

УДК 577.114.083

[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3\(57\)-47-54](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2022-15-3(57)-47-54)

Поступила в редакцию 21.06.2022

Received 21.06.2022

З. В. Ловкис¹, М. М. Трусова¹, О. В. Павлова²

¹*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

²*Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно, Республика Беларусь*

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПИВА ПРИ КОЛЛОИДНЫХ ПОМУТНЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ХИТОЗАНА

Аннотация. Во введении описана основная причина опалесценции и коллоидной мути, дефектов внешнего вида готового пива. Дается краткая характеристика и механизм сорбции хитозана. Целью исследования является разработка сорбента на основе хитозана для эффективной стабилизации пива, предотвращения коллоидного помутнения и увеличения сроков годности готового продукта. Предметом исследования являлась сорбционная способность хитозана по отношению к белкам и полифенолам пива. В качестве объектов исследования выступали образцы пива светлого и темного, взятые с этапа технологического процесса до фильтрации. В качестве методов в исследовании использовался метод Еруманиса для определения концентрации полифенолов до и после сорбции. Определение стойкости пива к охлаждению проводили с помощью теста «предел осаждения белка сульфатом аммония» (тест SASPL). Данные полученные в ходе эксперимента были подвергнуты простому математическому и статистическому анализу. В основной части статьи представлены результаты исследования о возможности использования хитозана для стабилизации пива при коллоидных помутнениях. Изучены сорбционные способности хитозана и комбинированного сорбента по отношению к полифенолам и белкамна образцах пива светлого и темного, а также была выявлена оптимальная экспозиция для сорбции.

Ключевые слова: пиво, полифенолы, белки, хитозан, комбинированный сорбент, сорбция.

Z. V. Lovkis¹, M. M. Trusova¹, O. V. Pavlova²

¹*RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*

²*Institution of Education “Grodno State University named after Yanka Kupala”, Grodno, Republic of Belarus*

STABILIZATION OF BEER UNDER COLLOID HAZES USING THE SORPTION POTENTIAL OF CHITOSAN

Abstract. The introduction describes the mechanism of formation of colloidal turbidity and defects in the appearance of the finished beer. The sorption mechanism inherent in chitosan is described. The aim of the study is to develop a sorbent based on chitosan to effectively stabilize beer, prevent colloidal haze and increase the shelf life of the finished product. The subject of the study was the sorption capacity of chitosan with respect to beer proteins and polyphenols. The objects of study are samples of light and dark beer. Research methods: Erumanis method for determining the concentration of polyphenols, test “limit of precipitation of protein by ammonium sulfate”. The data obtained during the experiment were subjected to simple mathematical and statistical analysis. The article presents the results of a study on the possibility of using chitosan to stabilize beer with colloidal haze. The sorption abilities of chitosan and the combined sorbent with respect to polyphenols and proteins were studied on light and dark beer samples, and the optimal exposure for sorption was also identified.

Key words: beer, polyphenols, proteins, chitosan, combined sorbent, sorption.

Введение. Производство пива в Республике Беларусь в настоящее время осуществляет 8 специализированных организаций различных форм собственности. Для обеспечения преи-

мущества своей продукции, на рынке конкурирующие предприятия уделяют особое внимание качеству готового продукта.

Важное влияние на качество готового пива оказывают полифенольные соединения и белки, поступающие в пиво из хмеля и суслу. Избыточное количество этих химических компонентов может приводить к образованию опалесценции и коллоидной мути, дефектам внешнего вида готового продукта [1–7].

Для удаления полифенолов и белков в пиве используют различные вспомогательные материалы, которые представляют собой сорбенты, однако наиболее эффективные из них имеют высокую стоимость, а недорогие имеют недостаточные сорбционные способности [8]. Разработка дешевого, но при этом эффективного сорбента перспективное направление, требующее особого внимания со стороны отечественных ученых [9–15]. Исследования в данной области ведутся рядом авторитетных ученых СНГ и зарубежья, среди которых Гернет М.В., Ермолаева Г.А., Покровская Н.В., Меледина Т.В., Помозова В.А., Шилфарт Г. и др. [16].

Хитозан — линейный полисахарид, получаемый путем деацетилирования хитина. Он является мощным сорбентом природного происхождения. В отличие от используемых на данный момент в технологии пивоварения сорбентов и стабилизаторов хитозан обладает мультифункциональностью по отношению к различным компонентам мути [17]. Данная уникальная способность объясняется химическим строением хитозана. Наличие большого количества амино- и гидроксильных групп в составе хитозана в сочетании с высокой реакционной способностью создает широкие возможности для модифицирования его поверхности различными реагентами и придания ему соответствующих свойств [18].

Таким образом, хитозан является сорбентом с управляемыми свойствами, в связи с чем его применение в технологии напитков безгранично. Ионообменные качества хитозана, возможность электростатических взаимодействий с компонентами напитка, проявление комплексообразующих свойств будут широко востребованы производителями напитков при разработке соответствующих технологий [19, 20].

Согласно требованиям ФАО/ВОЗ, в пищевой продукции не допускается или строго ограничивается наличие патулина, охратоксина А, гистимина и пр., поэтому применение хитозана или его модифицированных форм позволит обеспечить безопасность отечественных напитков [21–24].

В отличие от большинства полисахаридов пива и других продуктов брожения, например крахмала, декстринов, хитозан обладает мощным положительным зарядом, который позволяет ему связываться с отрицательно заряженными поверхностями, в том числе полифенольными веществами, полисахаридами, жирами и клетками микроорганизмов, что особенно важно для дальнейшего развития технологии бродильных производств, в том числе пивоварения [25–27].

Некоторые исследования указывают, что заряд хитозана также помогает ему связывать в прочные комплексы бактериальные и дрожжевые клетки, а также противоионы, к числу которых относятся анионы минеральных кислот, в том числе фосфаты, сульфаты, сульфиты и т.п. [28–30].

Суммируя все выше изложенное, исследование эффективности применения хитозана как стабилизатора пива при коллоидных помутнениях пива является актуальным и перспективным.

В качестве объектов исследования выступали образцы пива светлого и темного, взятые с этапа технологического процесса до фильтрации.

Предмет исследования — процесс сорбции белков и полифенолов пива.

Цель исследования — разработать сорбент на основе хитозана для эффективной стабилизации пива, предотвращения коллоидного помутнения и увеличения сроков годности готового продукта.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось на образцах пива светлого и темного. Рецептурные составы представлены в табл. 1 и 2.

Изготовление опытных образцов пива производилось на микропивоварне «Orion-100», расположенной на опытно-технологическом участке РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в г. Марьина Горка (рис. 1).

Технологический процесс изготовления пива.

Дробление солода проводили на вальцовой дробилке марки Derby 11-12/LL, фирмы Engl Maschinen GmbH с зазором между вальцами 0,9 мм. Затем дробленый солод подавали в заторно-сусловарочный аппарат (ЗСА-100), где осуществлялось его смешение с водой. Процесс затирания проводили при постоянно работающей мешалке. Подогрев затора в котле осуществ-

вляется внешними ТЭНами, установленными под днищем аппарата. Проводили затирание с выдержкой цитолитической, белковой и мальтозной пауз. Затем затор нагревали до температуры 72 — 73 °С в течение 20 мин до достижения нормальной окрашенности затора по йоду и отправляли на фильтрацию в фильтрационный аппарат (ФА-100). Процесс фильтрации протекал в течение 60 мин. Из фильтрационного аппарата отфильтрованное сусло самотеком поступало обратно в заторно-сусловарочный аппарат (ЗСА-100). По окончании процесса фильтрации проводился процесс кипячения сусла с хмелем при постоянно работающих мешалке и ТЭНах. Применяли горько-ароматный хмель сорта Норден Бревюр (содержание α -кислоты — 9 %), хмель ароматический Тетландер (содержание α -кислоты — 5 %).

Т а б л и ц а 1. Базовый рецептурный состав пива светлого (на 100 дал)
Table 1. Basic prescription composition of light beer (per 100 dal)

Наименование сырья	ТНПА на сырье	Содержание сырья в пиве	
		Единица измерения	Норма
Солод пивоваренный ячменный светлый	ГОСТ 29294-2014	кг	1600,0
Хмель гранулированный горько-ароматический	ГОСТ 32912-2014	кг	4,0
Хмель гранулированный ароматический	ГОСТ 32912-2014	кг	12,0
Дрожжи пивоваренные сухие	Документ, подтверждающий качество и безопасность	кг	3,0
Вода подготовленная	СанПиН 10-124 РБ 99 СТБ 1188-99	дм ³	из расчета на плотность начального сусла 12,0 %

Т а б л и ц а 2. Базовый рецептурный состав пива темного (на 100 дал)
Table 2. The basic prescription composition of dark beer (per 100 dal)

Наименование сырья	ТНПА на сырье	Содержание сырья в пиве	
		Единица измерения	Норма
Солод пивоваренный ячменный светлый	ГОСТ 29294-2014	кг	1400,0
Солод пивоваренный ячменный карамельный	ГОСТ 29294-2014	кг	160,0
Солод пивоваренный ячменный карамельный	ГОСТ 29294-2014	кг	40,0
Хмель гранулированный горько-ароматический	ГОСТ 32912-2014	кг	4,0
Хмель гранулированный ароматический	ГОСТ 32912-2014	кг	12,0
Дрожжи пивоваренные сухие	Документ, подтверждающий качество и безопасность	кг	3,0
Вода подготовленная	СанПиН 10-124 РБ 99 СТБ 1188-99	дм ³	из расчета на плотность начального сусла 12,0 %

Хмель вносили в три этапа: первый — через 5 минут после начала кипячения сусла, второй — через 45 минут после начала кипячения, третья — за 5 минут до окончания кипячения. Длительность кипячения сусла с хмелем составляла 60 минут. Горячее охмеленное сусло перекачивали суловым насосом в седиментационно-охладительный аппарат (СОА-100), где происходило его осветление и охлаждение.

Далее холодное сусло перекачивали суловым насосом на брожение в цилиндро-конические танки (ЦКТ-100), куда задавали заранее подготовленную разводку дрожжей. Использовали сухие дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* Saflager W 34-70 в количестве 50 г.



Рис. 1. Микропивоварня «Orion-100»
Fig. 1. Microbrewery «Orion-100»

Во время перекачки сула на брожение осуществляли его интенсивную аэрацию кислородом воздуха с помощью компрессора (Atlas Copco).

По окончании процесса брожения проводили постановку сула на дображивание, путем подачи в рубашку хладагента. Длительность процесса дображивания составляла около 14 суток. Съем осадка дрожжей производили через нижний кран конуса. Окончание съема определяли визуально. Во время брожения контролировали видимый экстракт, температуру и давление CO_2 в ЦКТ.

В 500 мл пива вносили образцы сорбента массой 0,2 г, определение исследуемых показателей проводили каждые 30 минут, для установления оптимальных режимов фильтрации.

Определение стойкости пива к охлаждению проводили с помощью теста «предел осаждения белка сульфатом аммония» (тест SASPL) [27]. Этот показатель выражается количеством насыщенного раствора сернокислого аммония (cm^3), которое требуется добавить к 100 cm^3 исследуемого пива, чтобы вызвать его помутнение. Приборы и реактивы:

- ♦ пробирки диаметром 16 мм и высотой 150 см или колбы емкостью 25–30 cm^3 ;
- ♦ пипетки вместимостью 1, 2, 10 cm^3 ;
- ♦ насыщенный раствор сернокислого аммония, который готовят путем растворения 45 г $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в 50–60 cm^3 дистиллированной воды. Раствор отстаивается и затем фильтруется через складчатый бумажный фильтр.

Проведение анализа: в ряд пробирок, установленных на штативе, пипеткой вносят по 10 cm^3 исследуемого пива и добавляют возрастающие объемы насыщенного раствора сернокислого аммония, начиная с 0,5–0,6 cm^3 . Объем сульфата аммония увеличивают на 0,1 cm^3 в каждую следующую в ряду пробирку. Содержимое пробирок перемешивают и оставляют при комнатной температуре на 15–20 мин. Затем определяют пробирку с наименьшим количеством сульфата аммония, вызвавшего помутнение пива.

Предел осаждения сульфата аммония на 100 cm^3 пива вычисляли по формуле (1):

$$X = V \times 10, \quad (1)$$

где V — объем сульфата аммония (cm^3), вызвавшего помутнение пива.

Для определения концентрации полифенолов в образцах пива до и после сорбции использовали метод Еруманиса [27].

Принцип метода заключается в реакции полифенолов с лимоннокислым железом в щелочной среде, в результате чего образуется окрашенное соединение. В ходе исследования измеряется оптическая плотность пива на спектрофотометре в основном опыте и в двух контролях. Концентрацию полифенолов в пиве после сорбции определяли каждые 30 минут, чтобы установить оптимальную экспозицию для сорбента. Масса сорбента, добавляемого в пиво, составляет 0,05 г на 100 мл. Содержание полифенолов (mg/dm^3) рассчитывали по формуле (2):

$$X = [A - (B + C)] \times 820, \quad (2)$$

где A — оптическая плотность раствора в основном опыте; B — оптическая плотность в контроле 1 (0,047); C — оптическая плотность в контроле 2 (0,016); 820 — коэффициент пересчета на полифенолы.

Результаты исследования и их обсуждение. Органолептические показатели и обобщенные результаты показателя пенообразования образцов пива до фильтрации, изготовленных на микропивоварне Orion 100, представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3. Органолептические показатели образцов пива нефilterованного, изготовленных на микропивоварне Orion 100

Table 3. Organoleptic characteristics of unfiltered beer samples produced at the Orion 100 microbrewery

Наименование показателя	Пиво светлое	Пиво темное
Внешний вид	Пенящаяся жидкость присутствует слабая опалесценция	Пенящаяся жидкость присутствует слабая опалесценция
Аромат	Чистый, сброженный, солодовый, хмелевой, без посторонних запахов	Чистый, сброженный, солодовый, хмелевой, без посторонних запахов
Вкус	Чистый, сброженный, солодовый, с характерной хмелевой горечью, без посторонних привкусов	Полный солодовый вкус с выраженным привкусом карамельного солода

Таблица 4. Обобщенные результаты показателя пенообразования в исследуемых образцах пива
Table 4. Generalized results of the foam index in the studied beer samples

Наименование образца	Высота пены, мм	Пеностойкость, мин
Пиво светлое	30	3,0
Пиво темное	33	3,1

Определена концентрация полифенолов и предел осаждения белков сульфатом аммония. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты исследования образцов пива светлого и темного нефilterованного
Table 5. The results of the study of samples of light and dark unfiltered beer

Наименование образца	Содержание полифенолов, мг/дм	Предел осаждения белков сульфатом аммония, см ³
Пиво светлое	200,9±0,001	12
Пиво темное	238,6±0,002	10

На предмет сорбционных способностей по отношению к белкам и полифенолам был проанализирован образец хитозана полученный при температуре 120°C, концентрации щелочи 30 % и экспозиции 45 минут, результаты представлены в табл. 6 и 7.

Таблица 6. Результаты исследования сорбционных способностей хитозана на образце пива светлого

Table 6. The results of the study of the sorption abilities of chitosan on a sample of light beer

Экспозиции, мин	Содержание полифенолов, мг/дм	Предел осаждения белков сульфатом аммония, см ³
30	65,21±0,001	26
60	52,48±0,002	28
90	52,48±0,002	28
120	52,48±0,003	28

Анализируя представленные выше результаты, можно сделать вывод о том, что оптимальное время фильтрации — 60 минут, концентрация полифенолов снизилась на 148,42 мг/дм³ в образцах светлого пива и на 176,25 мг/дм³ в темном пиве. Увеличение объема сульфата аммония израсходованного на осаждение белков на 16 см³ в светлом пиве и 19 см³ в темном пиве свидетельствует об уменьшении концентрации белковых частиц в образцах, что подтверждает предыдущие экспериментальные исследования на модельных растворах, где хитозан также показал высокую сорбционную способность по отношению к белку [31]. Полученные результаты сопоставимы с данными полученными другими исследователями [13, 14, 22].

Т а б л и ц а 7. Результаты исследования сорбционных способностей хитозана на образце пива темного

Table 7. The results of the study of the sorption abilities of chitosan on a sample of dark beer

Экспозиции, мин	Содержание полифенолов, мг/дм	Предел осаждения белков сульфатом аммония, см ³
30	78,2±0,003	25
60	62,35±0,001	29
90	62,36±0,002	29
120	62,35±0,001	30

Также на предмет сорбционных способностей по отношению к белкам и полифенолам был проанализирован образец комбинированного сорбента (хитозан 10 % и кизельгур 90 % по массе). Результаты по комбинированному сорбенту представлены в таблицах 8 и 9.

Т а б л и ц а 8. Результаты исследования сорбционных способностей комбинированного сорбента на образце пива светлого

Table 8. The results of the study of the sorption abilities of the combined sorbent on a sample of light beer

Экспозиции, мин	Содержание полифенолов, мг/дм ³	Предел осаждения белков сульфатом аммония, см ³
30	111,78±0,002	18
60	108,99±0,001	23
90	109,10±0,002	23
120	108,99±0,002	23

Т а б л и ц а 9. Результаты исследования сорбционных способностей комбинированного сорбента на образце пива темного

Table 9. The results of the study of the sorption abilities of the combined sorbent on a sample of dark beer

Экспозиции, мин	Содержание полифенолов, мг/дм	Предел осаждения белков сульфатом аммония, см ³
30	124,56±0,001	18
60	118,39±0,001	24
90	118,39±0,001	24
120	118,39±0,001	24

Результаты по комбинированному сорбенту — концентрация полифенолов в светлом пиве снизилась на 91,91 мг/дм³, в темном пиве на 120,21 мг/дм³, предел осаждения белка повысился на 11 см³ в светлом пиве и 14 см³ в темном, при этом оптимальное время фильтрации составило 60 минут. Комбинированный сорбент показал высокие стабилизационные способности, что обусловлено наличием хитозана в составе сорбента.

Заключение. По результатам исследования была опытным путем доказана эффективность хитозана в сорбции белков и полифенолов на образцах пива светлого и темного. Данные разработки могут применяться в технологии пива по следующей схеме: 10 г комбинированного сорбента на 1 гл полуфабриката напитка брожения с экспозицией 30–60 минут. Использование данного вспомогательного материала позволит уменьшить количество белка в полуфабрикатах пива, тем самым замедлив процесс образования стойкого (необратимого) помутнения и увеличить сроки годности продукта.

Результаты исследований, представленные в статье, получены в рамках научно-исследовательской работы по гранту НАН Беларуси «Исследование эффективности применения хитозана как стабилизатора в технологии напитков брожения» по договору № 2021-31-192 от 1 апреля 2021 г.

Список использованных источников

15. Цугкиев, Б.Г. Влияние белка в солоде на качество пива / Б.Г. Цугкиева, А.В. Кожухова. — Пиво и напитки. — 2007. — № 2. — С. 22–23.

16. *Дедегкаев, А.Т.* Коллоидные помутнения в пиве. Причины их возникновения / А.Т. Дедегкаев // Индустрия напитков. — 2005. — №2. — С.20–26.
17. *Дедегкаев, А.Т.* Исследование влияние предфильтрационных процессов на мутность пива / А.Т. Дедегкаев, Д.В. Афонин, Т.В. Меледина // Индустрия напитков. — 2006. — №2. — С.36–39.
18. *Кручко, Е.К.* Технологические факторы повышении стабильности пива / Е. К. Кручко // Вестник Владикавказского научного центра. — 2005. — №5 (2). — С. 51–55.
19. *Меледина, Т.В.* Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т.В. Меледина. — СПб.: Профессия, 2003. — 304 с.
20. *Андреева, О.В.* Осадки в пиве: атлас частиц, которые могут быть обнаружены в розлитом пиве / О.В. Андреева, Е.Т. Шувалова. — М.: МИЦ Пиво и напитки XXI век, 2004. — 115 с.
21. *Сергеева, И.Ю.* Классификация стабилизирующих средств, используемых в индустрии напитков / И.Ю. Сергеева // Техника и технология пищевых производств. — 2013. — №4 (31). — С. 78–86.
22. *Климов, Е. С.* Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е. С. Климов, М. В. Бузаева. — Ульяновск : УлГТУ, 2011. — 201 с.
23. *Ермолаева, Г.А.* Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков / Г.А. Ермолаева, Р.А. Колчева. — М.: ИРПО; Изд. Центр «Академия», 2000. — 416 с.
24. *Даниловцева, А.Б.* Влияние содержания высокомолекулярных соединений на технологические параметры производства пива/ А.Б. Даниловцева, И.В. Царева // Пиво и напитки — 2005. — №2. — С. 32–36.
25. *Гора, Н.В.* Формирование качества пива путем регулирования полифенольного состава пивного сула методом адсорбции: дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук, Кемерово. — 2015. — 137 с.
26. *Перетрутов, А.А.* Влияние солей жесткости воды на затирание солода и промывку солодовой дробины в производстве пива / А.А. Перетрутов, Г.В. Пастухова, С.В. Провсирина, и др. // Technical sciences. Int. J. of applied and fundamental research. — 2016. — №12. — С. 224–228.
27. *Покровская, Н.В.* Биологическая и коллоидная стойкость пива / Н.В. Покровская, Я.Д. Каданер. — М.: Пищевая промышленность, 1987. — 273 с.
28. *Сергеева, И.Ю.* Совершенствование коллоидной стабилизации напитков / И.Ю. Сергеева, В.А. Помозова, Е.А. Вечтомова // Международная научно-практическая конференция «Фундаментальная наука и технологии — перспективные разработки» / Fundamental science and technology — promising developments: материалы конференции, Москва, 22-23 мая 2013 г.- М., 2013. — Т. 1. — С. 210–212.
29. *Нарцисс Л.* Технология приготовления сула / Л. Нарцисс // М.: НПО «Элевар. — 2003. — 368 с.
30. *Бесендерфер Г.* Вклад в увеличение стабильности вкуса пива / Г Бесендерфер. Б. Биркеншток, Р. Талакер // Brauwelt. Мир пива, 2002. — №2. — 10 с.
31. *Просеков, А.Ю.* Влияние технологической обработки продовольственного сырья на эффективность видовой идентификации / А.Ю. Просеков, Ю.В. Голубцова, К.А. Шевякова // Пищевая промышленность. — 2014. — №6. — С. 8–10.
32. *Bible, C.* Enzymes in the brewing process / С. Bible // Zymurgy. — 2012. — №4. — P. 53–56.
33. *Huo, L.* Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts from the stems of *Jasminum nervosum* Lour / L. Huo, R. Lu, P. Li, Y. Liao, P. Chen, Ch. Deng, Ch. Lu, X. Wei, Y. Li // Grasas y aceites. — 2011. — №2. — P. 149–154.
34. *Oliveira, C.M.* Oxidation mechanisms occurring in wines / С.М. Oliveira, А.С. Ferreira, V. De Freitas, M.S. Silva Artur // Food Res.Int. — 2011. — №5. — P. 1115–1126.
35. *Унрод, В.И.* Хитин- и хитозансодержащие комплексы из мицелиальных грибов: получение, свойства и применение / В.И. Унрод, Т.В. Солодовник // Биополимеры и клетка. — 2001. — Т. 17. — №6. — С. 526–533.
36. *Сергеева, И. Ю.* Применение хитозана для стабилизации коллоидной системы напитков / И. Ю. Сергеева // Техника и технология пищевых производств. — 2014. — №1 (32). — С. 84–89.
37. *Гальбрайх, Л. С.* Хитин и хитозан: строение, свойства, применение / Л. С. Гальбрайх // Соровский образовательный журнал. — 2001. — Т. 7, №1. — С. 51–56.
38. *Тарановская, Е. С.* Сорбционные материалы на основе хитозана для очистки стоков от ионов тяжелых металлов / Е. С. Тарановская // Экология и промышленность России. — 2016. — №20 (5). — С 34–39.

39. *Пьер, А.* Способ приготовления жидкости, содержащей белки, для последующего отделения посредством использования одного или более агента, образующего с белком комплекс / А. Пьер, П. Хаселарс, Ф. Янссенс // Патент RU 2375426, Россия, заявка 27.06.2008 Бюл. №18
40. *Урьев, Н.Б.* Пищевые дисперсные системы / Н.Б. Урьев, М.А. Талейсник. — М.: Агропромиздат, 1985. — 296 с.
41. *Фертман, Г.И.* Справочник для работников лабораторий пивоваренных заводов / Г.И. Фертман, Л.В. Муравицкая // М.: Легкая и пищевая промышленность. — 1982. — 29 с.
42. *Зимон, А.Д.* Коллоидная химия / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко. — 3-е изд., доп. и испр. — М.: АГАР, 2001. — 320 с.
43. *Гельфман, М.И.* Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. — 4-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2008. — 336 с.
44. *Визнер, Э.* Идентификация помутнения пива (Часть I) / Э. Визнер, М. Гастл, Т. Бейкер // Мир пива. — 2012. — №1. — С. 17–21.
45. *Трусова, М.М.* Перспективы использования хитозана как стабилизатора при коллоидных помутнениях / М.М. Трусова, Т.Н. Камедько, О.В. Павлова // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2021. — №14(4) — С. 97–102.

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович — доктор технических наук, профессор, академик Национальной академии наук Беларуси, Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, главный научный сотрудник РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию».

E-mail: info@belproduct.com

Трусова Мария Михайловна — аспирант РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: brui.92@mail.ru

Павлова Оксана Валерьевна — кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, физиологии и гигиены питания УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы».

E-mail: pavlova@grsu.by

Information about authors

Lovkis Zenon Valentinovich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Honored Scientist of the Republic of Belarus, Senior Researcher of RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”.

Email: info@belproduct.com

Trusova Maria Mikhailovna — post-graduate student of RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: brui.92@mail.ru

Pavlova Oksana Valerievna — PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Technology, Physiology and Nutrition Hygiene, Yanka Kupala Grodno State University.

E-mail: pavlova@grsu.by