

**М. М. Трусова<sup>1</sup>, О. В. Павлова<sup>2</sup>**

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

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

## **РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО СОРБЕНТА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ КОЛЛОИДНОЙ СИСТЕМЫ НАПИТКОВ БРОЖЕНИЯ**

**Аннотация.** В статье дается представление о коллоидной системе напитков брожения, описываются основные компоненты муты и методы их ликвидации, которые применяются в современной технологии пива и квасов. Приведена краткая характеристика сорбентов: хитозана и кизельгура, описаны механизмы сорбции, которые свойственны данным веществам. Целью исследования является разработка рецептуры комбинированного сорбента на основе хитозана и кизельгура, определение его сорбционных способностей по отношению к белку альбумину. В качестве методов в исследовании использовался простой однофакторный эксперимент, концентрация белка в растворах до и после сорбции определялась при помощи биуретового метода и измерением на спектрофотометре. Данные, полученные в ходе эксперимента, были подвергнуты простому математическому и статистическому анализу. В статье представлены результаты исследования о возможности использования комбинированного сорбента на основе кизельгура и хитозана в технологии напитков брожения. Изучены сорбционные способности кизельгура и хитозана по отношению к белкам по отдельности, а также разработана оптимальная рецептура композиционного сорбента из этих двух материалов. На примере модельных растворов была выявлена оптимальная экспозиция и рецептура композиционного сорбента в технологии напитков брожения.

**Ключевые слова:** хитозан, кизельгур, комбинированный сорбент, напитки брожения, альбумин, сорбция

**M. M. Trusova<sup>1</sup>, O. V. Pavlova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus*

<sup>2</sup>*Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Republic of Belarus*

## **DEVELOPMENT OF A COMBINED SORBENT FOR STABILIZING THE COLLOIDAL SYSTEM OF FERMENTED DRINKS**

**Abstract.** The article contains information about the colloidal system of beer and kvass, a classification of the components of the turbidity is given. Methods are described that are used in the technology of fermentation beverages to eliminate them. The mechanisms of sorption of chitosan and diatomaceous earth are characterized. The aim of the study is to develop a combined sorbent based on chitosan and diatomaceous earth for the sorption of proteins in the technology of fermentation beverages. Biuret reaction was used as research methods, mathematical and statistical processing of the data obtained was carried out. The optical density of the solutions before and after sorption was measured using a spectrophotometer. The results of the study are the determination of the sorption of chitosan and diatomaceous earth in relation to proteins using the example of a model solution. Also, the formulation of the combined sorbent from diatomaceous earth and chitosan was developed. The optimal residence time of the new auxiliary material in the solution was selected. The amount of protein that sorbs 1 gram of sorbent is calculated. Recommendations are given on the use of this substance in the technology of fermentation beverages.

**Keywords:** chitosan, diatomaceous earth, combined sorbent, fermentation drinks, albumin, sorption

**Введение.** Стабильность готовых напитков брожения приобретает все большую значимость для производителя. Она определяет в дальнейшем органолептические, физико-химические и биологические показатели продукта. Готовый напиток представляет собой раствор богатый пектиновыми,

белковыми и фенольными веществами [1–4]. Это сложная коллоидная система, имеющая шаткое равновесие с физико-химической точки зрения. Сдвиг этого равновесия приводит к образованию нерастворимых коллоидов, которые выпадают в виде мути в осадок [5, 6]. Существуют два типа помутнения: холодное (обратимое) и необратимое. При холодном помутнении повышение температуры способствует разрушению образовавшихся комплексов между кислыми белками и низкомолекулярными фенольными соединениями, так как полифенолы и полипептиды связаны между собой неустойчивыми водородными связями. Устойчивое (необратимое) помутнение не исчезает при температуре 20 °С, оно возникает в процессе хранения пива. В этом случае образуются множественные водородные связи между высокомолекулярными соединениями и прочные ковалентные связи [7–9]. Размер частиц необратимой мути выше, чем у обратимой, и колеблется от 1 до 10 – 20 мкм.

Основной причиной образования мути, как правило, являются белки [10]. Попадают в пиво они в результате процесса гидролиза солода и несоложенных материалов и представлены достаточно крупными протеидами и полипептидами с массой от 30 до 100 кДа [11]. В коллоидных осадках выявляются глобулины (солерастворимые белки), в частности,  $\beta$ -глобулин, который содержит большое количество -SH групп. Кроме того, в осадках обнаружены проламины — белки, растворимые в 50–90 %-ном этиловом спирте.

В технологии напитков брожения существует масса способов ликвидации белковой взвеси, однако большинство из них либо малоэффективны, либо достаточно дорогостоящи [12–15]. Можно выделить следующие способы уменьшения количества белка в готовом пиве и квасах:

- ♦ применение сырья с низким содержанием белка;
- ♦ использование технологических режимов в процессе получения сула и пива, направленных на уменьшение содержания в продукте белков;
- ♦ применение протеолитических ферментов, осуществляющих гидролиз белков до соединений с меньшей молекулярной массой;
- ♦ дображивание пива при низких температурах;
- ♦ применение адсорбентов, удаляющих из пива нестойкие высокомолекулярные соединения белковой природы, а также их комплексы с фенольными соединениями;
- ♦ фильтрование пива с использованием марок кизельгура с различной проницаемостью [16–19].

В технологии напитков брожения широкое применение получил кизельгур — сорбент на основе раковин диатомовых водорослей. Механизм удаления белков при помощи кизельгура является достаточно сложным. Некоторые исследователи полагают, что он включает ван-дер-ваальсовы взаимодействия сорбента с развитой поверхностью силикатных микрокристаллов и кулоновское взаимодействие положительно заряженных участков поверхности сорбента с заряженными и поляризованными молекулами сорбируемого на нем вещества [20]. Однако сорбция белков кизельгуром недостаточна, поэтому его часто комбинируют с другими сорбентами, такими как силикагель, ПВПП и т.д. [21].

В последнее время приобретает все большую популярность в пищевой промышленности такой сорбент, как хитозан. Он биоразлагаем, безопасен для человека, имеет высокие сорбционные способности за счет наличия большого количества функциональных групп. Хитозан плохо растворяется в воде, т.к. связи между молекулами хитозана более прочные, чем между молекулами хитозана и воды. Коагуляция белковых веществ хитозаном может протекать двумя путями. Кислые белки осаждаются путем прямой коагуляции, щелочные и нейтральные — путем вторичной [22–24].

Создание комбинированного сорбента на основе кизельгура, как достаточно недорогого и зарекомендовавшего себя материала в технологии напитков брожения, с добавлением хитозана, для усиления сорбции белков, является актуальным и перспективным направлением.

Объект исследования — процесс сорбции альбумина.

**Цель исследования** — разработка рецептуры комбинированного сорбента на основе хитозана и кизельгура, определение его сорбционных способностей по отношению к белку альбумину.

**Материалы и методы исследования.** Исследование проводилось на модельных растворах белка альбумина, этот пептид является классическим представителем  $\beta$ -глобулинов, фракция которых составляет более 50 % от массы всех белковых веществ в напитках брожения. Концентрация раствора белка, в который вносили сорбент 4 мг/мл, что соответствует концентрации белка в пиве светлом с долей сухого вещества в исходном сусле 20%. Количество сорбента, вносимого в раствор, соответствует рецептуре, применяемой в технологии напитков брожения для кизельгура, и составляет 0,05 г на 100 мл. Концентрация белка определяли при помощи биуретовой реакции, для нее необходимо наличие двух ОН-групп и трех атомов азота в полипептидной цепи [25]. Группа, которая образует пептидную связь, представлена таутомерной формой, в избытке щелочи происходит диссоциация ОН-группы и возникает отрицательный заряд при помощи которого кислород взаимодействует с медью и образуется соль. Кроме того, медь образует дативные связи с атомами азота пептидной связи.

Образовавшийся окрашенный комплекс характеризуется высокой стабильностью [26–29]. Чувствительность данного метода позволяет определить концентрацию белка в диапазоне 2–10 мг [30].

В исследованиях применялись следующие реактивы: раствор альбумина, содержащий 10 мг белка в 1 мл (стандартный раствор). Биуретовый реактив  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в количестве 0,15 г и 0,6 г натрия-калия виннокислого ( $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) растворяли в 50 мл  $\text{H}_2\text{O}$ , при энергичном перемешивании приливали 30 мл 10% раствора  $\text{NaOH}$ , затем добавляли 0,1 г  $\text{KI}$ . Объем раствора довели до 100 мл дистиллированной водой.

Ход исследования. Из стандартного раствора альбумина готовили растворы содержащие 2, 4, 6, 8 и 10 мг белка для построения калибровочного графика. В каждую пробирку, содержащую 1 мл раствора белка соответствующей концентрации, добавляли 4 мл биуретового реактива, перемешивали и оставляли на 5 минут при комнатной температуре. Далее измеряли оптическую плотность раствора на ФЭК АТР-ВР при 540 нм в 1 см кювете. В каждой точке проводили по три измерения, по среднему арифметическому значению строили график зависимости оптической плотности от концентрации белка (рис.1).

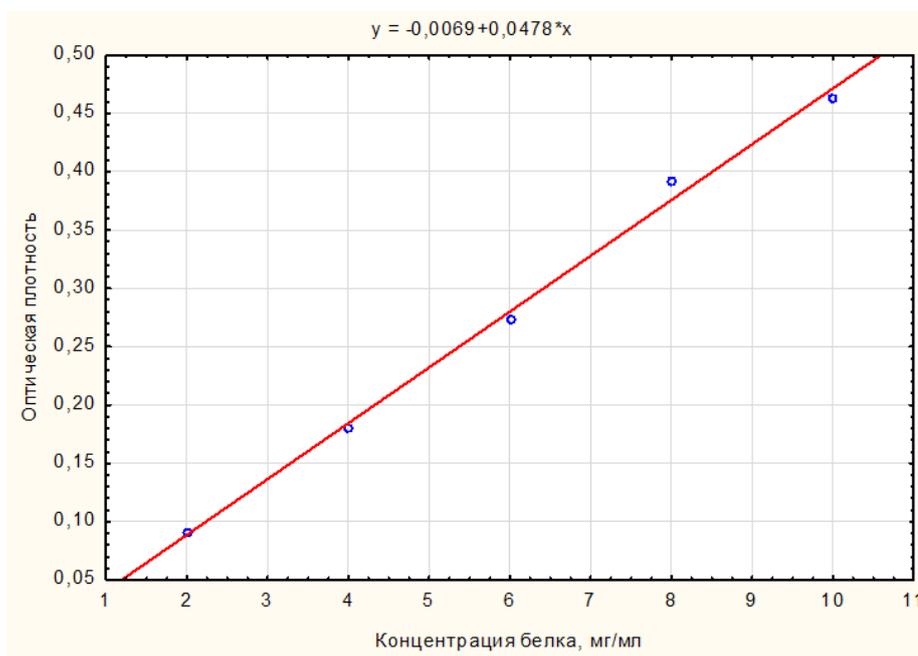


Рис. 1. Калибровочный график  
Fig. 1. Calibration graph

Концентрацию белка в растворе после сорбции определяли каждые 30 минут, чтобы установить оптимальную экспозицию для каждого сорбента. Подсчитывали максимальное количество сорбированного белка на грамм кизельгура, хитозана, а также комбинированного сорбента.

**Результаты исследования и их обсуждение.** На первом этапе исследования была определена сорбционная емкость по отношению к белку кизельгура и оптимальная продолжительность нахождения сорбента в растворе. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Сорбция белка кизельгуром  
Table 1. Protein sorption by diatomite

Экспозиция, мин	Среднее значение оптической плотности	Концентрация раствора после сорбции, мг/мл	Сорбция белка, г белка/1 г сорбента
30	0,136±0,0038	3,0	1,0
60	0,131±0,001	2,9	1,1
90	0,135±0,001	3,0	1,0
120	0,138±0,0012	3,0	1,0
150	0,137±0,0015	3,0	1,0
180	0,118±0,0021	2,6	1,4

Анализируя таблицу 1, наблюдаем, что максимальная сорбция белка кизельгуром составляет 1,4 г белка на 1 г сорбента при экспозиции 180 минут. При этом процесс связывания белка с сорбентом происходит достаточно быстро, в первые 30 минут, ещё 50 % сорбируемого белка связывается с кизельгуром только через 3 часа экспозиции. Таким образом, для максимального использования сорбирующего потенциала кизельгура необходимо нахождение его в растворе на протяжении 3–3,5 часов, что, однако будет замедлять технологический процесс, поэтому необходимо создать комбинированный сорбент с включением вещества с более интенсивным процессом сорбции.

На втором этапе исследования на предмет сорбции по отношению к белку были проанализированы три образца хитозана, отобранные в исследовании, проведенном ранее, как продемонстрировавшие максимальную сорбционную емкость по отношению к индикатору. Результаты представлены в табл. 2–4.

**Таблица 2. Сорбция белка хитозаном (образец № 1)**  
**Table 2. Protein sorption by chitosan (sample № 1)**

Экспозиция, мин	Среднее значение оптической плотности	Концентрация раствора после сорбции, мг/мл	Сорбция белка, г белка/1 г сорбента
30	0,153±0,0025	3,4	0,6
60	0,113±0,0006	2,5	1,5
90	0,129±0,0015	2,8	1,2
120	0,137±0,0006	3,0	1,0
150	0,147±0,0017	3,2	0,8
180	0,151±0,0021	3,3	0,7

**Таблица 3. Сорбция белка хитозаном (образец № 2)**  
**Table 3. Protein sorption by chitosan (sample № 2)**

Экспозиция, мин	Среднее значение оптической плотности	Концентрация раствора после сорбции, мг/мл	Сорбция белка, г белка/1 г сорбента
30	0,179±0,0031	3,9	0,1
60	0,171±0,0031	3,7	0,3
90	0,171±0,0035	3,7	0,3
120	0,159±0,0050	3,5	0,5
150	0,149±0,0015	3,2	0,8
180	0,150±0,0006	3,3	0,7

**Таблица 3. Сорбция белка хитозаном (образец № 3)**  
**Table 3. Protein sorption by chitosan (sample № 3)**

Экспозиция, мин	Среднее значение оптической плотности	Концентрация раствора после сорбции, мг/мл	Сорбция белка, г белка/1 г сорбента
30	0,160±0,0015	3,5	0,5
60	0,150±0,0015	3,3	0,7
90	0,170±0,001	3,7	0,3
120	0,170±0,0021	3,7	0,3
150	0,169±0,001	3,7	0,3
180	0,168±0,0015	3,7	0,3

Анализ данных показывает, что максимальная сорбция белка была выявлена у образца № 1 и составила 1,5 г белка на 1 г сорбента при экспозиции 60 минут. Необходимо отметить, что при нахождении хитозана в растворе дольше этого времени концентрация белка снова начинает увеличиваться, что свидетельствует о том, что связи хитозана с белком разрушаются. Этот факт можно применять для регенерации сорбента, извлекая его из раствора, промывая и снова повторно используя.

На заключительном этапе исследования были проанализированы различные варианты комбинированного сорбента на основе кизельгура и хитозана (образец № 1) при экспозиции 30, 60, 90, 120, 150 и 180 минут. Данные по количеству белка сорбируемого 1 г комбинированного сорбента отражены в табл. 5.

Как видно из представленных данных самой большой сорбирующей емкостью по отношению к белку обладает комбинированный сорбент, состоящий из 90 % кизельгура и 10 % хитозана. Так 1 г этого композиционного материала сорбирует 2,1 г альбумина, что на 34 % больше чем сорбция кизельгура и на 28,6 % чем сорбция хитозана. При этом стоит отметить, что оптимальная экспозиция составила 30 — 60 минут, таким образом, необходимое для сорбции время пребывания сорбента в растворе сократилось в три раза.

В комбинированном сорбенте, содержащем равные по массе доли хитозана и кизельгура, наблюдался эффект заметного снижения сорбционной активности, что, предположительно, связано с взаимодействием активных групп сорбентов между собой.

Полученные результаты позволят разработать усовершенствованный комбинированный сорбент с повышенным сорбирующим потенциалом по отношению к белкам группы глобулинов, а также ускорят процесс сорбции при помощи кизельгура в технологии напитков брожения.

Таблица 4. Сорбция белка комбинированным сорбентом  
Table 4. Protein sorption by combined sorbent

Процентное соотношение хитозана и кизельгура в комбинированном сорбенте	Сорбция белка, г белка/1 г сорбента					
	Экспозиция, мин					
	30	60	90	120	150	180
10 % кизельгура+90 % хитозана	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4
20 % кизельгура+80 % хитозана	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3
30 % кизельгура+70 % хитозана	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2
40 % кизельгура+60 % хитозана	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	0,9
50 % кизельгура+50 % хитозана	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
60 % кизельгура+40 % хитозана	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
70 % кизельгура+30 % хитозана	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3
80 % кизельгура+20 % хитозана	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6
90 % кизельгура+10 % хитозана	2,1	2,1	1,8	1,7	1,6	1,7

**Заключение.** По результатам исследования был разработан экспериментальный образец комбинированного сорбента, состоящий из 90 % кизельгура и 10 % хитозана, опытным путем доказана его эффективность в сорбции белков группы глобулинов, на примере альбумина, а также интенсификация этапа сорбции в три раза. Данные разработки могут применяться в технологии напитков брожения по следующей схеме: 50 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 и квасов, тем самым замедлить процесс образования стойкого (необратимого) помутнения и увеличить сроки годности продукта. Данный комбинированный сорбент отвечает всем требованиям, предъявляемым к вспомогательным средствам, обладает высокой степенью адсорбции веществ, вызывающих помутнение напитков брожения. Сорбент инертен по отношению к готовому напитку, т. е. не будет изменять его вкус, запах, цвет и не растворяться в напитках брожения, поэтому не указывается как добавка на этикетке, так как после сорбции может быть удален. Он может быть использован повторно, т.е. обладает способностью регенерировать. Все выше перечисленное делает разработанный комбинированный сорбент перспективным вспомогательным материалом, который в дальнейшем может быть с успехом внедрен в технологию напитков брожения.

#### Список использованных источников

1. Цугкиев, Б.Г. Влияние белка в солоде на качество пива / Б.Г. Цугкиева, А.В. Кожухова // Пиво и напитки. — 2007. — № 2. — С. 22–23.
2. Дедегкаев, А.Т. Коллоидные помутнения в пиве. Причины их возникновения / А.Т. Дедегкаев // Индустрия напитков. — 2005. — №2. — С.20–26.
3. 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.
4. Кручко, Е.К. Технологические факторы повышению стабильности пива / Е. К. Кручко // Вестник Владикавказского научного центра. — 2005. — № 5 (2). — С. 51–55.
5. Меледина, Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т.В. Меледина. — СПб.: Профессия, 2003. — 304 с.

6. 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.
7. Сергеева, И.Ю. Классификация стабилизирующих средств, используемых в индустрии напитков / И.Ю. Сергеева // Техника и технология пищевых производств. — 2013. — № 4 (31). — С. 78–86.
8. Климов, Е.С. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод / Е.С. Климов, М.В. Бузаева. — М: МООСипР РФ, 2004. — 18 с.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Влияние солей жесткости воды на затирание солода и промывку солодовой дробины в производстве пива / А.А. Перетрутов [др.] // Technical sciences. Int. J. of applied and fundamental research. — 2016. — № 12. — С. 224–228.
13. Покровская, Н.В. Биологическая и коллоидная стойкость пива / Н.В. Покровская, Я.Д. Кадагер. — М.: Пищевая промышленность, 1987. — 273 с.
14. 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»: материалы конференции, Москва, 22–23 мая 2013 г. — М., 2013. — Т. 1. — С. 210–212.
15. Нарцисс, Л. Технология приготовления сула / Л. Нарцисс. — М.: НПО «Элевар. — 2003. — 368 с.
16. Бесендерфер, Г. Вклад в увеличение стабильности вкуса пива / Г Бесендерфер. Б. Биркеншток, Р. Талакер // Brauwelt. Мир пива. — 2002. — № 2. — С. 10.
17. 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.
18. Bible, C. Enzymes in the brewing process / C. Bible // Zymurgy. — 2012. — № 4. — P. 53–56.
19. 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.
20. Oliveira, C.M. Oxidation mechanisms occurring in wines / C.M. Oliveira, A.C. Ferreira, V. De Freitas, M.S. Silva Artur // Food Res.Int. — 2011. — № 5. — P. 1115–1126.
21. 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.
22. Сергеева, И.Ю. Применение хитозана для стабилизации коллоидной системы напитков / И. Ю. Сергеева // Техника и технология пищевых производств. — 2014. — № 1 (32). — С. 84–89.
23. Гальбрайт, Л.С. Хитин и хитозан: строение, свойства, применение / Л. С. Гальбрайт // Соровский образовательный журнал. — 2001. — Т. 7, № 1. — С. 51–56.
24. 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.
25. Пьер, А. Способ приготовления жидкости, содержащей белки, для последующего отделения посредством использования одного или более агента, образующего с белком комплекс : патент RU 2375426 / А. Пьер, П. Хаселарс, Ф. Янссенс ; заявл. 27.06.2008; опубл. 20.09.2008.
26. Урьев, Н.Б. Пищевые дисперсные системы / Н.Б. Урьев, М.А. Талейсник. — М.: Агропромиздат, 1985. — 296 с.
27. Фертман, Г.И. Справочник для работников лабораторий пивоваренных заводов / Г.И. Фертман, Л.В. Муравицкая. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 29 с.
28. Зимон, А.Д. Коллоидная химия / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко. — 3-е изд., доп. и испр. — М.: АГАР, 2001. — 320 с.
29. Гельфман, М.И. Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. — 4-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2008. — 336 с.
30. Визнер, Э. Идентификация помутнения пива (Часть I) / Э. Визнер, М. Гастл, Т. Бейкер // Мир пива. — 2012. — № 1. — С. 17–21.

## References

1. Cugkiev B.G., Kozhuhova A.V. Vliyanie belka v solode na kachestvo piva [*The influence of protein in malt on the quality of beer*]. Beer and drinks, 2007, no. 2, pp. 22–23. (in Russian).
2. Dedegkaev A.T. Kolloidnye pomutneniya v pive. Prichiny ih vozniknoveniya [*Colloidal haze in beer. The reasons for their occurrence*]. Beverage Industry, 2005, no. 2, pp. 20–26. (in Russian).
3. Dedegkaev A.T., Afonin D.V., Meledina T.V. Issledovanie vliyanie prefiltratsionnyh processov na mutnost piva [*Study of the influence of prefiltration processes on the turbidity of beer*]. Beverage Industry, 2006, no. 2, pp. 36–39. (in Russian).
4. Kruchko, E.K. Tehnologicheskie faktory povyshenii stabilnosti piva [*Technological factors for increasing the stability of beer*]. Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center, 2005, no. 5 (2), pp. 51–55. (in Russian).
5. Meledina T.V. Syre i vspomogatelnye materialy v pivovarenii [*Raw materials and auxiliary materials in brewing*]. SPb.: Professiya, 2003, p. 304. (in Russian).
6. Andreeva O.V., Shuvalov E.T. Osadki v pive: atlas chastic, kotorye mogut byt obnaruzheny v rozlitom pive [*Sediments in beer: an atlas of particles that can be detected in bottled beer*]. M.: MIC Beer and drinks XXI century, 2004, p. 115. (in Russian).
7. Sergeeva I.Yu. Klassifikatsiya stabiliziruyushih sredstv, ispolzuemyh v industrii napitkov [*Classification of stabilizing agents used in the beverage industry*]. Technics and technology of food production, 2013, no. 4 (31), pp. 78–86. (in Russian).
8. Klimov E.S., Buzaeva M.V. Prirodnye sorbenty i ochishennyh stochnyh vodah fotometricheskim metodom s ditizonom — kompleksony v ochistke stochnyh vod [*Natural sorbents and purified waste waters by photometric method with dithizone — complexones in waste water treatment*]. M: MOOSiPR RF, 2004, p. 18. (in Russian).
9. Ermolaeva G.A., Kolcheva R.A. Tehnologiya i oborudovanie proizvodstva piva i bezalkogolnyh napitkov [*Technology and equipment for the production of beer and soft drinks*]. M.: IRPO; Ed. Center «Academy», 2000, p. 416. (in Russian).
10. Danilovceva A.B., Careva I.V. Vliyanie sodержaniya vysokomolekulyarnykh soedinenij na tehnologicheskie parametry proizvodstva piva [*Influence of the content of high-molecular compounds on the technological parameters of beer production*]. Beer and drinks, 2005, no. 2, pp. 32–36. (in Russian).
11. Gora, N.V. Formirovanie kachestva piva putem regulirovaniya polifenolnogo sostava pivnogo susla metodom adsorbtsii: diss. na soisk. uch. st. kand. tehn. nauk [*Formation of beer quality by regulating the polyphenolic composition of beer wort by the adsorption method: diss. for a job. uch. Art. Cand. tech. Sciences*]. Kemerovo, 2015, p. 137. (in Russian).
12. Peretrutov A.A., Pastuhova G.V., Prosvirina S.V. Vliyanie solej zhestkosti vody na zatiranie soloda i promyvku solodovoy drobinny v proizvodstve piva [*Influence of salts of water hardness on mashing malt and washing malt grains in beer production*]. Technical sciences. Int. J. of applied and fundamental research, 2016, no. 12. pp. 224–228. (in Russian).
13. Pokrovskaya N.V., Kadaner Ya.D. Biologicheskaya i kolloidnaya stojkost piva [*Biological and colloidal stability of beer*]. M.: Food industry, 1987, p. 273. (in Russian).
14. Sergeeva I.Yu., Pomozova V.A., Vechtomova E.A. Sovershenstvovanie kolloidnoj stabilizatsii napitkov [*Improvement of colloidal stabilization of drinks*] Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Fundamentalnaya nauka i tehnologii — perspektivnye razrabotki» [*International scientific and practical conference “Fundamental science and technology — promising developments”*] Moscow, May 22–23, 2013, pp. 210–212. (in Russian).
15. Narciss L. Tehnologiya prigotovleniya susla [*Wort preparation technology*]. M.: NPO Elevar, 2003, p. (in Russian).
16. Besenderfer G., Birkenstock B., Thalaker P. Vklad v uvelichenie stabilnosti vkusa piva [*Contribution to increasing the stability of the beer taste*] Brauwelt. World of beer, 2002, no. 2, p. 10. (in Russian).
17. Prosekov A. Yu., Golubcova Yu. V., Shevyakova K.A. Vliyanie tehnologicheskoy obrabotki prodovolstvennogo syrya na effektivnost vidovoy identifikatsii [*Influence of technological processing of food raw materials on the efficiency of species identification*]. Food industry, 2014, no. 6, pp. 8–10. (in Russian).
18. Bible C. Enzymes in the brewing process. Zymurgy, 2012, no. 4, pp. 53–56.
19. Huo L., Lu R., Li P., Liao Y., Chen P., Deng Ch., Lu Ch., Wei X., Li Y. Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts from the stems of *Jasminum nervosum* Lour. Grasas y aceites, 2011, no. 2, pp. 149–154.
20. Oliveira C.M., Ferreira A.C., Freitas V. De, Silva Artur M.S. Oxidation mechanisms occurring in wines. Food Res.Int., 2011, no. 5, pp. 1115–1126.
21. Unrod V.I., Solodovnik T.V. Hitin- i hitozansoderzhashie komplekсы iz micelialnyh gribov: poluchenie, svoystva i primenenie [*Chitin- and chitosan-containing complexes from filamentous fungi: preparation, properties and application*]. Biopolymers and cells, 2001, T. 17. no. 6, pp. 526–533. (in Russian).

22. Sergeeva I. Yu. Primenenie hitozana dlya stabilizatsii kolloidnoj sistemy napitkov [*The use of chitosan to stabilize the colloidal system of beverages*]. Technics and technology of food production. 2014, no. 1 (32), pp. 84–89. (in Russian).
23. Galbrajth L. S. Hitin i hitozan: stroenie, svoystva, primeneniye [*Chitin and chitosan: structure, properties, application*]. Sorovsk educational journal, 2001, T. 7, no. 1, pp. 51–56. (in Russian).
24. Taranovskaya E. S. Sorbcionnye materialy na osnove hitozana dlya ochistki stokov ot ionov tyazhelyh metallov [*Sorption materials based on chitosan for purifying wastewater from heavy metal ions*]. Ecology and Industry of Russia, 2016, no. 20 (5), pp. 34–39. (in Russian).
25. Per A., Haselars P., Yanssens F. Sposob prigotovleniya zhidkosti, sodержashej belki, dlya posleduyushogo otdeleniya posredstvom ispolzovaniya odnogo ili bolee agenta, obrazuyushego s belkom kompleks [A method of preparing a liquid containing proteins for subsequent separation by using one or more agents that form a complex with a protein]. Patent RU 2375426, Russia, 2008, no. 18. (in Russian).
26. Urev N.B., Talejsnik M.A. Pischevye dispersnye sistemy [*Food dispersed systems*]. M.: Agropromizdat, 1985 p. 296. (in Russian).
27. Fertman G.I., Muravickaya L.V. Spravochnik dlya rabotnikov laboratorij pivovarenyh zavodov [*Reference book for workers of laboratories of breweries*]. M.: Light and food industry, 1982, p. 29. (in Russian).
28. Zimon A.D., Leshenko N.F. Kolloidnaya himiya [*Colloidal chemistry*]. M.: AGAR, 2001, p. 320. (in Russian).
29. Gelfman M.I., Kovalevich O.V., Yustratov V.P. Kolloidnaya himiya [*Colloid chemistry*]. SPb.: Publishing house «Lan», 2008, p. 336. (in Russian).
30. Vizner E., Gastl M., Bejker T. Identifikaciya pomutneniya piva (Chast I) [*Identification of beer turbidity (Part I)*]. World of beer, 2012, no. 1, pp. 17–21. (in Russian).

#### Информация об авторах

*Павлова Оксана Валерьевна* - кандидат технических наук, доцент, заместитель декана по научной работе ГрГУ им. Я. Купалы (ул. Доватора, д. 3/1, каб. 121 а, 230029, г. Гродно, Республика Беларусь). E-mail: pavlova@grsu.by.

*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

#### Information about authors

*Pavlova Oksana V.* — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Dean for Scientific Work of the Grodno State University named after Y. Kupala (Dovatorst., 3/1, room 121 a, 230029, Grodno, Republic of Belarus). E-mail: pavlova@grsu.by

*Trusova Maria M.* - 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