

УДК 663.44.08  
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4\(50\)-70-79](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-70-79)

Поступила в редакцию 28.10.2020  
Received 28.10.2020

**А. А. Пушкар<sup>1</sup>, В. Н. Штепа<sup>2</sup>, В. И. Кулаковская<sup>1</sup>, В. В. Соловьев<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>*Полесский государственный университет, г. Пинск, Республика Беларусь*

## **СПОСОБ СНИЖЕНИЯ БЕЛКОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПИВНОЕ СУСЛО ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ И УЛЬТРАЗВУКА**

**Аннотация.** Пиво, как и любой другой пищевой продукт, имеет ограниченный срок хранения. В зависимости от процессов, ухудшающих качество пива, выделяют биологическую, коллоидную, вкусовую стойкость пива.

В статье описано проведение экспериментальных работ, направленных на снижение белковой нагрузки на пивное сусло и повышение стойкости готового пива посредством использования электрокоагуляции и ультразвука. Отмечено, что при воздействии электрическим током и ультразвуком на пивное сусло, наблюдается снижение массовой доли белка при росте количества осадка в исследуемых образцах неохмеленного пивного сусла, что подтверждает перспективность применения данных технологических приемов обработки неохмеленного пивного сусла с целью снижения белковой нагрузки в пиве.

**Ключевые слова:** пивное сусло, пиво, стойкость пива, электрокоагуляция, ультразвук

**A. A. Pushkar<sup>1</sup>, V. N. Shtepa<sup>2</sup>, V. I. Kulakouskaya<sup>1</sup>, V. V. Solovyov<sup>1</sup>**

*RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» Minsk,  
Republic of Belarus*

*Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus*

## **METHOD OF REDUCING PROTEIN LOAD ON BEER WORT BY APPLYING ELECTROCOAGULATION AND ULTRASOUND PROCESSES**

**Abstract.** Beer, like any other food product, has a limited shelf life. Depending on the processes that degrade the quality of beer, there are biological, colloidal, and taste stability of beer.

The article describes experimental work aimed at reducing the protein load on beer wort and increasing the resistance of finished beer through the use of electrocoagulation and ultrasound. It is noted that when exposed to electric current and ultrasound on beer wort, there is a decrease in the mass fraction of protein with an increase in the amount of sediment in the studied samples of unshopped beer wort, which confirms the prospects of using these technological methods for processing unshopped beer wort in order to reduce the protein load in beer.

**Keywords:** beer must, beer, beer resistance, electrocoagulation, ultrasound

**Введение.** Пиво представляет собой сложную коллоидную систему. Коллоидные частицы, которые являются причиной появления мути пива, растворены в нем и имеют разные размеры — от 0,01 до 3 и более мкм. Появление осадков во время хранения пива связано с укрупнением размеров частиц в результате их соединения, конденсации (окисления) и полимеризации. Кроме того, вследствие дегидратации некоторых коллоидных соединений увеличивается их заряд и происходит взаимодействие частиц, несущих разный заряд, в результате чего образуется муть. Коллоидная стабильность пива зависит от множества факторов. Состав пива определяется химическим составом используемого сырья: солодом, несоложенными материалами, хмелем и водой [1, 2]. Также одним из основополагающих факторов коллоидной стабильности пива является строгое и отлаженное ведение технологического процесса производства пива [3].

В настоящее время учеными и специалистами пивоваренной отрасли ведутся детальные работы в области исследований способов повышения стойкости пива в процессе хранения. Так, авторами

Д.А. Царевой, Г.А. Ермолаевой, Н.М. Елисеевым предложены различные способы повышения стабилизации пива, в частности использование препаратов на основе танина [4–10], Сотников В.А. для повышения биологической стойкости пива рекомендует применение препарата «Бетасепт» [11]. Можарова Я.Р. предложила для повышения коллоидной стабильности пива использовать ферментные препараты протеолитического действия [12, 13].

Автором Ивановым А.А. запатентован способ стабилизации пива посредством применения источников магнитных сил с чередующейся полярностью напряженности магнитного поля [14]. Факторы, влияющие на физико-химическую стойкость пива, механизм возникновения «холодного» помутнения пива и влияния полифенолов и белков на этот процесс проанализированы в работе Паньковского Г.А. [15].

Представляет интерес способ стабилизации, разработанный Пермяковой Л.В. [16], согласно которому предложено вводить в пиво сорбент, в качестве которого используют углеродсодержащее волокно, полученное пиролизом вискозы. Рикваер П. для стабилизации пива предложил использовать галлотанины [17].

В настоящее время существует проблема переработки несоложенного сырья для производства пива с повышенным содержанием белка, которое в результате существенно снижает коллоидную стойкость продукта, т.к. большая концентрация белков в исходном сусле ведет к помутнению пива в процессе хранения, тем самым являясь одной из основных причин снижения качественных характеристик пива [18, 19].

В связи с этим актуальной задачей для предприятий пивоваренной отрасли является поиск энерго- и ресурсоэффективных способов снижения массовой концентрации белка в исходном сырье или полупродуктах с целью понижения его содержания в готовом целевом продукте и обеспечение повышения его стойкости в процессе хранения. Для решения поставленной задачи выдвинута гипотеза о возможности снижения белковой нагрузки на пивное сусло путем применения электрокоагуляции и ультразвука, не прибегая при этом к иным дорогостоящим способам.

Процесс электрокоагуляции в настоящее время широко применяют для очистки сточных вод, однако исследований, посвященных применению данного способа в пищевой промышленности, недостаточно.

Электрокоагуляция — один из наиболее простых методов очистки сточных вод от дисперсных примесей и ионов тяжелых металлов [20]. Во время электролиза на металлических электродах происходят процессы окисления и восстановления составных компонентов электролитов. При использовании растворимых электродов (алюминиевых, железных и др.) процесс представляет собой комплекс электрохимических реакций. Быстрота их протекания зависит от величины электрического потенциала на линии раздела фаз раствор — металл, биохимического состава воды, условий диффузии продуктов электролиза в водном растворе. Электричество передается всеми ионами, находящимися в воде, заряженными взвешенными частицами и коллоидами. Но из-за небольшой подвижности частичек примесей главными переносчиками электричества являются катионы  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ , анионы  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$  и ионы  $H^+$  и  $OH^-$ , которые постоянно содержатся в воде [21, 22].

Научно-исследовательские работы, посвященные использованию электрокоагуляции для очистки различных водных растворов вели такие специалисты, как В.Н. Штепа [23], С.С. Кругликов [24], К.Ю. Лыскова [25, 26], А.Н. Хрипунова [27], Е.С. Мельник [28], Е.А. Магдыч [29], В.В. Жилинский [30].

**Цель представленного исследования** — проведение экспериментальных работ по снижению белковой нагрузки на пивное сусло путем применения электрокоагуляции и ультразвука.

**Методы исследований.** Экспериментальные работы по снижению белковой нагрузки на пивное сусло осуществлены на базе ООО «Технопарк Полесье» с использованием лабораторных установок для проведения процесса электрокоагуляции и обработки ультразвуком.

Для исследований использовали неохмеленное пивное сусло со следующими физико-химическими показателями: массовая доля сухих веществ — 21 %, pH — 5,4.

В ходе эксперимента изучено 7 режимов обработки неохмеленного пивного сусла (табл. 1).

В табл. 1 отображены режимы обработки неохмеленного пивного сусла посредством электрокоагуляции с разным временем протекания процесса, а также с дополнительным воздействием ультразвука или без него. Все исследуемые образцы обрабатывались при напряжении равном 48 В. В ходе экспериментальных работ давление, образующееся вследствие комплекса различных электрохимических процессов в образцах 3–5, не сбрасывалось, а поддерживалось на уровне 0,1–0,3 атм.

Силу тока и температуру фиксировали на момент окончания электрокоагуляции. В ходе процесса электрокоагуляции наблюдалось увеличение силы тока с 18 до 24 А и повышение температуры с 35 до 55 °С с выделением газов. Блоки для электролизной и ультразвуковой обработки растворов представлены на рис. 1.

Таблица 1. Режимы обработки неохмеленного пивного сусла  
Table 1. Treatment modes of unsheltered beer wort

| Шифр образца                 | Режимы обработки неохмеленного пивного сусла |              |               |                | Примененные способы обработки и их последовательность |                        |                    |
|------------------------------|--|--------------|---------------|----------------|---|------------------------|--------------------|
|                              | Т, °С  | сила тока, А | напряжение, В | давление, атм. | 1-й этап обработки                                    | 2-ой этап обработки    | 3-й этап обработки |
|                              |  |              |               |                | ультразвук, мин                                       | электрокоагуляция, мин | ультразвук, мин    |
| 0<br>(контрольный образец)   | –  | –            | –             | –              | –   | –                      | –                  |
| 1<br>(ЭК1,0)                 | 30   | 21,5         | 48,0          | –              | –   | 1,0                    | –                  |
| 2<br>(ЭК2,5)                 | 45   | 22,0         | 48,0          | –              | –   | 2,5                    | –                  |
| 3<br>(Д/ЭК1,0)               | 50   | 24,0         | 48,0          | 0,1 – 0,2      | –   | 1,5                    | –                  |
| 4<br>(Д/ЭК2,5)               | 55   | 21,0         | 48,0          | 0,1 - 0,3      | –   | 2,5                    | –                  |
| 5<br>(Д/УЗ1,0/<br>ЭК2,5)     | 55   | 21,0         | 48,0          | 0,1 – 0,3      | 1,0   | 2,5                    | –                  |
| 6<br>(УЗ1,0/ ЭК2,5)          | 55   | 18,0         | 48,0          | –              | 1,0   | 2,5                    | –                  |
| 7<br>(УЗ1,0/ЭК2,5/<br>УЗ1,0) | 55   | 21,0         | 48,0          | –              | 1,0   | 2,5                    | 1,0                |

Примечания:

1. ЭК — электрокоагуляция;
2. Д — давление в установке в результате электрокоагуляции;
3. УЗ — ультразвук

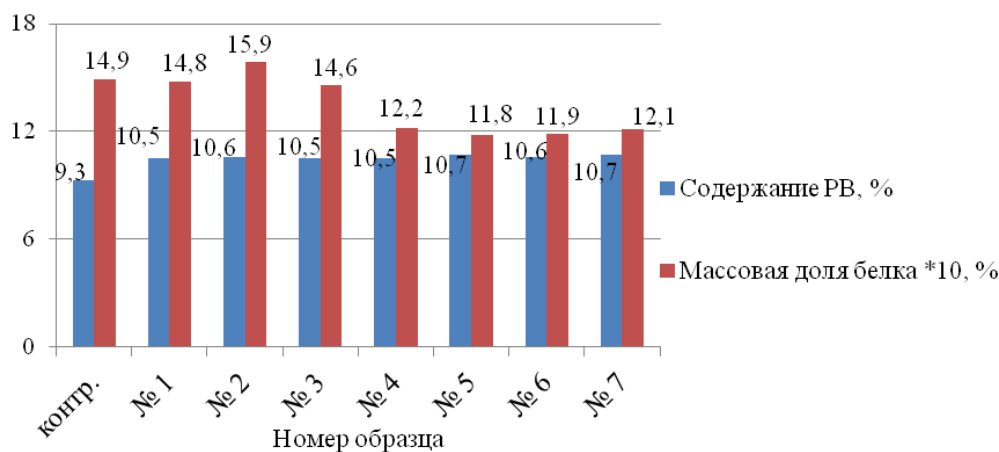


Рис. 1. Внешний вид лабораторного оборудования для обработки пивного сусла  
Fig. 1. Appearance of laboratory equipment for processing of beer wort

Ультразвуковую обработку вели с частотой 35 кГц и мощность 50 Вт в течение 1 минуты.

Полученные образцы обработанного неохмеленного пивного сусла исследованы по следующим показателям: массовая доля белка, содержание редуцирующих веществ, массовая концентрация углеводов, массовая доля макро- и микроэлементов.

**Результаты и их обсуждение.** В ходе исследования содержания в обработанном неохмеленном пивном сусле содержания массовой доли белка, редуцирующих веществ, массовой концентрации углеводов, массовой доли макро- и микроэлементов получены результаты, которые представлены в виде графиков.

На рис. 2 представлен график изменения содержания редуцирующих веществ и массовой доли белка в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла.

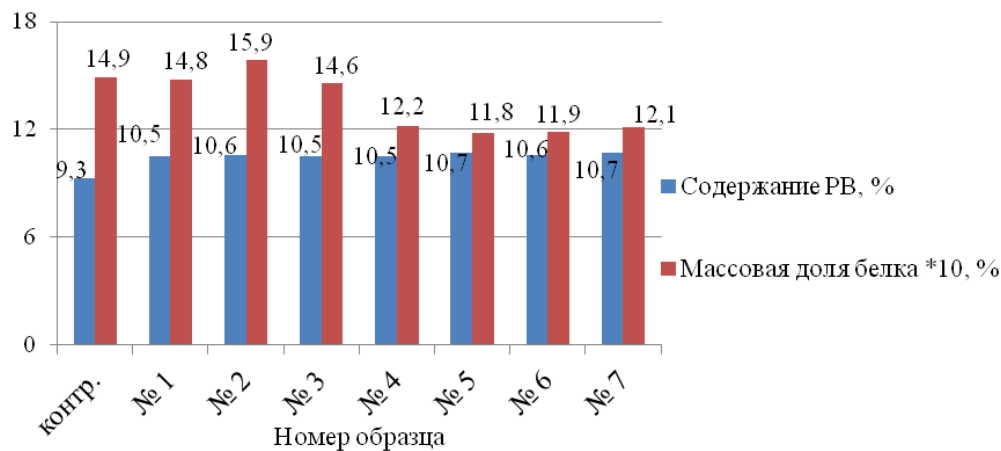


Рис. 2. Изменение содержания редуцирующих веществ и массовой доли белка в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла

Fig. 2. Changes in the content of reducing substances and the mass fraction of protein depending on the processing modes of non-hopped filtered beer wort

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшее снижение концентрации белков в пивном сусле зафиксировано в образцах № 4–7, в которых была применена электрокоагуляция в течение 2,5 мин, а также дополнительная обработка ультразвуком в течение 1 минуты.

Снижение массовой доли белка в образцах № 4, № 6, № 7 составило в среднем 18 — 19 %. Максимальное снижение массовой доли белка зафиксировано в образце № 5, который при давлении 0,1 — 0,3 атм. подвергался обработке электрическим воздействием в течение 2,5 минут и дополнительным ультразвуковым воздействием в течение 1 минуты. По сравнению с контрольным образцом массовая доля белка в данном образце снизилась на 20 %, с 1,49 до 1,18.

Результаты применения в образцах № 5 и № 6 ультразвукового воздействия в течение 1 мин свидетельствуют о позитивном воздействии ультразвука на протекание процесса электрокоагуляции. Дополнительная обработка ультразвуком в образце № 7 после электрокоагуляции привела к росту растворимого белка в сусле, что свидетельствует о нецелесообразном применении ультразвука после электрокоагуляции.

Необходимо также подчеркнуть, что снижение массовой доли белка прямо пропорционально росту количества осадка в исследуемых образцах неохмеленного пивного сусла. Увеличение осадка может быть вызвано коагуляцией белка и других элементов и веществ под действием примененных способов обработки.

При обработке неохмеленного пивного сусла содержание редуцирующих веществ в пивном сусле возрастало от 12,9 до 15,0 % по сравнению с контрольным образцом. Также были проведены исследования по определению массовой концентрации углеводов (моно- и дисахаридов: фруктозы, глюкозы, сахарозы, мальтозы). Установлено, что применение электрокоагуляции и ультразвука для обработки неохмеленного пивного сусла приводит к снижению массовой концентрации углеводов в диапазоне от 1,3 % до 8 %.

Отмечена прямая зависимость роста массовой доли макро- и микроэлементного состава обработанного неохмеленного пивного сусла (фосфора, железа, меди, цинка). График изменения содержания массовой доли железа, натрия, кальция в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла представлен на рис. 3.

Проанализировав данные рис. 3, можно сделать вывод о том, что при использовании вышеуказанных режимов обработки наблюдается увеличение массовой доли железа во всех исследуемых образцах в 5–10 раз с 2,3 мг/дм<sup>3</sup> до 31 мг/дм<sup>3</sup> по сравнению с контрольным образцом. Отмечен также рост массовой доли натрия в образцах № 1, № 2, № 4 — № 7. В образце № 3 массовая доля натрия не изменилась.

При проведении процесса электрокоагуляции при избыточном давлении 0,1 — 0,3 атм., без использования ультразвука в образцах № 1 — № 4 массовая доля кальция возрастает. Исключение составляют образцы № 5 — № 7, подвергнутые электрокоагуляции в течение 2,5 минут и дополнительной обработке ультразвуком в течение 1 минуты, массовая доля кальция в образцах № 5 — № 7

снижается на 1,7–12,7 % по сравнению с контрольным образцом, т.к. под воздействием ультразвука соли кальция в неохмеленном пивном сусле переходят в нерастворимое состояние.

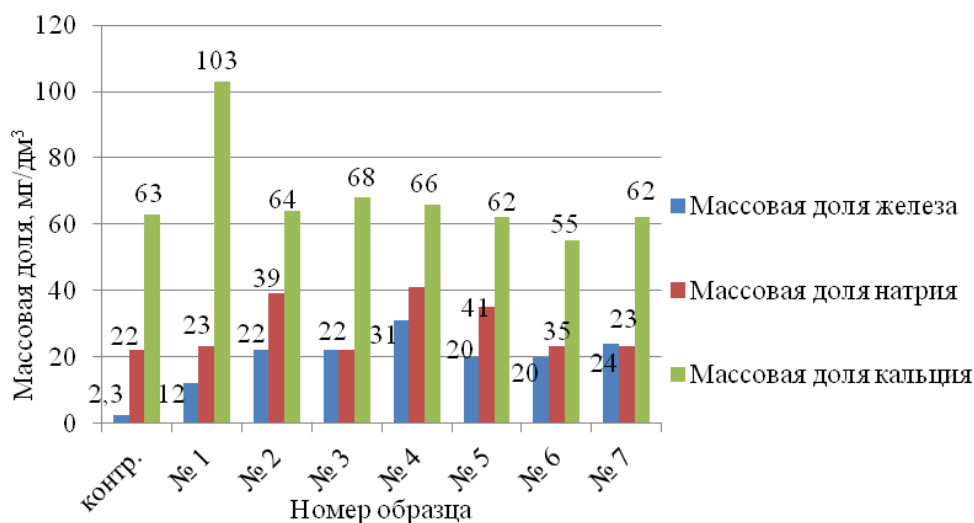


Рис. 3. График изменения содержания массовой доли железа, натрия, кальция в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла  
 Fig. 3. Graph of changes in the content of the mass fraction of iron, sodium, and calcium, depending on the processing modes of non-hopped filtered beer wort

Скачок значения массовой доли кальция в образце № 1 может иметь место в виду того, что на лабораторной установке в этот момент проходились пусковые экспериментальные работы с использованием данного образца.

При проведении процесса электрокоагуляции параллельно идет процесс отделения органических соединений под действием электрического тока и ультразвука. При этом происходит электрохимическое растворение металлических анодов (железа) в соответствии с уравнением:



где M — символ металла; n — его валентность.

Суть протекающих при этом реакций заключается в следующем: при протекании постоянного электрического тока железная стружка подвергается электролитическому растворению с образованием ионов Fe (II). Двухвалентное железо в дальнейшем окисляется с образованием коагулянта, который, в свою очередь, соединяется с частицами пивного сусла, а затем такие комплексы осаждаются (или фильтруются).

При этом электролиз обеспечивает образование ряда окислителей органических соединений: кислорода O<sub>2</sub>, озона O<sub>3</sub>, перекиси водорода H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, иона гипохлорита OCl<sup>-</sup>. Также появление при электролизе воды OH-радикалов, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и O<sub>3</sub> приводит к образованию других сильных окислителей, таких как O<sub>3</sub>I, O<sub>2</sub>I, OI, HO<sub>2</sub>, HO<sub>3</sub>, HO<sub>4</sub>.

Ультразвук, в свою очередь, интенсифицирует (ускоряет) процессы и повышает эффективность электрокоагуляционного снижения белковой нагрузки на пивное сусло.

Соединения фосфора являются составной частью неохмеленного пивного сусла, которые при электрокоагуляции высвобождаются в виде фосфорного азота и переходят из связанной формы в несвязанную, тем самым увеличивая массовую долю фосфора в пивном сусле. График изменения содержания массовой доли магния, фосфора, калия в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла представлен на рис. 4.

Проанализировав данные рис. 4, можно сделать вывод о том, что при использовании режимов обработки, представленных в табл. 1, увеличение массовой доли магния наблюдается в образцах № 4, № 5, № 7 при обработке неохмеленного пивного сусла под давлением 0,1–0,3 атм., минимальное время электрокоагуляции — 1,5 минуты, обработки ультразвуком — 1 минута, в среднем на 10 %. Снижение массовой доли магния наблюдается в образцах № 1, № 2, № 3, № 6 в диапазоне от 5 до 14 %.

Отмечено снижение массовой доли калия в образце № 1 и № 2 на 4,7 % и 7,5 % соответственно; увеличение массовой доли калия в образцах: № 3 - № 5, № 7 с 3,8 % до 13,9 %. Максимальное увели-

чение массовой доли калия отмечено в образцах № 3, № 4. Данные образцы подвергались электрокоагуляции в течение 1–2,5 мин при давлении 0,1–0,3 атм. В образце № 6 массовая доля калия не изменилась.

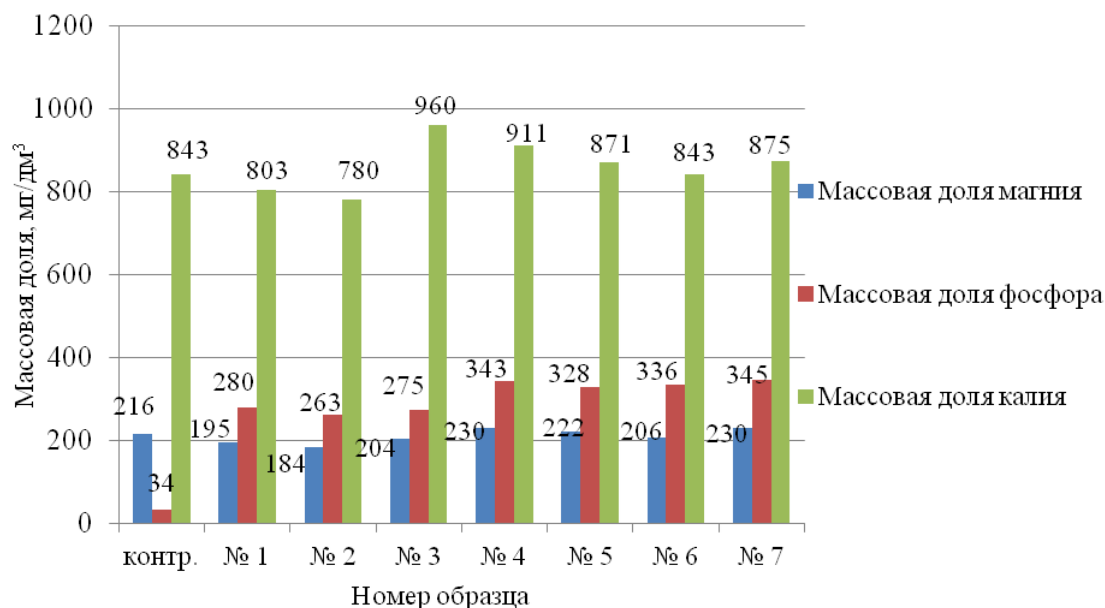


Рис. 4. График изменения содержания массовой доли магния, фосфора, калия в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла

Fig. 4. Graph of changes in the content of the mass fraction of magnesium, phosphorus, and potassium, depending on the processing modes of non-hopped filtered beer wort

Рост массовой доли фосфора наблюдался во всех исследуемых образцах по сравнению с контрольным образцом в 7–10 раз с 34 мг/дм³ до 345 мг/дм³.

График изменения массовой доли меди и цинка в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла представлен на рис. 5.

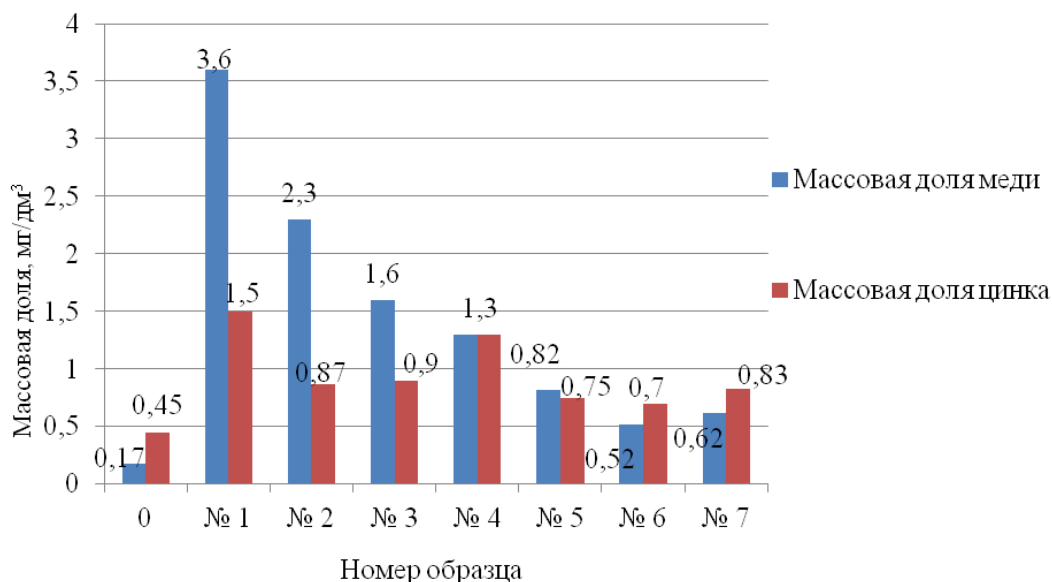


Рис. 5. График изменения содержания массовой доли меди и цинка в зависимости от режимов обработки неохмеленного фильтрованного пивного сусла

Fig. 5. Graph of changes in the content of the mass fraction of copper and zinc depending on the processing modes of non-hopped filtered beer wort

Анализ данных рис. 5 показывает, что при обработке неохмеленного пивного сусла массовая доля меди увеличилась во всех исследуемых образцах в 3–20 раз (с 0,17 мг/дм<sup>3</sup> до 3,6 мг/дм<sup>3</sup>); массовая концентрация цинка увеличилась в 2–3 раза (с 0,45 мг/дм<sup>3</sup> до 1,5 мг/дм<sup>3</sup>).

Увеличение массовой доли железа, цинка, меди в обработанных образцах объясняется конструктивной особенностью лабораторной установки.

Полученные результаты требуют решения по снижению перехода соединений металлов в сусло. Такой переход вызван высоким содержанием органических примесей в пивном сусле, которые вместе с железом (коагулянт) образуют окрашенные комплексы коричневого цвета.

Устранение описанного технологического недостатка может быть осуществлено, например, с помощью конструктивной комбинации металлических электродов с их инертными аналогами из мелкозернистого графита.

**Закключение.** Впервые для снижения белковой нагрузки в пивном сусле был применен процесс электрокоагуляции, направленный на повышение стойкости пива в процессе хранения. При использовании электрокоагуляции наблюдается снижение массовой доли белка в диапазоне от 18 до 20 % по сравнению с контрольным образцом неохмеленного фильтрованного сусла. При дополнительной обработке ультразвуком в течение 1 мин. максимальное снижение массовой доли белка зафиксировано в образце № 5, по сравнению с контрольным образцом массовая доля белка в данном образце снизилась на 20 % (с 1,49 до 1,18). Результат применения дополнительного ультразвукового воздействия в течение 1 мин свидетельствует о позитивном воздействии ультразвука на протекание процесса электрокоагуляции.

При использовании всех исследуемых режимов обработки неохмеленного пивного сусла массовая концентрация углеводов снижается на 1,3–8 %, содержание редуцирующих веществ в пивном сусле возрастает на 12,9–15,0 % по сравнению с контрольным образцом.

При проведении процесса электрокоагуляции наблюдается увеличение массовой доли фосфора, железа, меди, цинка во всех исследуемых образцах. Значительный рост массовой доли фосфора в 7–10 раз, вероятно, объясняется переходом соединений фосфора из связанной формы в несвязанную. Увеличение массовой доли железа в 5–10 раз (с 2,3 мг/дм<sup>3</sup> до 31 мг/дм<sup>3</sup>), цинка в 2–3 раза (с 0,45 мг/дм<sup>3</sup> до 1,5 мг/дм<sup>3</sup>), меди в 3–20 раз (с 0,17 мг/дм<sup>3</sup> до 3,6 мг/дм<sup>3</sup>) в обработанных образцах происходит за счет миграции данных элементов из лабораторной установки, что говорит о необходимости усовершенствования конструкции лабораторной установки и проведения дальнейших экспериментальных исследований в данном направлении.

На основании вышеизложенного можно считать, что применение электрокоагуляции для снижения белковой нагрузки на пивное сусло потенциально может способствовать увеличению стойкости пива в процессе хранения. При этом одним из перспективных направлений является изучение процессов сбраживания пивного сусла со сниженным содержанием белка и оценкой протекания процесса сбраживания, а также изучение органолептических характеристик готового пива и контроля стойкости пива в процессе хранения.

#### Список использованных источников

1. Меледина, Т.В. Коллоидная стойкость пива / Т.В. Меледина, А.Т. Дедегкаев: Учеб. пособие. — СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. — 90 с.
2. Бемфорт, Ч. перевод с англ. Боровикова Е.С., Горожанкина И.С. Новое в пивоварении / Ч. Бемфорт, перевод с англ. Е.С. Боровикова, И.С. Горожанкина. — СПб: Издательство «Профессия», 2007. — 519 с.
3. Семакин, Д.И. Анализ и оценка влияния параметров технологического процесса производства пива на его качество и стойкость: дис... канд. техн. наук: 05.18.15 / Д.И. Семакин. М., 2011. — 135 с.
4. Кругликов, С.С. Локальная электрохимическая очистка промывных вод гальванотехники от ионов тяжелых металлов в щелочном диафрагменном электрокоагуляторе с нерастворимым анодом // С.С. Кругликов, Д.Ю. Тураев, А.А. Бородулин // Гальванотехника и обработка поверхностей. — 2004. — № 4. — С. 35.
5. Царева, Д.А. Повышение коллоидной стойкости пива / Д.А. Царева, Д.В. Карпенко, Е.В. Карпенко, Е.В. Казьмина // Пиво и напитки. — 2005. — № 5. — С. 26–27.
6. Ермолаева, Г.А. Справочник лаборатории пивоваренного производства / Г.А. Ермолаева. — СПб.: Изд-во Профессия. — 2004. — 535 с.
7. Ермолаева, Г.А. Основные процессы пивоварения. Повышение стойкости пива / Г.А. Ермолаева. // Пиво и напитки. — 2005. — № 5. — С. 26–27.
8. Чулкова, Ю.Н. Способ повышения биологической стойкости пива с использованием стабилизатора «Униконс — Дельта» / Ю.Н. Чулкова, А.В. Степанов // Пиво и напитки. — 2000. — № 1. — С. 31–33.

9. Емельянова, Л.К. Повышение биологической стойкости пива / Л.К. Емельянова, Н.М. Елисе-ев // Пиво и напитки. — 2015. — № 6. — С. 28–29.
10. Ермолаева, Г.А. Повышение стойкости пива / Г.А. Ермолаева // Пиво и напитки. — 2016. — № 3. — С. 10–11.
11. Сотников, А.В. Антисептирующий препарат «Бетасепт» в производстве пива и кваса / А.В. Со-тников, Р.Р. Гадиев // Пиво и напитки. — 2013. — № 5. — С. 52–55.
12. Можарова, Я.Р. Методы повышения коллоидной стабильности и стойкости вкуса пива / Я.Р. Можарова, Е.А. Бетева // Научный журнал «COLLOQUIUM-JOURNAL». — 2019. — С. 37–38.
13. Сиюхов, Х.Р. Исследование повышения белково-коллоидной стойкости пива с использованием иммобилизованных ферментных препаратов / Х.Р. Сиюхов, О.В. Мариненко, А.Р. Цей, А.М. Гемба // Пиво и напитки. — 2001. — № 3. — С. 14–17.
14. Способ стабилизации пива: пат. SU 1565879 A1 / А.А. Иванов, А.В. Штепа, А.А. Галиулин, А.П. Колпакч, В.А. Русаков, В.С. Исаева, Д.М. Печенина. — Оpubл. 23.05.1990
15. Паньковский, Г.А. Способы повышения стабильности органолептических и физико-химических показателей пива / Г.А. Паньковский // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Рефе-ративный журнал. — 2000. — № 2. — 505 с.
16. Способ стабилизации пива: пат. на изобретение RU 2527072 C1 / Л.В. Пермякова, С.И. Хорун-жина. — Оpubл. — 27.08.2014.
17. Риквер П. Галлотанины. Будущее в стабилизации пива / П. Риквер, Дегрут Б., О. Таваринер // Пиво и напитки. — 2010. — № 3. — С. 26–31.
18. Помозова, В.А. Оценка влияния технологических факторов и способов обработки на стой-кость пива / В.А. Помозова, И.Ю.Сергеева, Д.И. Семакин // Пиво и напитки. — 2012. — № 1. — С. 10–2.
19. Дедегкаев, А.Т. Пути повышения коллоидной стойкости пива с высоким содержанием декстри-нов / А.Т. Дедегкаев // Научный вестник. — 2001. — № 2. — С. 113–118.
20. Филипчук, В.Л. Очищення багатокomпонентних металомішуючих стічних вод промислових підприємств // Л.В Филипчук, М.И. Донченко, О.Г. Срибная // Рівне: УДУВГП, 2004. — 232 с.
21. Что такое электрокоагуляция воды [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://diesel.ru/article/chto-takoe-elektrokoagulyatsiya-vody>. — Дата доступа: 07.10.2020.
22. Электрокоагуляция воды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://megafilter.ru/wiki/?article=elektrokoagulyatsiya-vody>. — Дата доступа: 07.10.2020.
23. Штепа, В.Н. Очистка растворов от дисперсных примесей методом электрокоагуляции / В.Н. Штепа, М.И. Донченко, О.Г. Срибная. — Рівне: УДУВГП, 2005. — С. 87–95.
24. Кругликов, С.С. Локальная электрохимическая очистка промывных вод гальванотехники от ионов тяжелых металлов в щелевом диафрагменном электрокоагуляторе с нерастворимым ано-дом / С.С. Кругликов, Д.Ю. Тураев, А.А. Бородулин // Гальванотехника и обработка поверхнос-ти. — 2004. — № 4. — С. 35.
25. Лыскова, К.Ю. Применение безреагентной электрокоагуляции для повышения надежности сис-тем подготовки питьевой воды / К.Ю. Лыскова // Сборник материалов IX Международной на-учно-практической конференции «Научно-технический прогресс: Актуальные и перспективные направления будущего»: сб.ст. — Кемерово: Издательство ООО «Западно-Сибирский научный центр», 2018. — С. 187–189.
26. Лыскова, К.Ю. Разработка и исследование безреагентной электрокоагуляции / К.Ю. Лыскова // Сборник материалов III Международной научно-практической очной конференции «Роль тех-нических наук в развитии общества». — Кемерово: Издательство: ООО «Западно-Сибирский научный центр», 2018. — С. 129–130.
27. Хрипунова, О.С. Комбинированный метод с использованием реагентной и электрокоагуляции для очистки сточных вод производства водно-дисперсионных лакокрасочных материалов / О.С. Хрипунова, Ю.Э. Зевацкий, И.В. Кочуров // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2017. — № 3. — С. 62–69.
28. Мельник, Е.С. Оптимизация процессов электрокоагуляции сточных вод гальванического про-изводства / Е.С. Мельник, Л.Д. Пляцук // Вісник Сумського державного університету. Серія технічні науки. — 2009. — № 1. С. 200–204.
29. Магдыч, Е.А. Экспериментальная оценка метода электрокоагуляции для очистки воды / Е.А. Магдыч, С.А. Федорова // Сборник статей международной научно-практической конфе-ренции: в 4 частях. «Инновационные механизмы решения проблем научного развития». — М.: Издательство ООО «ОМЕГА САЙНС», 2016. — С. 71–73.
30. Жилинский, В.В. Электрохимическая очистка сточных вод и водоподготовка Конспект лекций / В.В. Жилинский. — Минск: УО «Белорусский государственный технологический университет», 2013. — 191 с.



## References

1. Meledina, T. V. Colloidal resistance of beer / T. V. Meledina, A. T. Dedegkaev: Textbook. — St. Petersburg: ITMO National research University; Ihibt. — 2014. — 90 p.
2. Bimport, H. Translated from eng. Borovikova E. S., Gorozhankina I. S. New in brewing / CH. Bemfort, translated from English by E. S. Borovikova, I. S. Gorozhankina. - Saint-Petersburg: Publishing House «Profession». — 2007. — 519 p.
3. Semakin, D. I. Analysis and evaluation of the influence of parameters of the technological process of beer production on its quality and durability: dis... cand. tech. science: 05.18.15 / D. I. Semakin. M., 2011. — 135 p.
4. Kruglikov, S. S. Local electrochemical purification of wash water of electroplating from ions of heavy metals in the slot diaphragm electrocoagulator with soluble anode // S. S. Kruglikov, D. Y. Turaev, A. A. Borodulin // electroplating and surface treatment. — 2004. — №. 4. — P. 35.
5. Tsareva, D. A. Increase of durability of colloidal beer / D. A. Tsarev, D. V. Karpenko, E. V. Karpenko, E. V. Kazmina // Beer and beverages . — 2005. — №. 5. — P. 26 — 27.
6. Ermolaeva, G. A. Handbook of the laboratory of brewing production / G. A. Ermolaeva. — SPb. : publishing house Profession. — 2004. — 535 p.
7. Ermolaeva, G. A., The Main processes of brewing. Improving the stability of beer / G. A. Ermolaeva. // Beer and drinks . — 2005. — №. 5. — P. 26–27.
8. Chulkova, Yu. N. A method for increasing the biological resistance of beer using the Unikons — Delta stabilizer / Yu. N. Chulkova, A.V. Stepanov // Beer and drinks. — 2000. — № 1. — P. 31 — 33.
9. Emelyanova, L. K., Increase of biological resistance of beer / L. K. Emelyanova, N. M. Eliseev // Beer and drinks. 2015. — № 6. — P. 28 — 29.
10. Ermolaeva, G. A. Increasing the stability of beer / G. A. Ermolaeva // Beer and drinks. — 2016. — № 3. — P. 10 — 11.
11. Sotnikov, A.V. Antiseptic drug «Betasept» in the production of beer and kvass / A.V. Sotnikov, Gadiev R. R. // Beer and drinks. — 2013 — № 5. — P. 52 — 55.
12. Mozharova, Ya. R. Methods for increasing colloid stability and stability of beer taste / Ya. R. Mozharova, E. A. Beteva // Scientific journal «COLLOQUIUM-JOURNAL». — 2019. — P. 37 — 38.
13. Siyukhov, H. R. Study of increasing the protein-colloid resistance of beer using immobilized enzyme preparations / H. R. Siyukhov, O. V. Marinenko, A. R. Tsey, a.m. Gemba // Beer and beverages — 2001. — № 3. — P. 14.
14. Method of beer stabilization: PAT. SU 1565879 A1 / A. A. Ivanov, A.V. Shtepa, A. A. Galiulin, A. P. Kolpakch, V. A. Rusakov, V. S. Isaeva, D. M. Pechenina. — Publ. 23.05.1990
15. Pankovsky, G. A. Ways to increase the stability of organoleptic and physico-chemical indicators of beer / G. A. Pankovsky // Food and processing industry. Abstract journal. — 2000. — № 2. — 505 C.
16. The Method of stabilization of beer: Pat. for the invention RU 2527072 C1 / L. V. Permyakova, S. I. Khorunzhina. — Publ. — 27.08.2014.
17. Rikver P. Gallotanins. The future in the stabilization of beer / Riquer P., DeGroot, B.O. Tavener // Beer and beverages . — 2010. — № 3. — P. 26 — 31.
18. Pomozova, V. A. Evaluation of the influence of technological factors and processing methods on the stability of beer / V. A. Pomozova, I. Yu. Sergeeva, D. I. Semakin // Beer and drinks. — 2012. — № 1. — P. 10–12.
19. Dedegkaev A. T. Ways to increase the colloid resistance of beer with a high dextrin content / A. T. Dedegkaev // Scientific Bulletin. — 2001. — № 2. — P. 113–118.
20. Filipchuk, V. L. P L.V. Filipchuk, M. I. Donchenko, O. G. Sribnaya // Rvne: UDUVGP. — 2004. — 232 p.
21. What is water electrocoagulation [Electronic resource]. — Access mode: <https://diasel.ru/article/chto-takoe-elektrokoagulyaciya-vody>. — Date of access 07.10.2020.
22. Electrocoagulation of water [Electronic resource]. — Access Mode <https://megafilter.ru/wiki/?article=elektrokoagulyatsiya-vody>.- Date of access 07.10.2020.
23. Shtepa, V. N. Cleaning solutions from dispersed impurities by electrocoagulation / V. N. Shtepa, M. I. Donchenko, O. G. Sribnaya. Rvne: UDUVHP, 2005. — P. 87–95.
24. Kruglikov, S. S. Local electrochemical purification of wash water of electroplating from ions of heavy metals in the slot diaphragm electrocoagulator with soluble anode / S. S. Kruglikov, D. Y. Turaev, A. A. Borodulin // electroplating and surface treatment. — 2004. — № 4. — P. 35.
25. Liskova, K. Yu. Application of nonchemical electrocoagulation to improve the reliability of systems of preparation of drinking water / K. Yu. Lyskova // Collection of materials IX International scientific and practical conference «Scientific and technical progress: Current and promising directions of the future»: collection of articles. — Kemerovo: Publishing House: OOO «West Siberian research centre». — 2018. — P. 187–189.

26. Lyskova, K. Yu. Development and research of reagent-free electrocoagulation / K. Yu. Lyskova // Collection of materials of the III International scientific and practical full-time conference «The role of technical Sciences in the development of society». — Kemerovo: Publisher OOO «West Siberian research centre». — 2018. — P. 129 — 130.
27. Khripunova, O. S. Combined method using reagent and electrocoagulation for wastewater treatment of production of water-dispersion paint and varnish materials / O. S. Khripunova, Yu. E. Zevatsky, I. V. Kochurov // Izvestiya SPbGETU «LETI». — 2017. — № 3. — P. 62 — 69.
28. Melnik, E. S. Optimization of electrocoagulation processes of waste water of galvanic production / E. S. Melnik, L. D. Plyatsuk // Visnik of the Sumy state University. Series of technical Sciences. — 2009. — № 1. — P. 200–204.
29. Magdych, E. A. Experimental evaluation of the electrocoagulation method for water purification / E. A. Magdych, S. A. Fedorova // Collection of articles of the international scientific and practical conference: in 4 parts. «Innovative mechanisms for solving problems of scientific development». — M.: publishing house: OMEGA SCIENCES LLC. — 2016. — P. 71–73.
30. Zhilinsky V. V. Electrochemical wastewater treatment and water treatment lecture notes / V. V. Zhilinsky. — Mn.: UO «Belarusian state technological University», 2013. — 191 p.

#### Информация об авторах

*Пушкарь Александр Александрович* — кандидат технических наук, начальник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: trb991@mail.ru

*Штепа Владимир Николаевич* — доктор технических наук, декан инженерного факультета Полесского государственного университета (ул. Днепровской флотилии 23, 225 710, г. Пинск, Республика Беларусь). E-mail: shns1981@gmail.com

*Кулаковская Виктория Игоревна* — аспирант, младший научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kvv88@list.ru

*Соловьев Виталий Владимирович* — главный специалист отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: solovyoffg@mail.ru

#### Information about authors

*Pushkar Alexander A.* — candidate of technical sciences, head of the Department of technologies for alcoholic and non-alcoholic products, RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: trb991@mail.ru

*Shtepa Vladimir N.* — doctor of engineering, dean of the Faculty of Engineering Polesky State University (23 Dnieper Flotilla str., 225 710, Pinsk, Republic of Belarus). E-mail: shns1981@gmail.com

*Kulakovskaya Victoria I.* — post-graduate student, Junior researcher of the Department of technologies of alcoholic and non-alcoholic products, RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kvv88@list.ru

*Solovyov Vitaly V.* — chief specialist of the Department of technologies of alcoholic and non-alcoholic products, RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: solovyoffg@mail.ru