернативности процесса принятия решений [1]. Ключевые категориальные характеристики кредитного риска специфичны: обладание многофакторным, диверсифицируемым, несистематическим, страхуемым, спекулятивным, индивидуальным характером; проявление в сфере финансовых рисков; демонстрация ресурса в совокупности предпринимательских рисков и т. п. Многообразны и причины возникновения, и набор последствий проявления кредитного риска. Все вышеизложенное дает основание предположить, что кредитный риск является не обычным явлением, а определенной совокупностью рисковых ситуаций, которую целесообразно структурировать – разделить на составные тематические компоненты для их изолированного изучения с последующей стратегической взаимоувязкой.

Потребность в структурировании риска в рамках кредитных отношений обусловлена необходимостью выявления и инженерии генеральной комбинации ситуаций неопределенности в кредитном процессе. Ориентируясь на заданный вектор исследования, введем понятие интегрального кредитного риска, подразумевая универсальный синтез отдельных автономных сегментов рисковой ситуации в единую полноценную управляемую конструкцию.

Результаты исследования корреляции экономических рисков в специальной литературе свидетельствуют о возможной взаимосвязи и взаимозависимости некоторых видов рисков: во-первых, риски способны компенсировать друг друга; во-вторых, риски имеют свойство усиливать друг друга; в-третьих, риски могут не воздействовать друг на друга [3]. Заданные ситуации предопределяют применение соответствующих управлеченческих стратегий в зависимости от знака и степени корреляции рисков: во-первых, для «взаимокомпенсирующих» рисков следует разработать систему действий по управлению одним из них; во-вторых, для «взаимозависимых» рисковых ситуаций необходимо разработать сложные, комплексные стратегии по заданным комбинациям рисков; в-третьих, для «независимых» рисков целесообразно формировать автономные стратегии управления [7].

Однако сложно достичь указанной цели, полностью абстрагируясь от вида и условий сделки. Поэтому предположим, что изучается механизм движения ссудного капитала в границах валютного кредита. В процессе исследования природы валютного кредита отслеживается наличие специфической комбинации «взаимозависимых» рисковых ситуаций, находящихся под воздействием

«факторов окружающей среды», в первую очередь таких, как уровень кредитоспособности потенциальных заемщиков, перманентное колебание процентных ставок, волатильность валютных курсов, «инфляционные ожидания» экономических субъектов. Указанные факторы во многом определяют состояние кредитного рынка. Так, кредитоспособность экономических субъектов является условным индикатором состояния экономики. По мнению Д. Ф. Маршалла и В. К. Бансала, «... роль процентных ставок объясняется принципом их паритета, а роль «инфляционных ожиданий» – принципом паритета покупательной способности» [3]. Динамика уровня инфляции, в свою очередь, находит проявление в движении курса национальной валюты.

Таким образом, в составе интегрального кредитного риска целесообразно исследовать: кредитный риск (связанный с вероятностью непогашения основного долга и процентных денег своевременно и в полном объеме), процентный риск (возникающий обычно в режиме плавающих процентов), валютный риск (обусловленный вариабельностью обменных курсов) и риск инфляции (обусловленный вероятностью снижения покупательной способности полученных денег). Более того, автономные сегменты интегрального кредитного риска можно разделить на структурные элементы (табл. 1).

Предварительная сегментарная оценка уровня интегрального кредитного риска имеет свою специфику. Так, собственно кредитный риск кредитор оценивает в процессе анализа кредитоспособности потенциального заемщика. Причем практика кредитного анализа отражает широкий спектр методов, приемов, моделей: 1) экономико-статистические методы (собственно статистические, качественные, количественные); 2) специфические модели кредитного анализа (классификационные (модели рейтинговой оценки и прогнозные модели), методы комплексного анализа) [6] и т. п. Однако все методические подходы направлены на исследование только одного автономного сегмента интегрального кредитного риска, связанного с вероятностью возникновения просрочки или непогашения кредитных обязательств. Процентный риск, в свою очередь, ограничивается в соответствующих пунктах Кредитного Договора (через установление режима фиксированной или регулируемой плавающей процентной ставки; посредством привязки процентной ставки к базовому уровню, к финансовому состоянию заемщика и т. п.). Валютный и инфляционный риски относятся к систематическим (неуправляемым) рискам, вследствие чего оценка их уровня усложняется макроэкономической многофакторностью и, следовательно, сценарной многовариантностью. В данной работе представлен один из возможных вариантов ориентировочной оценки степени валютного и инфляционного риска в кредитном процессе.

Таблица 1 – Тематическое структурирование интегрального кредитного риска в границах валютного кредита

Table 1 – Thematic structuring of the aggregate credit risk within the framework of foreign currency loan

Автономные сегменты интегрального кредитного риска	Структурные элементы	
Кредитный риск (критерии оценки: полнота и своевременность погашения обязательств)	Риск просрочки погашения кредита	<i>Риск структуры капитала заемщика</i> <i>Деловой риск заемщика</i>
	Риск непогашения кредита	<i>Риск финансовой несостоятельности заемщика</i>
Процентный риск (критерии оценки: величина, скорость и частота изменения процентных ставок)	Риск несбалансированности процентов по активным и пассивным операциям по специфике и срокам	
	Риск несоответствия процентов по активным и пассивным операциям (доходов и платежей) по периодам накопления	
	Риск несовпадения базы расчета процентов по активным и пассивным операциям	
	Риск несовпадения дат обновления процентов по активным и пассивным операциям	
	Риск прекращения действия договора до наступления намеченного временного горизонта	
Валютный риск (критерии оценки: величина, скорость и частота изменения валютного курса)	Коммерческие риски (связаны с нежеланием или невозможностью плательщика рассчитаться по своим обязательствам)	
	Конверсионные риски (отражают вероятные убытки по обменным операциям)	
	Трансляционные риски (возникают при переоценке активов и пассивов баланса; их уровень зависит от выбора валюты и метода пересчета, устойчивости валюты и т. п.)	
Инфляционный риск (критерий оценки: уровень снижения покупательной способности денег)	Риск инфляции спроса	
	Риск инфляции предложения (издержек)	

Экспериментальный характер исследования дает нам возможность выбора из бесконечного числа методических подходов (условно – экспериментов) наиболее приемлемых вариантов. Применяя по отношению к совокупности тематических компонентов интегрального кредитного риска приемы синтеза как метода научного исследования, состоящего в познании целого в единстве и взаимосвязи его частей, стратегически унифицируем их в генеральную комбинацию. Таким образом, формулируем экспериментально-синтетический подход к оценке интегрального кредитного риска как последовательный, системный, следующий

методике подход, основанный на приемах синтеза и экспериментальном характере исследования аналитической информации.

Объекты и методы исследования

Целью работы является разработка экспериментально-синтетического подхода к сегментарной оценке интегрального кредитного риска в условиях волатильности валютных курсов и процентных ставок на фоне инфляционных ожиданий.

Объектом исследования выступают коммерческие и профессиональные кредиторы России (предприятия и кредитные организации соответственно).

В качестве предмета исследования рассматривается интегральный кредитный риск в границах валютного кредита.

Теоретической и методологической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных исследователей, посвященные вопросам теории риска, теории денег и инфляции, теории принятия решений, риск-менеджмента, кредитного дела.

Информационная база исследования отражает материалы государственной статистики и справочно-методическую литературу.

В процессе исследования авторы применяли следующие методы: экономико-статистический, монографический, абстрактно-логический, методы сравнения и группировки, анализа и синтеза и др.

Результаты и их обсуждение

Предлагаемый методический подход базируется на оценке кредитором денежных потоков в деятельности потенциального заемщика. Заданный вектор исследования обусловлен тем, что любая финансовая операция ассоциируется с определенным денежным потоком, состоящим из разнонаправленных (положительных и отрицательных) денежных массивов, перемещаемых во времени (притоков (P) и оттоков (O)) соответственно). В течение определенного временного горизонта отслеживается экспансия денежных массивов, поэтому целесообразно оценивать их сопряженность (сопоставимость, сбалансированность, симметричность) в расчете на конец анализируемого периода [2].

При оценке уровня риска по кредитной операции целесообразно использовать показатель «паритет денежных потоков» (PDP), определив его как резервную составляющую (Z), с точки зрения возможности покрытия вероятных потерь: $PDP = (P - O) = Z$.

Перечень потенциальных финансовых ситуаций представлен в табл. 2.

Акцент следует сделать на ситуации № 3, в связи с тем, что любая коммерческая операция по своей природе предусматривает получение прибыли. Итак, изучается операция по предоставлению и погашению валютного кредита на определенную сумму в рублевом выражении (R). Размер процентных денег, начисленных на сумму основного долга, определен на уровне i .

Следовательно, общая сумма, предназначенная к погашению кредита, составит $(R+i)$. Предусмотрим три возможных сценария предварительной оценочной процедуры (табл. 3): 1) изолированная оценка риска инфляции; 2) изолированная оценка валютного риска; 3) комплексная оценка валютного и инфляционного рисков.

Далее представим заданную последовательность действий в границах сценарного подхода.

Сценарий 1. Изолированная оценка риска инфляции. Предположим, что годовой уровень «инфляционных ожиданий», на основе цели Регулятора по инфляции [5], составляет 4 % (т. е. годовой индекс инфляции – 1,04). Ориентировочный среднемесячный темп роста инфляции, следовательно, определен на уровне 0,327 % (то есть, оперируя индексами, получаем: $\sqrt[12]{1,04} = 1,00327$). В границах одного года предусматриваем к рассмотрению 12 условно одинаковых интервалов (месяцев), при тождественных среднемесячных уровнях инфляции. При этом применяем известный алгоритм расчета:

$$Y = (1 + j)^k, \quad (1)$$

где: Y – индекс инфляции в заданном временном отрезке;

k – количество интервалов в периоде;

j – уровень инфляции по интервалам

$$(j^1 = j^2 = j^3 = \dots = j^n = j).$$

Использование данной формулы позволяет рассчитать помесечные индексы инфляции:

$$\begin{aligned} Y_{01} &= 1,00327; & Y_{02} &= 1,0066; & Y_{03} &= 1,0098; \\ Y_{04} &= 1,0131; & Y_{05} &= 1,0165; & Y_{06} &= 1,0198; \\ Y_{07} &= 1,0231; & Y_{08} &= 1,0265; & Y_{09} &= 1,0298; \\ Y_{10} &= 1,0332; & Y_{11} &= 1,0366; & Y_{12} &= 1,0400. \end{aligned}$$

Допустим, что кредит предоставляется на трехмесячный срок (с 1 июня по 1 сентября). Следовательно, индекс инфляции в finale временного отрезка (в конце августа) составит: $Y_{08} = 1,0265$.

Номинальная сумма погашаемых кредитных обязательств в рублевом выражении (R_N) составит:

$$R_N = (R + i) \quad (2)$$

А реальный размер долга, R_R , мультиплицируется под воздействием индекса инфляции:

$$R_R = Y \cdot R_N = 1,0265 \cdot (R + i) \quad (3)$$

Сумма резерва на возможные потери по ссудам (Z^*) сократится на величину маржи между реальной (R_R) и номинальной (R_N) стоимостью погашаемых кредитных обязательств:

Таблица 2 – Возможные финансовые ситуации, с позиции «паритета денежных потоков» (PDP)
Table 2 – Possible financial situations from the viewpoint of “cash flows parity” (PDP)

Ситуация	Содержание
1) $P = O$	$PDP = 0$ (нет возможности создать резерв (Z) на возможные потери)
2) $P < O$	$PDP < 0$ (не только нет возможности создать резерв (Z), но и возникает необходимость покрытия реальных убытков)
3) $P > O$	$PDP > 0$ (существует возможность формирования резерва (Z) на возможные потери)

Таблица 3 – Сценарии экспериментально-синтетического подхода к сегментарной оценке интегрального кредитного риска

Table 3 – Scenarios of experimental synthetic approach to the segment assessment of the aggregate credit risk

Сценарий	Алгоритм действий
Сценарий 1. Изолированная оценка риска инфляции	1.1. Определение уровня (индекса) инфляции для заданного временного горизонта
	1.2. Расчет номинальной стоимости (без учета инфляции) кредита
	1.3. Определение реальной стоимости (с учетом инфляции) кредитных обязательств заемщика
	1.4. Принятие кредитного решения на основе оценки «паритета денежных потоков»
Сценарий 2. Изолированная оценка валютного риска	2.1. Определение конвертабельной стоимости кредита
	2.2. Расчет максимально возможного приращения к заданному уровню валютного курса, обеспечивающего безубыточность кредитной операции
	2.3. Определение максимально возможного уровня валютного курса, обеспечивающего безубыточность сделки
	2.4. Принятие кредитного решения на основе «запаса безубыточности»
Сценарий 3. Комплексная оценка валютного и инфляционного рисков	3.1. Оценка «паритета денежных потоков» с учетом инфляции
	3.2. Расчет максимально возможного приращения к заданному уровню валютного курса, обеспечивающего безубыточность кредитной операции
	3.3. Определение максимально возможного уровня валютного курса, обеспечивающего безубыточность кредитной операции
	3.4. Разработка градационной оценочной шкалы
	3.5. Принятие кредитного решения на основе «запаса безубыточности»

$$\begin{aligned} Z^* &= Z - (1,0265(R + i) - (R + i)) = \\ &= Z - 0,0265(R + i) = Z - 0,0265R_N \end{aligned} \quad (4)$$

Следствием логической цепочки рассуждений является отчетливый вывод: если при мультипликации погашаемой суммы кредита, под воздействием индекса инфляции, будет получена положительная величина «паритета денежных потоков», кредитную операцию целесообразно признать безубыточной для кредитора. В противном случае рекомендуется принять отрицательное кредитное решение.

Сценарий 2. Изолированная оценка валютного риска. Допустим, предоставление кредита ожидается в евро. Сведения о движении валютного курса заданной валюты в течение отчетного года [4, 5] отражены в табл. 4.

В качестве базисного валютного курса европейской валюты применяем его уровень, сформированный на начало года (63,1125 RUB/EUR). Таким образом, сумма кредита в рублевом выражении (R_N), конвертированная (E) в европейскую валюту по заданному курсу, составит:

$$E = \frac{R_N}{63,1125} \quad (5)$$

Используя в расчетах сумму резерва под возможные потери (Z), определяем размер максимально возможного приращения (Δ_{\max}) к заданному валютному курсу (RUB/EUR):

$$\Delta_{\max} = \frac{Z}{E} \quad (6)$$

Следовательно, максимально возможный валютный курс, обеспечивающий безубыточность сделки, находится на следующем уровне (RUB/EUR):

$$VK_{\max} = 63,1125 + \Delta_{\max} \quad (7)$$

Сопоставив расчетную величину (VK_{\max}) с текущим валютным курсом и оценив сумму и знак разницы между ними («запас безубыточности»), можно сделать вывод о возможности совершения кредитной операции. Однако, с целью принятия эффективного управленческого решения, необходимо определиться с оценкой уровня риска.

Опираясь на данные табл. 4, отмечаем амплитуду колебания (размах волатильности) базисного темпа прироста валютного курса европейской валюты по отношению к рублю в течение года: 0,5–11,6 %. Усредненный уровень валютного курса (VK) европейской валюты составил 65,8450 RUB/EUR, а фиксация среднегодового темпа ее прироста отмечена на уровне 4,3 %. Указанные границы целесообразно использовать в качестве критических точек для разработки градационной оценочной шкалы (табл. 5).

Таблица 4 – Динамика валютного курса в 2017 г., RUB/EUR

Table 4 – Exchange rate dynamics in 2017, RUB, EUR

Дата	Валютный курс	Темпы роста, %	
		цепной	базисный
10.01.2017	63,1125	–	–
01.02.2017	64,2850	101,9	101,9
01.03.2017	61,3883	95,5	97,3
01.04.2017	59,8107	97,4	94,8
03.05.2017	62,1515	103,9	98,5
01.06.2017	63,4107	102,0	100,5
01.07.2017	67,8072	106,9	107,4
01.08.2017	70,4603	103,9	111,6
01.09.2017	69,6222	98,8	110,3
03.10.2017	67,9076	97,5	107,6
01.11.2017	67,6434	99,6	107,2
01.12.2017	69,5185	102,8	110,2
01.01.2018	68,8668	99,1	109,1
Средний уровень	65,8450	–	104,3

Таблица 5 – Градационная шкала для оценки валютного риска

Table 5 – Scale for exchange rate risk assessment

Оценочный критерий	Уровень риска			
	низкий	средний	высокий	критический
Темп прироста валютного курса, %	< 0,5	0,5–4,3	4,3–11,6	> 11,6
Абсолютный прирост, RUB/EUR	< 0,3156	0,3156–2,7138	2,7138–7,3211	> 7,3211

Справедливо ради стоит отметить, что дополнительное исследование ежедневного движения валютных курсов в течение 2017 года [5] привело к выявлению критических трендов: минимальный уровень валютного курса европейской валюты отмечен 19.04.2017 (59,6124 RUB /EUR, т. е. падение, по сравнению с базисным уровнем, на 5,55 %), а максимальный – 04.08.2017 (71,9527 RUB/EUR, т. е. рост на 14,01 %). Эти сведения могут быть использованы для уточнения критических значений шкалы.

Сценарий 3. Комплексная оценка валютного и инфляционного рисков. При учете уровня инфляции 2,65 % в течение расчетного периода ($Y_{08} = 1,0265$) «паритет денежных потоков» составит (4):

$$PDP^* = Z^* = Z - 0,0265R_N$$

Определяем размер максимально возможного приращения к валютному курсу евро (RUB/EUR), которое может быть оплачено за счет имеющихся в резерве средств (Δ_{\max}^*):

$$\Delta_{\max}^* = \frac{Z^*}{E} = \frac{Z - 0,0265R_N}{E} \quad (8)$$

Следовательно, максимально возможный валютный курс, обеспечивающий безубыточность кредитной операции, составит (RUB/EUR):

$$VK_{\max}^* = 63,1125 + \Delta_{\max}^* \quad (9)$$

Сопоставив расчетную величину (VK_{\max}^*) с фактическим валютным курсом и оценив «запас безубыточности», формулируем заключение об эффективности операции и уровне риска кредитора.

В условиях превышения этих уровней (уровня инфляции 2,65 % на конец августа и валютного

курса VK_{\max}^*), заемщику рекомендуется предусматривать возможность корректировки цен на реализуемую продукцию с учетом инфляции и отразить этот пункт в хозяйственных договорах.

Таким образом, используя предложенный методический подход к сегментарной оценке интегрального кредитного риска, профессиональные кредиторы получат эффективный оценочный инструмент на стадии принятия кредитных решений.

Список литературы

1. Зотов, В. П. Систематизация, структурирование и унификация проблем оценки кредитного риска в рамках коммерческого кредитования сельскохозяйственных предприятий / В. П. Зотов, С. Г. Черниченко, Н. М. Чернышева // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 4. – С. 155–163.
2. Nikolaeva, E. A. Учет инфляционных ожиданий и движения валютных курсов в процессе предварительной оценки совокупного кредитного риска / Е. А. Николаева, С. Г. Черниченко // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – № 4 (104). – С. 180–181.
3. Marshall, D. F. Финансовая инженерия: Полное руководство по финансовым нововведениям / Д. Ф. Marshall, В. К. Бансал ; пер. с англ. – М. : Инфра-М, 1998. – 782 с.
4. Федеральная служба государственной статистики. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gks.ru. – Даты обращения: 05.01.2018, 31.01.2018.
5. Центральный банк Российской Федерации. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.cbr.ru. – Даты обращения: 05.01.2018, 31.01.2018, 01.02.2018.
6. Хамская, С. Г. Оценка кредитного риска в рамках коммерческого кредитования (в форме прямых заимствований между предприятиями) : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.10 / Хамская Светлана Геннадьевна. – Новосибирск, 2006. – 193 с.
7. Основные компоненты стратегии «факторного» управления совокупным кредитным риском как альтернативного приема риск-менеджмента / С. Г. Черниченко [и др.] // Успехи современной науки и образования. – 2016. – № 10. – С. 57–63.

Reference

1. Zotov V.P., Chernichenko S.G., Chernysheva N.M. Sistematisatsiya, strukturirovaniye i unifikatsiya problem otsenki kreditnogo riska v ramkakh kommercheskogo kreditovaniya sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy [Systematization, structuring and unification of problems of credit risk assessment in the framework of commercial lending to agricultural enterprises]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2016, no. 4, pp. 155–163.
2. Nikolaeva E.A., Chernichenko S.G. Uchet inflyatsionnykh ozhidaniy i dvizheniya valyutnykh kursov v protsesse predvaritel'noy otsenki sovokupnogo kreditnogo riska [Accounting for inflation expectations and the movement of exchange rates in the process of preliminary assessment of aggregate credit risk]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kuzbass State Technical University], 2014, no. 4(104), pp. 180–181.
3. Marshall J.F., Bansal W.K. *Financial Engineering: A Comprehensive Guide to Financial Innovation*. New York: New York Institute of Finance, 1991. 728 p. (Russ. ed.: *Finansovaya inzheneriya: Polnoe rukovodstvo po finansovym novovvedeniyam*. Moscow: Infra-M Publ., 1998. 782 p.).
4. *Federal State Statistics Service*. Official site. Available at: www.gks.ru. (accessed 5 and 31 January 2018).
5. *Central Bank of the Russian Federation*. Official site. Available at: www.cbr.ru. (accessed 1 January, 1 February 2018).
6. Khamskaya S.G. *Otsenka kreditnogo riska v ramkakh kommercheskogo kreditovaniya (v forme pryamykh zaimstvovanij mezhdu predpriyatiyami)*. Diss. kand. ekon. nauk. [Assessment of credit risk in the framework of commercial lending (in the form of direct borrowing between enterprises). Cand. econ. sci. diss.]. Novosibirsk, 2006. 193 p.
7. Chernichenko S.G., Gilmulina S.A., Dudinskaya T.K., Shcheglova M.A. Osnovnye komponenty strategii "faktornogo" upravleniya sovokupnym kreditnym riskom kak al'terna-tivnogo priema risk-menedzhmenta [The main components of the strategy of "factorial" management of aggregate credit risk as an alternative method of risk management]. *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Advances in modern science and education], 2016, no. 10, pp. 57–63.

Черниченко Светлана Геннадьевна

канд. экон. наук, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: chernichenko66@mail.ru

Котов Роман Михайлович

канд. экон. наук, доцент, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Гильмулина Светлана Александровна

канд. техн. наук, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Svetlana G. Chernichenko

Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Audit, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: chernichenko66@mail.ru

Roman M. Kотов

Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Svetlana A. Gilmulina

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Audit, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia



ПОРЯДОК РАССМОТРЕНИЯ, УТВЕРЖДЕНИЯ И ОТКЛОНЕНИЯ СТАТЕЙ

В научно-техническом журнале «Техника и технология пищевых производств» публикуются статьи, обзорные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукописи, поступающие в журнал, должны иметь внешнюю рецензию специалистов соответствующих отраслей наук с ученой степенью доктора или кандидата наук.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность в системе «Антиплагиат», регистрируется.

Редакция подтверждает автору получение рукописи в течение 10 дней после ее поступления.

Редакция организует рецензирование представленных рукописей. В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Техника и технология пищевых производств», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии

статьей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Оригиналы рецензий хранятся в редакционной коллегии в течение пяти лет со дня публикации статей и по запросам предоставляются в экспертные советы ВАК.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной статьи.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редакции.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлегией в целом.

Автору не принятой к публикации статьи ответственный за выпуск направляет мотивированный отказ. Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются автору.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Научно-технический журнал «Техника и технология пищевых производств» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть 5–7 страниц. Текст статьи должен быть напечатан на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа в одну колонку на принтере с четким шрифтом. Все страницы должны иметь сплошную нумерацию в верхнем правом углу.

Статья включает следующее.

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.

2. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов), но информативным и отражать основной результат исследований. Заголовок набирают полукирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заглавии не допускается употребление сокращений, кроме общепринятых.

3. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую. Фамилия автора, с которым следует вести переписку, обозначается звездочкой (*).

4. Официальное полное название учреждения (место работы каждого автора), город, почтовый адрес и индекс, e-mail автора, с которым следует вести переписку.

5. Аннотация (объемом от 200 до 250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами) должна быть информативной (не содержать общих слов),

оригинальной, содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований), структурированной (повторять структуру статьи и включать введение, цели и задачи, методы, результаты, выводы).

Предмет, тема, цель работы в аннотации указываются в том случае, если они не ясны из заглавия статьи; метод или методологию проведения работы целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы.

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдаётся предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.

Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте авторского резюме.

Следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...»). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общезвестные положения, в авторском резюме не приводятся.

В тексте аннотации следует применять значимые слова из текста статьи. Аннотация НЕ разбивается на абзацы.

6. Ключевые слова (не более 9) должны способствовать индексированию статьи в поисковых системах.

7. На английском языке необходимо предоставить следующую информацию:

- заглавие статьи (должно быть грамотно с точки зрения английского языка, не должно содержать транслитераций с русского языка, кроме непереводимых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия);
- инициалы и фамилии авторов;
- официальное англоязычное название учреждения (см. на сайте организации), с указанием почтового адреса, e-mail автора, с которым следует вести переписку;
- текст аннотации (англоязычная версия аннотации должна по смыслу и структуре полностью соответствовать русскоязычной и быть грамотной с точки зрения английского языка);
- ключевые слова (Keywords);
- список литературы (References) приводится полностью отдельным блоком в конце статьи, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью

повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите (см. Рекомендации по подготовке списка литературы в латинице).

8. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

«**Введение**» – часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследования. Ссылки на цитированную литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследования.

«Объект и методы исследования»:

■ для описания экспериментальных работ – часть, которая содержит сведения об объекте исследования, последовательности операций при постановке эксперимента, использованных приборах и реактивах. При упоминании приборов и оборудования указывается название фирмы на языке оригинала и страны (в скобках). Если метод малоизвестен или значительно модифицирован, кроме ссылки на соответствующую публикацию, дают его краткое описание;

■ для описания теоретических исследований – часть, в которой поставлены задачи, указываются сделанные допущения и приближения, приводится вывод и решение основных уравнений. Раздел не следует перегружать промежуточными выкладками и описанием общезвестных методов (например, методов численного решения уравнений, если они не содержат элемента новизны, внесенного авторами);

«**Результаты и их обсуждение**» – часть, содержащая краткое описание полученных экспериментальных данных. Изложение результатов должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. Обсуждение не должно повторять результаты исследования. В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

Текст статьи должен быть набран стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 10, межстрочный интервал – одинарный, поля – 2 см. Текст набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул Equation (MathType) или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские – курсивом (*Italic*), русские и греческие – прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9-м кеглем, математические – 10-м. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.jpg или *.bmp. Подрисуночная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Таблицы, графики и диаграммы не должны превышать по ширине 8 см. Допускаются смысловые выделения полужирным шрифтом.

9. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте. В тексте статьи дается порядковый номер источника из списка цитируемой литературы в квадратных скобках. Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Не рекомендуется использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет.

В список литературы не включаются неопубликованные работы, учебники, учебные пособия и тезисы материалов конференций.

Обязательно в список литературы включать зарубежные источники.

Рукопись следует тщательно выверить и подписать всем авторам на первой странице основного текста. В случае несоответствия оформления статьи предъявляемым требованиям статья не публикуется. Статьи подлежат общему редактированию.

В редакцию представляются:

1) электронная версия статьи в программе MS Word 2003. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов;

2) распечатанный экземпляр статьи, строго соответствующий электронной версии. В случае обнаружения расхождений редакция ориентируется на электронный вариант рукописи статей;

3) сведения об авторах (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, электронная почта. Звездочкой указывается автор, с которым вести переписку. Файл следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП_Анкета.doc;

4) гарантинное письмо на имя главного редактора журнала на бланке направляющей организации с указанием даты регистрации и исходящего номера, с заключением об актуальности работы и рекомендациями к опубликованию, с подписью руководителя учреждения;

5) рецензия на статью, оформленная согласно образцу, от внешнего рецензента. Подпись внешнего рецензента заверяется соответствующей кадровой структурой.

I ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 663.11

Подбор параметров стабилизации (замораживание и сушка) симбиотического консорциума с целью получения закваски прямого внесения

В.Ю. Крумликов¹*, Л.А. Остроумов¹, О.А. Иванов², О.В. Кригер¹

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

² ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

*e-mail: v_krumlikov@mail.ru

Аннотация. Важной составляющей производства заквасок ... (продолжение аннотации, объем от 200 до 250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами).

Ключевые слова. Сублимационная сушка, (ключевые слова – не более 9)

Choice of stabilization parameters (freezing and drying) of symbiotic consortium to obtain a starter of direct inoculation

V.Yu. Krumlikov¹*, L.A. Ostroumov¹, O.A. Ivanov², O.V. Kriger¹

¹Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

²Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650043, Russia

*e-mail: v_krumlikov@mail.ru

Abstract. An important component in the production of starters

Keywords. Freeze drying, lyophilisation,

Введение

Важной задачей при производстве бактериальных препаратов.....

.....

Целью работы является

Объекты и методы исследования

Для подготовки объекта сушки

.....
.....
.....

Результаты и их обсуждение

Микроорганизмы, подвергаемые консервации методом сублимационной сушки.....

.....

.....

$$\dots h = h_0 \cdot \left(1 - \frac{l \cdot \operatorname{tg} \theta}{2 \cdot h_0} \right), \quad (1)$$

где l – ширина лопасти ротора.

.....

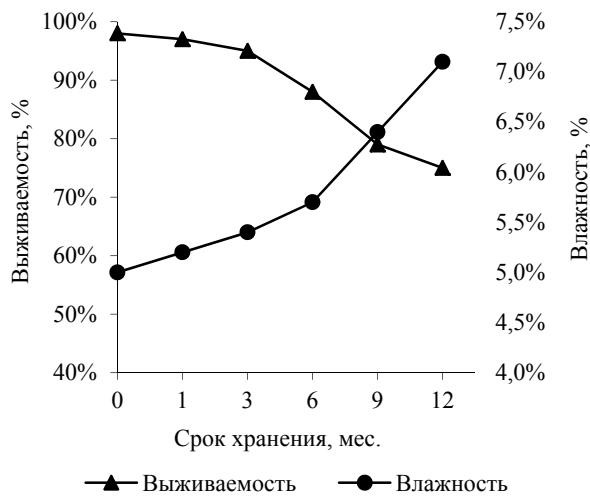


Рис. 1. Результаты анализа выживаемости бактериальных клеток закваски прямого внесения в процессе хранения

Таблица 1

Физико-химические показатели лиофилизированной закваски прямого внесения в течение всего срока хранения

Наименование показателя	Значение				
	0 мес.	3 мес.	6 мес.	9 мес.	12 мес.
Активность сквашивания, ч	12	12	12	10	9
Предельное значение pH	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Массовая доля влаги, %	5,0	5,4	5,7	6,4	7,2
Количество бактерий на конец срока годности, КОЕ/г. 10^6	28,4	27,0	25,0	22,4	21,3

Таким образом, установлены параметры сублимационной сушки симбиотического консорциума микроорганизмов: температура замораживания минус 25 °C; температура нагрева 25 °C; продолжительность сушки 240 мин; толщина слоя сушки 3,0 мм.

Список литературы

- Харитонова, И. Изучение качественных характеристик концентратов лактобактерий в процессе криозамораживания и сублимационной сушки / И. Харитонова, А.Ю. Просеков, М.И. Шрамко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2015. – № 2(47). – С. 87–90.
- Бабич, О.О. Оптимизация лиофилизации L-фенилаланин-аммоний-лиазы / О.О. Бабич, А.Ю. Просеков // Биомедицинская химия. – 2013. – Т. 59. – № 6. – С. 682–692.
- Мотовилов, О.К. Научное обоснование технологий пищевой продукции с использованием гидромеханического диспергирования и оценка ее качества: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15 / Мотовилов Олег Константинович. – Кемерово, 2012. – 39 с.
- Широков, Е.П. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. Ч. 1: Картофель. Плоды, овощи / Е.П. Широков, В.И. Полегаев. – М.: Колос, 1999. – 254 с.
- ГОСТ 32951-2014. Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.
- Ivanets V. N. Intensification of bulk materialmixing in new designs of drum, vibratory andcentrifugal mixers / V.N. Ivanets, D. M. Borodulin, A. B. Shushpannikov, D. V. Sukhorukov // Foods and Raw Materials. – 2015, Vol.3, (No. 1). – P. 62–69. DOI 10.12737/11239.
- Wioletta Błaszczałk, Danuta Zielińska, Henryk Zieliński, Dorota Szawara-Nowak & Józef Fornal / Antioxidant Properties and Rutin Content of High Pressure-Treated Raw and Roasted Buckwheat Groats // Food Bioprocess Technol. (2013) 6:92–100. DOI: 10.1007/s11947-011-0669-5.

References

1. Kharitonova I., Prosekov A.Yu., and Shramko M.I. Izuchenie kachestvennykh kharakteristik kontsentratov laktobakteriy v protsesse kriozamorazhivaniya i sublimatsionnoy sushki [Investigation into quality features in lactobacilli concentrate through cryo-freezing and sublimation dryin]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta* [Newsletter of North-Caucasus State Technical University], 2015, no. 2(47), pp. 87–90.
2. Babich O.O. and Prosekov A.Yu. Optimizatsiya liofilizatsii L-fenilalanin-ammoniy-liazy [Optimization of lyophilization L-phenylalanine-ammonium-lyase]. *Biomeditsinskaya khimiya* [Biomedical chemistry], 2013, vol. 59, no. 6, pp. 682–692.
3. Motovilov O.K. *Nauchnoe oboznanie tekhnologiy pishchevoy produktsii s ispol'zovaniem gidromekha-nicheskogo dispergirovaniya i otsenka ee kachestva. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Scientific justification of food technologies with hydromechanical dispersing and assessment of its quality. Dr. eng. sci. diss.], Kemerovo, 2012, 39 p.
4. Shirokov E.P. and Polegaev V.I. *Khranenie i pererabotka produktsii rastenievodstva s osnovami standartizatsii i sertifikatsii. Chast' 1. Kartofel'. Plody, ovoshchi* [Storage and processing of crop production with basics of standardization and certification. Part 1. Potatoes. Fruits, vegetables]. Moscow: Kolos Publ., 1999. 254 p.
5. GOST 32951-2014. *Polufabrikaty myasnye i myasosoderzhashchie. Obshchie tekhnicheskie usloviya*. [State Standard 32951-2014. Semis, meat and meat-containing. General technical conditions]. Moscow: Standartinform Publ., 2015. 20 p.
6. Ivanets V.N., Borodulin D.M., Shushpannikov A.B., and Sukhorukov D.V. Intensification of bulk materialmixing in new designs of drum, vibratory andcentrifugal mixers. *Foods and Raw Materials*, 2015, vol. 3, no. 1, pp. 62–69. DOI: 10.12737/11239.
7. Błaszczał W., Zielińska D., Zieliński H., Szawara-Nowak D., and Fornal J. Antioxidant properties and rutin content of high pressure-treated raw and roasted buckwheat groats. *Food Bioprocess Technol.*, 2013, no. 6, pp. 92–100. DOI: 10.1007/s11947-011-0669-5.

Крумликов Владислав Юрьевич

аспирант кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, e-mail: v_krumlikov@mail.ru

Vladislav Yu. Krumlikov

Postgraduate Student of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, e-mail: v_krumlikov@mail.ru

Остроумов Лев Александрович

д-р техн. наук, профессор, профессор-консультант Научно-образовательного центра, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

Lev A. Ostroumov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor and Consultant of the Center of Research and Education, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

Иванов Олег Алексеевич

младший научный сотрудник лаборатории микробиологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Oleg A. Ivanov

Junior Researcher of the Laboratory of Microbiology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650043, Russia

Кригер Ольга Владимировна

канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры бионанотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-74, e-mail: olgakriger58@mail.ru

Olga V. Kriger

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Bionanotechnology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-74, e-mail: olgakriger58@mail.ru

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ
(FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)**

Ответственный за выпуск *А. И. Лосева*

Литературный редактор *A. B. Стародубцева*

Литературный редактор (англ. язык) *A. A. Телегуз*

Компьютерная верстка и оформление обложки *М. В. Горбунова*

Учредитель:

Кемеровский государственный университет

Адрес учредителя:

650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Красная, 6
Кемеровский государственный университет

Подписано в печать

Дата выхода в свет Формат 60×84^{1/8}.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Печать офсетная. Усл. п. л. 22,66. Уч.-изд. л. 42,27.

Тираж экз. Заказ № Цена свободная.

Адрес редакции:

650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Красная, 6

Адрес типографии:

650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, ул. Мичурина, 13а