Тип статьи: научная
УДК 664.65
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-5-77-85

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ХМЕЛЕВО-ТОПИНАБУРНОЙ ЗАКВАСКИ

Екатерина Петровна Иванова[1], Сергей Иванович Данилин[2], Анастасия Игоревна Скоморохова[3], Дмитрий Вячеславович Никитин[4], Юрий Викторович Родионов[5], Ольга Анатольевна Гливенкова[6]
[1]ИП Ларионов П.Н., г. Тамбов, Россия
[1]lkp68@mail.ru
[2,4.5]Мичуринский государственный аграрный институт, г. Мичуринск, Россия
[3,4,5,6]Тамбовский государственный технический институт, г. Тамбов, Россия
[2]danilin.7022009@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4488-7953
[3]nasta373@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5330-330X
[4]vacuum2008@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-5885-2300
[5]rodionow.u.w@rambler.ru, https://orcid.org/0000-0001-9601-9555
[6]olga-glivenkova@rambler.ru, https://orcid.org/0000-0002-9152-5958

Автор ответственный за переписку: Екатерина Петровна Иванова, lkp68@mail.ru
Corresponding author Ekaterina Ivanova, lkp68@mail.ru

Реферат. *Обогащение хлеба полезными для организма человека нутриентами способствует оздоровлению населения, поэтому необходимо производить тщательный выбор ингредиентов. В статье рассматривается возможность приготовления закваски спонтанного брожения на основе водного экстракта шишек хмеля и корней топинамбура. Приведены данные о содержании витаминов, макро- и микроэлементов в топинамбуре. Разработана технологическая блок-схема приготовления хмелево-топинамбурной закваски, включающая водное экстрагирование шишек хмеля. При сравнении трех методов экстрагирования было установлено, что наиболее эффективным является вакуумное экстрагирование при температуре 54-56ºС на разработанной универсальной экстрактно-выпарной установке. Для увеличения сроков хранения закваски (до 6 месяцев) предложено использовать двухступенчатую конвективную вакуум-импульсную сушку. Дается описание технологии высушивания хмелево-топинамбурной закваски при щадящих режимах (температура теплоносителя не более 46°С, скорость 2,5 м/с) с максимальным сохранением биологически активных веществ, содержащихся в приготовленной смеси. Начальная влажность сырья составляла 61%, высушивание на первой ступени проводилось до критическо-го влагосодержания 25%. После второй ступени было получено конечное влагосодержание 5%. Положительное влияние растительного сырья на качество закваски было доказано экспериментально. Так, подъемная сила хлебопекарной закваски с добавлением топинамбура выше по сравнению с аналогичной закваской без использования этого корнеплода. Сравнение подъемной силы производилось методом «шарика» (разница во времени всплывания составляла в среднем 5-10 минут). Кроме того, опытные образцы обладали лучшей пористостью мякоти по сравнению с традиционными изделиями, а также превосходили их по вкусу и аромату.*

Ключевые слова: *хмелевая закваска с топинамбуром, двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушка, растительный материал, хлеб, вакуумное экстрагирование.*

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF HOP AND TOPINABUR STARTER

Ekaterina Ivanova[1], Sergey Danilin[2], Anastasia Skomorohova[3], Dmitry Nikitin[4], Yury Rodionov[5], Olga Glivenkova[6]

[1]*IP Larionov P.N., Tambov, Russia*
[2,4,5]*Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia*
[3,4,5,6]*Tambov State Technical University, Tambov, Russia*
[1]lkp68@mail.ru
[2]danilin.7022009@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4488-7953
[3]nasta373@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5330-330X
[4]vacuum2008@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-5885-2300
[5]rodionow.u.w@rambler.ru, https://orcid.org/0000-0001-9601-9555
[6]olga-glivenkova@rambler.ru, https://orcid.org/0000-0002-9152-5958

Abstract. *Enrichment of bread with nutrients useful for the human body contributes to the improvement of the population, so it is necessary to make a careful choice of ingredients. The article discusses the possibility of preparing a spontaneous fermentation starter based on an aqueous extract of hop cones and Jerusalem artichoke roots. Data on the content of vitamins, macro- and microelements in Jerusalem artichoke are given. A technological block diagram for the preparation of hops Jerusalem artichoke sourdough has been developed, including water extraction of hop cones. When comparing three methods of extraction, it was found that the most effective is vacuum extraction at a temperature of 54-56ºC on the developed universal extract-evaporator plant. To increase the shelf life of the starter (up to 6 months), it is proposed to use a two-stage convective vacuum pulse drying. A description is given of the technology for drying hop Jerusalem artichoke starter culture under gentle conditions (heat carrier temperature not more than 46°C, speed 2.5 m/s) with maximum preservation of biologically active substances contained in the prepared mixture. The initial moisture content of the raw material was 61%, drying at the first stage was carried out to a critical moisture content of 25%. After the second stage, a final moisture content of 5% was obtained. The positive effect of vegetable raw materials on the quality of the starter has been proven experimentally. Thus, the lifting power of baking sourdough with the addition of Jerusalem artichoke is higher compared to a similar sourdough without the use of this root crop. The lifting force was compared using the "ball" method (the difference in ascent time was on average 5-10 minutes). In addition, the prototypes had better pulp porosity compared to traditional products, and also surpassed them in taste and aroma.*

Keywords: *hop sourdough with Jerusalem artichoke, two-stage convective vacuum impulse drying, plant material, bread, vacuum extraction.*

Для цитирования: Иванова Е.П., Данилин С.И., Скоморохова А.И., Никитин Д.В., Родионов Ю.В., Гливенкова О.А. Разработка технологии производства хмелево-топинабурной закваски// Наука в центральной России. 2022. № 5 (59), С. 77-85. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-5-77-85.

For citation: Ivanova E., Danilin S., Skomorohova A., Nikitin D., Rodionov Y., Glivenkova O. Development of technology for the production of hop and topinabur starter. *Nauka v central'noj Rossii =* Science in the Central Russia: 2022; 5(59): 77-85. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-5-77-85.

Введение. При разработке продуктов функционального или лечебно-профилактического значения одной из первостепенных задач является выбор ингредиента, позволяющего обогатить продукт ежедневного рациона всеми необходимыми минералами или микронутриентами, при этом органолептические показатели качества должны улучшаться. Важно уделять внимание вопросам понижения затрат на получение используемого сырья. Для этого целесообразно осуществлять выбор сырья из числа легкодоступных растений, произрастающих в больших количествах на близлежащей территории, что позволит удешевить производство добавок. Внедрять растительный материал с функциональными компонентами можно в виде порошков или экстрактов, которые при правильной технологии получения будут обладать всеми полезными свойствами исходного сырья.

Хлебобулочные изделия являются продуктом повседневного спроса у всех групп населения. Хлеб обладает высокой пищевой ценностью и хорошо усваивается организмом, поэтому

обогащение хлебопродуктов различными биологически активными добавками стало одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности.

При производстве хлебобулочной продукции важный этап технологического процесса – замес теста. Его реологические и физико-химические свойства оказывают непосредственное влияние на последующие операции и качественные показатели готового продукта. Первой фазой подготовки теста является приготовление густой опары и закваски. Процесс производства закваски по известным технологиям заключается в приготовлении хмелевого отвара и последующем сбраживании в его присутствии муки [1]. При этом, для интенсификации процесса сбраживания часто предлагается использовать картофель, мед и другие источники легко сбраживаемых углеводов.

Цель исследования заключается в изучении возможности обогащения хлебобулочной продукции биологически активными веществами путем приготовления закваски на основе экстракта шишек хмеля и измельченного топинамбура с последующим высушиванием закваски для получения продукта длительного срока хранения.

В качестве нетрадиционного сырья для приготовления закваски используется корневая часть топинамбура и водный экстракт шишек хмеля. Выбор этого растительного материала, выращенного в ЦЧР, обусловлен его легкой доступностью и химическим составом, который содержит множество полезных для организма человека компонентов. Входящие в состав топинамбура витамины, макро- и микрокомпоненты продемонстрированы на рисунке 1.

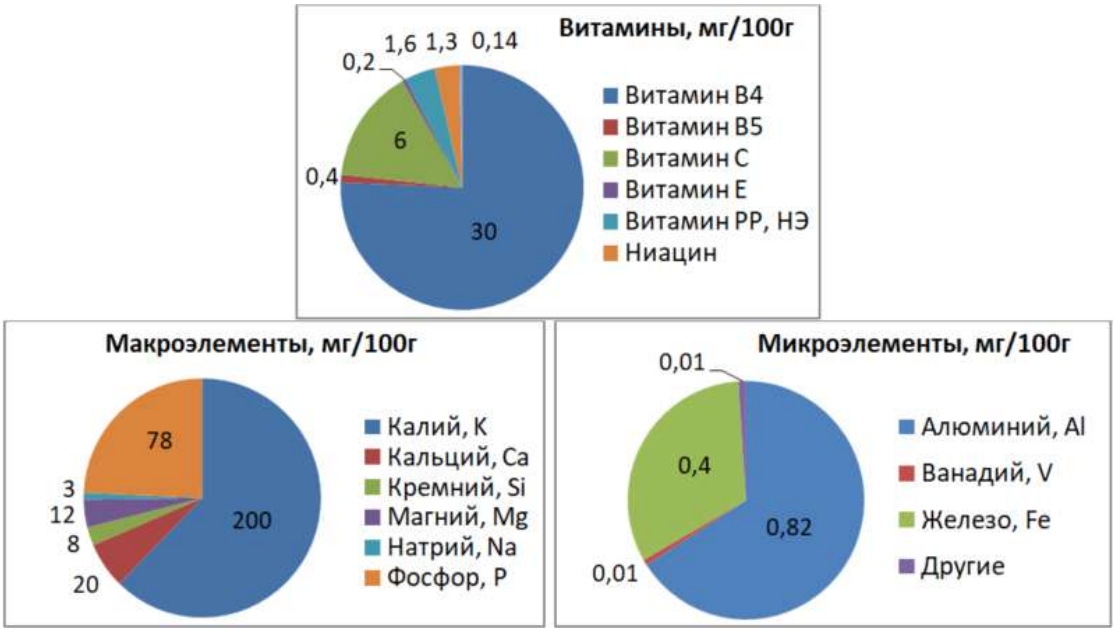

Рисунок 1 –Содержание витаминов макро- и микроэлементов в топинамбуре

Помимо наличия представленных нутриентов, в корнеплоде содержится большое количество природного аналога инсулина – инулин, ввиду чего топинамбур полезен для людей, страдающих сахарным диабетом. Топинамбур особенно необходим в ежедневном рационе жителей больших городов, где экологическая обстановка достаточно неблагоприятна, благодаря наличию в корнеплоде способности нейтрализовать отрицательные последствия воздействий окружающей среды. Его употребление способствует избавлению от избытка холестерина и очищению организма от солей тяжелых металлов, токсинов, радионуклидов [2].

Шишки хмеля были выбраны в качестве объекта экстрагирования из-за содержащихся в их составе горьких веществ (порядка 16-26%). К ним, например, относятся α-кислоты (гумулон, изогумулон) и β-кислоты (лупулон), наличие которых обуславливает сильные бактерицидные

свойства шишек. Эти кислоты подавляют развитие бактерий как грамположительных, так и грамотрицательных. Шишки хмеля богаты такими витаминами, как Bl, B3, B6, PP. Достаточно высокое содержание макроэлементов, в частности, калия (28,20 мг/100г) и кальция (10,70 мг/100г). Микроэлементный состав представлен марганцем (30,60 мкг/100 г), цинком (28,20 мкг/100 г), бором (34,00 мкг/100 г) и др. Флавоноиды, гормоны и витамины, входящие в состав хмеля обыкновенного, обладают противовоспалительными свойствами, способствуют лечению язвенной болезни желудка, укрепляют капилляры [3, 4].

Хмель благоприятно влияет на качество хлебопекарных заквасок, благодаря его бактерицидным свойствам. Добавление хмеля противодействует развитию посторонних микроорганизмов, вследствие чего достигается повышение активности дрожжевых клеток: наблюдается более активное размножение дрожжей и лучшее сбраживание сахара.

Использование в закваске водного экстракта хмеля обосновано достаточно хорошими экспериментальными данными по выходу полезных веществ в экстракт, которые в дальнейшем будут перенесены на готовое хлебобулочное изделие. Также экстракт шишек хмеля можно применять для замачивания зерна пшеницы. Хлеб, изготовленный из такого зерна, будет обладать антимикробными свойствами.

Основная часть.

Были проведены исследования различных методов экстрагирования высушенных шишек хмеля, представленных на рисунке 2, при гидромодуле 1:100 [5]. В качестве экстрагента использовали дистиллированную воду ТУ 2638-006-37512309-2013.

Рисунок 2 –Высушенные шишки хмеля

Сравнивались следующие способы:

- нагрев с помешиванием при температуре 52-54°С. Сырьё заливали экстрагентом, предварительно подогретым до температуры 52°С;
- настаивание при температуре 20-22°С;
- вакуумное экстрагирование при температуре 52-54°С. Сырье заливали экстрагентом, предварительно подогретым до температуры 52°С, и подвергали импульсному воздействию (длительностью 0,2-0,5 с). Давление разряжения поддерживали на уровне 15-17 кПа.

Экспериментальные кинетические кривые извлечения экстрагируемых веществ из шишек хмеля обыкновенного в первые 70 мин показаны на рисунке 3.

Рисунок 3 – Кривые водного экстрагирования сухих растворимых веществ хмеля

Как видно из графиков, наиболее предпочтительные результаты по времени проведения процесса и концентрации сухих растворимых веществ в экстракте получены при использовании вакуума.

Результаты и их обсуждение. Для интенсификации процесса ученые НОЦ ТГТУ-МичГАУ "Экотехнологии им. Ю.Г. Скрипникова" предложили схему производства сухой хмелевой закваски с топинамбуром длительного хранения, показанную на рисунке 4.

Рисунок 4 – Схема приготовления хмелевой закваски с топинамбуром длительного хранения

С целью обогащения готового продукта макро и микронутриентами, а также для интенсификации процесса брожения теста, в закваску вводятся измельченный топинамбур. Возможно использование других растительных материалов, например, репы, тыквы, пастернака и т.д.

Для получения закваски длительного хранения (до 6 месяцев) можно использовать двухступенчатую конвективную вакуум-импульсную сушку (ДКВИС) [6]. Для этого выброженную закваску необходимо смешать с мукой и отрубями в соотношении 1:1, после чего смесь подается на первую ступень конвективной сушки ровным слоем толщиной 1,5-2 см. Начальная влажность сырья составляла 61%, высушивание на первой ступени проводилось до критического влагосодержания 25%. После второй ступени было получено конечное влагосодержание 5%. Содержание влаги в материале определялось путем взвешивания.

Конвективную сушку проводят на лотках с сетчатым дном. Материал продувается нагретым воздухом, за счёт чего происходит испарение влаги. Температура теплоносителя не более 46°С, скорость 2,5 м/с, время сушки 60 мин. Время определяется удалением поверхностной влаги. Также можно производить сушку в конвективной сушилке в псевдоожиженном слое. Затем материал помещается на вторую ступень – вакуум-импульсную сушилку. В вакуумном шкафу лотки с закваской подвергаются импульсному воздействию в течение 120 с, затем прогреваются также 120 с. Сухую хмелевую закваску с топинамбуром используют в технологическом процессе по аналогии с традиционной закваской, предварительно восстановив начальную влажность путем добавления теплой воды (35-40°С).

Высушивание закваски осуществляется при температуре, не превышающей температуру денатурации БАВ с учетом параметров жизнедеятельности дрожжевых клеток.

Сохранение полезных компонентов и жизнедеятельности дрожжевых клеток обеспечивается низкими температурными режимами теплоносителя, что особенно важно во втором периоде сушки при сохранении интенсивного испарения. Влияние на длительность высушивания оказывает периодический обдув на второй ступени, что позволяет сократить время сушки, а вместе с тем увеличить количество сохраняемых биологически активных веществ в хмелевой закваске с топинамбуром.

Двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушильная установка показана на рисунке 5.

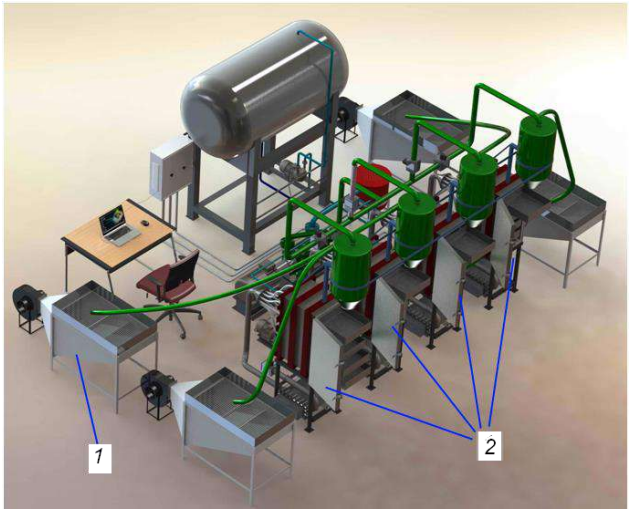

Рисунок 5 – Двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушильная установка: 1 – конвективная лотковая сушилка (первая ступень сушки); 2 – конвективные вакуум-импульсные сушилки (вторая ступень сушки)

Высушивание посредством конвективной и конвективной вакуум-ипульсной сушки реализуется последовательно. На первой степени в периоде постоянной температуры сырья сушка закваски осуществляется конвекцией в лотковой сушилке (позиция 1). Завершение первого периода характеризуется полным удалением поверхностной влаги при повышении температуры материала выше температуры мокрого термометра. Величина температуры определяется путем измерений датчиком в кусочках растительного материала. Скорость и качество протекания процесса на данном этапе зависит от параметров сушильного агента, высоты слоя материала и его теплофизических характеристик. Под теплофизическими характеристиками материала понимаются некоторые усредненные (среднестатистические) характеристики, так как слой закваски представляет собой гетерогенную систему.

Переход с первой ступени на вторую происходит после начала периода падающей скорости в приведенной кривой сушки (рисунок 6). Это означает достижение приведенного критического влагосодержания, которое зависит от величины начальной влажности сырья и режимов первой (конвективной) ступени сушки – скорости и температуры теплоносителя, которые определяются на основании проведенных экспериментов.

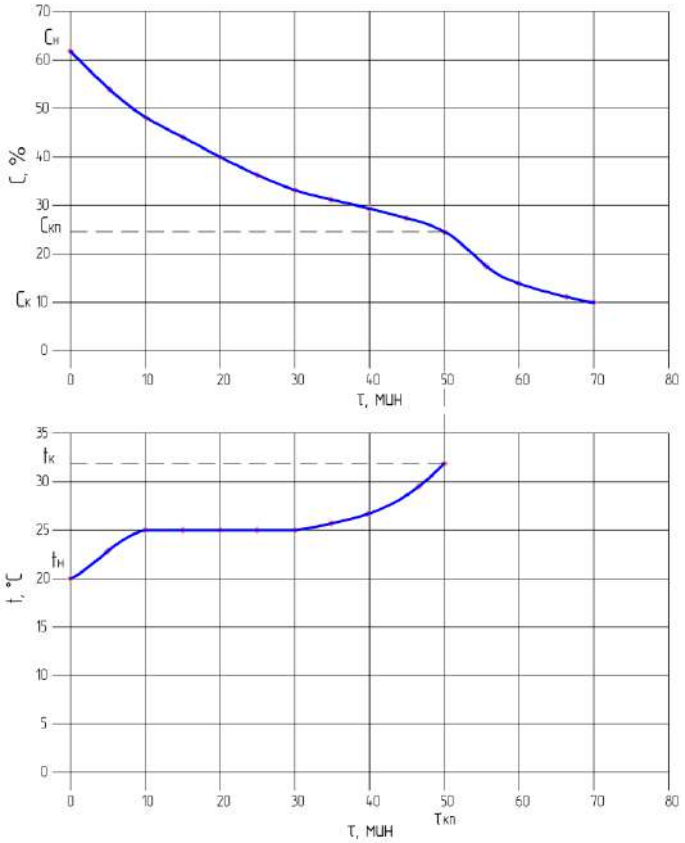

Рисунок 6 – Кривые сушки и температуры высушивания хмелево-топинамбурной закваски ($T_т$=46ºС, $v_т$=2,5 м/с)

Первые опытные образцы пшенично-ржаного хлеба, приготовленного на основе хмелевой закваски с добавлением топинамбура, продемонстрировали значительное улучшение качественных показателей хлеба благодаря комплексному воздействию экстракта шишек хмеля и порошка топинамбура. Изготовленные образцы имели высокие органолептические и физико-механические показателями, превосходили традиционные по вкусу, аромату и отличались улучшенным состоянием пористости мякиша.

Добавление топинамбура увеличивает подъемную силу хлебопекарной закваски (время всплывания шарика отличается в среднем на 5-10 минут) по сравнению с аналогичной закваской без использования растительного порошка. Подъемная сила закваски определялась методом «шарика», как показано на рисунке 7.

Рисунок 7 – Метод «шарика» для определения подъемной силы закваски

Время всплывания шарика уменьшается ввиду хорошего развития дрожжей благодаря высокоуглеводному составу топинамбура, включающему в себя большое количество питательных веществ, которые благоприятно сказываются на развитии дрожжевых клеток.

Полученные результаты при проведении экспериментальных исследований подъемной силы хмелевой закваски с топинамбуром свидетельствует о перспективности использования растительного порошка в качестве ингредиента при приготовлении хлебопекарной закваски.

Таким образом, разработанная технологическая схема позволяет получать хлебопекарную закваску длительного хранения, обладающую высоким содержанием БАВ. Добавление в рецептуру водного экстракта хмеля и растительного порошка способствует приготовлению хлебобулочной продукции функционального назначения. Помимо полезных для организма человека свойств, полученные образцы хлеба имели хорошие органолептические показатели.

Заключение.

В результате проведенных исследований были определены оптимальные режимные параметры водного экстрагирования сухих растворимых веществ хмеля и высушивания хмелевой закваски с топинамбуром. Эксперименты осуществлялись на разработанных опытных установках, которые обеспечивают низкотемпературные режимы, способствующие максимальному сохранению биологически активных веществ. Приготовление хлебобулочной продукции на основе закваски спонтанного брожения при правильном подборе ингредиентов растительного происхождения позволит обогатить рацион питания населения с учетом индивидуальных вкусовых предпочтений и рекомендаций по диетическому питанию. В настоящее время ведутся исследования по возможности внедрения в закваску других овощных продуктов.

Список источников

1. Сатцаева И.К., Гасиева В.А., Тебоева А.К., Фарниева Я.С. Способ повышения качества и безопасности хлебобулочных изделий из пшеничной муки путем совершенствования технологии хмелевой закваски // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 – С. 118-124.

2. Голубев В.И., Волкова И.В., Кушанов Х.М. Топинамбур. Состав, свойства, способы переработки, области применения. – Астрахань: Изд. Полиграф, комплекс «Волга», 1995. – 81 с.

3. Коляда Е.В., Толчикова А.И. К вопросу о химическом составе хмеля // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – № 4-3. – С. 49-51.

4. Lin L.Y., Jiang Y.P., Zhang Q.Y. at al. Research progress of chemical constituents and pharmacological activities in Humulus lupulus // Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. – 2017. – No. 42 (10). – P. 1825-1829.

5. Гуськов А.А., Родионов Ю.В., Анохин С.А. и др. Технология вакуумно-импульсного экстрагирования растворимых веществ из крапивы и хмеля // Инновационная техника и технология. – 2018. – № 2 (15). – С. 23-27.

6. Родионов Ю.В., Никитина Д.В., Зорин А.С. и др. Энергосберегающая двухступенчатая сушильная установка для растительных материалов // Патент РФ № 2013111266/06. – 2013.

References

1. Sattsaeva I.K., Gasieva V.A., Teboeva A.K., Farnieva Ya.S. Sposob povysheniya kachestva i bezopasnosti khlebobulochnykh izdeliy iz pshenichnoy muki putem sovershenstvovaniya tekhnologii khmelevoy zakvaski [A method for improving the quality and safety of bakery products from wheat flour by improving the technology of hop sourdough], Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2016, No. 2, pp. 118-124.

2. Golubev V.I., Volkova I.V., Kushanov Kh.M. Topinambur. Sostav, svoystva, sposoby pererabotki, oblasti primeneniya [Jerusalem artichoke. Composition, properties, processing methods, applications], Astrakhan': Izd. Poligraf, kompleks «Volga», 1995, 81 p.

3. Kolyada E.V., Tolchikova A.I. K voprosu o khimicheskom sostave khmelya [To the question of the chemical composition of hops], Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk, 2017, No. 4-3, pp. 49-51.

4. Lin L.Y., Jiang Y.P., Zhang Q.Y. at al. Research progress of chemical constituents and pharmacological activities in Humulus lupulus, Zhongguo Zhong Yao Za Zhi, 2017, No. 42 (10), p. 1825-1829.

5. Gus'kov A.A., Rodionov Yu.V., Anokhin S.A. i dr. Tekhnologiya vakuumno-impul'snogo ekstragirovaniya rastvorimykh veshchestv iz krapivy i khmelya [Technology of vacuum impulse extraction of soluble substances from nettles and hops], Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya, 2018, No. 2 (15), pp. 23-27.

6. Rodionov Yu.V., Nikitina D.V., Zorin A.S. i dr. Energosberegayushchaya dvukhstupenchataya sushil'naya ustanovka dlya rastitel'nykh materialov [Energy-saving two-stage plant material dryer], Patent RF № 2013111266/06, 2013.

Информация об авторах

Иванова Екатерина Петровна – кандидат технических наук; Данилин Сергей Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор; Скоморохова Анастасия Игоревна – аспирант; Никитин Дмитрий Вячеславович – кандидат технических наук, доцент; Родионов Юрий Викторович – доктор технических наук, профессор; Гливенкова Ольга Анатольевна – кандидат филологических наук, доцент.

Information about the authors

E. Ivanova – Candidate of Technical Sciences; S. Danilin – Candidate of Agricultural Sciences, Professor; A. Skomorokhova – post graduate student; D. Nikitin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Y. Rodionov – Full Doctor of Technical Sciences, Professor; O. Glivenkova – Candidate of Philological Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 29.09.2022 Принята к публикации (Accepted): 14.10.2022