

УДК 663.8:633.525.2

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СБРАЖИВАНИЯ НАСТОЯ ИЗ ЛИСТЬЕВ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ЕГО РЕДОКС-ПОТЕНЦИАЛА

*О. В. Крукович, С. Л. Масанский*

*Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, Республика Беларусь*

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Актуальным является повышение управляемости технологическим процессом получения сброженных напитков и квасов заданного качества в силу его сложности и нестабильности, что определило цель работы. Научная задача – обоснование использования для управления показателя редокс-потенциала на примере сбраживания настоя листьев крапивы двудомной.

**Материалы и методы.** Из свежих листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) моделировали экспериментальные водные настои для напитков с добавлением сахарного сиропа, которые затем подвергали брожению с использованием дрожжей «Саф-Момент» либо «Саф-Левюр» в термостате при температуре 28 °С до снижения содержания сухих веществ 1,0–1,5 % масс.

**Результаты.** Установлены зависимости показателя редокс-потенциала сброживаемого настоя от технологических факторов. На основании четырехгодичного цикла проведения эксперимента (n=61) установлена закономерность формирования сброженных настоев из свежих листьев крапивы, характеризующихся глубоким отрицательным значением редокс-потенциала (на уровне минус 431 мВ). В рамках управления процессом сбраживания на основе принципов современных систем менеджмента качества был выявлен и проанализирован риск снижения заявленного антиоксидантного эффекта при производстве сброженного напитка по показателю редокс-потенциала (4 критические контрольные точки).

**Выводы.** Редокс-потенциал, как показатель антиоксидантной эффективности напитков функционального назначения, может являться параметром управления технологическим процессом брожения взамен части контролируемых показателей (кислотность, содержание сухих веществ). Предлагаемый подход позволяет повысить управляемость процессом брожения и расширить принцип конструирования технологии готового продукта с заданными характеристиками его качества.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *управление; редокс-потенциал; крапива двудомная; брожение, антиоксидантная эффективность; сброженные напитки; квас.*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Крукович, О. В. Управление процессом сбраживания настоя из листьев крапивы двудомной по показателю его редокс-потенциала / О. В. Крукович, С. Л. Масанский // Вестник МГУП. – 2021. – № 1(30). – С. 20–30.

## CONTROL OF THE FERMENTATION PROCESS OF STINGING NETTLE LEAVES INFUSION IN TERMS ITS REDOX POTENTIAL INDEX

*O. V. Krukovich, S. L. Masansky*

*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Republic of Belarus*

### ABSTRACT

**Introduction.** An increase in the controllability of the technological process for obtaining fermented drinks and kvass of specified quality due to its complexity and instability determined the purpose of the work. The scientific task is to substantiate the use of the redox potential indicator by fermenting stinging nettle leaves infusion.

**Materials and methods.** Study water infusions for beverages with sugar syrup added were made from fresh leaves of stinging nettle (*Urtica dioica* L.). Then they were fermented with Saf-Moment or Saf-Levyur yeast in the thermostat at 28 °С until dry matter content was reduced to 1,0–1,5 % wt.

**Results.** The dependence of the redox potential indicator of the fermented infusion on technological factors was revealed. As a result of a four-year cycle of the experimental studies (n = 61) the regularity of the for-

mation of fermented infusions from fresh nettle leaves that are characterized by a low negative value of redox potential (at a level of minus 431 mV) was established. As part of controlling the fermentation process on the basis of principles of modern quality management systems there was identified and analyzed the risk of reducing the claimed antioxidant effect during the production of a fermented drink in terms of the redox potential (4 critical control points).

**Conclusions.** Redox potential, as an indicator of the antioxidant efficiency of functional drinks, can be a parameter to manage the technological process of fermentation instead of some of the controlled indicators (acidity, dry matter content). The proposed approach makes it possible to increase the controllability of the fermentation process and expand the principle of designing the technology for the end product with specified quality characteristics.

**KEY WORDS:** *control; redox potential; stinging nettle; fermentation, antioxidant effectiveness; fermented drinks; kvass.*

**FOR CITATION:** Krukovich O.V., Masansky S. L. Control of the fermentation process of stinging nettle leaves infusion in terms its redox potential index. Bulletin of Mogilev State University of Food Technologies. – 2021. – №. 1(30). – P. 20–30 (in Russian).

## ВВЕДЕНИЕ

Напитки являются наиболее удобной технологической и потребительской формой применения БАВ растительного сырья и жидкостей с отрицательным значением редокс-потенциала в питании.

В условиях роста интереса потребителей к национальным напиткам (квасу, морсам, сбитню), а также натуральным напиткам на основе местного растительного сырья в комбинации с другими компонентами (лимон и мята, например) и популяризации концепции здорового питания актуально производство натуральных ферментированных напитков на растительной основе с высокой биологической ценностью [1–3].

Современный ассортимент сброженных напитков и квасов формируется в результате применения технологий ферментации овощных, фруктовых соков и их купажей [4–6], молочной сыворотки [7, 8], суслу на основе байхового чая [9], лекарственного растительного сырья [10–12], злаковых культур, а также суслу, ферментированного поликультурами рисового и чайного грибов [13–15].

Брожение (ферментация) является одним из главных биохимических процессов, определяющих органолептические достоинства, пищевую ценность и функциональную эффективность напитков. Производство ферментированных напитков неразрывно связано с протеканием окислительно-восстановительных процессов. Эти процессы обусловлены жизнедеятельностью дрожжей и молочнокислых бактерий, которые сбрасывают углеводы суслу, а также способствуют накоплению биологически активных соединений: аминокислот, витаминов, летучих ароматических веществ и т. п. [2, 15]. Таким образом, происходит формирование окислительно-восстановительной системы, в которой преобладают восстановленные формы содержащихся веществ. Соответственно ферментированные напитки на основе растительного сырья приобретают антиоксидантные свойства, сформированные за счет перехода в фитооснову напитка биоантиоксидантов и/или сдвига редокс-потенциала среды в сторону отрицательных значений.

Антиоксидантная эффективность для организма человека жидкостей с отрицательным значением редокс-потенциала (как донатора электронов и, соответственно, восстановителя клеточных мембран) показана в публикациях медицинского профиля Леонова Б. И., Резникова К. М., Брездынюк А. Д., Колесниченко П. Д., Семеновой Е. А. и др. [16–20]. По мнению Евсева А. К., величины ОВП вне диапазона, характерного для здоровых людей [минус 200–100 мВ], соответствуют нарушениям работы окислительно-восстановительной системы гомеостаза. Сдвиги величин потенциала в положительную область соответствуют преобладанию в организме окислительных процессов и сигнализируют о вероятности воз-

никновения у пациента состояния окислительного стресса [21]. Фундаментальные исследования по раскрытию механизма биологического действия воды с измененным редокс-потенциалом проводились под руководством Бахира В. М., Прилуцкого В. И., Алехина С. А., Резникова К. М., Широносова В. Г., Евсеева А. К. и др. [21–24]. Таким образом, база научных исследований, обосновывающих и подтверждающих антиоксидантный эффект жидкостей с отрицательным редокс-потенциалом, содержит достаточные фундаментальные и прикладные исследования независимых научных школ и ученых и, соответственно, может использоваться в качестве источника научной литературы в исследованиях, направленных на обоснование товароведных характеристик и технологических свойств напитков с антиоксидантным эффектом по показателю редокс-потенциала.

В [1] авторами обосновано мнение, что показатель редокс-потенциала может являться одним из идентификационных признаков напитков с антиоксидантным эффектом, а также одним из критериев отнесения напитков к функциональным и специализированным продуктам питания.

Взаимодействие антиоксидантов со свободными радикалами и активными кислородными соединениями в водных средах сопровождается передачей электрона и, следовательно, имеет электрохимическую природу. В этой ситуации доступным источником информации об антиоксидантных свойствах системы может служить потенциометрический метод измерения ОВП, характеризующийся простотой, селективностью и экспрессностью, что определяет его преимущества. Результаты определения антиоксидантной активности, полученные потенциометрическим методом, хорошо согласуются с литературными данными об антиоксидантных свойствах различных продуктов питания, полученными такими общепринятыми методами, как метод перекисного окисления липидов, хемилюминесцентный, фотометрический с использованием стабильного свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразина и др. [1].

В настоящее время установлено, что отрицательный редокс-потенциал характерен для водных настоев некоторого лекарственно-технического растительного сырья (например крапивы двудомной), свежесжатых овощных соков [1, 26]. Редокс-потенциал известных выраженных антиоксидантными свойствами напитков (чай зеленый, кофе, какао, чай мате, красное вино, фруктовые свежесжатые соки) находится в диапазоне низких положительных значений [0...85 мВ].

Известно, что настаивание с водой (по сути – ферментирование) пророщенных и измельченных злаков также позволяет снизить редокс-потенциал настоя до глубоких отрицательных значений. Показано свойство крапивы двудомной образовывать сброженные настои с глубоким отрицательным значением редокс-потенциала [25]. Таким образом, предварительные исследования показывают, редокс-потенциал может снижаться в процессе ферментации настоя растительного сырья.

Традиционная технология производства сброженных напитков сводится к контролю температурного режима, содержания сухих веществ и кислотности сусла. Продолжительность брожения для каждого напитка индивидуальна. При производстве сброженных напитков решающую роль играют процессы жизнедеятельности микроорганизмов. В современных литературных источниках представлены результаты исследований, показывающие зависимость редокс-потенциала от жизнедеятельности используемых для брожения культур микроорганизмов [27–30]. Однако эти процессы еще недостаточно изучены и представляют интересную область для исследований, в том числе в технологиях функциональных напитков с антиоксидантным эффектом, в которых основным критерием мониторинга и контроля процесса ферментации будет являться редокс-потенциал.

Таким образом, авторами выдвинута гипотеза о возможности мониторинга и контроля процесса брожения по критерию редокс-потенциала сусла с целью более эффективного производства сброженных напитков с антиоксидантным эффектом. Исследования будут представлены на примере ферментации настоя из листьев крапивы двудомной.

Цель работы – повышение управляемости технологическим процессом получения безал-

когольных напитков брожения с заданными показателями качества.

Научная задача – обоснование показателя редокс-потенциала как технологического параметра для управления процессом брожения для получения напитков с антиоксидантным эффектом из листьев крапивы двудомной.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным сырьевым ресурсом в работе являлись листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.). Заготовку листьев крапивы осуществляли во время бутонизации и цветения в светлое время суток при хорошей солнечной погоде, т. к. мокрые растения могут плесневеть, темнеть и терять свои полезные свойства. Свежие листья крапивы хранили в холодильнике при температуре 4–6 °С не более 7 суток.

Из свежих листьев крапивы моделировали экспериментальные водные настои для напитков с добавлением сахарного сиропа, которые затем подвергали брожению с использованием дрожжей «Саф-Момент» либо «Саф-Левюр» в термостате при температуре 28 °С до снижения содержания сухих веществ 1,0–1,5 % масс.

Показатель редокс-потенциала измеряли на иономере лабораторном рХ–150МП с использованием платинового электрода относительно хлорсеребряного электрода сравнения.

Определение массовой доли сухих веществ проводили в соответствии ГОСТ 6687.2.

Определение pH – по ГОСТ 26188.

Органолептические показатели сброженных настоев – внешний вид, цвет, вкус, запах – определяли по ГОСТ 6687.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Управление любым процессом, в том числе процессом брожения, включают следующие действия: анализ характеристик процесса, измерение характеристик процесса, реализацию корректирующих действий для стабилизации процесса. Основными факторами, влияющими на процесс брожения, являются:

1 – концентрация основных компонентов и массовая доля сухих веществ в исходном сусле (%);

2 – вид закваски и ее дозировка (г);

3 – температура брожения (°С).

Обоснуем данные параметры для модельного эксперимента.

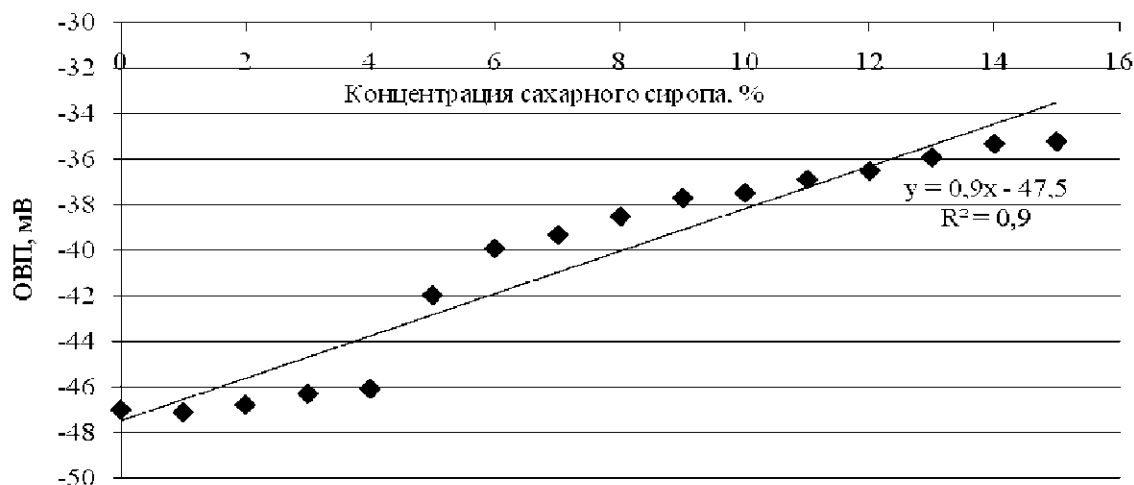
На предварительном этапе экспериментальным методом разработана базовая рецептура кваса из свежих листьев крапивы двудомной, компонентный состав которого включал (на 1 дм<sup>3</sup>) листья крапивы свежие (0,05 кг), сахарный сироп концентрацией 60 % (0,08 кг), дрожжи хлебопекарные, воду. Такое соотношение основных рецептурных компонентов позволило обеспечить желательные стабильные органолептические характеристики кваса – непрозрачная жидкость от светло-желтого до насыщенно-желтого цвета с освежающим, чистым ароматом, в меру сладким вкусом с приятными, гармоничными нотами растительного сырья, а также обеспечить стабильность процесса брожения и формирование глубокого отрицательного значения редокс-потенциала.

Изменение соотношения компонентного состава суслу приводило к нежелательному изменению основополагающих характеристик кваса. Снижение концентрации сахара приводило к образованию кваса требуемого внешнего вида, с чистым, слегка травянистым ароматом, освежающим, но кислым вкусом. Известно, что высокие концентрации сахара в среде (более 20 %) тормозят размножение дрожжей и брожение. Также установлено, что повышение концентрации сахарного сиропа в модельном эксперименте незначительно увеличивает показатель редокс-потенциала в водном настое листьев крапивы (рис. 1).

Уменьшение концентрации листьев крапивы на 15–20 % формировало напиток бледно-желтого цвета с невыраженным вкусом и ароматом, а также способствовало нежелательному

повышению значений редокс-потенциала. Увеличение концентрации листьев крапивы придавало квасу излишнюю терпкость во вкусе и аромате, снижало выход кваса из-за высокой набухаемости листьев. Таким образом, массовая доля сухих веществ в исходном сусле составила 6–7 %.

При производстве сброженного напитка решающую роль играет жизнедеятельность микроорганизмов. Для сбраживания квасного суслу возможно использовать микробиологические культуры в различной физической форме: хлебопекарные сухие и прессованные дрожжи, квасные, пивные, винные дрожжи, закваску из молочнокислых бактерий и дрожжей. Использование закваски из молочнокислых бактерий и дрожжей является примером взаимовыгодного симбиоза в технологии сброженных напитков.



**Рис. 1.** Изменение редокс-потенциала настоя крапивы в зависимости от концентрации сахарного сиропа

**Fig. 1.** Change in the redox potential of nettle infusion depending on the concentration of sugar syrup

Молочнокислые бактерии, продуцирующие молочную кислоту, создают определенную кислотность, благоприятную для развития дрожжей; дрожжи, в свою очередь, обогащают питательную среду витаминами и аминокислотами, стимулирующими развитие молочнокислых бактерий. Однако процесс производства смешанной культуры молочнокислых бактерий и дрожжей длительный и трудоемкий, требует стерильных условий, контроля соотношения микроорганизмов и их соотношения, способствует потере сухих веществ. Поэтому для сбраживания суслу из листьев крапивы использовали рекомендуемые в технологии кваса сухие хлебопекарные дрожжи французского производства «Саф-Момент» либо «Саф-Левюр» [2, 31].

Сбраживание суслу из листьев крапивы осуществляли в термостате с температурой  $28 \pm 1$  °С, т. к. данная температура является оптимальной для развития дрожжей (диапазон 25–30 °С).

Выходными параметрами, характеризующими процесс производства кваса на основе листьев крапивы двудомной, будут являться следующие:

- 1) продолжительность брожения;
- 2) массовая доля сухих веществ в сброженном сусле;
- 3) кислотность сброженного суслу;
- 4) редокс-потенциал.

Технология кваса на основе листьев крапивы двудомной предусматривала проведение следующих основных стадий: подготовка воды, приготовление квасного суслу, подготовка закваски, приготовление сахарного сиропа, сбраживание квасного суслу, охлаждение кваса и осаждение дрожжей, розлив.

Характеристика параметров процесса сбраживания настоев из листьев крапивы двудомной представлена в табл. 1.

На рис. 2 показано изменение редокс-потенциала водного настоя из свежих листьев крапивы в ходе брожения при температуре 28 °С.

Из рис. 2 видно, что в процессе брожения значение редокс-потенциала настоя из листьев крапивы в первые двое суток значительно снижалось. Наименьшая его величина отмечена через 40 ч брожения при температуре 28 °С и составила минус 390 мВ. Полученная точка, характеризующая минимальное значение редокс-потенциала, коррелировала с другими параметрами – снижением содержания сухих веществ (с 6,6 % до 5,6 %), нарастанием общей кислотности по показателю рН, а также органолептическими показателями.

**Табл. 1.** Характеристика параметров процесса сбраживания настоев из листьев крапивы двудомной

**Table 1.** Characteristics of the parameters of the fermentation process of infusions of stinging nettle leaves

Продолжительность брожения, ч	Массовая доля сухих веществ, %	рН	Редокс-потенциал, мВ	Органолептические характеристики
0	6,6±0,1	7,87±0,02	33±4	Внешний вид суслу – прозрачная жидкость, бледно-зеленого цвета, с травяным, ненавязчивым, приятным ароматом и сладким вкусом.
1	6,6±0,1	7,87±0,02	минус 44±3	Внешний вид – непрозрачная жидкость зеленого цвета, переходящим в коричневый, с травяным ароматом и сладким вкусом.
5	6,5±0,1	7,23±0,02	минус 98 ±4	Внешний вид – непрозрачная жидкость от светло-коричневого до оранжевого цвета со слабым ароматом растительного сырья и сладким вкусом.
20	6,4±0,1	5,86±0,02	минус 170±6,	Внешний вид – непрозрачная жидкость оранжевого цвета со слабым ароматом растительного сырья. Во вкусе появляется игра пузырьков углекислого газа.
24	6,3±0,1	5,55±0,02	минус 240±6	Внешний вид – непрозрачная пенная жидкость желто-оранжевого цвета с освежающим, чистым ароматом, в меру сладким, освежающим вкусом.
40	5,6±0,1	4,21±0,01	минус 392±8	Внешний вид – непрозрачная жидкость желтого цвета с чистым ароматом. Вкус – кисловатый.
48	5,6±0,1	4,17±0,01	минус 170±9	Внешний вид – непрозрачная жидкость желтого цвета с чистым ароматом. Вкус – кислый, характерный для передержанного кваса
60	5,5±0,1	3,95±0,01	28±5	

Существенное понижение редокс-потенциала настоя из листьев крапивы в ходе брожения ( $y_0 = 33,4$  мВ до  $y_1 =$  минус 390 мВ) можно объяснить окислительно-восстановительными процессами, связанными с активной жизнедеятельностью дрожжевых клеток.

В исследованиях Каратаевой С. Ю. и Широносова В. Г. также приводятся данные об активном росте микроорганизмов в месте резких снижений ОВП и прекращении роста числен-

ности популяции в связи с накоплением продуктов метаболизма (медленная релаксация). Таким образом, можно предположить об активном излучении микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности, которое вызывает эффект бесконтактной активации жидкостей [23]. Это открытие может стать основой для новых чрезвычайно простых и сверхчувствительных бесконтактных методов учета состояния живой системы без вмешательства в ее структуру.

Изменение органолептических показателей также коррелировало с величиной редокс-потенциала. На рис. 3 показано изменение цвета сбраживаемого суслу в зависимости от величины редокс-потенциала: от светло-зеленого (положительный редокс-потенциал) через коричнево-оранжевый (отрицательный редокс-потенциал) к желтому различной насыщенности (глубокий отрицательный редокс-потенциал).

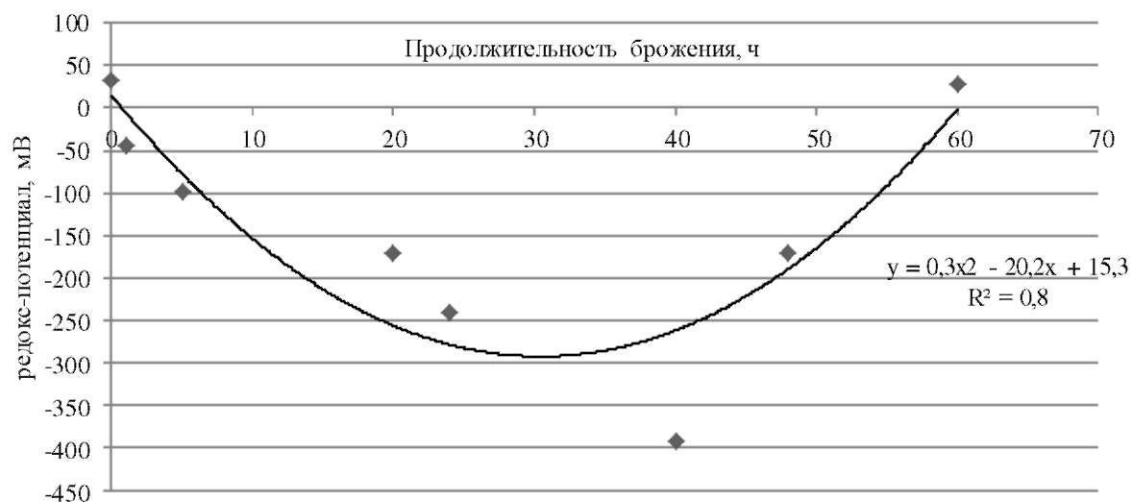


Рис. 2. Изменение редокс-потенциала настоя из листьев крапивы двудомной в процессе брожения

Fig. 2. Changes in the redox potential of an infusion of stinging nettle leaves during fermentation

Цвет	Светло-зеленый	Зеленый	Коричнево-оранжевый	Оранжевый	Желтый	Желтый	Желтый
Eh, мВ	33	-44	-98	-240	-390	-170	28

Рис. 3. Изменение цвета сбраживаемого настоя листьев крапивы в зависимости от редокс-потенциала

Fig. 3. Change in the color of the fermented infusion of nettle leaves depending on redox potential

Формирование необходимого вкуса (в меру сладкий, освежающий, игра пузырьков) также происходило в точке, характеризующей минимальное значение редокс-потенциала и продолжительность брожения 40 часов.

В последующие сутки значение редокс-потенциала постепенно увеличивалось, цвет кваса оставался желтым либо незначительно светлел, вкус становился кислым.

Таким образом, показатель редокс-потенциала может являться параметром, по которому возможно осуществлять управление процессом брожения напитков с антиоксидантным эффектом.



На основании четырехгодичного цикла проведения эксперимента ( $n=61$ ) установлена закономерность формирования сброженных настоев из свежих листьев крапивы, характеризующихся глубоким отрицательным значением редокс-потенциала (на уровне минус 431 мВ).

Обоснованием того, что отклик редокс-потенциала подчиняется нормальному закону распределения, являются анализ данных описательной статистики (табл. 2) и внешний вид гистограммы распределения данных (рис. 4).

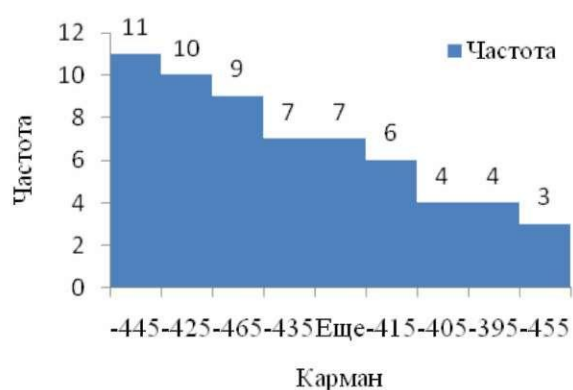
**Табл. 2.** Описательная статистика показателя редокс-потенциала сброженных настоев из свежих листьев крапивы (информация приведена за четыре года)

**Table 2.** Descriptive statistics of the indicator of the redox potential of fermented infusions from fresh nettle leaves (information provided for four years)

Показатель	Значение	Показатель	Значение
Среднее	минус 431	Асимметричность	0,25
Медиана	минус 434	Минимум	минус 475
Мода	минус 465	Максимум	минус 378
Стандартное отклонение	25	Сумма	минус 27859
Дисперсия выборки	661	Счет	61
Экссесс	минус 0,9	Уровень надежности (95,0%)	6,6

Среднее значение редокс-потенциала сброженных настоев из свежих листьев крапивы в четырехгодичном интервале сбора составило (минус  $431 \pm 25,7$ ) мВ. Значение коэффициента асимметрии (0,25) свидетельствует о незначительной асимметрии распределения данных относительно среднего значения, что позволяет отнести распределение к нормальному типу. Отрицательное значение коэффициента эксцесса указывает на плосковершинность распределения на графике. Среднее значение показателя (минус 431) достаточно близко расположено к медиане (минус 434) и моде (465 мВ) относительно данных значений, что также свидетельствует о нормальном распределении. Максимальное значение редокс-потенциала сброженных настоев составило минус 475 мВ, минимальное – минус 378 мВ.

Гистограмма распределения и карта Парето (рис. 4) показывают, что наибольшая частота значений редокс-потенциала принадлежит интервалам: [минус 445–455] – 11 значений, [минус 425–435] – 10 значений, [минус 465–475] – 9 значений, [минус 435–445] – 7 значений. Из карты Парето видно, что более 81 % данных редокс-потенциала анализируемой выборки формируют значения редокс-потенциала в диапазоне минус 405 мВ и менее.



Карман	Частота	Интегральный %
-465	9	14,75 %
-455	3	19,67 %
-445	11	37,70 %
-435	7	49,18 %
-425	10	65,57 %
-415	6	75,41 %
-405	4	81, 7 %
-395	4	88,52 %
Еще	7	100,0 %

**Рис. 4.** Гистограмма распределения и карта Парето данных редокс-потенциала

**Fig. 4.** Distribution histogram and Pareto chart of redox potential data



В рамках управления процессом сбраживания на основе принципов современных систем менеджмента качества был выявлен и проанализирован риск снижения заявленного антиоксидантного эффекта при производстве сброженного напитка по показателю редокс-потенциала.

Основными причинами изменения редокс-потенциала в сторону высоких значений могут являться: использование листьев родственных растений крапивы двудомной (например крапивы жгучей, яснотки белой), несоблюдение рецептуры и технологии, несоблюдение условий хранения.

В соответствии с этим критерием были идентифицированы следующие критические контрольные точки (ККТ):

ККТ 1: этап подготовки сырья. Установлено, что листья крапивы двудомной обладают высокими антиоксидантными свойствами и способны образовывать экстракты с глубоким отрицательным значением редокс-потенциала. Основным контролируемым параметром будут являться анатомо-морфологические признаки листьев крапивы двудомной.

ККТ 2: этап приготовления сусла для сброженного напитка или кваса. Контролируемый параметр – состав и соотношение рецептурных компонентов, а также требования к ним. Нами была разработана базовая рецептура кваса на основе крапивы двудомной, включающая воду, листья крапивы двудомной, сахарный песок, дрожжи хлебопекарные.

ККТ 3: этап брожения. Контролируемые параметры – температура брожения, время, содержание сухих веществ, кислотность, редокс-потенциал.

Оптимальная температура брожения для квасов на основе крапивы двудомной 25–30 °С. При слишком низкой температуре возможна активация посторонней микрофлоры, в результате чего не сформируются потребительские свойства кваса. При высокой температуре замедляется жизнедеятельность дрожжей, далее будет сложно запустить процесс брожения.

Установлено, что оптимальное значение редокс-потенциала сброженного настоя формируется спустя 40–48 часов от начала брожения (в зависимости от температуры), в это время происходит необходимое снижение сухих веществ, нарастание кислотности и формирование необходимых органолептических показателей.

Соблюдение первого–третьего этапов позволит сформировать максимально приближенное к заданному значение редокс-потенциала (на уровне минус 390–460 мВ).

ККТ 4: хранение. Контролируемые параметры – условия хранения и срок годности, которые обеспечивают значение редокс-потенциал на заданном уровне.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Брожение является одним из наиболее удачных технологических приемов, позволяющих сформировать окислительно-восстановительную систему, в которой преобладают восстановленные формы содержащихся веществ. Формирование потребительского свойства назначения сброженных напитков с антиоксидантным эффектом на основе растительного сырья происходит за счет перехода в фитооснову напитка биоантиоксидантов и/или сдвига редокс-потенциала среды в сторону отрицательных значений.

Показано, что листья крапивы двудомной могут образовывать сброженные водные настои с глубокими отрицательными значениями редокс-потенциала, что позволяет рассматривать квас на основе крапивы двудомной как продукт функционального назначения, предназначенный для нормализации антиоксидантного статуса организма человека.

Традиционный подход к управлению процессом брожения сводится к контролю продолжительности брожения, массовой доли сухих веществ в сброженном сусле, кислотности сброженного сусла. Показано, что редокс-потенциал, как показатель антиоксидантной эффективности напитков функционального назначения, может являться параметром управления технологическим процессом брожения подобных напитков, а также заменить часть контролируемых показателей (кислотность, содержание сухих веществ). Предлагаемый подход

позволяет повысить управляемость процессом брожения и расширить принцип конструирования технологии готового продукта с заданными характеристиками его качества.

На основе системного анализа в соответствии с принципами современных систем менеджмента качества установлены контрольные критические точки по критерию редокс-потенциала, что позволяет формировать сброженные напитки и квасы на основе крапивы двудомной с глубоким отрицательным значением редокс-потенциала (на уровне минус 390–460 мВ).

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Масанский, С. Л. Специальные напитки с измененным окислительно-восстановительным потенциалом: монография / С. Л. Масанский, О. В. Крукович. – Могилёв: МГУП, 2017. – 230 с.
- 2 Кобелев, К. В. Научное обоснование и разработка инновационных технологий напитков на зерновой основе и их идентификация: дисс. ... докт. техн. наук: 05.18.01 / К. В. Кобелев. – Москва, 2018. – 310 с.
- 3 Напитки безалкогольные. Общие технические условия: СТБ 539-2019. – Взамен СТБ 539-2006; введ. РБ 08.04.19. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2019. – 28 с.
- 4 Развязная, И. Б. Использование тыквы при получении напитков функционального назначения / И. Б. Развязная, В. Н. Тимофеева, Н. И. Титенкова // Пиво напитки. – 2008. – № 3. – С. 22.
- 5 Маликов, А. В. Овощные ферментированные напитки на основе топинамбура / А. В. Маликов [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 5–6. – С. 52–53.
- 6 Коростылева, Л. А. Живой квас с использованием нетрадиционного сырья / Л. А. Коростылева [и др.] // Пиво и напитки. – 2013. – № 1. – С. 20–22.
- 7 Соколенко, Г. Г. Сывороточный квас с экстрактом амаранта / Г. Г. Соколенко, К. К. Полянский, Т. В. Вострикова // Молочная промышленность. – 2010. – № 7. – С. 46–47.
- 8 Меркулова, Е. П. Лактоферментативные напитки на основе молочной сыворотки / Е. П. Меркулова, М. А. Кожухова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2009. – № 4. – С. 40–41.
- 9 Разработка технологии функциональных напитков брожения с использованием чая. Часть 2. Образование основных и побочных продуктов брожения при культивировании микроорганизмов / М. В. Гернет [и др.] // Пиво и напитки. – 2016. – № 2. – С. 12–15.
- 10 Бибики, И. В. Напитки функционального назначения на основе растительного сырья / И. В. Бибики // Пиво и напитки. – 2013. – № 1. – С. 12–14.
- 11 Моргунова, Е. М. Использование натуральных экстрактов повышенной биологической ценности – основа формирования потребительских свойств новых напитков брожения / [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013. – № 2. – С. 10–14.
- 12 Моргунова, Е. М. Новые натуральные напитки на основе соковых экстрактов / Е. М. Моргунова [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013. – № 4(22). – С. 61–65.
- 13 Зинцова, Ю. С. Разработка концепции напитков на основе поликультур рисового и чайного грибов / Ю. С. Зинцова, М. Н. Школьников // Пиво и напитки. – 2016. – № 3. – С. 28–31.
- 14 Василенко, З. В. Натуральные напитки брожения на основе рисового гриба как перспективное направление развития современного безалкогольного производства / З. В. Василенко [и др.] // Вести Национальной академии наук. – 2011. – № 3. – С. 108–113.
- 15 Цед, Е. А. Научные основы создания новых биотехнологий продуктов брожения с использованием микроорганизмов природного консорциума рисового гриба *Oryzomyces indicis* РГЦ: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.07 / Е. А. Цед; Могилевский государственный университет продовольствия – Могилев, 2018. – 52 с.
- 16 Леонов, Б. И. Физико-химические аспекты биологического действия электрохимически активированной воды / Б. И. Леонов, В. И. Прилуцкий, В. М. Бахир. – М.: ВНИИИМТ, 1999. – 244 с.
- 17 Резников, К. М. Возможные механизмы биологического и фармакологического действия анолита и католита / К. М. Резников // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2008. – Том 11. – № 2. – С. 72–81.
- 18 Брездынюк, А. Д. Изменение окислительно-восстановительного потенциала жидких сред организма / А. Д. Брездынюк, С. С. Селявин, Т. Г. Трофимова // The journal of scientific articles «Health & education millennium» (series Medicine). – 2012. – Том 14. – С. 205–206.
- 19 Колесниченко, П. Д. Влияние жидкостей с различным окислительно-восстановительным потенциалом на органы желудочно-кишечного тракта: дис. ... канд. мед. наук: 14.03.06 / П. Д. Колесниченко; ГОУВПО «Курский государственный медицинский университет». – Курск, 2012. – 174 с.
- 20 Семенова, Е. А. Опыт применения католита в комплексной терапии тревожно-депрессивных расстройств / Е. А. Семенова, О. Ю. Ширяев, К. М. Резников // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2006. – Т. 5. – № 2. – С. 220–222.
- 21 Евсеев, А. К. Электрохимические технологии для диагностики и коррекции нарушения гомеостаза: автореф. дис. ... д-ра хим. наук: 05.17.03 / А. К. Евсеев; Рос. хим.-технол. ун-т им. Д. И. Менделеева. – Москва, 2015. – 34 с.
- 22 Прилуцкий, В. И. Электрохимически активированная вода / В. И. Прилуцкий, В. М. Бахир / Аномальные

- свойства, механизм биологического действия. – М.: ВНИИИМТ АО НПО «Экран». 1997. – 228 с.
- 23 Алехин, С. А. «Живая вода» – мифы и реальность / С. А. Алехин, И. М. Байбеков, Ф. Ю. Гариб // МИС-РТ. – 1998. – Режим доступа: [www.ikar.udm.ru](http://www.ikar.udm.ru). – Дата доступа: 12.06.2016.
- 24 Каратаева, С. Ю. Феномен бесконтактной активации жидкости живыми организмами [Электронный ресурс] / С. Ю. Каратаева, В. Г. Широносков. – МИС-РТ. – 2004. – № 33–3. – Режим доступа: <http://www.ikar.udm.ru/sb/sb33-3.htm>. – Дата доступа: 12.05.2017.
- 25 Масанский, С. Л. Формирование потребительских свойств напитка брожения специализированного назначения на основе крапивы двудомной (URTICA DIOICA L.) / С. Л. Масанский, О. В. Крукович // Хранительна наука, техника и технологии 2014: Научни трудове научно конференции с международно участие, Пловдив, 24–25 октябрия 2014 г. / Университет по Хранителни технологии. – Пловдив: 2014. – С. 129–132.
- 26 Окислительно-восстановительный потенциал соков и пюре из некоторых овощей / О. В. Крукович [и др.] // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов IX Международной научной конференции, Могилев, 25–26 апреля 2013 г. В 2 ч. / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев, 2013. – Ч. 2. – 215 с.
- 27 Hansen, Egon Bech. Redox reactions in food fermentations / Egon Bech Hansen // Current Opinion in Food Science. – 2018. – № 19. – P. 98–103.
- 28 Redox potential control and applications in microaerobic and anaerobic fermentations / Liua Chen-Guang [et al.] // Biotechnology Advances. – 2013. – № 31, issue 2. – P. 257–265.
- 29 Янко, М. В. Изменение окислительно-восстановительного потенциала среды при аэрононной активации продуктивности хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces Cerevisiac* / М. В. Янко // Молодежь в науке – 2020: тезисы докладов XVII Международной научной конференции «Молодежь в науке» (Минск, 22–25 сентября 2020 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2020. – С. 108–110.
- 30 Условия развития и активности дрожжей – измерение окислительно-восстановительного потенциала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vinograd.info/knigi/teoriya-i-praktika-vinodeliya/usloviya-razvitiya-i-aktivnosti-drozhzhey-6.html>. – Дата доступа: 15.03.2021.
- 31 Кузив, Е. М. Разработка технологии кваса с использованием сухих культур дрожжей и молочнокислых бактерий: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е. М. Кузив; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2005. – 19 с.

*Поступила в редакцию 15.05.2021 г.*

#### **ОБ АВТОРАХ:**

**Ольга Васильевна Крукович**, старший преподаватель кафедры товароведения и организации торговли, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: [olkrukovich@yandex.ru](mailto:olkrukovich@yandex.ru).

**Сергей Леонидович Масанский**, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры товароведения и организации торговли, Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, e-mail: [tot@yandex.ru](mailto:tot@yandex.ru).

#### **ABOUT AUTHORS:**

**Olga V. Krukovich**, Senior Lecturer of the Department of Commodity Science and Trade Organization, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: [olkrukovich@yandex.ru](mailto:olkrukovich@yandex.ru).

**Sergey L. Masansky**, PhD (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Commodity Science and Trade Organization, Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, e-mail: [tot@yandex.ru](mailto:tot@yandex.ru).