

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-515-524>
УДК 664:637.344

Оригинальная статья
<http://fptt.ru>

Снижение контаминации воды для обеспечения качества и безопасности продукции пищевых предприятий

М. Иветич¹, А. К. Горелкина^{2,*} 



¹ Белградский университет,
11000, Сербия, г. Белград, Студенческая площадь, 1

² ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Дата поступления в редакцию: 07.08.2020
Дата принятия в печать: 25.09.2020

*e-mail: alengora@yandex.ru



© М. Иветич, А. К. Горелкина, 2020

Аннотация.

Введение. Среди опасных факторов, оказывающие влияние на качество продукции и приводящие к его снижению, можно выделить химический фактор, под которым подразумеваются вещества, попадающие в готовый продукт. Одним из источников таких веществ является вода, используемая в процессе производства. Вода системы хозяйственно-питьевого водоснабжения содержит различные контаминанты, обладающие токсичными и канцерогенными свойствами и влияющие на качественные характеристики продукции.

Объекты и методы исследования. На различных этапах исследования объектами выступали приоритетные загрязнители воды системы хозяйственно питьевого водоснабжения, компоненты фруктово-сывороточных напитков, процесс адсорбционного извлечения исследуемых контаминантов сорбентами различной природы.

Результаты и их обсуждение. Рассмотрено влияние контаминации воды как опасного химического фактора на качество восстановленных сывороточных напитков. Показано влияние органических загрязнителей воды (хлороформа и трихлорэтилена) на рецептурные компоненты восстановленных молочных продуктов. Предложен способ снижения контаминации воды, в основу которого положены адсорбционные процессы извлечения органической составляющей из водной среды. Исследованы особенности, закономерности и механизм адсорбции, получены кинетические и динамические характеристики процесса, позволяющие предложить параметры адсорбционных колонн и режимы работы адсорбционного фильтра. Внедрение в технологический процесс получения фруктово-сывороточных напитков этапа адсорбционной доочистки отражено в производственной блок-схеме.

Выводы. Предложенный способ снижения контаминации воды в определенной степени сократит влияние опасного химического фактора и позволит повысить качество готовой продукции.

Ключевые слова. Питьевая вода, трихлорэтилен, хлороформ, дихлорэтан, адсорбционная доочистка, сывороточные напитки

Для цитирования: Иветич, М. Снижение контаминации воды для обеспечения качества и безопасности продукции пищевых предприятий / М. Иветич, А. К. Горелкина // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 3. – С. 515–524. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-515-524>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

Reducing Water Contamination to Ensure the Quality and Safety of Food Products

Marco Ivetich¹, Alena K. Gorelkina^{2,*} 

¹ Belgrade University,
1, Student Square, Belgrade, 11000, Serbia

² Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Received: August 07, 2020
Accepted: September 25, 2020

*e-mail: alengora@yandex.ru



© М. Ivetich, A.K. Gorelkina, 2020

Abstract.

Introduction. Chemical factor presupposes substances that enter the finished product and reduce its quality. Water used in production process can be a source of such substances. The domestic drinking water supply system may contain various contaminants that possess toxic and carcinogenic properties and can affect the quality characteristics of food products.

Study objects and methods. The research featured popular water pollutants found in the drinking water supply system, components of fruit and whey beverages, and the process of adsorption extraction of the contaminants by various sorbents.

Results and discussion. The paper focuses on the effect of water contamination as a dangerous chemical factor on the quality of restored whey products. The study revealed the effect of organic water pollutants on the formulation components of reduced fruit and whey beverages, including interaction with proteins, lactose, and vitamins of the reduced whey. The research also featured such components of fruit and whey vitamin beverages as anthocyanins, catechins, leucoanthocyanins, and karatine, as well as additives introduced to regulate the sensory properties and improve shelf life. The paper introduces a new method for reducing water contamination based on adsorption processes for extracting organic compounds from aqueous solutions. It describes the specifics, patterns, and mechanisms of adsorption. Activated carbons of SKD-515, AG-OV-1, and AG-3 brands proved to have the best adsorption capacity for both chloroform and trichloroethylene, which makes it possible to recommend them for further research and practical use. A study of the kinetic and dynamic characteristics of the process resulted in the optimal parameters of adsorption columns and operation modes of the adsorption filter. A production flowchart describes the introduction of the adsorption post-treatment stage in the technological process of producing fruit and whey beverages.

Conclusion. The proposed method of water decontamination partially reduced the chemical factor and improved the quality of the finished products.

Keywords. Drinking water, trichloroethylene, chloroform, adsorption post-treatment, whey drinks

For citation: Ivetich M, Gorelkina AK. Reducing Water Contamination to Ensure the Quality and Safety of Food Products. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(3):515–524. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-515-524>.

Введение

В основу пищевой безопасности молочных продуктов может быть взята модель управления качеством и безопасностью пищевой продукцией – система ХАССП (НАССР). Опасным фактором в системе ХАССП называют биологическое, химическое или физическое воздействие, которое может привести к снижению качества продукции.

К биологическим опасным факторам относят вредные бактерии, вирусы и паразиты. Опасности определяются сырьем. Кроме того, биологическое воздействие может быть связано с человеческим фактором, т. е. люди, участвующие в производственном процессе, заносят из внешней среды опасные микроорганизмы.

Химические опасные факторы – вещества, которые могут нанести вред непосредственно или через определенное время. Они могут образоваться в продукте естественным путем или могут быть внесены извне во время переработки.

К физическим опасным факторам относят различного рода инородные предметы в пищевых продуктах, которые могут оказать вредное воздействие на человеческий организм при их употреблении (бой стекла, металлическая стружка, пластик, дерево и т. д.). Такие предметы попадают в пищевые продукты из-за нарушений производственного процесса или из-за неправильной эксплуатации оборудования [1, 2].

Данная система реализуется с помощью различных подходов, что позволяет обеспечить устойчивую поставку безопасных продуктов. Применяемые схемы в рассматриваемой системе включают: средства разработки продуктов, надежно

обеспечивающие их безопасность (например, возможность своевременного проведения различных микробиологических исследований); регулярные производственные практики, мойка и дезинфекция производственного оборудования; своевременное повышение квалификации персонала, непосредственно принимающего участие в разработке рецептуры и производстве продукта; надежные системы качества для контроля безопасности производственных процессов [1].

Из приведенных в системе ХАССП категорий факторов, оказывающих влияние на безопасность и качество готового продукта, нами рассмотрен химический фактор. На рисунке 1 приведена условная схема направления действий опасных факторов (рис. 1).

Нами была изучена контаминация воды как сырья, составляющего до 80 % восстановленных молочных продуктов, на примере фруктово-сывороточных напитков. Рассмотрено как качество воды оказывает влияние на различные компоненты восстановленного продукта и возможность снижения уровня загрязнения за счет внедрения в технологическую схему системы доочистки путем встраивания адсорбционной установки.

Контаминация воды имеет различный характер и обусловлена как природными соединениями, так и попадающими в водный источник в результате деятельности человека (включая ксенобиотики органической природы). Несмотря на сложность процесса подготовки воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения, включающего различные этапы, на которых происходит значительное снижение уровня загрязнения, в отношении

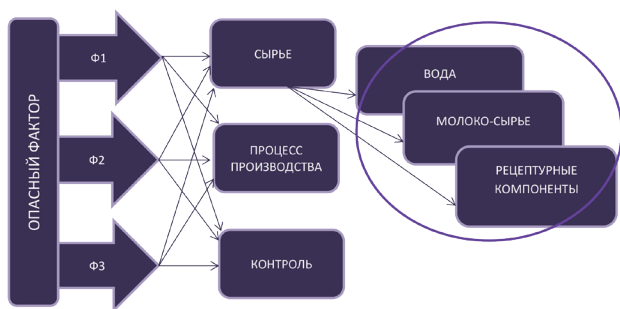


Рисунок 1. Условная схема действия опасных факторов на продукт

Figure 1. Conditional scheme of the effect of hazardous factors on the finished product

органических загрязнителей барьерные функции недостаточно эффективны. Также сам процесс водоподготовки на стадии обеззараживания служит источником образования дополнительных токсикантов [3].

Обеззараживание воды – процесс, предполагающий обеспечение микробиологического показателя в соответствии с СанПиН. Успех достигается при использовании различных окислителей, таких как хлор или озон. В обоих случаях высока вероятность контаминации очищаемой воды контаминантами, обладающими канцерогенными свойствами [4, 5]. Наиболее часто на водоподготовительных станциях в качестве обеззараживающего реагента используют хлорсодержащие соединения. Исследования воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения в различные периоды года показали, что при обработке природной воды хлорагентами образуются галогенсодержащие органические соединения [6]. Независимо от источника водоснабжения, вида дезинфектанта, технологической схемы водоподготовки и применяемого оборудования, основное количество галогенсодержащих органических соединений образуется после первичного хлорирования воды. Качественный состав зарегистрированных галогенорганических соединений (хлороформ, трихлорэтилен, в некоторых пробах дихлорэтан) оставался неизменным на всех ступенях очистки, независимо от применяемой технологии [7]. Независимо от сезона года, содержания минеральных и органических веществ в воде поверхностного источника, концентрация галогенорганических соединений в воде системы хозяйственно-питьевого водоснабжения ниже (в среднем на 25 %) при применении на стадии обеззараживания гипохлорита натрия. При этом в течение 3 месяцев в году (июнь–август) концентрация хлороформа и трихлорэтлена превышает нормируемые значения ПДК этих веществ в питьевой воде (СанПиН 2.1.4.1074-01).

Даже незначительное превышение предельно допустимых концентраций органических контаминантов в воде оказывает отрицательное воздействие на человеческий организм (токсическое, аллергенное, мутагенное и канцерогенное). Применение в пищевой промышленности воды, концентрация загрязнителей в которой немного превышает ПДК, может привести к снижению качества готовой продукции и оказать отрицательное воздействие на ее безопасность. Влияние контаминации воды прослеживается на различных показателях восстановленных продуктов. Это связано со значительными объемами, необходимыми на восстановление сухого сырья.

В молочной промышленности использование сухого молочного сырья актуально, т. к. является одним из решений проблемы обеспечения предприятий молочной отрасли полноценным сырьём равномерно на протяжении года. Восстановленные и рекомбинированные молочные продукты позволяют обеспечивать население в течение года важнейшим компонентом здорового питания.

На примере восстановленных сывороточных напитков можно проследить влияние контаминации воды на нутриенты молокасырья и другие компоненты напитков.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» на базе кафедры техносферной безопасности. В качестве объектов исследования были выбраны восстановленные фруктово-сывороточные напитки, их отдельные рецептурные компоненты, в том числе вода системы хозяйственно-питьевого водоснабжения и присутствующие в ней органические контаминанты. В технологию производства напитков, содержащих плодово-ягодную основу, включены следующие этапы: приемка сырья и различные манипуляции, направленные на подготовку, растворение (собственно процесс восстановления) и охлаждение сыворотки, внесение сахара в виде сиропа. Лимонная кислота и пищевые добавки, в том числе вкусо-формирующие концентраты, вводятся в растворенном состоянии. Далее следуют пастеризация и охлаждение смеси, розлив, упаковка, маркировка [8, 9].

Подготовка сухого молочного сырья, в качестве которого использовалась сухая сыворотка молочная деминерализованная (ГОСТ 56833-2015), заключается в следующем: просеивание сухого молочного продукта; растворение (в небольшом количестве воды 1:10) при температуре 38–41 °С, фильтрование; введение необходимого по рецептуре количества воды при перемешивании; охлаждение ($t = 5–8\text{ °C}$); выдержка 3–4 часа [8].

Получение сахарного сиропа: сахар-песок пропускают через сита, смешивают с питьевой водой

($C_{12}H_{22}O_{11}$ до 80 % концентрации). Требуемое по рецептуре количество сахарного песка доводят водой в соотношении 4:1 (сахарин:вода), кипятят в течение 3–5 мин, фильтруют, охлаждают и вносят в молочную составляющую продукта. Пищевая лимонная кислота вводится в виде водного раствора (массовая доля $C_6H_8O_7$, 50 %) [10].

Получение плодово-ягодного наполнителя (в соответствии с рецептурной композицией): плодово-ягодные концентраты (содержание сухих веществ до 70 % в соответствии с ГОСТ Р 54682-2011) нормализуют питьевой водой до содержания сухих веществ 10–12 %.

Определение физико-химических показателей (содержание белков, лактозы, витаминов, красящих БАВ, сахарозы, лимонной кислоты) фруктово-сывороточных напитков проводили по стандартным методикам с использованием рефрактометрического и фотоколориметрического методов анализа, метода капиллярного электрофореза на российском приборе Капель-105М (Люмекс, Санкт-Петербург) [8, 10].

Один из объектов исследования в данной работе – вода. Ее используют в качестве растворителя в процессе восстановления сухого молочного сырья и приготовления растворов не молочных рецептурных компонентов фруктово-сывороточных напитков с различным содержанием загрязнителей, присутствующих в воде системы хозяйственно-питьевого водоснабжения (трихлорэтилен, хлороформ, дихлорэтан). Содержание загрязнителей определяли методом газо-жидкостной хроматографии.

Извлечение исследуемых загрязнителей осуществляли адсорбционным методом на активных углях отличающихся природой сырья, технологией получения и физико-химическими характеристиками, среди которых следующие марки 1 – СКД-515, 2 – КАУ, 3 – БАУ, 4 – АГ-3 [5, 11].

Результаты и их обсуждение

На различных этапах производства восстановленных сывороточных напитков отмечается использование воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения. Исследования возможности взаимодействия загрязнителей присутствующих в воде, позволили отметить следующее:

– все изученные органические загрязнители воды, кроме хлороформа (ХФ), взаимодействуют с белками и лактозой сыворотки. В присутствии трихлорэтилена и дихлорэтана содержание лактозы снижается на 30 %, содержание белков – на 10 %;

– снижение витаминов в восстановленной сыворотке при использовании воды с трихлорэтиленом и дихлорэтаном по отношению к контрольному образцу (растворитель – вода системы хозяйственно-питьевого водоснабжения) в плодово-ягодных наполнителях. А именно значительное снижение

количественного содержания B_2 (рибофлавина) и B_4 (холина) от их исходного содержания. Это указывает на снижение пищевой ценности плодово-ягодного сырья при использовании в технологии производства воды с приоритетными загрязнителями. Активное снижение аскорбиновой кислоты, витаминов B_2 и B_1 отмечено в присутствии трихлорэтилена (ТХЭ), витамина B_4 – в присутствии дихлорэтана (ДХЭ);

– снижение содержания красящих БАВ (антоцианы, катехины, лейкоантоцианы, каратин);

– снижение содержания сахарозы в присутствии трихлорэтилена и дихлорэтана в водных растворах до 10–12 % (период наблюдения – 5 суток);

– содержание $C_6H_8O_7$ снижается в присутствии всех органических загрязнителей, кроме ХФ за исследуемый период (5 суток) на 30–35 %.

Обеспечение высоких качественных показателей и безопасности восстановленного молочного продукта средством снижения контаминации воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения, применяемой на технологические нужды, возможно с помощью доочистки воды с использованием адсорбционных методов [12, 13].

Получение основных критериев сорбционного процесса, позволяющих на их базе разработать адсорбционную технологию доочистки воды от приоритетных загрязнителей, осуществлялось по следующему алгоритму (рис. 2).

Дальнейшие исследования проводились в соответствии с представленным алгоритмом для приоритетных загрязнителей, периодически присутствующих в воде системы хозяйственно-питьевого водоснабжения (хлороформ и трихлорэтилен).

Изучение равновесия адсорбции трихлорэтилена и хлороформа из индивидуальных водных растворов проводили с использованием различных сорбентов 1 – СКД-515, 2 – КАУ, 3 – БАУ, 4 – АГ-3.

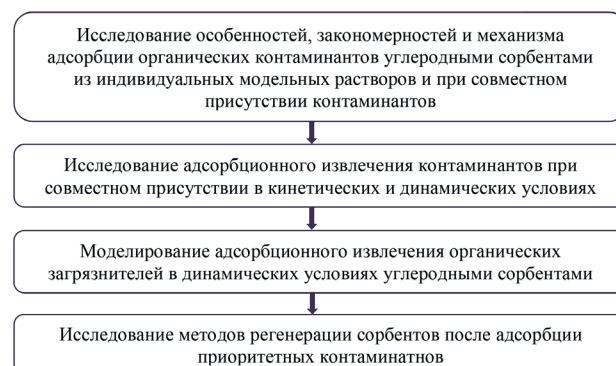


Рисунок 2. Алгоритм получения основных критериев адсорбционного процесса

Figure 2. Algorithm for obtaining the main criteria of adsorption process

Таблица 1. Адсорбция загрязнителей из индивидуальных водных растворов в равновесных условиях

Table 1. Adsorption of contaminants from individual aqueous solutions under equilibrium conditions

Контаминант	Механизм, закономерности, особенности сорбции	Изотермы адсорбции на АУ: 1 – СКД-515, 2 – КАУ, 3 – БАУ, 4 – АГ-3
Трихлорэтилен (ТХЭ)	Адсорбция ТХЭ протекает в мезопорах и является результатом действия нескольких факторов: <ul style="list-style-type: none"> – неспецифического взаимодействия с доступным графеновым слоем и отталкивания между атомами хлора ТХЭ; полярными кислородсодержащими функциональными группами (КФГ) углеродной поверхности. Электростатическое отталкивание от КФГ и адсорбированных молекул воды также мешает проникать молекулам ТХЭ в доступные по размеру; – химического взаимодействия ТХЭ и продуктов его окисления с поверхностью АУ. ТХЭ способен вступать в реакции присоединения с полиароматическими системами и сложными эфирами. 	
Хлороформ (ХФ)	ХФ адсорбируется в доступных по размеру порах с радиусом около 0,60 нм. Это сопровождается полным вытеснением воды. Взаимодействие ХФ с поверхностью имеет физическую природу и обусловлено Ван-дер-Ваальсовыми силами. Единственным механизмом адсорбции хлороформа является дисперсионное взаимодействие. ХФ, не имеющий групп, способных взаимодействовать с функциональными группами на поверхности АУ, адсорбируется только в порах. При этом соблюдается четкая зависимость адсорбции ХФ от структуры АУ.	

Изотермы адсорбции – критериальный показатель, определяющий зависимость активности сорбента от содержания адсорбтива в водной среде в равновесных условиях. Экспериментально полученные изотермы адсорбции трихлорэтилена и хлороформа из водных растворов для всех изучаемых марок углеродных сорбентов представлены в таблице 1. На основании проведенных исследований адсорбционного процесса для индивидуальных водных растворов ХФ и ТХЭ установлены механизм, закономерности и особенности адсорбции, приведенные в таблице 1. Отмечено, что лучшей адсорбционной способностью как к хлороформу, так и к трихлорэтилену, обладают активные угли (АУ) марки СКД-515, АГ-ОВ-1 и АГ-3, что позволяет рекомендовать их для дальнейшего исследования и практического использования [14, 15].

Полученные результаты исследования адсорбции в равновесных условиях при различных исходных концентрациях (ХФ и ТХЭ) и соотношении компонентов 70:1 (усредненное годовое соотношение) позволили установить следующее:

- изотермы адсорбции хлороформа описываются изотермой типа L (по классификации Гильса) и свидетельствует о том, что хлороформ адсорбируется за счет дисперсионного взаимодействия (имеет физическую природу), протекает в доступных

по размеру порам с радиусом около 0,60 нм (линейный размер молекулы хлороформа 0,64 нм) и сопровождается практически полным вытеснением воды из пор сорбента;

- изотермы адсорбции трихлорэтилена зависят от соотношения компонентов при извлечении из индивидуальных растворов и при соотношении компонентов (хлороформ и трихлорэтилен 20 к 1). Изотерма адсорбции ТХЭ имеет вогнутую форму (S тип по классификации Гильса), но при увеличении в смеси хлороформа (соотношение 70:1) и дальнейшем уменьшении концентрации компонентов в смеси адсорбция трихлорэтилена описывается изотермой типа L. В этом случае хлороформ блокирует поверхность активного угля и снижает эффект отталкивания ТХЭ, повышая доступ трихлорэтилена в микропоры. Также происходит растворение трихлорэтилена в хлороформе, что приводит к изменению формы изотермы адсорбции трихлорэтилена.

Механизм адсорбции компонентов смеси из водных растворов АУ в кинетических условиях имеет смешанно-диффузионный характер [12]. Установлено, что внешнедиффузионный массоперенос является лимитирующей стадией адсорбционного процесса для исследуемой системы (АУ – вода – ХФ – ТХЭ).

Таблица 2. Коэффициенты внешнего массопереноса в системе АУ – вода – ХФ – ТХЭ

Table 2. Coefficients of external mass transfer in the system of activated carbons – water – chloroform – trichlorethylene

Марка сорбента	АГ-3	СКД-515	АГ-ОВ-1
ХФ	0,092	0,318	0,186
ТХЭ	0,022	0,0325	0,0232

На основании полученных данных по кинетике адсорбции компонентов смеси определили коэффициенты внешнего массопереноса (табл. 2), полученные значения которого необходимы для дальнейших расчетов динамики адсорбции.

Динамика адсорбции смеси ХФ и ТХЭ исследовалась при соотношении компонентов соответствующего реальному. Полученные данные показали, что на выходе из колонны первым регистрируется хлороформ в проскоковой концентрации. Это дает основание для динамики процесса сорбции доминирующего компонента в смеси – ХФ.

Важно отметить, что экспериментальное изучение адсорбции в динамических условиях предусматривает систематический подбор ряда параметров: марка АУ, длина неподвижного слоя сорбента в колонне, скорость потока очищаемой воды через колонну и других, а также получение динамических выходных кривых, зависящих от одной переменной, значение которой изменяется в определенном интервале, например, скорости потока раствора. При фиксированных значениях параметров экспериментальное исследование динамики является длительным и трудоемким процессом [12].

Сократить время исследования и подобрать оптимальные режимы колонны позволяет моделирование процесса, опираясь на математические расчеты и используя уравнение внешне-диффузионной динамики адсорбции.

Выбор математической модели основан на совпадении выходных кривых полученных экспериментально и рассчитанных по фундаментальным уравнениям внешнедиффузионной динамики адсорбции. Теоретическая кривая, рассчитанная по уравнению внешнедиффузионной динамики адсорбции, в случае линейной изотермы с высокой степенью корреляции описывает экспериментальную кривую. Это позволяет сделать вывод об адекватности выбранной математической модели с учетом принятых допущений и применимости ее для оптимизации параметров адсорбционного фильтра и режимов очистки [9].

Возможность моделировать процесс адсорбции сократила временные затраты и позволила рассчитать ряд динамических характеристик, среди которых длина рабочего слоя, длина неиспользованного слоя, коэффициент защитного действия,

продолжительность работы колонны и количество очищаемой воды при различных комбинациях параметров колонны и режимов очистки.

Полученные характеристик и динамики адсорбционного процесса (в том числе от продолжительности работы неподвижно слоя сорбента до проскока и количество очищаемой воды) стали основанием при выборе параметров адсорбционных колонн и режима работы адсорбционного фильтра при учете отраслевого водопотребления. Полученная база данных легла в основу адсорбционной доочистки воды.

Внедрение предложенной адсорбционной доочистки воды в технологический процесс производства фруктово-сывороточных напитков отражено в блок-схеме, представленной на рисунке 3. По данной блок-схеме возможна выработка различных восстановленных напитков на основе молочной сыворотки в зависимости от последовательности выполняемых операций [16, 17].

Б1 (блок 1). Подготовка сырья включает различные операции: восстановление сухого молока сырьем, получение сахарного сиропа, вкусоформирующей основы с использованием плодово-ягодных концентратов, красители, лимонной и аскорбиновой кислоты и др., т. е. данный блок предусматривает основное потребление воды входящей в состав готового продукта [18]. Качество

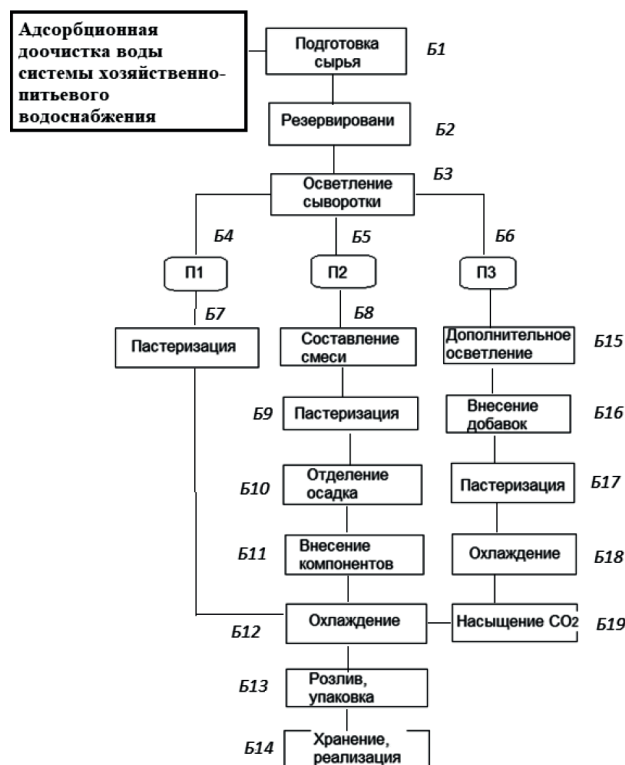


Рисунок 3. Блок-схема производства напитков на основе восстановленной молочной сыворотки

Figure 3. Flowchart of reconstituted whey beverage production

производимых напитков обеспечивается тщательным подбором и контролем всех используемых компонентов.

Б2 (блок 2). Восстановленная молочная сыворотка считается готовой, когда ее физико-химические свойства приближены к свойствам натуральной сыворотки [10]. Определение показателей качества молочного сырья позволяет оценить возможность резервирования. Длительность процесса резервирования не должна превышать 12 часов (t от 4 до 8 °С).

Б3 (блок 3). Данный блок предусматривает этап осветления, т. е. выделение сывороточных белков. Посредством отстаивания, фильтрации или с применением центробежных методов получается осветленная сыворотка.

Б4, Б5, Б6 (блок 4, 5, 6). Производственная ситуация.

Приведенная блок схема предполагает производство трех видов готового продукта. Первый (*П1*) – производство сыворотки питьевой без наполнителей (блок 7).

Б7 (блок 7). Безопасность сывороточных напитков обеспечивается пастеризацией при t от 74 до 85 °С, длительность от 15 до 20 с. Данный режим является необходимым и достаточным.

Б12 (блок 12). Охлаждение продукта до температуры 4 ± 2 °С.

Б13 (блок 13). Розлив, упаковка.

Б14 (блок 14). Хранение на предприятии.

Б5, Б6 (блок 5, 6). Производственная ситуация.

Производство напитков с натуральными плодово-ягодными наполнителями (*П2*) и производство ароматизированных напитков внесения искусственных добавок (купажа) (*П3*).

Б8 (блок 8 для *П2*). В молочную сыворотку вносят плодово-ягодные наполнители, сахар и другие немолочные компоненты, включенные в рецептуру напитка до тепловой обработки. Плодово-ягодные концентраты с содержанием сухих веществ до 70 % доводятся водой до массовой доли сухих веществ не более 12 %. Сахарный сироп вносят с 50 % концентрации.

Б9 (блок 9). Пастеризация проводится с целью обеспечения безопасности и повышения санитарно-гигиенического качества готового продукта [19]. Другие режимы пастеризации (длительные или при высоких температурах) могут снизить пищевую ценность готового продукта за счет снижения содержания витаминов и минеральных веществ натурального сырья.

Б10 (блок 10). Отделение осадка.

Б11 (блок 11). В напитки с плодово-ягодными наполнителями с длительными сроками хранения вносят консерванты (лимонную кислоту, сорбат калия, бензоат натрия).

Б15 (блок 15). Для ароматизированных напитков предусмотрен этап дополнительного осветления.

Б16 (блок 16). Внесение купажа: регулирование органолептических показателей напитка обеспечивается внесением необходимых вкусоароматических искусственных добавок, красителей и консервантов. Купаж – вкусоароматическая составляющая, которая включает предусмотренные рецептурой компоненты: сахарный сироп, лимонная кислота, искусственные ароматизаторы и красители. Получают купаж следующим образом: в сахарный сироп (50 % концентрации) добавляют $C_6H_8O_7$, пастеризуют при 95 °С, после охлаждения и фильтрации вносят ароматизаторы и красители. Готовый купаж вносят в осветленную сыворотку.

Б17 (блок 17). Безопасность и санитарно-гигиенические показатели качества готового напитка обеспечиваются пастеризацией при t от 78 до 80 °С без выдержки.

Б18 (блок 18). Операция охлаждения проводится в любых охладительных аппаратах до температуры 4 ± 2 °С.

Б19 (блок 19 для *П3*). Осветленные напитки рекомендовано выпускать слабо- и среднегазированными, производство газированных ароматизированных напитков включает операцию насыщения углекислым газом на сатураторе.

Б13 (блок 13). Фасуются напитки в полиэтиленовые бутылки вместимостью 0,2, 0,5 и 1,0 л. Также возможно использование асептической упаковки «Тетра-Пак» по 0,5 и 1,0 л.

Б14 (блок 14). Хранят в холодильных камерах при t от 4 до 6 °С. Сроки реализации зависят от производственных условий, вида напитка и тары и колеблются в пределах 14 суток [8, 9, 20].

Выводы

Снижение или полное исключение влияния органических контаминантов воды системы хозяйственно-питьевого водоснабжения на нутриенты сухого молока сырья и вводимые добавки при производстве восстановленных сывороточных напитков позволит внедрить в технологический процесс их производства адсорбционной доочистки, эффективность которой теоретически обоснована и экспериментально подтверждена на основании комплексных исследований адсорбции смеси контаминантов сорбентами различной природы, оптимизации параметров фильтров и режимов сорбционной очистки.

По результатам исследований разработана и утверждена техническая документация для производства продуктов на основе восстановленных молочных ингредиентов доочищенной питьевой водой: ТУ 10.51.55.-263-02068309-2018 «Фруктово-сывороточные напитки на основе восстановленной молочной сыворотки с использованием доочищенной воды (АУ АГ-ОВ-1, «Напиток – Банановый»)» и ТУ 10.51.55-270-02068309-2020 «Фруктово-

сывороточные напитки на основе восстановленной молочной сыворотки: «Ягодный микс»; «Банановый», «Цитрусовый», «Тархун», «Дыня», «Вишня – Черешня», «Облепиха»».

Адсорбционная доочистка может быть использована для усовершенствования технологии производства безопасной восстановленной молочной продукции.

Критерии авторства

Авторы в равной степени участвовали в подготовке и написании статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors bear equal responsibility for the content of the article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Тутельян, В. А. Безопасность пищевых продуктов – приоритет инновационного развития АПК и формирования у населения здорового типа питания / В. А. Тутельян, А. К. Батурин // Продовольственная независимость России. Т. 1 / А. В. Гордеев. – М. : Технология ЦД. – 2016. – С. 113–144.
2. Барышникова, Н. И. Разработка системы управления безопасностью на основе принципов ХАССП при производстве хлеба из пшеничной муки / Н. И. Барышникова, И. Ю. Резниченко, Е. С. Вайскрובה // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 47, № 4. – С. 115–122. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2017-4-115-122>.
3. Петросян, В. С. Обеспечение химической безопасности водопользования / В. С. Петросян, Е. А. Шувалова // Экология и промышленность России. – 2016. – Т. 20, № 4. – С. 40–45. DOI: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2016-4-40-45>.
4. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности / Ю. А. Рахманин, А. В. Мельцер, А. В. Киселев [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 4. – С. 302–305. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305>.
5. Краснова, Т. А. Обеззараживание воды в системе питьевого водоснабжения / Т. А. Краснова, Ю. Л. Сколубович. – Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. – 113 с.
6. Effect of priority drinking water contaminants on the quality indicators of beverages during their production and storage / Т. А. Krasnova, I. V. Timoshchuk, A. K. Gorelkina [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 230–241. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-230-241>.
7. Ахмадиев, Р. Я. Гигиенические проблемы, связанные с присутствием в питьевой воде галогенсодержащих соединений / Р. Я. Ахмадиев, М. М. Гимедеев // Казанский медицинский журнал. – 1992. – Т. 73, № 2. – С. 148–158.
8. Храмов, А. Г. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки / А. Г. Храмов, С. В. Василин. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 576 с.
9. Храмов, А. Г. Напитки из сыворотки с растительными компонентами / А. Г. Храмов, А. В. Брыкалов, Н. Ю. Пилипенко // Молочная промышленность. – 2012. – № 7. – С. 64–65.
10. Сарафанова, Л. А. Применение пищевых добавок в индустрии напитков / Л. А. Сарафанова. – СПб. : Профессия, 2007. – 240 с.
11. Краснова, Т. А. Влияние приоритетных загрязнителей питьевой воды на качество безалкогольных напитков и восстановленных молочных продуктов / Т. А. Краснова, И. В. Тимошук. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2013. – 142 с.
12. Адсорбция органических веществ из воды / А. М. Когановский, Н. А. Клименко, Т. М. Левченко [и др.]. – Ленинград : Химия, 1990. – 256 с.
13. Использование многокомпонентных адсорбционных фильтров в системах очистки воды и люминесцентный контроль содержания экотоксикантов / Е. И. Тихомирова, О. А. Плотникова, О. В. Атаманова [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 1. – С. 73–81. DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-1-073-081>.
14. Калюкова, Е. Н. Сорбционная способность некоторых природных материалов по отношению к катионам цинка / Е. Н. Калюкова, Н. Н. Иванская, В. А. Глушков // Вода: химия и экология. – 2019. – № 10–12. – С. 106–113.
15. Фоменко, А. И. Характеристики природного минерального сорбента для водоподготовки питьевой воды из подземных источников / А. И. Фоменко, Л. И. Соколов // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № 7. – С. 12–17. DOI: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-7-12-17>.
16. Гаврилов, Г. Б. Закономерности мембранного концентрирования сывороточных белков / Г. Б. Гаврилов, Б. Г. Гаврилов // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – Т. 12, № 1. – С. 26–29.
17. Повышение эффективности процесса ультрафильтрационного разделения молочной сыворотки предварительной очисткой растительными полисахаридами / С. П. Бабенышев, В. Е. Жидков, Д. С. Мамай [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 40, № 1. – С. 68–74.

18. Khramtsov, A. G. Traditions and innovations of dairy industry / A. G. Khramtsov // *Foods and Raw Materials*. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 140–141. DOI: <https://doi.org/10.12737/11247>.

19. Development of specialized food products for nutrition of sportsmen / N. Gavrilova, N. Chernopolskaya, M. Rebezov [et al.] // *Journal of Critical Reviews*. – 2020. – Vol. 7, № 4. – P. 233–236. DOI: <https://doi.org/10.31838/jcr.07.04.43>.

20. Современные подходы к хранению и эффективной переработке сельскохозяйственной продукции для получения высококачественных пищевых продуктов / А. Г. Галстян, Л. М. Аксёнова, А. Б. Лисицын [и др.] // *Вестник Российской академии наук*. – 2019. – Т. 89, № 5. – С. 539–542. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895539-542>.

References

1. Tutel'yan VA, Baturin AK. Bezopasnost' pishchevykh produktov – prioritet innovatsionnogo razvitiya APK i formirovaniya u naseleniya zdorovogo tipa pitaniya [Food safety as a priority of the innovative development of the agro-industrial complex and a healthy diet among the population]. In: Gordeev AV, editor. *Prodovol'stvennaya nezavisimost' Rossii*. T. 1 [Food independence of Russia. Vol. 1]. Moscow: Tekhnologiya TSD; 2016. pp. 113–144. (In Russ.).

2. Baryshnikova NI, Reznichenko IYu, Vayskrobova ES. Development of the safety management system based on hazard analysis and critical control points approach at wheat bread production. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017;47(4):115–122. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2017-4-115-122>.

3. Petrosyan VS, Shuvalova EA. Insurance of water use chemical safety. *Ecology and Industry of Russia*. 2016;20(4):40–45. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2016-4-40-45>.

4. Rakhmanin YuA, Meltser AV, Kiselev AV, Erastova NV. Hygienic substantiation of management decisions with the use of the integral assessment of drinking water on indices of chemical harmlessness and epidemiological safety. *Hygiene and Sanitation*. 2017;96(4):302–305. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305>.

5. Krasnova TA, Skolubovich YuL. Obezrazhivanie vody v sisteme pit'evogo vodosnabzheniya [Water decontamination in the drinking water supply system]. Novosibirsk: Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering; 2012. 113 p. (In Russ.).

6. Krasnova TA, Timoshchuk IV, Gorelkina AK, Belyaeva OV. Effect of priority drinking water contaminants on the quality indicators of beverages during their production and storage. *Foods and Raw Materials*. 2018;6(1):230–241. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-230-241>.

7. Akhmadiev RYa, Gimedeev MM. Gigienicheskie problemy, svyazannye s prisutstviem v pit'evoy vode galogensoderzhashchikh soedineniy [Hygiene problems associated with halogenated compounds in drinking water]. *Kazan Medical Journal*. 1992;73(2):148–158. (In Russ.).

8. Khramtsov AG, Vasilin SV. Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva. Tekhnologiya i retseptury. Produkty iz obezzhirennogo moloka, pakhty i molochnoy syvorotki [A technologist's guide to dairy production. Technology and formulations. Products made from skim milk, buttermilk, and whey]. St. Petersburg: GIORD; 2004. 576 p. (In Russ.).

9. Khramtsov AG, Brykalov AV, Pilipenko NYu. Whey drinks with vegetable components. *Dairy Industry*. 2012;(7):64–65. (In Russ.).

10. Sarafanova LA. *Primenenie pishchevykh dobavok v industrii napitkov* [Food additives in beverage industry]. St. Petersburg: Professiya; 2007. 240 p. (In Russ.).

11. Krasnova TA, Timoshchuk IV. Vliyanie prioritetnykh zagryazniteley pit'evoy vody na kachestvo bezalkogol'nykh napitkov i vosstanovlennykh molochnykh produktov [Effect of priority drinking water pollutants on the quality of soft drinks and reconstituted dairy products]. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2013. 142 p. (In Russ.).

12. Koganovskiy AM, Klimenko NA, Levchenko TM, Roda IG. Adsorbtsiya organicheskikh veshchestv iz vody [Adsorption of organic substances from water]. Leningrad: Khimiya; 1990. 256 p. (In Russ.).

13. Tikhomirova EI, Plotnikova OA, Atamanova OV, Istrashkina MV, Koshelev AV, Podolsky AL. The use of multicomponent adsorption filters in water purification systems and luminescent control of ecotoxicant content. *Theoretical and Applied Ecology*. 2019;(1):73–81 DOI: <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-1-073-081>.

14. Kaljukova EN, Ivanskaya NN, Glushkov VA. Sorption capacity of some natural materials in relation to zinc cations. *Water: chemistry and ecology*. 2019;(10–12):106–113. (In Russ.).

15. Fomenko AI, Sokolov LI. Characteristics of natural mineral sorbent for water treatment of drinking water from underground sources. *Ecology and Industry of Russia*. 2020;24(7):12–17. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-7-12-17>.

16. Gavrilov GB, Gavrilov BG. Laws membran concentration whey fibers. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2009;12(1):26–29. (In Russ.).

17. Babenyshev SP, Zhidkov VE, Mamay DS, Utkin VP, Shapakov NA. Improving the efficiency of whey ultrafiltration separation by pre-cleaning with plant polysaccharides. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2016;40(1):68–74. (In Russ.).

18. Khramtsov AG. Traditions and innovations of dairy industry. *Foods and Raw Materials*. 2015;3(1):140–141. DOI: <https://doi.org/10.12737/11247>.

19. Gavrilova N, Chernopolskaya N, Rebezov M, Schetinina E, Suyazova I, Safronov S, et al. Development of specialized food products for nutrition of sportsmen. *Journal of Critical Reviews*. 2020;7(4):233–236. DOI: <https://doi.org/10.31838/jcr.07.04.43>.


20. Galstyan AG, Aksyonova LM, Lisitsyn AB, Oganesyants LA, Petrov AN. Modern approaches to storage and effective processing of agricultural products for obtaining high-quality food products. *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*. 2019;89(5):539–542. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895539-542>.

Сведения об авторах

Иветич Марко

д-р наук, профессор кафедры гидрологии и гидравлики, Белградский университет, 11000, Сербия, г. Белград, Студенческая площадь, 1, тел.: +7 (3842) 39-68-30, e-mail: ecolog1528@yandex.ru

Горелкина Алена Константиновна


канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры техносферной безопасности, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-30, e-mail: alengora@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3782-2521>

Information about the authors

Marco Ivetich

Dr.Sci., Professor of the Department of Hydrology and Hydraulics, Belgrade University, 1, Student Square, Belgrade, 11000, Serbia, phone: +7 (3842) 39-68-30, e-mail: ecolog1528@yandex.ru

Alena K. Gorelkina

Cand.Sci.(Chem.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-30, e-mail: alengora@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3782-2521>