

О.Г. Чижикова, Т.В. Тилиндис, А.О. Коршенко, Н.Н. Абдулаева

## РАЗРАБОТКА ПОРОШКОВОГО ПОЛУФАБРИКАТА ДЛЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Разработан порошок полуфабрикат для хлеба из пшеничной муки с недостаточной сахарообразующей способностью. В состав полуфабриката входят пшеничная мука высшего сорта, ячменный солод и инактивированные дрожжи. Проведен сравнительный анализ полуфабриката и пшеничной муки по количеству основных нутриентов. Исследовано влияние полуфабриката на качество и пищевую ценность хлеба.

Полуфабрикат порошок, дрожжи инактивированные, глутатион, качество, хлеб, сахарообразующая способность.

### Введение

Одной из главных задач, стоящих перед хлебопекарной промышленностью, является не только повышение качества хлебобулочных изделий, но и их пищевой ценности. Для решения данной проблемы представляет интерес применение продуктов, богатых натуральными биокорректорами. Одним из таких продуктов, богатых незаменимыми пищевыми веществами, являются хлебопекарные дрожжи. Представляет интерес использование дрожжей как нутрицевтика – источника ценных компонентов пищи: аминокислот, витаминов, минеральных веществ.

Хлебопекарные дрожжи представляют собой технические чистые культуры дрожжевых грибов-сахаромицетов семейства *Sacharomycetacea* рода *Sacharomyces* вида *cerevisiae*.

Хлебопекарные дрожжи отличаются высоким содержанием азотистых веществ. Содержание азота в сухих дрожжах составляет в среднем (% на сухое вещество) 7–9, из этого количества 18–20 % приходится на небелковый азот: пуриновые, пиримидиновые основания, глюкозамин и др.

Белковые вещества являются основными компонентами клетки. Содержание их в дрожжах достигает 40–60 % сухого вещества. Белок дрожжей характеризуется оптимальным соотношением незаменимых и заменимых аминокислот, их сбалансированностью, близкой к животному белку, за исключением содержания метионина.

Дрожжи отличаются от других пищевых продуктов наличием достаточного количества незаменимой аминокислоты лизина. Несмотря на сравнительно невысокое содержание метионина, белок дрожжей является высокоценным; кроме того, он хорошо переваривается и усваивается. Так, перевариваемость в организме человека хлебопекарных дрожжей составляет 70–90 %.

В больших количествах в хлебопекарных дрожжах содержится трипептид глутатион, содержащий в своем составе глицин, глутаминовую кислоту и цистеин с –SH-группой. В дрожжах глутатион находится как в окисленной, так и в восстановленной формах. Глутатион – биохимически важный активатор некоторых ферментов, природный антиоксидант, обладающий противораковыми свойствами.

В дрожжах установлено наличие аминокислоты

таурин – это амидоэтиленсульфоновая кислота ( $C_2H_7NSO_3$ ). Эта природная кислота участвует в синтезе многих аминокислот, входит в состав основного компонента желчи, который необходим для переваривания жиров, абсорбции жирорастворимых витаминов, а также для поддержания нормального уровня холестерина в крови, улучшения действия инсулина, участия в функционировании нервной системы, скелетных мышц и сетчатки глаз. Таурин управляет работой клеточных мембран, удерживая калий и магний внутри клеток.

В клетках дрожжей содержатся нуклеиновые кислоты (НК) (26,1 % к массе азотистых веществ) – рибонуклеиновая кислота (РНК) и дезоксирибонуклеиновая (ДНК), которые наряду с белками являются важнейшими биополимерами.

Минеральные вещества составляют от 5 до 15 % сухого вещества дрожжевой клетки и представлены сульфатами, фосфатами, карбонатами, хлоридами. Большая часть минеральных веществ приходится на фосфаты. Содержащийся в дрожжах хром играет важную роль в предотвращении заболеваний сахарным диабетом и в замедлении старения организма человека. Хлебопекарные дрожжи являются натуральным и оптимально сбалансированным источником хромсодержащего органического фактора устойчивости к глюкозе. Удачная для организма человека комбинация хрома, ниацина и аминокислот играет роль посредника в действии инсулина.

В хлебопекарных дрожжах обнаружен селен, который является одним из важнейших эссенциальных микроэлементов и антиоксидантом непрямого действия. Селен участвует в синтезе гормонов щитовидной железы, реализации репродуктивной функции, защите от токсического действия тяжелых металлов (свинца, ртути), оказывает радиопротекторное действие, купирует рост раковых опухолей.

Углеводы дрожжей представлены в основном полисахаридами: гликоген, трегалоза, маннан, глюкан и хитин. Общее содержание углеводов в хлебопекарных дрожжах достигает 30 %. Липиды дрожжей представляют собой нейтральные жиры, жирные кислоты, липоиды и стеролы. Обычно в дрожжах жира содержится около 2 %. В состав жира входят преимущественно пальмитиновая и стеариновая кислоты, фосфатиды, а также эргостерин, количество которого в некоторых дрожжах достигает 2 % от об-

щего содержания жира.

Дрожжи характеризуются оптимальным сочетанием содержания витаминов с белком и минеральными веществами. Дрожжи богаты витаминами группы В: В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, также они содержат витамины Н, РР, Е [1–8].

Цель работы – разработка хлебопекарного полуфабриката с повышенной биологической ценностью, предназначенного для производства хлеба из пшеничной муки высшего сорта с недостаточной сахарообразующей способностью.

### Объекты и методы исследований

Во время эксперимента проводили анализ основного и дополнительного сырья по показателям, которые требовались в ходе эксперимента. Все пробы муки пшеничной хлебопекарной анализировались на соответствие требованиям ГОСТ Р 52189 по органолептическим и физико-химическим показателям. Сахарообразующую способность муки определяли по количеству образовавшейся мальтозы в водно-мучной суспензии из 10 г муки и 50 см<sup>3</sup> в течение 1 часа амилолиза при температуре 27 °С.

При исследовании химического состава полуфабриката и муки определяли содержание азотистых веществ, углеводов (крахмала, декстринов, редуцирующих веществ), жира, золы и глутатиона. Массовую долю общего азота определяли методом Кьельдаля; крахмала – кислотным гидролизом по методу Пьючера [9]; декстринов – по методу М.П. Попова и Е.Ф. Шаненко [10], который заключается в измерении оптической плотности йодного раствора фильтрата исследуемого материала при разных длинах волн (660 и 530 нм).

Массовую долю редуцирующих сахаров определяли йодометрическим методом; жира – экстракционным методом с предварительным гидролизом навески; золы – по ГОСТ 27494. Содержание глутатиона устанавливали по методу, основанному на окислении глутатиона йодом [11]. Аминокислотный состав белка анализировали с помощью аминокислотного анализатора Biochrom 30 (Biochrom, England) на колонке Ultropac в литий-цитратной буферной системе с предварительным гидролизом навески образца.

Фракционный состав белков определяли по нижеприведенной методике.

Навеску сухого образца последовательно экстрагировали водой, 2%-ным раствором соли, 70%-ным этанолом и 0,2%-ным раствором едкого натра. Белок определяли в 0,1 см<sup>3</sup> надосадочной жидкости по методу Гринберга и пересчитывали содержание белка на общий объем экстракта.

Содержание минеральных веществ, в частности кальция и магния, определяли комплексонометрическим методом, железа – колориметрическим методом, селена – флуорометрическим методом.

При проведении исследований использовали расчетно-аналитический метод определения аминокислотной сбалансированности полуфабрикатов в сравнении с пшеничной мукой, применяя методологию, предложенную Н.Н. Липатовым [12]. При этом рассчитывали коэффициент рациональности аминокис-

лотного состава ( $R_c$ ), численно характеризующий сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к эталону.

Влияние полуфабриката на качество хлеба определяли по органолептическим показателям. Оценку органолептических показателей качества готовых изделий проводили в соответствии с ГОСТ 5667 и по 100-балльной системе.

### Результаты и их обсуждение

Авторы по специальной технологии разработали порошковый хлебопекарный полуфабрикат, в рецептуру которого входят: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, мука из ячменного солода и инактивированные хлебопекарные дрожжи в соотношении 70:5:25.

Для выработки полуфабриката дрожжи заваривали горячей водой для инактивации. Полученную массу охлаждали и использовали для замеса теста. В подготовленную смесь из муки пшеничной и муки из ячменного солода вносили охлажденную дрожжевую массу и замешивали жидкое тесто влажностью 65 %. Далее тесто оставляли на отлежку в течение 3 часов, затем тесто тонким слоем распределяли на противне, высушивали при температуре 120–130 °С и измельчали. Выработанный полуфабрикат представлял собой порошкообразный продукт желтого цвета с кремовым оттенком, с легким дрожжевым запахом и сладким вкусом.

Был проведен анализ химического состава полуфабриката (ПФ) и сделан сравнительный анализ с пшеничной мукой высшего сорта. Данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав порошкового полуфабриката и пшеничной муки высшего сорта

Образец	Вода, %	Массовая доля, % на сухое вещество					
		Белок	Крахмал	Декстрины	Сахара*	Жир	Зола
Мука	14	12,6	75,2	0,16	0,47	1,30	0,53
ПФ	8	25,3	8,0	47,6	10,2	2,94	2,42

\*Редуцирующие сахара.

Показано, что полуфабрикат отличается от муки пшеничной высшего сорта углеводным комплексом, содержанием белка и минеральных веществ. По сравнению с мукой в полуфабрикате более низкое содержание крахмала, значительно более высокое содержание декстринов (47,6 %), редуцирующих сахаров (10,2 %) и белка (25,3 %).

Был установлен фракционный и аминокислотный состав белков полуфабриката и проведен сравнительный анализ с пшеничной мукой высшего сорта, результаты которого приведены в табл. 2 и 3.

В полуфабрикате сумма водо- и солерастворимых белков составила 13,6 %, что в 3,9 раза больше, чем в пшеничной муке высшего сорта (3,5 %) (табл. 2).

Таблица 2

Фракционный состав белков полуфабриката и пшеничной муки высшего сорта, %

Фракции	Мука	ПФ
Водорастворимая	1,8	2,8
Солеорастворимая	1,7	10,8
Спирторастворимая	4,3	3,4
Щелочерастворимая	3,4	6,3

Как показали исследования, содержание незаменимых аминокислот в полуфабрикате составляет 9568 мг/100 г, что в 2,4 раза больше, чем в пшеничной муке (табл. 3).

Установлено повышенное содержание аминокислот лизина и треонина, которые являются дефицитными для белков пшеничной муки. Также из данных табл. 3 следует, что преобладающей незаменимой аминокислотой является лейцин.

Кроме того, в полуфабрикате установлено наличие аминокислоты таурин в количестве 550 мг на 100 г сухого полуфабриката.

Таблица 3

Содержание незаменимых аминокислот в полуфабрикате и пшеничной муке высшего сорта, мг на 100 г сухого вещества

Аминокислота	Мука	ПФ
Валин	548	1224
Изолейцин	499	1240
Лейцин	935	1723
Лизин	290	1327
Метионин + цистин	410	707
Треонин	361	1035
Триптофан	116	286
Фенилаланин + тирозин	870	2026
Σ НАК*	4029	9568

\*НАК – незаменимые аминокислоты.

Экспериментальным путем в готовом полуфабрикате было установлено содержание свободных аминокислот, которое составило 36,6 мг/100 г (в муке пшеничной высшего сорта – 18,6 мг/100 г).

Для количественной оценки биологической ценности и сбалансированности аминокислотного состава белка полуфабриката использовали коэффициент, равный доле незаменимых аминокислот, усвояемых организмом человека.

Характеристика аминокислотной сбалансированности полуфабриката и муки пшеничной высшего сорта приведена в табл. 4.

Таблица 4

Аминокислотная сбалансированность белков полуфабриката и пшеничной муки высшего сорта

Аминокислота	Содержание, мг/г белка		
	Эталон ФАО/ВОЗ	Мука	ПФ
Валин	50	45,7	52,1
Изолейцин	40	41,8	52,8
Лейцин	70	78,3	73,3
Лизин	55	<b>24,3*</b>	56,5
Метионин + цистин	35	34,3	<b>30,1*</b>
Треонин	40	30,2	44,0
Триптофан	10	9,7	12,2
Фенилаланин + тирозин	60	72,8	86,2
Σ НАК	360	337,1	407,2
C <sub>min</sub> , %	100	<b>44,2</b>	<b>86,0</b>
R <sub>c</sub> , ед.	1	<b>0,43</b>	<b>0,74</b>

\*Лимитирующая аминокислота; НАК – незаменимые аминокислоты; C<sub>min</sub> – скор лимитирующей аминокислоты; R<sub>c</sub> – коэффициент рациональности аминокислотного состава.

Анализируя данные по аминокислотной сбалансированности белков, можно сделать вывод, что полуфабрикат имеет высокую потенциальную биологическую ценность (R<sub>c</sub> = 0,74 ед.) по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта (R<sub>c</sub> = 0,43 ед.).

Содержание минеральных веществ в полуфабрикате составило 2,42 %, в муке пшеничной высшего сорта – 0,52 % (см. табл. 1). Экспериментально в разработанном полуфабрикате установлено высокое содержание кальция – 128 мг/100 г, магния – 47 мг/100 г, железа – 2939 мкг/100 г, селена – 6,2 мкг/100 г (в пшеничной муке высшего сорта – 5,0 мкг/100 г).

В порошковом дрожжевом полуфабрикате определяли содержание глутатиона, который не только влияет на физические свойства теста, но и обладает антиоксидантными, радиопротекторными и противораковыми свойствами. Суммарное содержание глутатиона в полуфабрикате составило 202,6 мг/100 г.

Для оценки функциональных свойств полуфабриката проводили пробные выпечки формового и подового хлеба из пшеничной муки высшего сорта с недостаточной сахарообразующей способностью (157 мг мальтозы на 10 г муки) с различной дозировкой полуфабриката.

Полуфабрикат вносили при замесе теста в сухом виде взамен пшеничной муки, контрольный образец вырабатывали без добавления полуфабриката.

Выпечка хлеба проводилась в производственных условиях хлебопекарного цеха на базе Инновационного технологического центра Дальневосточного федерального университета. Была установлена оптимальная дозировка полуфабриката, которая составила 5 % взамен пшеничной муки.

Пробные партии хлеба, вырабатываемые с добавлением 5 % полуфабриката, по органолептическим показателям характеризовались более высокими баллами (92,2–93,0) по сравнению с контрольными образцами (80,0–82,0). При этом улучшались основные

качественные показатели готовых изделий: состояние и окраска корки, цвет мякиша, вкус и запах.

Разработанный порошковый полуфабрикат, получивший название «ВИТЭМБ-Д», рекомендуется использовать для выработки хлеба из пшеничной муки высшего сорта со средней и низкой сахарорастворяющей способностью в количестве до 5 % с целью повышения качества и пищевой ценности изделий. Расчетным путем определено, что полуфабрикат имеет высокую потенциальную биологическую ценность, коэффициент рациональности аминокислотного состава белков составляет 0,74 ед. (табл. 5).

Коэффициент рациональности аминокислотного состава в выработанных образцах пшеничного хлеба превышает данный показатель контрольного образца и составляет 0,52 ед.

Согласно теории сбалансированного питания организм человека нуждается в определенном количестве пищевых веществ, в том числе незаменимых аминокислот и минеральных веществ. В связи с этим было рассчитано содержание незаменимых аминокислот в 450 г хлеба, выработанного с использованием 5 % полуфабриката, и в контрольном образце (без добавления ПФ). Данные приведены в табл. 6.

Таблица 5

Аминокислотная сбалансированность белков хлеба из пшеничной муки высшего сорта с добавлением 5 % полуфабриката

Аминокислота	Содержание, мг/г белка		
	Эталон ФАО/ВОЗ	Образец хлеба	
		контрольный	опытный
Валин	50	45,8	46,7
Изолейцин	40	41,9	43,6
Лейцин	70	78,3	77,5
Лизин	55	<b>24,9*</b>	<b>30,0*</b>
Метионин + цистин	35	34,4	33,6
Треонин	40	30,4	32,4
Триптофан	10	9,8	10,1
Фенилаланин + тирозин	60	73,1	74,9
Σ НАК	360	338,6	348,8
$C_{\min}$ , %	100	<b>45,0</b>	<b>54,5</b>
$R_c$ , ед.	1	<b>0,44</b>	<b>0,52</b>

\*Лимитирующая аминокислота; НАК – незаменимые аминокислоты;  $C_{\min}$  – скор лимитирующей аминокислоты;  $R_c$  – коэффициент рациональности аминокислотного состава.

Таблица 6

Степень удовлетворения суточной потребности в незаменимых аминокислотах при потреблении 450 г хлеба

Аминокислота	Суточная потребность, г	Образец хлеба			
		контрольный		опытный	
		Содержание, г	% от суточной нормы	Содержание, г	% от суточной нормы
Валин	4,0	1,40	35,0	1,53	38,3
Изолейцин	4,0	1,30	32,5	1,44	36,0
Лейцин	5,0	2,39	47,8	2,57	51,4
Лизин	4,0	0,80	20,0	1,00	25,0
Метионин + цистин	5,0	1,04	20,8	1,13	22,6
Треонин	3,0	0,95	31,6	1,08	36,0
Триптофан	1,0	0,31	31,0	0,33	33,3
Фенилаланин + тирозин	6,0	2,30	38,3	2,48	41,3

Из представленных в табл. 6 данных следует, что при потреблении 450 г хлеба с добавлением полуфабриката степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека по всем незаменимым аминокислотам значительно выше, чем хлеба, выработанного без его использования (контрольный образец).

Таким образом, результаты исследований позволяют сделать вывод о возможности использования разработанного порошкового полуфабриката, названного «ВИТЭМБ-Д», при производстве хлеба из пшеничной муки высшего сорта с целью повышения его качества и пищевой ценности.

#### Список литературы

1. Квасников, Е.И. Дрожжи. Биология. Пути использования / Е.И. Квасников, И.Ф. Щелокова. – Киев: Наукова думка, 1991. – 327 с.
2. Кудряшева, А.А. Использование пекарских дрожжей в лечебно-профилактическом питании / А.А. Кудряшева // Пища, вкус, аромат. – 2001. – № 2. – С. 2–3.

3. Кудряшева, А.А. Новое поколение пищевых продуктов с биологически активными добавками / А.А. Кудряшева, Л.В. Драчева, А.А. Бочарников, Т.В. Лушик // Пищевая промышленность. – 1995. – № 11. – С. 22–23.
4. Дрожжи: их значение для человека // Питание и общество. – 1993. – № 1. – С. 23–24.
5. Дубцов, Г.Г. Выработка хлебных изделий с добавкой, содержащей глутатион / Г.Г. Дубцов, М.П. Попов // Экология человека: проблемы и состояние лечебно-профилактического питания: материалы докладов III Международного симпозиума. – М., 1994. – С. 225–226.
6. Алешин, С. Орто-Таурин – суперзвезда для Вашего здоровья / С. Алешин // Ортомолекулярная медицина. – 2004. – № 1.
7. Тутельян, В.А. Селен в организме человека / В.А. Тутельян, В.А. Княжев, С.А. Хотимченко. – М.: Изд-во РАМН, 2002. – 224 с.
8. Чижикова, О.Г. Полуфабрикат повышенной биологической ценности для хлебобулочных изделий / О.Г. Чижикова, Л.О. Коршенко, Т.В. Тилиндис, Е.В. Бородинова // Хлебопродукты. – 2007. – № 7. – С. 51–52.
9. Практикум по биохимии. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. С. Северина, Г. Соловьевой. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 509 с.
10. Лабораторный практикум по общей технологии пищевых производств / А.А. Виноградова [и др.] / под ред. Л.П. Ковальской. – М.: Агропромиздат, 1991. – 335 с.
11. Химико-технологический контроль производства солода и пива / под ред. П.М. Мальцева. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 447 с.
12. Липатов, Н.Н. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности / Н.Н. Липатов, Н.А. Рогов // Известия вузов. Пищевая технология. – 1987. – № 2. – С. 9–15.

ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет»,  
690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, д. 8.  
Тел./факс: (423) 243-40-89  
e-mail: sem@biz.dvfu.ru

#### **SUMMARY**

**O.G. Chizhikova, T.V. Tilindis, L.O. Korshenko, N.N. Abdulaeva**

#### **THE DEVELOPMENT OF A POWDER SEMI-PROCESSED PRODUCT FOR BAKING PRODUCTION**

A powder semi-processed product has been developed for white bread with insufficient saccharifying power. The composition of the semi-processed product includes wheat flour of high quality, barley malt and inactivated yeast. The comparative analysis of a semi-processed product and wheat flour according to the number of the main nutrients has been made. The influence of a semi-processed product on the quality and nutritional value of bread has been studied.

Powder semi-processed product, inactivated yeast, glutathione, quality, bread, saccharifying power.

Far Eastern Federal University  
8, Sukhanova str., 690950, Vladivostok, Russian Federation  
Phone/Fax: (423) 243-40-89  
e-mail: sem@biz.dvfu.ru