

УДК 664

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БУЗИНЫ (*SAMBUCUS NIGRA* L.) В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: СОСТОЯНИЕ И ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ (ОБЗОР)

© Л. Ч. Бурак

ООО «БЕЛПРОСАКВА», ул. Шаранговича, 19, Минск, 220018 (Республика Беларусь), e-mail: leonidburak@gmail.com

Устойчивая тенденция к здоровому образу жизни способствует существенному увеличению потребительского спроса на натуральные продукты питания функционального и профилактического назначения. Такие продукты отличаются сбалансированным химическим составом, обеспечивают рациональное питание, способствуют сохранению здоровья, улучшают физическую и умственную работоспособность, повышают сопротивляемость организма к неблагоприятным воздействиям окружающей среды. С целью удовлетворения запросов потребителя пищевая промышленность разрабатывает новые продукты питания и вносит изменения в рецептуры традиционных продуктов. В течение последних десятилетий было исследовано множество природных источников сырья, способных существенно повысить пищевую ценность продуктов питания и в полной мере заменить синтетические пищевые добавки. Многочисленные исследования подтверждают, что бузина черная (*Sambucus nigra* L.) обладает высокой антиоксидантной активностью и является хорошим источником многих важных биологически активных соединений. Поэтому во многих странах бузину используют в пищевой промышленности в качестве сырья и пищевой добавки. Высокое содержание антоцианов, а также других полифенолов и витаминов в бузине подтверждает, что она может использоваться не только как краситель, но и как антиоксидант. Благодаря наличию в бузине биоактивных соединений, ее использование в производстве пищевых продуктов, в качестве сырьевой составляющей, позволит получать продукты функционального назначения с высокой антиоксидантной способностью. Однако при этом необходимо изучить и правильно использовать необходимое количество вносимой добавки из бузины и технологию внесения ягод бузины в пищу, чтобы обеспечить положительное влияние на пищевые и технологические свойства готового продукта питания, не ухудшая при этом органолептические показатели пищевых продуктов. Целью данной статьи является обзор основных биологически активных соединений, присутствующих в ягодах бузины, а также ее потенциального использования в пищевой промышленности.

Ключевые слова: бузина черная, пищевые добавки, фенольные соединения, антоцианы, флавоноиды, антиоксидантная активность, ягоды, витамины.

Введение

Пищевая промышленность имеет жизненно важное значение как с социальной, так и с экономической точки зрения. Развитие последних лет характеризуется устойчивой тенденцией к задействованию в производстве натурального растительного сырья, для создания продуктов питания профилактического и функционального назначения. Отрасль производства этих продуктов динамично развивается. Хотя сейчас таких пищевых продуктов на рынке не более 3%, но специалисты прогнозируют, что в ближайшие 20 лет эта доля достигнет 30%. [1]. Сбалансированное питание оказывает существенное влияние на здоровье человека. Всемирная организация здравоохранения прогнозирует, что здоровое питание и как следствие хорошее самочувствие с помощью устойчивой системы производства продуктов может предотвратить 11 миллионов преждевременных смертей в год среди взрослого населения [2].

Общеизвестно, что пищевые продукты подвержены процессам разложения. Мясо, рыба и продукты их переработки содержат большое количество прооксидантных веществ, вызывающих окисление полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). В процессе окисления образуются многочисленные молекулы деградации, в том числе малонилдальдегид, которые впоследствии изменяют органолептические и питательные свойства пищевых продуктов (появление неприятного запаха, обесцвечивание и т.д.) [3]. Микробное загрязнение является основной причиной порчи пищевых продуктов, а процессы окисления являются второй немаловажной причиной, вызывающей изменения в продукте. Поэтому на процессы окисления может ока-

свойствами. В настоящее время пищевая промышленность широко использует синтетические антиоксиданты, такие как бутилгидроксианизол (БГА), бутилгидрокситолуол (БГТ) и *трет*-бутилгидрохинон (ТБГХ) из-за их способности ингибировать процессы окисления, не изменяя вкус пищи.

Хорошо известно, что визуальное восприятие, а точнее цвет, во многом определяет покупательские предпочтения потребителей [4]. К сожалению, в процессе хранения пищевой продукции происходит изменение цвета, что также влияет на снижение срока хранения самих продуктов. Все это, естественно, вызывают негатив у потребителей, а следовательно, снижение покупательской способности и как следствие, значительные экономические потери для производителя пищевой продукции.

Для сохранения первоначального цвета пищевых продуктов в пищевой промышленности широко применяется использование пищевых красителей. Следует отметить, что в результате нескольких исследований была установлена взаимосвязь между приемом синтетических добавок и проблемами со здоровьем по причине их потенциальной токсичности и канцерогенных последствий [5–7]. В настоящее время потребители понимают взаимосвязь между диетическим питанием и здоровьем, поэтому отдают предпочтение более натуральным и полезным для организма продуктам. В последние десятилетия пищевая промышленность находится в постоянном поиске новых устойчивых природных источников сырья, таких как экстракты растений, концентраты соков, которые являются альтернативой синтетическим добавкам [8–11]. Среди всех природных водорастворимых пигментов антоцианы, содержащиеся в некоторых ягодах, являются перспективными пищевыми добавками, которые обладают как важной антиоксидантной активностью, так и интенсивным цветом. Данные соединения (антоцианы) представляют собой подгруппу флавоноидов, которые придают синий, фиолетовый и красный цвет многим фруктам [12–16].

В этом контексте бузина (*Sambucus nigra* L.) неоднократно исследована и определена как привлекательная культура, поскольку доказано, что, среди прочего, она является источником диетических фитохимических веществ, а именно клетчатки, витаминов, фенольных соединений, аминокислот, ненасыщенных жирных кислот и минералов [17–20]. На протяжении многих десятилетий бузина использовалась в качестве источника пищевых добавок и нутрицевтиков. Потенциальные преимущества этих ягод для здоровья человека включают противовирусные, противовоспалительные, антиоксидантные, антиканцерогенные, иммуностимулирующие и антибактериальные свойства. Бузина используется в качестве лекарственного растения в народной медицине в течение нескольких столетий, для лечения гриппа и для стимуляции иммунной системы. Кроме того, ягоды бузины обладают значительным антиоксидантным, антиканцерогенным, противовоспалительным, противомикробным, противосудорожным, противодиабетическим, гипохолестеринемическим и противовирусным действием, а также обладают иммуномодулирующим и антидепрессивным действием [21–25]. Например, установлено, что экстракт плодов бузины блокирует гликопротеины вируса гриппа и увеличивает экспрессию интерлейкина-8 (IL-8), интерлейкина-6 (IL-6) и TNF (фактора некроза опухоли) [26, 27]. В недавнем исследовании сообщалось о потенциале природных биоактивных соединений против ожирения, и, в частности, было установлено, что фенольные соединения играют решающую роль в борьбе с ожирением посредством регулирования аппетита [28].

Ягоды бузины и продукты ее переработки (экстракты, порошки и др.), благодаря наличию высокого содержания антоцианов, в основном цианидингликозидов, можно использовать во многих пищевых продуктах в качестве красителей [29, 30]. Таким образом, растет интерес к использованию ягод бузины в качестве функционального ингредиента и натуральной добавки при производстве пищевых продуктов [31]. Было разработано несколько напитков, а также пищевых добавок [32]. Однако следует отметить, что ягоды бузины также содержат цианогенные гликозиды, которые являются умеренно ядовитыми и вызывают рвоту, хотя эту токсичность можно удалить в процессе приготовления продуктов питания. Наиболее распространенными цианогенными гликозидами являются самбунигрин, прунасин, *m*-гидроксизамещенные гликозиды, зирин и холокалин [33–35]. Тем не менее ягоды имеют самые низкие значения этих токсичных соединений по сравнению с содержанием цианогенных гликозидов в листьях или цветках.

Кроме того, содержание биоактивных соединений также зависит от различных параметров и сорта бузины, дикой и культурной, местоположением, вегетационным периодом, стадией созревания и климатическими условиями [36–39]. Хотя эти факторы могут влиять на их состав, ягоды бузины обладают высоким потенциалом, поскольку они имеют более высокое общее содержание фенолов и антоцианов, а также антиоксидантную активность, чем другие полезные ягоды, такие как черная смородина и малина.

На протяжении 2009–2012 гг. нами детально изучался химический состав, содержание макро и микроэлементов, незаменимых аминокислот, антиоксидантная активность и пищевая ценность бузины, про-

израстающей в Республике Беларусь [40, 41], проведен анализ изменений в составе ягод в процессе созревания и хранения. Нами впервые разработан технологический процесс производства и проведена оценка качества сока прямого отжима и сока, концентрированного из бузины, произрастающей на территории республики [42]. В настоящее время проводится исследования новых сортов бузины «Багацце» и «Кладзезь», которые получены специалистами РУП «Институт плодоводство» НАН Республики Беларусь. Немало опубликовано научных исследований об использовании ягод бузины в медицине, этот аспект предполагает, что данная тема широко изучена и что лечебные свойства ягод бузины были продемонстрированы в полной мере. Фактически, как уже упоминалось ранее, в недавних исследованиях бузины были подтверждены ее важные и значимые противовирусные и иммуномодулирующие свойства [43–46]. Хотя ягоды бузины, как правило, больше используются в фармацевтической промышленности из-за их положительной пользы для здоровья, пищевая ценность и химический состав бузины также делают ее пригодной для пищевых целей, а содержащиеся в ней антоцианы могут использоваться в качестве натуральных красителей, оказывая при этом положительное воздействие как на качество продукта, так и привлекательность для потребителя. Тем не менее, к большому сожалению, ягоды бузины используются в недостаточной степени и особенно мало находят применение в качестве растительного сырья. Ягоды бузины по-прежнему редко используются в рецептурах пищевых продуктов [42]. Одна из возможных причин этого может быть связана с проблемой введения антоцианов в пищу. Возможно, это связано с их низкой стабильностью в некоторых условиях, таких как воздействие света, кислорода, термообработки, изменения pH и т.д. [47]. Однако это распространенные условия в процессе технологической обработки пищевых продуктов, поэтому необходимо искать новые методы стабилизации антоцианов. В связи с этим в различных недавних исследованиях изучались оптимальные условия для получения экстрактов с высоким содержанием антоцианов из ягод бузины [14, 48], а также было исследована их стабилизация с помощью процессов инкапсуляции [24, 49, 50]. В другом исследовании авторы предложили производство порошка выжимки из бузины и его применение в качестве красителя в пищевых продуктах [51].

Поэтому, принимая во внимание ранее упомянутые огромные преимущества, которыми обладают ягоды бузины, в данной статье рассматривается возможное использование этих ягод и продуктов их переработки (соки, экстракты, выжимки, порошок) в качестве природных антиоксидантов и красителей в пищевой промышленности.

Характеристика биоактивных соединений ягод бузины

Наиболее распространенный в Европе вид, бузина черная (*Sambucus nigra* L.) (рис.), был выделен как отдельный вид с пятью подвидами, в том числе наиболее распространенный в США вид бузина черная американская (*S. nigra* subsp. *канадский*). По имеющимся литературным данным наиболее часто изучались соцветия и плоды этих двух подвидов. Химический состав у разных видов ягод бузины различается и зависит от условий окружающей среды и стадии зрелости, однако все виды характеризуются высоким содержанием органических соединений, таких как, сахара, органические кислоты, аскорбиновая кислота и фенольные соединения.

В бузине (*Sambucus nigra* L.) содержатся основные питательные вещества, такие как углеводы (~18%) (в основном простые сахара, клетчатка (~7%), белки (~3%) и липиды (0.35%) (в основном в семенах) [14, 22, 35, 46, 47]. Липиды представляют собой исключительный состав с очень высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (~80%), низким содержанием насыщенных жирных кислот (<10%) и с соотношением n-6/n-3, равным примерно 1, что соответствует рекомендациям органов здравоохранения по необходимому соотношению жиров и масел. Кроме того, в бузине высокое содержание незаменимых жирных кислот [14]. Линолевая кислота (C18: 2n-6; n-6 жирная кислота) является основной жирной кислотой в ягодах бузины, составляя 39% от общего количества жирных кислот, за ней следует α -линоленовая жирная кислота (C18: 3n-3; n-3 жирная кислота) с аналогичными значениями (38%). Обе жирные кислоты незаменимы, таким образом, сумма незаменимых жирных кислот в ягодах бузины составляет более 77% от общего количества жиров [14].

Ягоды бузины также содержат большое количество витаминов, антиоксидантов и минералов (в основном, магния и кальция) [22, 35, 46, 47]. Витамин С составляет ~1700 мкг / г сухой ягоды бузины (DW), β -каротин (провитамин А) ~18 мкг/г DW и общее количество токоферолов (витамин Е) 324 мкг/г DW [46], в основном α - токоферол (~300 мкг/г DW). Аналогичные результаты были получены и другими исследователями, которые пришли к выводу, что мука из семян бузины является источником α -токоферола, который имеет наивысшую биологическую активность витамина Е, а также γ -токоферола, который проявляет лучший антиоксидантный потенциал [22]. Кроме того, в ягодах бузины были обнаружены комплексные витамины группы В (В2, В3, В5, В6, В9) [15, 47].



Бузина черная
(*Sambucus nigra* L.)

Хорошо известно, что витамины Е и С являются важными природными антиоксидантами, поэтому содержание этих соединений частично способствует антиоксидантной активности ягод бузины. Фактически α -токоферол (витамин Е) считается одним из наиболее эффективных антиоксидантов, поскольку он переносит атомы водорода на радикалы, задерживает разложение гидропероксидов, поглощает синглетный кислород и комплексы металлов в присутствии аскорбата. Кроме того, витамин С (аскорбиновая кислота) также положительно влияет на антиоксидантную активность α -токоферола, поскольку он нейтрализует токофероксильные радикалы и регенерирует молекулу α -токоферола. Таким образом, присутствие витаминов Е и С оказывает синергический антиоксидантный эффект. Кроме того, витамин С может поглощать кислород и различные свободные радикалы [4]. Наконец, провитамин А (β -каротин) обладает как антиоксидантными свойствами, так и является красителем. Что касается его антиоксидантной активности, β -каротин улавливает радикалы, в результате чего образуется углерод-центрированный радикал, который стабилизируется резонансом [4]. Однако из-за его низкого содержания роль β -каротина в общих антиоксидантных и красящих свойствах ягод бузины незначительна по сравнению с другими соединениями.

Как уже отмечалось ранее, бузина содержит и вредные соединения цианогенные гликозиды, наиболее распространенными из которых являются самбунигрин и пруназин. Кроме того, бузина содержит *m*-гидроксизамещенные гликозиды, такие как зиерин и холокалин [52–59]. Эти соединения потенциально токсичны и опасны для жизни, поскольку они могут подвергаться гидролизу с выделением цианида [60]. Однако они встречаются в основном в незрелых ягодах и разрушаются при термической обработке [61]. Наибольшее количество самбунигрин содержится в листьях бузины (27.68–209.61 мкг/г сырой массы), меньшее количество – в цветках (1.23–18.88 мкг/г сырой массы), тогда как ягоды содержат наименьшее количество этого соединения (0.08–0.77 мкг /г сырой массы). Установлено также, что содержание самбунигрин в ягодах бузины изменяется в зависимости от места и высоты произрастания. Наибольшее содержание было установлено в бузине, произрастающей на вершине холма (1048 и 1077 м над уровнем моря), в условиях более низких температур и более высокой солнечной радиации, по сравнению с бузиной, произрастающей на высоте в 209–858 м над уровнем моря [62]. Другими токсичными соединениями, присутствующими в ягодах бузины, являются лектины, имеющие высокую гомологию аминокислотной последовательности. Некоторые из них обладают N-гликозидазной активностью, характерной для белков, инактивирующих рибосомы (RIP) II типа. RIP типа II встречаются в коре бузины (например, нигрин b-SNA V, SNA I), плодах (нигрин f) и семенах (нигрин s) [63, 64]. Более того, бузина содержит аллерген Sam n1, который вызывает аллергию I типа, а некоторые триптические пептиды Sam n1 демонстрируют высокую аминокислотную последовательность с лектинами и RIP 2 типа, расположенными в бузине [65–67]. Однако было установлено, что инкубирование на кипящей водяной бане в течение 5–10 мин делает лектины полностью чувствительными к гидролитическим ферментам *in vitro* и, таким образом, значительно снижает риск аллергенности [68]. Кроме того, для получения соков, экстрактов и дальнейшего их использования в производстве пищевых продуктов используют зрелые ягоды бузины, которые подвергаются длительной термической обработке и не могут оказывать вредного влияния на качество и безопасность готовой продукции.

Несомненно, наиболее важными биологически активными соединениями, которые способствуют антиоксидантным свойствам ягод бузины, являются полифенолы. Полифенолы – это вторичные метаболиты

растений, состоящие из нескольких молекул, которые можно классифицировать по их химической структуре на основе количества фенольных колец и их структурных элементов [48].

Среди основных полифенолов бузины антиоксидантные свойства этих ягод в основном определяются антоцианами, а также флавонолами и фенольными кислотами (табл. 1.) [34]. Флавоноиды, в состав которых входят как антоцианы, так и флавонолы, являются наиболее распространенной группой полифенолов в ягодах бузины [26]. Что касается фенольных кислот, то бузина в основном содержит хлорогеновую кислоту [26, 49]. Были обнаружены другие важные кислоты, такие как синаповая кислота, *t*-коричная кислота, неохлорогеновая кислота и крипто-хлорогеновая кислота [28, 31, 34, 46]. Помимо вышеупомянутых фенольных кислот в ягодах бузины были переделены галловая, гентизиновая, ванилиновая, 4-гидроксibenзойная, кумаровая и феруловая кислоты [14], а также сиринговая, бензойная и розмариновая кислоты [34]. Экстракты бузины также содержали галловую и гентизиновую кислоты, составляющие 3.45 и 2.16 мкг/100 г сухого веса соответственно, затем следовали феруловая кислота, 4-гидроксibenзойная кислота, мальвидин, ванилиновая кислота и кумаровая кислота, наличие которых в незначительных количествах, в пределах 0.47 и 0.97 мкг/100 г сухого веса.

Флавонолы – вторая группа важных полифенолов, содержащихся в бузине. Многие исследования указывают, что в ягодах бузины обнаружено несколько молекул флавонолов, но преобладающими флавонолами были рутин (кверцетин-3-рутинозид) и кверцетин [14, 17, 34], при этом содержание рутина было выше, чем кверцетина [14, 34, 35, 49]. В дополнение к этим соединениям были обнаружены и другие флавонолы, такие как кверцетин-3-глюкозид, кемпферол-3-рутинозид, кемпферол-3-глюкозид, изорамнетин-3-рутинозид и изорамнетин-3-глюкозид [35, 46]. Однако важно подчеркнуть, что другие флавонолы содержатся в ягодах бузины в значительно меньших количествах [28].

Наконец, основными фенольными соединениями бузины являются антоцианы, представленные в основном в виде производных цианидина [30, 34, 35, 69–71]. Среди всех антоцианов основными являясь цианидин-3-самбубиозид и цианидин-3-глюкозид [35], несколько в меньших количествах содержится цианидин-3-самбубиозид-5-глюкозид и цианидин-3,5-диглюкозид [15, 34]. Некоторые авторы, так же как и мы, установили, что наиболее распространенным антоцианом в ягодах бузины был цианидин-3-самбубиозид (>50% от общего количества антоцианов) [31], также обнаруженный в сорте Samocco [32], в то время как в других исследованиях цианидин-3-глюкозид считался основным антоцианом в сортах Korsøг и Haschberg (50–65%) [31, 32, 34]. В любом случае оба антоциана (цианидин-3-самбубиозид и цианидин-3-глюкозид) являются двумя основными антоцианами в бузине, составляя вместе около 85–90% от общего количества антоцианов, присутствующих в ягодах [24, 31, 53, 54, 72].

В отличие от представленных результатов, некоторые авторы сообщили, что цианидин-3-самбубиозид-5-глюкозид имел более высокие значения (36,4%), чем цианидин-3-глюкозид (<20%) [55], в то время как у американской бузины (*Sambucus canadensis*) цианидин 3-*транс*-кумароил-самбубиозид-5-глюкозид (65–70%) [56] и цианидин-3-самбубиозид-5-глюкозид (~50%) [33] были наиболее распространенными антоцианами. Тем не менее очевидно, что цианидин-3-самбубиозид, цианидин-3-глюкозид и цианидин-3-самбубиозид-5-О-глюкозид являются наиболее важными антоцианами в ягодах бузины (*Sambucus nigra* L.). Кроме того, в ягодах бузины также были обнаружены незначительные количества цианидин-3-рутинозида, пеларгонидин-3-глюкозида, дельфинидин-3-рутинозида, цианидин-3-кумароил-самбубиозид или цианидин-3-кумароил-глюкозида [28, 73–76].

В качестве общего вывода можно сказать, что существует несколько соединений, которые способствуют антиоксидантным и окрашивающим свойствам ягод бузины и их продуктов (например, экстрактов, порошков, сока), включая несколько полифенолов и витаминов. Однако, принимая во внимание их высокое содержание, можно утверждать, что среди всех этих соединений антиоксидантные и красящие свойства напрямую связаны с содержанием пяти наиболее распространенных соединений, которые включают три антоциана (цианидин-3-самбубиозид, цианидин-3-глюкозид и цианидин-3-самбубиозид-5-глюкозид), два флавонола (рутин и кверцетин) и одна фенольная кислота (хлорогеновая кислота).

Помимо антиоксидантных свойств антоцианы также являются натуральными пигментами. Благодаря этому ягоды бузины используются в качестве натуральных красителей в различных отраслях промышленности. Однако насыщенность окраски, сохранение цвета и стабильность цвета этих соединений зависит от pH. Антоцианы ягод бузины проявляют красный оттенок в кислой среде и синий – в щелочной [77, 78]. В частности, бузину используют в качестве пищевого красителя и в фармацевтических препаратах [28]. Применение ягод бузины в пищевой промышленности как натурального красителя и антиоксиданта рассмотрим в следующем разделе.

Таблица 1. Содержание основных полифенольные соединений в ягодах бузины (данные из опубликованных исследований [25, 36, 72, 77])

Фенольные кислоты		Флавонолы		Антоцианы	
Наименование	Содержание	Наименование	Содержание	Наименование	Содержание
Хлорогеновая кислота (5-кофеилхиновая кислота)	26.4–35.9 мг ChAE/100 г FW, 0.53–1.22 мг ChAE/г DW	Рутин (кверцетин-3-рутинозид)	2.6–95.6 мг рутина/100 г FW, 6–14 мг рутина/г DW, 10.86–15.39 г/100 г экстракта, 35.59–52.02 мг CGE/100 г FW, 1.94–6.31 мг рутина/г DW	Цианидин 3-самбубиозид	122.2–269.1 мг CGE/100 г FW, 4.62–40.30 мг CSE/г DW, 269–656 мг CGE/100 г FW, 27.05–27.70 г/100 г экстракта, 270.8–630.8 мг CGE/100 г FW, 15–59 мг CGE/г DW
Неохлорогеновая кислота (3-кофеилхиновая кислота)	0.7–4.4 мг ChAE/100 г FW; 0.05–0.40 мг ChAE/г DW	Кверцетин	2.7–4.5 мг CGE/100 г FW, 29–60 мг/100 г FW	Цианидин 3-глюкозид	204.6–481.4 мг CGE/100 г FW, 2.74–49.50 мг CSE/г DW, 361–1266 мг CGE/100 г FW; 21.41–25.18 г/100 г экстракта, 221.4–586.4 мг CGE/100 г FW, 14–78 мг CGE/г DW, 42.4–254.3 мг/100 г экстракта
Криптохлорогеновая кислота (4-кофеилхиновая кислота)	1.2–2.5 мг ChAE/100 г FW	Изокверцитрин (кверцетин-3-глюкозид)	3.9–14.9 мг рутина/100 г FW, 1.79–3.01 г/100 г экстракта, 6.4–26.5 мг CGE/100 г FW, 0.11–1.08 мг рутина/г DW	Цианидин 3-самбубиозид-5-глюкозид	16.0–59.2 мг CGE/100 г FW, 14–47 мг CGE/100 г FW, 0.86–11.50 мг CSE/г DW, 19.52–53.49 мг CGE/100 г FW
		Кемпферол 3-глюкозид	1.05–1.79 г/100 г экстракта	Цианидин 3,5-диглюкозид	8.2–19.5 мг CGE/100 г FW, 0.12–5.22 мг CSE/г DW, 5–36 мг CGE/100 г FW; 7.41–23.29 мг CGE/100 г FW
		Катехин	10.7 мкг/кг FW	Цианидин 3-рутинозид	1.49–9.63 мг CGE/100 г FW
		Эпикатехин	81.3 мкг/кг FW	Всего антоцианов: 170–343 CGE/100 г FW; 518–1028 мг CGE/100 г FW, 408.6–1066.6 мг CGE/100 г DW,	
		Мирицетин 3-рутинозид			
		Изорамнетин 3-рутинозид	0.3–2.2 мг рутина/100 г FW		
Всего полифенолов: 364–582 мг GAE/100 г FW; 4917–8974 мг GAE/100 г DW экстракта, 2684–4480 мг CAE/100 г FW, 622–672 мг CE/100 г FW					

Обозначение: GAE – эквивалент галловой кислоты, CAE – эквивалент кофейной кислоты, ChAE – эквивалент хлорогеновой кислоты, CGE – эквиваленты цианидин-3-глюкозида, CSE – эквиваленты цианидин-3-самбубиозида, DW – сухая масса, FW – сырая масса.

Использование бузины в пищевой промышленности

Как неоднократно отмечалось, ягоды бузины можно употреблять в свежем виде, но наиболее вкусными и полезными предоставляются продукты переработки бузины. Принимая во внимание тот факт, что по содер-

жанию многих биологически активных веществ ягоды бузины являются ценным сырьем, использование которого перспективно для производства сокосодержащих продуктов. Это позволит расширить ассортимент нектаров, соков, напитков и морсов и обеспечить увеличение антиоксидантной способности готовой продукции. В качестве красителя ягоды бузины добавляют в кондитерские крема, конфеты, пастилу, при добавлении их в винную продукцию у изделий преобладает мускатный вкус. Фактически ягоды бузины используются в пищевой промышленности для производства пирогов, желе, джемов, мороженого, йогуртов и алкогольных напитков [14, 36, 79]. Следует отметить, что на сегодняшний день проведено немало исследований о ценности ягод бузины и ее использовании в основном как натурального красителя, но исследований, которые бы рассматривали ее применение в пищевой промышленности в качестве источника сырья, обладающего функциональными, антиоксидантными свойствами, мы считаем, недостаточно.

Нельзя также не отметить, что существуют ограничения или предостережения в отношении использования ягод бузины и продуктов их переработки (экстрактов, порошков, соков и т.д.) в пищевых продуктах. Как упоминалось ранее, применимость антоцианов в качестве натуральных красителей часто затруднена из-за низкой устойчивости к теплу, кислороду, свету и повышенным значениям pH [16, 80]. Кроме того, условия хранения бузины также могут оказывать важное влияние на ее антиоксидантные и красящие свойства. В недавнем исследовании авторы установили, что содержание общих мономерных антоцианов в концентрате сока бузины, хранящемся при температуре 5 °С, было снижено на 14–22%, в то время как в тех же концентратах, хранящихся при комнатной температуре, потери достигли 67–71% [81]. Нами также проводились исследования по изменению содержания антоцианов в бузине замороженной и концентрированном соке в процессе хранения. Было установлено, что замороженные ягоды бузины не следует хранить более семи месяцев, их целесообразно перерабатывать в концентрированный сок. Так, в начале процесса хранения концентрация антоцианов составляла 957 мг/100 г, а к началу нового сезона сбора бузины концентрация антоцианов уменьшалась в среднем на 17–18% [82]. В таблице 2 представлены полученные основные результаты использования бузины в рецептурах различных пищевых продуктов, а также в качестве натуральной пищевой добавки в производстве продуктов питания.

Согласно уже опубликованным результатам исследований, как хлебопекарная, так и молочная [6, 25, 34, 83–88] отрасли пищевой промышленности используют ягоды бузины в качестве натуральных добавок для улучшения цвета и увеличения срока хранения готовой продукции [89]. Продукты из бузины в мясной промышленности используются редко, хотя характерный ярко-красный цвет мяса и мясных продуктов и то, что это скоропортящиеся продукты, означает, что ягоды бузины потенциально могут использоваться в этих продуктах [14] из-за их красителей и антиоксидантных свойств. Следовательно, использование продуктов из бузины в мясной промышленности имеет большой потенциал.

Молочные продукты. Результаты некоторых исследований показывают, какое влияние на качество готового йогурта оказывают добавление ягод бузины и продуктов ее переработки. Проведены исследования влияния количества добавленного сока бузины (10 и 25%) и способа его добавления, натурального сока бузины или предварительно реструктурированного сока с использованием альгината и сахара [71]. Первое изменение наблюдалось в параметрах цвета. Как и ожидалось, характерный красно-фиолетовый цвет сока бузины резко повлиял на параметр окрашивания йогурта с измененной рецептурой. В этом случае добавление и натурального, и реструктурированного сока привело к значительным изменениям, но эти изменения цвета были более существенными в йогуртах с реструктурированным соком. Авторы объясняют такой эффект результатом высвобождения сока из альгинатного покрытия и, таким образом, постепенным переходом антоцианов в йогурт. Такая же тенденция наблюдалась при хранении (3 недели). Хранение не привело к изменениям значений цвета для йогуртов с реструктурированным соком, тогда как для йогуртов с добавлением натурального сока из ягод бузины наблюдалось незначительное обесцвечивание. Присутствие молочнокислых бактерий, а также значения pH йогуртов могут быть причиной низкой стабильности красителя сока бузины. Это повлияло на потерю окраски йогурта и разложение антоцианов, при этом реструктурированный сок был более стабильным [71].

Изменения наблюдались не только в параметрах цвета, значительные отличия показали и параметры текстуры. Добавление 10% сока не привело к изменению консистенции йогурта, тогда как при добавлении 20% сока текучесть йогурта увеличилась. Напротив, реструктурированный сок привел к увеличению плотности консистенции йогурта в 2 раза. Во время хранения контрольный йогурт и йогурт с реструктурированным соком увеличили свою вязкость, но этот параметр снизился в йогурте, изготовленном с добавлением 20% натурального сока бузины. Постепенное выделение сока из реструктурированного сока привело к изменению

текстуры йогурта, в сравнении с йогуртом, где добавляли натуральный сок. Принимая это во внимание, очевидно, что присутствие альгината в реструктурированном соке определяло эффективность добавленного сока и, следовательно, изменения как параметров цвета, так и текстуры готового продукта [71].

Высокое содержание антиоксидантных соединений в соке бузины приводит к значительному увеличению антиоксидантной активности готового йогурта, как при добавлении натурального сока, так и при добавлении реструктурированного сока. В этом случае важным параметром, влияющим на антиоксидантную способность, было количество вносимого сока ягод бузины. Кроме того, пищевая усвояемость йогуртов с измененным составом *in vitro* также показала высокую биодоступность этих антиоксидантов и повышение противодиабетической активности (α -амилазы и α -глюкозиды), что является важным аспектом с точки зрения питания [71].

Наконец, согласно органолептической оценке, йогурты с реструктурированным соком бузины показали большее предпочтение потребителей (наиболее приемлемое) как в свежеприготовленном, так и после хранения. Напротив, йогурт, изготовленный с добавлением натурального сока, получил более низкую оценку со стороны потребителей. Отрицательно оценили более 57% потребителей йогурт с добавлением натурального сока бузины в количестве 10%, 79% потребителей дали отрицательную оценку продуктам с 20% натурального сока. После хранения у таких йогуртов еще более отрицательное восприятие потребителей (не нравится 72–90%). Таким образом, с учетом всех изменений лучшим образцом в этом исследовании был готовый йогурт с добавлением 10% реструктурированного сока бузины. Реструктурированный сок бузины был получен из смеси 85% сока бузины, 14% сахара и 1% альгината натрия.

В другом исследовании авторы использовали 10% пюре из бузины для изменения рецептуры йогуртов с пробиотиками. В этом случае использование пюре из бузины оказало незначительное влияние на состав йогурта, поскольку содержание белка и жира оставалось постоянным. Однако добавление пюре вызвало положительные изменения в пищевой ценности йогурта, поскольку увеличило общее содержание сухих веществ, углеводов и пищевых волокон. Изменение состава пробиотического йогурта не повлекло за собой каких-либо различий в жизнеспособности заквасочных бактерий, поскольку как натуральный йогурт, так и йогурт с добавлением ягод бузины имели одинаковые значения. Авторы связывают этот факт с пребиотическим действием волокон бузины и удалением кислорода из продукта за счет действия антиоксидантных компонентов, которые повышают выживаемость пробиотиков [25].

Содержание общих фенольных соединений и общее содержание антоцианов в йогуртах с добавлением бузины было значительно выше, чем в обычном йогурте. Это было ожидаемо, поскольку высокое содержание флавоноидов (в основном антоцианов) и других полифенолов в пюре из бузины предопределяло это увеличение. Пюре из бузины увеличило антиоксидантную активность йогурта как в свежеприготовленном, так и после 29 дней хранения, поскольку все эти полифенольные соединения известны как сильнодействующие антиоксидантные вещества [25].

Использование пюре из бузины в пробиотическом йогурте привело к резкому изменению его цвета. Фактически, как упоминалось ранее, сок бузины обычно используется в качестве источника красителя в таких продуктах, поскольку придает им характерный красно-пурпурный цвет. В типичных кислых условиях йогуртов ожидаемый цвет ягод бузины красновато-пурпурный. Кроме того, также важно подчеркнуть, что цвет был стабильным во время хранения (29 дней) и не наблюдалось значительных различий ни по одному из параметров цвета. Отсутствие цветовых различий продемонстрировало высокую стабильность антоцианов бузины.

Что касается результатов органолептического анализа, авторы не обнаружили существенных различий между обычным йогуртом и йогуртом с добавлением бузины ни в один из дней хранения (дни 1, 15 и 29). Этот факт указывает на то, что использование пюре из плодов бузины подходит для производства йогурта с приемлемым цветом, вкусом, запахом, консистенцией и внешним видом [25]. Таким образом, пюре из бузины успешно использовалось в качестве функционального ингредиента (повышающего биологически активные соединения и пищевые волокна), улучшая при этом цвет пробиотических йогуртов, не влияя ни на текстуру, ни на органолептические показатели.

Последнее исследование, в котором ягоды бузины использовались для изменения рецептуры йогурта, было проведено Nemetz et al. [48]. В отличие от других исследований, эти авторы использовали порошок выжимок бузины, собранный после получения сока из ягод бузины. Кроме того, в состав «контрольных» образцов входили красители, которые включали пигменты как черной моркови, так и пурпурного сладкого картофеля, но «натуральный» йогурт (без красителей) не производился. После анализа йогуртов с добавлением бузины (содержащих 2% порошка выжимок бузины) эти авторы обнаружили, что общее содержание

антоцианов оставалось стабильным во время хранения йогурта (14 дней), что отражало высокую стабильность антоцианов в порошке из выжимок бузины. Более того, эта стабильность была выше у йогуртов, приготовленных с порошком бузины, чем у йогуртов, приготовленных с использованием красителей (экстракт черной моркови и пурпурного сладкого картофеля). Данный факт также объясняет результаты общего содержания фенольных соединений, которые были несколько выше в йогуртах с добавлением порошка бузины во время хранения, поскольку это было связано с постепенным переходом этих соединений из порошка в йогурт. Следовательно, неэкстрагируемые полифенолы, которые взаимодействуют с материалом клеточной стенки, обеспечили это постепенное увеличение во время хранения йогурта.

В отличие от ранее указанных исследований, в этом исследовании использование порошка выжимок бузины не привело к значительному изменению цвета йогуртов с измененной рецептурой, по сравнению с контрольными образцами, которые приготовлены с использованием вышеуказанных красителей. Таким образом, порошок жмыха бузины дает те же преимущества, что и порошок красителя (черной моркови). Фактически стабильность цвета йогурта с добавлением ягод бузины была выше, чем у йогуртов с красителями, что продемонстрировало преимущества использования порошка выжимок бузины. Более того, помимо стабильности цвета использование выжимок бузины также показало потенциальный оздоровительный эффект [81]. Однако, хотя авторы сообщают, что порошок жмыха бузины обладает многими функциональными свойствами, его применение в продуктах с низкой вязкостью может быть затруднено из-за его высокой скорости осаждения. Авторы также пришли к выводу, что содержание этого порошка может влиять как на физико-химические, так и на органолептические показатели готового продукта питания, поэтому для каждого продукта следует проводить тестирование и подбирать необходимый процент внесения и составлять индивидуальную рецептуру [81, 88].

Другой молочный продукт, кефир, также был изготовлен с добавлением сока бузины 10%. Авторы провели испытания партий кефира, изготовленные с разными подсластителями. Так же, как и при добавлении в йогурт, добавление ягод бузины в рецептуру кефира дает продукт красноватого цвета. Никаких различий между партиями не наблюдалось, поскольку во всех использовалось одинаковое количество бузины. Такой цвет был ожидаемым, поскольку антоцианы имеют красный цвет в кислой среде. Кроме того, использование концентрированного сока бузины привело к получению кефира с умеренным количеством общих фенольных соединений и низким содержанием антоцианов. Авторы связывают этот факт со стадиями обработки (термообработка, фильтрация и др.), которые могут отрицательно влиять на содержание антоцианов [89]. Поэтому авторы изготовили еще одну партию кефира, используя свежеприготовленный сок бузины. В этом случае кефир, приготовленный на свежем соке, имел более насыщенный цвет, в 16 раз больше антоцианов и в 2 раза больше полифенолов, чем в кефире с соком длительного хранения, это также привело к значительному увеличению антиоксидантной активности кефира.

В этом исследовании кефир, приготовленный с использованием сока бузины и добавлением сахара, был высоко оценен потребителями (лучше всего был принят кефир с содержанием сахара 5.7%, за ним следовал кефир с сахаром 4.3%), в то время как приготовленный кефир с использованием подсластителей получил неудовлетворительную оценку по результатам органолептического анализа. Эти результаты продемонстрировали, что кислотный профиль кефира в сочетании со сладким вкусом сахарозы и сложным ароматом бузины способствовал получению продукта с превосходным вкусом, который улучшил его восприятие потребителем.

Мясные продукты. Было обнаружено только два исследования использования бузины в мясной промышленности. В одном из них проводили оценку влияния уксуса из бузины (3%) и других видов уксуса на образование полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в свиной корейке, приготовленной на углях [53]. Согласно их результатам, опрыскивание образцов мяса уксусом из бузины показало самое высокое ингибирование ПАУ (82%) по сравнению с другими видами уксуса и контрольными образцами (без и с обычным уксусом). В этом исследовании уксус из бузины имел самое высокое общее количество фенольных соединений, а также самую высокую антиоксидантную активность. Этот факт объясняет ингибирующий эффект, поскольку образование ПАУ включает образование свободных радикалов; таким образом, устранение предшественников свободных радикалов с помощью уксуса из бузины эффективно снижает количество ПАУ в приготовленном мясе. Поэтому, как пришли к выводу эти авторы, опрыскивание мяса уксусом из бузины перед приготовлением на гриле является простым в применении методом ограничения воздействия ПАУ [57].

В другом исследовании авторы изучали действие нескольких растительных добавок растений, в том числе порошка бузины (1%), в качестве природного антиоксиданта в свиных котлетах [90]. В этом случае,

хотя котлеты, изготовленные с добавлением порошка бузины, показали более высокие значения пероксида по сравнению с контрольными образцами после 10 дней хранения в холодильнике, использование бузины эффективно снизило образование вторичных продуктов окисления (веществ, вступающих в реакцию с тио-барбитуровой кислотой; TBAR). Фактически, показатели TBAR для свиных котлет с добавлением бузины были меньше половины от контрольных образцов. Гидропероксиды нестабильны, и на поздних стадиях окисления процесс разложения гидропероксидов больше, чем процесс образования, поэтому наблюдалось снижение содержания гидропероксидов. Таким образом, низкое пероксидное число может свидетельствовать как о раннем, так и о позднем окислении [4]. Этим можно объяснить более высокие значения пероксида в котлетах с добавлением порошка бузины (фаза раннего окисления) по сравнению с контрольными образцами (фаза повышенного окисления). Опять же, высокое содержание природных антиоксидантов в порошке бузины является основной причиной такого результата, поскольку он задерживает окисление липидов за счет нескольких механизмов, в том числе путем передачи атома водорода, связывания ионов металлов и удаления свободных радикалов [61].

К сожалению, ни одно из исследований, проведенных на мясе, не включало влияние изменения рецептуры с добавлением бузины на цвет, пищевую ценность или органолептические качества. Поэтому, принимая во внимание превосходные свойства бузины как антиоксиданта и красителя, необходимы дополнительные исследования, чтобы изучить их влияние на эти параметры.

Хлебопекарная промышленность. Хлебопекарное производство – еще одна потенциальная отрасль пищевой промышленности для использования продуктов из бузины. В исследовании авторы предложили использовать порошок бузины (от 1 до 5%) в качестве натурального красителя для изготовления безглютеновых вафельных листов [58]. Авторы исследовали эффективность как в тесте, так и в готовых вафельных листах. Первый наблюдаемый положительный эффект заключался в том, что добавление порошка бузины увеличивало содержание биологически активных соединений (флавоноидов) более чем в 15 раз. Кроме того, добавление в рецептуру бузины также привело к обогащению минеральными веществами (железом, калием, кальцием, магнием и натрием). В тесте использование порошка бузины приводило к меньшему расслаиванию теста, чем в контрольном образце, что можно объяснить присутствием пектина, который в сочетании с водой вызывает гелеобразование. В отличие от других исследований, вафли с добавлением порошка бузины показали более низкие значения цвета при увеличении количества используемого порошка. Авторы объяснили такой результат цветом фруктового порошка, используемого в качестве добавки, и пришли к выводу, что порошок бузины содержит больше синих пигментов, которые влияют на цвет запеченных вафель.

Что касается текстуры, то использование порошка бузины привело к увеличению разрушающей способности пластин, что может быть связано с более высоким содержанием пищевых волокон в этих пластинах. Кроме того, этот параметр увеличивался с увеличением содержания бузины, что согласуется с объяснением влияния содержания клетчатки на повышение ломкости. Наконец, после органолептического анализа вафли, изготовленные с большим количеством порошка бузины (3–5%), показали наивысшие дегустационные оценки внешнего вида. Кроме того, наиболее приемлемые безглютеновые вафли можно получить, добавив 5% порошка бузины [91].

Другие авторы также предложили использовать различное количество сока бузины (2, 4 и 8%) в качестве красящего ингредиента в круассанах [6] и сравнили свои результаты с двумя контрольными образцами (без красителя и с морковным красителем). Хотя небольшие изменения наблюдались в некоторых параметрах химического состава круассанов (пониженное содержание жира, повышенное содержание белков, модифицированное содержание свободных сахаров и вызываемые изменения в количестве некоторых жирных кислот), они были минимальными, поэтому можно сделать вывод, что измененные составы круассанов с бузиной сохранили питательные свойства исходного продукта.

Что касается цвета, то при добавлении сока бузины наблюдалось значительное снижение желтизны и увеличению красного оттенка. Однако насыщенность красного цвета не изменялась при добавлении 4% и 8% сока, что указывает на то, что добавление 4% сока бузины вызывало такое же изменение внешнего вида, как и при использовании 8% сока [6]. Кроме того, антиоксидантная активность круассанов с измененным составом была выше, чем у контрольных образцов, но эта антиоксидантная способность была значительно снижена в процессе выпечки, возможно, из-за разложения биоактивных соединений. Авторы пришли к выводу, что сок бузины действует как натуральный краситель и функциональная пищевая добавка, что повышает пищевую ценность круассанов. Кроме того, авторы подчеркнули, что бузина дает те же преимущества, что и другие красители (черная морковь), поэтому имеет высокий потенциал для использования в пищевой промышленности [6].

Наконец, в другом исследовании было предложено использовать концентрат сока бузины в трех видах макаронных изделий, обогащенных клетчаткой (метоксильный пектин, высокометоксильный пектин или кукурузный крахмал) [92]. Первым важным аспектом было то, что добавление бузины не повлияло на податливость и технологичность макаронных изделий. По наблюдениям авторов, все сушеные сырые макаронные изделия имели хороший внешний вид и приятный аромат. Что касается цвета, добавление ягод бузины придало сырым сушеным макаронным изделиям темно-пурпурный цвет. Этот цвет сохранялся после варки, что свидетельствует о сохранении антоцианов бузины. Фактически общая антиоксидантная способность, а также общее содержание полифенолов увеличивались с добавлением сока бузины как в сырые сушеные, так и в приготовленные макаронные изделия. Авторы сообщают, что около 70% антиоксидантной активности сохраняется после приготовления макарон с высоким содержанием метоксильных пектинов [88].

Добавление концентрированного сока бузины привело к значительному снижению твердости и увеличению потерь при варке. Твердость приготовленных макаронных изделий связана с гидратацией гранул крахмала и их желатинизацией в белковой матрице в процессе приготовления. Таким образом, результаты показывают, что бузина может ослабить сеть, образованную белками глютена, крахмалом и некрахмальными полисахаридами, и привести к снижению степени желатинизации крахмала. В качестве общего вывода эти авторы отметили, что использование ягод бузины улучшило пищевую ценность макаронных изделий, а также продемонстрировало приемлемые качественные показатели.

В таблице 2 приведены обобщенные результаты, полученные при использовании бузины в процессе производства продуктов питания.

Как уже было отмечено ранее, на протяжении длительного времени нами проводятся исследования бузины, произрастающей на территории Республики Беларусь и ее использование в продуктах питания. Учитывая отсутствие нормативной документации, нами разработана и утверждена технологическая и техническая документация на сок, концентрированный из бузины, нектары и плодово-ягодные морсы с использованием сока бузины [93]. С целью расширения ассортимента натуральных фруктово-ягодных сидров, формирования новых физико-химических, органолептических и физиологических свойств продукта разработана нормативная документация «Сидры особые газированные». Определив качественный и количественный состав сахаров, кислот, антоцианов и других биологически активных веществ в ягодах бузины, произрастающей на территории Республики Беларусь, разработана технологическая инструкция на сидр «Яблоко с бузиной». Данный вид продукции выпускается серийно промышленным предприятием и получил награду Международного конкурса по оценке винодельческой продукции. Оценено влияние особенностей химического состава и свойств бузины на технологию данного вида сидра, определены качественные показатели готового продукта и его питательная ценность. Изготовление данного вида сидра, полученного в результате спиртового брожения плодово-ягодного сырья и купажирования с соком бузины, позволило получить натуральный продукт с высоким содержанием биологически активных веществ. Внедрение технологии фруктово-ягодных сидров позволяет заменить слабоалкогольные напитки, произведенные с применением ароматизаторов и красителей, и создать конкурентоспособную продукцию, обладающую питательной ценностью и полезными свойствами, предназначенную для рынка ближнего и дальнего зарубежья.

Учитывая содержание биологически активных веществ в ягодах бузины, ее применение в пищевой промышленности имеет перспективы по созданию новых продуктов. Ягоды бузины, а также и побочные продукты ее переработки выжимки, являются потенциальным недорогим источником некоторых уникальных биоактивных полифенолов. Использование ягод, сока, экстракта и выжимок из бузины в пищевой промышленности для приготовления повидла, джемов, варенья, кондитерской, а также в винодельческой и ликероводочной промышленности позволит создавать новые продукты профилактического и функционального назначения [94–107].

В 2021 г. нами изготовлены образцы и проведены исследования пива с добавлением ягод бузины на разных стадиях технологического процесса. Определены содержание полифенолов, антиоксидантная активность и цвет готового пива. Установлена положительная корреляция между количеством добавленных ягод бузины и антиоксидантной активностью готового продукта. Увеличение количества вносимых ягод бузины способствовало увеличению содержания полифенолов в готовом продукте и цвета, при этом значительного изменения рН готового пива и начального экстракта не установлено. В совокупности настоек светлого пива с ягодами бузины может повысить цвет, содержание полифенолов и антиоксидантную активность пива.

Таблица 2. Использование бузины в производстве пищевых продуктов [6, 14, 15, 25, 36, 48, 53, 57, 61, 79, 90–92]

Наименование пищевых продуктов	Продукция из бузины	Количество	Полученный результат
Нектары и морсы	Концентрированный сок бузины	15%	Насыщенный цвет, увеличение содержания полифенолов и антиоксидантной активности готовой продукции
Пиво	Сок бузины	2%	Использование сока бузины увеличивает содержание алкоголя, улучшает вкусовые и ароматические характеристики готового пива, увеличивает антиоксидантную активность
Йогурт	Сок бузины и реструктурированный сок бузины	10 и 25%	Изменение цвета, консистенции йогурта, сок бузины увеличил текучесть, но не влияет на консистенцию. Реконструированный сок улучшает консистенцию и органолептические показатели. Сок и реконструированный сок увеличивает антиоксидантную способность и антидиабетическую активность йогурта.
	Пюре из бузины	10%	Увеличение общего содержания сухих веществ, клетчатки и углеводов. Увеличение содержания фенолов, антоцианов и антиоксидантной активности. Изменения органолептических показателей и снижения заквасочных культур не установлено. Количество антоцианов в йогурте с бузиной было выше, чем в йогурте с использованием концентрата черной моркови, и оставалось стабильным в течение 14 дней хранения.
	Порошок из бузины	2%	Цвет более насыщенный, незначительное изменение содержания антоцианов в процессе хранения йогурта
Кефир	Сок бузины	10%	Увеличение содержания антоцианов, фенолов и антиоксидантной активности, улучшение органолептических показателей кефира
Мясо (свинина гриль)	Уксус из бузины	3% примерно 30 мг/г мяса	Уксус из бузины показал высокую степень ингибирования полициклических ароматических соединений (ПАУ) – 82%. Высокое содержание полифенолов уксуса из бузины, разрушает свободные радикалы и существенно замедляет образование ПАУ
Мясо (котлеты из свинины)	Порошок бузины	1%	Эффективное снижение образования вторичных продуктов окисления (вещества, реагирующие с тиобарбитуровой кислотой; ТВАР). Пирожки с мясом с добавлением порошка бузины – ТВАР 50% от контрольного образца
Безглютеновые вафельные листы	Порошок бузины	1%	Снижение расслаивания теста, улучшение органолептических показателей. Увеличение содержания биоактивных соединений (флавоноидов) и минералов (железо, калий, кальций, магний и натрий) в вафельных листах
Круассаны	Сок бузины	2, 4, 8%	Незначительное изменение пищевой ценности. Круассаны с бузиной обладали высокой антиоксидантной способностью и содержанием биологически активных соединений
Макаронные изделия	Концентрированный сок бузины		Использование сока бузины не повлияло на технологичность макаронных изделий. Добавление ягод бузины дало пасте темно-фиолетовый цвет, после варки макароны сохранили свой фиолетовый цвет. Использование ягод бузины повышало общее содержание полифенолов в пасте. Кроме того, антиоксидантная активность и пищевая ценность переработанных макаронных изделий также была выше, чем в контрольном образце

Выводы

Ягоды бузины и продукты их переработки являются потенциальным сырьем, которое можно и необходимо использовать в пищевой промышленности в качестве как натурального красителя, так и мощного антиоксиданта. Это в равной степени актуально для всех отраслей пищевой промышленности. В алкогольной отрасли бузину необходимо использовать как краситель, в пивоваренной – в качестве сырьевой составляющей, которая позволит расширить ассортимент пива и обеспечить получения новых сортов с повышен-

ной антиоксидантной активностью. Использование бузины и продуктов ее переработки в консервной отрасли обеспечит получение купажированных соков, нектаров, напитков, морсов, джемов и других плодоовощных консервов с высокой антиоксидантной активностью и привлекательным внешним видом. В молочной промышленности, кондитерской отрасли бузину необходимо использовать и как краситель, и как антиоксидант, в мясной – как пищевую добавку, обеспечивающую увеличение пищевой ценности и снижении окислительных процессов.

Проводимые и опубликованные исследования различных продуктов питания, изготовленных с использованием ягод бузины и продуктов ее переработки, подтверждают очевидное изменение цвета и существенное увеличение антиоксидантной активности пищевых продуктов. Кроме того, вносимые с бузиной биоактивные соединения, которые в ней содержатся, помогают увеличить срок хранения продуктов, а также оказывают положительное влияние на здоровье потребителей.

Тем не менее следует отметить, что проведенные исследования, в которых бузина использовалась в качестве добавки в рецептуре пищевых продуктов, показывают, что существует несколько способов добавления бузины (сок, порошок, порошок выжимок, концентрат, уксус и т.д.). Поэтому затруднительно сопоставлять результаты по причине разнообразия продуктов (молочные, плодоовощные, мясные, хлебобулочные и т.д.) и различного вида добавки бузины. В каждом отдельном случае добавление ягод бузины может вызывать различное влияние на органолептические и физико-химические показатели продукта. Поэтому необходимо проводить дальнейшие дополнительные исследования по применению ягод *Sambucus nigra* L. в качестве красителя и антиоксиданта, влиянию на питательные и органолептические свойства продуктов, а также на срок годности пищевой продукции. Кроме того, следует учитывать тот факт, что пищевые продукты в процессе изготовления подвергаются различной обработке, которая может существенно повлиять на стабильность биоактивных соединений, вносимых с бузиной. С целью сохранения биоактивных соединений необходимо использовать методы их стабилизации, такие, например, как инкапсулирование.

Использование ягод бузины в пищевой промышленности является перспективным направлением по созданию и производству пищевых продуктов профилактического и функционального назначения, сокращению применения синтетических добавок в рецептурах различных пищевых продуктов. Тем не менее требуется дальнейшее проведение исследований с целью установления необходимого количества внесения и оптимального времени добавления ягод бузины в рецептуру изготавливаемого продукта питания, чтобы обеспечить максимальное положительное влияние на пищевую ценность продуктов, физико-химические и органолептические показатели.

Список литературы

1. Baeza R., Sánchez V., Salierno G., Molinari F., López P., Chirife J. Storage stability of anthocyanins in freeze-dried elderberry pulp using low proportions of encapsulating agents // *Food Science and Technology International*. 2020. Vol. 27(2). Pp. 135–144. DOI: 10.1177/1082013220937867.
2. De Froidmont-Goertz I., Faure U., Gajdzinska M., Haentjens W., Krommer J., Lizaso M. et al. Food 2030 Food Pathways for Action: Research and Innovation Policy as a Driver for Sustainable, Healty and Inclusive Food Systems. Luxembourg, 2020.
3. Pateiro M., Barba F.J., Dominguez R., Sant'Ana A.S., Khaneghah A.M., Gavahian M., Gomez B., Lorenzo J.M. Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review // *Food Res. Int*. 2018. Vol. 113. Pp. 156–166. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.014.
4. Domínguez R., Pateiro M., Gagaoua M., Barba F.J., Zhang W., Lorenzo J.M. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products // *Antioxidants*. 2019. Vol. 8. P. 429. DOI: 10.3390/antiox8100429.
5. Lourenço S.C., Moldão-Martins M., Alves V.D. Antioxidants of natural plant origins: From sources to food industry applications // *Molecules*. 2019. Vol. 24. P. 4132. DOI: 10.3390/molecules24224132.
6. Da Silva R.F.R., Barreira J.C.M., Heleno S.A., Barros L., Calhelha R.C., Ferreira I.C.F.R. Anthocyanin Profile of Elderberry Juice: A Natural-Based Bioactive Colouring Ingredient with Potential Food Application // *Molecules*. 2019. Vol. 24. P. 2359. DOI: 10.3390/molecules24132359.
7. Pateiro M., Vargas F.C., Chinchá A.A.I.A. et al. Guarana seed extracts as a useful strategy to extend the shelf life of pork patties: UHPLC-ESI/QTOF phenolic profile and impact on microbial inactivation, lipid and protein oxidation and antioxidant capacity // *Food Res. Int*. 2018. Vol. 114. Pp. 55–63. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.047.
8. Domínguez R., Gullón P., Pateiro M., Munekata P.E.S., Zhang W., Lorenzo J.M. Tomato as potential source of natural additives for meat industry. A review // *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. P. 73. DOI: 10.3390/antiox9010073.
9. Munekata P.E.S., Rochetti G., Pateiro M., Lucini L., Domínguez R., Lorenzo J.M. Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: An overview. *Curr. Opin. // Food Sci*. 2020. Vol. 31. Pp. 81–87. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.03.003.

10. Munekata P.E.S., Gullón B., Pateiro M., Tomasevic I., Domínguez R., Lorenzo J.M. Natural Antioxidants from Seeds and Their Application in Meat Products // *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. P. 815. DOI: 10.3390/antiox9090815.
11. Munekata P.E.S., Pateiro M., Bellucci E.R.B., Domínguez R., da Silva Barretto A.C., Lorenzo J.M. Strategies to increase the shelf life of meat and meat products with phenolic compounds // *Adv. Food Nutr. Res.* 2021. Vol. 98. Pp. 171–205. DOI: 10.1016/bs.afnr.2021.02.008.
12. Lorenzo J.M., Pateiro M., Domínguez R., Barba F.J., Putnik P., Kovačević D.B., Shpigelman A., Granato D., Franco D. Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review // *Food Res. Int.* 2018. Vol. 106. Pp. 1095–1104. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.12.005.
13. Lorenzo J.M., Vargas F.C., Strozzi I. et al. Influence of pitanga leaf extracts on lipid and protein oxidation of pork burger during shelf-life // *Food Res. Int.* 2018. Vol. 114. Pp. 47–54. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.046.
14. Domínguez R., Zhang L., Rochetti G., Lucini L., Pateiro M., Munekata P.E.S., Lorenzo J.M. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as potential source of antioxidants. Characterization, optimization of extraction parameters and bioactive properties // *Food Chem.* 2020. Vol. 330. P. 127266. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127266.
15. Ağalar H.G. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) // *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2019. Pp. 211–215.
16. Cordeiro T., Fernandes I., Pinho O., Calhau C., Mateus N., Faria A. Anthocyanin content in raspberry and elderberry: The impact of cooking and recipe composition // *Int. J. Gastron. Food Sci.* 2021. Vol. 24. P. 100316. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100316.
17. Costa C.P., Patinha S., Rudnitskaya A., Santos S.A.O., Silvestre A.J.D., Rocha S.M. Sustainable Valorization of *Sambucus nigra* L. Berries: From Crop Biodiversity to Nutritional Value of Juice and Pomace // *Foods*. 2022. Vol. 11. P. 104. DOI: 10.3390/foods11010104.
18. Akbulut M. et al. Physico-chemical characteristics of some wild grown European elderberry (*Sambucus nigra* L.) genotypes // *Pharmacognosy magazine*. 2009. Vol. 5. N20. Pp. 320–323. DOI: 10.4103/0973-1296.58153.
19. Borowska J. et al. Charakterystyka chemiczna owoców bzu czarnego [*Sambucus nigra* L.] // *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Ogrodnictwo*. 2000. Vol. 31. N2. Pp. 13–17.
20. Divis P. et al. Elemental composition of fruits from different black elder (*Sambucus nigra* L.) cultivars grown in the Czech Republic // *Journal of Elementology*. 2015. Vol. 20. N3. Pp. 549–557. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.758.
21. Neves M.B., Gonçalves F., Wessel D.F. Changes in Elderberry (*Sambucus nigra* L.) Juice Concentrate Polyphenols during Storage // *Appl. Sci.* 2021. Vol. 11. P. 6941. DOI: 10.3390/app11156941.
22. Wieland L.S., Piechotta V., Feinberg T., Ludeman E., Hutton B., Kanji S., Seely D., Garritty C. Elderberry for prevention and treatment of viral respiratory illnesses: A systematic review // *BMC Complement Med. Ther.* 2021. Vol. 21. P. 112. DOI: 10.1186/s12906-021-03283-5.
23. Barak V., Halperin T., Kalickman I. The effect of Sambucol, a black elderberry-based, natural product, on the production of human cytokines: I. Inflammatory cytokines // *Eur. Cytokine Netw.* 2001. Vol. 12. Pp. 290–296.
24. Salvador Â.C., Król E., Lemos V.C. et al. Effect of elderberry (*Sambucus nigra* L.) extract supplementation in STZ-induced diabetic rats fed with a high-fat diet // *Int. J. Mol. Sci.* 2017. Vol. 18. P. 13. DOI: 10.3390/ijms18010013.
25. Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Łysiak G.P. Bioactive properties of *Sambucus nigra* L. As a functional ingredient for food and pharmaceutical industry // *J. Funct. Foods*. 2018. Vol. 40. Pp. 377–390. DOI: 10.1016/j.jff.2017.11.025.
26. Torabian G., Valtchev P., Adil Q., Dehghani F. Anti-influenza activity of elderberry (*Sambucus nigra*). // *J. Funct. Foods*. 2019. Vol. 54. Pp. 353–360. DOI: 10.1016/j.jff.2019.01.031.
27. Tiralongo E., Wee S.S., Lea R.A. Elderberry supplementation reduces cold duration and symptoms in air-travellers: A randomized, double-blind placebo-controlled clinical trial // *Nutrients*. 2016. DOI: 10.3390/nu8040182.
28. Jiang H., Zhang W., Li X., Xu Y., Cao J., Jiang W. The anti-obesogenic effects of dietary berry fruits: A review. // *Food Res. Int.* 2021. Vol. 147. P. 110539. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110539.
29. Baeza R., Sánchez V., Salierno G., Molinari F., López P., Chirife J. Storage stability of anthocyanins in freeze-dried elderberry pulp using low proportions of encapsulating agents // *Food Sci. Technol. Int.* 2020. Vol. 27. Pp. 135–144. DOI: 10.1177/1082013220937867.
30. Najgebauer-Lejko D., Liszka K., Tabaszewska M., Domagała J. Probiotic Yoghurts with Sea Buckthorn, Elderberry, and Sloe Fruit Purees // *Molecules*. 2021. Vol. 26. P. 2345. DOI: 10.3390/molecules26082345.
31. Petruț G.S.M., Mureșan V., Vlaic R.M.M., Mureșan C.C., Pop C.R., Buzgău G., Mureșan A.E., Ungur R.A., Muste S. The Physicochemical and Antioxidant Properties of *Sambucus nigra* L. and *Sambucus nigra* Haschberg during Growth Phases: From Buds to Ripening // *Antioxidants*. 2021. Vol. 10. P. 1093. DOI: 10.3390/antiox10071093.
32. Vujanović M., Majkić T., Zengin G., Beara I., Tomović V., Šojić B., Đurović S., Radojković M. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) juice as a novel functional product rich in health-promoting compounds // *RSC Adv.* 2020. Vol. 10. Pp. 44805–44814. DOI: 10.1039/d0ra09129d.
33. Młynarczyk K. et al. The content of selected minerals, bioactive compounds, and the antioxidant properties of the flowers and fruit of selected cultivars and wildy growing plants of *Sambucus nigra* L. // *Molecules*. 2020. Vol. 25. N4. P. 876. DOI: 10.3390/molecules25040876.
34. Rodrigues S., de Brito E.S., de Oliveira Silva E. Elderberry – *Sambucus nigra* L. // *Exotic Fruits*. Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2018. Pp. 181–185.
35. Sidor A., Gramza-Michałowska A. Advanced research on the antioxidant and health benefit of elderberry (*Sambucus nigra*) in food. A review // *J. Funct. Foods*. 2015. Vol. 18. Pp. 941–958. DOI: 10.1016/j.jff.2014.07.012.

36. Lee J., Finn C.E. Anthocyanins and other polyphenolics in American elderberry (*Sambucus canadensis*) and European elderberry (*S. nigra*) cultivars // *J. Sci. Food Agric.* 2007. Vol. 87. Pp. 2665–2675. DOI: 10.1002/jsfa.3029.
37. Szalóki-Dorkó L., Stéger-Máté M., Abrankó L. Evaluation of colouring ability of main European elderberry (*Sambucus nigra* L.) varieties as potential resources of natural food colourants // *Int. J. Food Sci. Technol.* 2015. Vol. 50. Pp. 1317–1323. DOI: 10.1111/ijfs.12773.
38. Wu H., Johnson M.C., Lu C.H., Fritsche K.L., Thomas A.L., Cai Z., Greenlief C.M. Determination of anthocyanins and total polyphenols in a variety of elderberry juices by UPLC-MS/MS and Other Methods // *Acta Hort.* 2015. Vol. 1061. Pp. 43–52. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1061.3.
39. Przybylska-Balcerek A., Szablewski T., Sz wajkowska-Michałek L., Świerk D., Cegielska-Radziejewska R., Krejpcio Z., Suchowilska E., Tomczyk Ł., Stuper-Szablewska K. *Sambucus Nigra* Extracts-Natural Antioxidants and Antimicrobial Compounds // *Molecules.* 2021. Vol. 26. P. 2910. DOI: 10.3390/molecules26102910.
40. Тимофеева В.Н., Бурак Л.Ч., Зенькова М.Л., Черепанова А.В. Исследование химического состава ягод бузины, произрастающей на территории Республики Беларусь // *Вестник Могилевского государственного университета продовольствия.* 2012. №1(12). С. 3–7.
41. Бурак Л.Ч. Сравнительный анализ содержания антоцианов в соке бузины с другими соками из плодов и ягод, произрастающих в Республике Беларусь // *Крымский экономический вестник.* 2012. Т. 1. №1(01). С. 60–62.
42. Бурак Л.Ч., Завалей А.П. Технологический процесс производства и оценка качества сока прямого отжима и концентрированного из плодов бузины, произрастающей в Республике Беларусь // *Пищевая промышленность.* 2021. №11. С. 83–87. DOI: 10.52653/PPI.2021.11.11.001.
43. Mahboubi M. *Sambucus nigra* (black elder) as alternative treatment for cold and flu // *Adv. Tradit. Med.* 2020. Vol. 21. Pp. 405–414. DOI: 10.1007/s13596-020-00469-z.
44. Bartak M., Lange A., Słońska A., Cymerys J. Antiviral and healing potential of *Sambucus nigra* extracts // *Rev. Bio-natura.* 2020. Vol. 5. Pp. 1264–1270. DOI: 10.21931/RB/2020.05.03.18.
45. Schön C., Mödinger Y., Krüger F., Doebeis C., Pischel I., Bonnländer B. A new high-quality elderberry plant extract exerts antiviral and immunomodulatory effects in vitro and ex vivo // *Food Agric. Immunol.* 2021. Vol. 32. Pp. 650–662. DOI: 10.1080/09540105.2021.1978941.
46. Gracián-Alcaide C., Maldonado-Lobón J.A., Ortiz-Tikkakoski E., Gómez-Vilchez A., Fonollá J., López-Laramendi J.L., Olivares M., Blanco-Rojo R. Effects of a Combination of Elderberry and Reishi Extracts on the Duration and Severity of Respiratory Tract Infections in Elderly Subjects: A Randomized Controlled Trial // *Appl. Sci.* 2020. Vol. 10. P. 8259. DOI: 10.3390/app10228259.
47. Najgebauer-Lejko D., Liszka K., Tabaszewska M., Domagała J. Probiotic Yoghurts with Sea Buckthorn, Elderberry, and Sloe Fruit Purees // *Molecules.* 2021. Vol. 26. P. 2345. DOI: 10.3390/molecules26082345.
48. Nemetz N.J., Schieber A., Weber F. Application of Crude Pomace Powder of Chokeberry, Bilberry, and Elderberry as a Coloring Foodstuff // *Molecules.* 2021. Vol. 26. P. 2689. DOI: 10.3390/molecules26092689.
49. Gagnetten M., Corfield R., Mattson M.G., Sozzi A., Leiva G., Salvatori D., Schebor C. Spray-dried powders from berries extracts obtained upon several processing steps to improve the bioactive components content // *Powder Technol.* 2019. Vol. 342. Pp. 1008–1015. DOI: 10.1016/j.powtec.2018.09.048.
50. Busso Casati C., Baeza R., Sánchez V. Physicochemical properties and bioactive compounds content in encapsulated freeze-dried powders obtained from blueberry, elderberry, blackcurrant and maqui berry // *J. Berry Res.* 2019. Vol. 9. Pp. 431–447. DOI: 10.3233/JBR-190409.
51. Kahraman G., Özdemir K.S. Effects of black elderberry and spirulina extracts on the chemical stability of cold pressed flaxseed oil during accelerated storage // *J. Food Meas. Charact.* 2021. Vol. 15. Pp. 4838–4847.
52. Dellagrecia M., Fiorentino A., Monaco P., Previtiera L., Simonet A.M. Cyanogenic Glycosides from *Sambucus Nigra* // *Natural Product Letters.* 2000. Vol. 14(3). Pp. 175–182. DOI: 10.1080/10575630008041228.
53. Dellagrecia M., Fiorentino A., Monaco P., Previtiera L., Temussi F., Zarrelli A. Synthesis of Degraded Cyanogenic Glycosides From *Sambucus Nigra* // *Natural Product Research.* 2003. Vol. 17(3). Pp. 177–181. DOI: 10.1080/1057563021000040772.
54. Aliç B., Olcay N., Demir M.K. Kara Mürverin (*Sambucus nigra* L.) Besinsel İçeriği ve Fonksiyonel Özellikleri // *Journal of the Institute of Science and Technology.* 2021. Pp. 1140–1153.
55. Li Q.-Y., Wang W., Li L.-H., Wang W.-J. Chemical components from *Sambucus adnata* wall // *Biochemical Systematics and Ecology.* 2021. Vol. 96. P. 104266. DOI: 10.1016/j.bse.2021.104266.
56. Lechtenberg M. Cyanogenic Glycosides and Biogenetically Related Compounds in Higher Plants and Animals // *eLS.* 2021. Pp. 1–18. DOI: 10.1002/9780470015902.a0029316.
57. Yulvianti M., Zidorn C. Chemical Diversity of Plant Cyanogenic Glycosides: An Overview of Reported Natural Products // *Molecules.* 2021. Vol. 26. P. 719. DOI: 10.3390/molecules26030719.
58. Stuppner S., Mayr S., Beganovic A., Beć K., Grabska J., Aufschnaiter U., Groeneveld M., Rainer M., Jakschitz T., Bonn G.K., Huck C.W. Near-Infrared Spectroscopy as a Rapid Screening Method for the Determination of Total Anthocyanin Content in *Sambucus Fructus* // *Sensors.* 2020. Vol. 20(17). P. 4983. DOI: 10.3390/s20174983.
59. Thomas A.L., Byers P.L., Vincent P.L., Applequist W.L. Medicinal Attributes of American Elderberry // *Medicinal and Aromatic Plants of North America.* 2020. Vol. 6. Pp. 119–139. DOI: 10.1007/978-3-030-44930-8_5.
60. Senica M. et al. The higher the better? Differences in phenolics and cyanogenic glycosides in *Sambucus nigra* leaves, flowers and berries from different altitudes // *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2017. Vol. 97. Pp. 2623–2632. DOI: 10.1002/jsfa.8085.

61. Bromley B.G.M., Hughes D.C.S., Leong N.A. Buckley Life-threatening interaction between complementary medicines: Cyanide toxicity following ingestion of amygdalin and vitamin C // *Annals of Pharmacotherapy*. 2005. Vol. 39. Pp. 1566–1569. DOI: 10.1345/aph.1E634.
62. Williamson E., Driver S., Baxter K. Stockley's herbal medicines interactions. A guide to the interactions of herbal medicines, dietary supplements and nutraceuticals with conventional medicines. Pharmaceutical Press, London, 2009.
63. Senica M., Stampar F., Veberic R., Mikulic-Petkovsek M. Processed elderberry (*Sambucus nigra* L.) products: A beneficial or harmful food alternative? // *LWT – Food Sci. Technol.* 2016. Vol. 72. Pp. 182–188. DOI: 10.1002/jsfa.8085.
64. Stirpe F. Ribosome-inactivating proteins // *Toxicol.* 2004. Vol. 44. Pp. 371–383. DOI: 10.1016/j.toxicol.2004.05.004.
65. Tejero J. et al. Elderberries: A source of ribosome-inactivating proteins with lectin activity // *Molecules*. 2015. Vol. 20. Pp. 2364–2387. DOI: 10.3390/molecules20022364.
66. Förster-Waldl E. et al. Type I allergy to elderberry (*Sambucus nigra*) is elicited by a 33.2 kDa allergen with significant homology to ribosomal inactivating proteins // *Clinical & Experimental Allergy*. 2003. Vol. 33. Pp. 1703–1710. DOI: 10.1111/j.1365-2222.2003.01811.x.
67. Jimenez P. et al. Differential sensitivity of D-galactose-binding lectins from fruits of dwarf elder (*Sambucus ebulus* L.) to a simulated gastric fluid // *Food chemistry*. 2013. Vol. 136. Pp. 794–802. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.09.011.
68. Jiménez P. et al. Lectin digestibility and stability of elderberry antioxidants to heat treatment in vitro // *Molecules*. 2017. Vol. 22. P. 95. DOI: 10.3390/molecules22010095.
69. Diviš P., Pořízka J., Vespalcová M., Matějček A., Kaplan J. Elemental composition of fruits from different Black elder (*Sambucus nigra* L.) cultivars grown in the Czech Republic // *J. Elem.* 2015. Vol. 20. Pp. 549–557. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.758.
70. Cais-Sokolińska D., Walkowiak-Tomczak D. Consumer-perception, nutritional, and functional studies of a yogurt with restructured elderberry juice // *J. Dairy Sci.* 2021. Vol. 104. Pp. 1318–1335. DOI: 10.3168/jds.2020-18770.
71. Скрыпник Л.Н., Курашова А.А. Сравнительное исследование антиоксидантных свойств растений некоторых видов рода *Sambucus* L. // *Химия растительного сырья*. 2019. №1. С. 127–137. DOI: 10.14258/jcprm.2019014037.
72. Кузнецова Е.А., Бычкова Т.С., Громова В.С. и др. Антиоксидантные и антимикробные свойства плодов и цветков *Sambucus nigra* // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2020. №6(65). С. 46–49. DOI: 10.33979/2219-8466-2020-65-6-46-49.
73. Гостищев Д.А., Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н. и др. Антоцианы плодов некоторых видов рода бузина // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация*. 2011. №16(111). С. 261–266.
74. Создаткина Л.М., Тютюнник Т.В., Менчук В.В. и др. Закономерности кинетики адсорбции антоцианов из экстрактов ягод аронии и бузины катионитом ФИБАН к-1 // *Вісник Одеського національного університету. Хімія*. 2019. Т. 24. №1(69). С. 38–52. DOI: 10.18524/2304-0947.2019.1(69).158418.
75. Скрыпник Л.Н., Курашова А.А., Федурев П.В. Растения различных видов бузины как ценный источник антиоксидантов фенольной природы // *Фенольные соединения: свойства, активность, инновации: сборник научных статей по материалам X Международного симпозиума. М., 2018. С. 379–382.*
76. Zhou Y., Gao Y.G., Giusti M.M. Accumulation of Anthocyanins and Other Phytochemicals in American Elderberry Cultivars during Fruit Ripening and its Impact on Color Expression // *Plants*. 2020. Vol. 9. P. 1721. DOI: 10.3390/plants9121721.
77. López-Fernández O., Domínguez R., Pateiro M., Munekata P.E.S., Rocchetti G., Lorenzo J.M. Determination of polyphenols using liquid chromatography–tandem mass spectrometry technique (LC–MS/MS): A review // *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. P. 479. DOI: 10.3390/antiox9060479.
78. Kiprovski B., Malenčić Đ., Ljubojević M., Ognjanov V., Veberic R., Hudina M., Mikulic-Petkovsek M. Quality parameters change during ripening in leaves and fruits of wild growing and cultivated elderberry (*Sambucus nigra*) genotypes // *Sci. Hortic.* 2021. Vol. 277. P. 109792. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109792.
79. Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Staniek H., Kidoń M., Łysiak G.P. The Content of Selected Minerals, Bioactive Compounds, and the Antioxidant Properties of the Flowers and Fruit of Selected Cultivars and Wildly Growing Plants of *Sambucus nigra* L. // *Molecules*. 2020. Vol. 25. P. 876. DOI: 10.3390/molecules25040876.
80. Neves C.M.B., Pinto A., Gonçalves F., Wessel D.F. Changes in Elderberry (*Sambucus nigra* L.) Juice Concentrate Polyphenols during Storage // *Appl. Sci.* 2021. Vol. 11. P. 6941. DOI: 10.3390/app11156941.
81. Бурак Л.Ч., Завалей А.П. Изменения полифенольных соединений в процессе производства сока, концентрированного из бузины, произрастающей в Республике Беларусь // *European Science*. 2020. №4(53). С. 6–17.
82. Cordeiro T., Viegas O., Silva M., Martins Z.E., Fernandes I., Ferreira I.M.L.P.V.O., Pinho O., Mateus N., Calhau C. Inhibitory effect of vinegars on the formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in charcoal-grilled pork // *Meat Sci.* 2020. Vol. 167. P. 108083. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108083.
83. Veberic R., Jakopic J., Stampar F., Schmitzer V. European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols // *Food Chem.* 2009. Vol. 114. Pp. 511–515. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.09.080.
84. Kammerer D.R., Schillmöller S., Maier O., Schieber A., Carle R. Colour stability of canned strawberries using black carrot and elderberry juice concentrates as natural colourants // *Eur. Food Res. Technol.* 2007. Vol. 224. Pp. 667–679.
85. Бурак Л.Ч. Изменение содержания антоциановых соединений в плодах бузины замороженной и концентрированном соке бузины в процессе хранения // *Естественные и технические науки*. 2012. №4(60). С. 355–359.

86. Różyło R., Wójcik M., Dziki D., Biernacka B., Cacak-Pietrzak G., Gawłowski S., Zdybel A. Freeze-dried elderberry and chokeberry as natural colorants for gluten-free wafer sheets // *Int. Agrophys.* 2019. Vol. 33. Pp. 217–225. DOI: 10.31545/intagr/109422.
87. Патент №2616825 (РФ). Мучное кондитерское изделие профилактического назначения / М.П. Бахмет, А.Н. Надикта, Н.А. Тарасенко. – 2017.
88. Патент №2631682 (РФ). Способ производства фитохлебцев / А.Н. Надикта, Н.А. Тарасенко. – 2017.
89. Sun-Waterhouse D., Jin D., Waterhouse G.I.N. Effect of adding elderberry juice concentrate on the quality attributes, polyphenol contents and antioxidant activity of three fibre-enriched pastas // *Food Res. Int.* 2013. Vol. 54. Pp. 781–789. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.08.035.
90. Du X., Myracle A.D. Development and evaluation of kefir products made with aronia or elderberry juice: Sensory and phytochemical characteristics // *Int. Food Res. J.* 2018. Vol. 25. Pp. 1373–1383.
91. Jin S.K., Kim G.D., Jeong J.Y. Evaluation of the Effect of Inhibiting Lipid Oxidation of Natural Plant Sources in a Meat Model System // *J. Food Qual.* 2021. 6636335. DOI: 10.1155/2021/6636335.
92. Бурак Л.Ч. Разработка и исследование плодово-ягодных морсов с использованием сока бузины // *Наука, питание и здоровье: сборник научных трудов XVIII Международной научно-практической конференции.* Минск, 2020. С. 139–144.
93. Сорокопудов В.Н., Волощенко Л.В., Мячикова Н.И. Интегральная оценка перспективности форм бузины черной пищевого назначения // *Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития: материалы VII Международной научной конференции.* Донецк, 2017. С. 389–393.
94. Патент №2595514 (РФ). Функциональная глазурь / Н.А. Тарасенко, А.Д. Новоженова. – 2016.
95. Червяк С.Н., Погорелов Д.Ю., Ермихина М.В., Михеева Л.А. Исследование физико-химических показателей природных и синтетических красителей // *Магарач. Виноградарство и виноделие.* 2017. №3. С. 31–33.
96. Захаров В.Л., Дубровина О.А., Гулидова В.А., Зубкова Т.В. Витаминная ценность плодов дикорастущих съедобных плодово-ягодных растений севера ЦЧР // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета.* 2017. №3. С. 101–107.
97. Ишунина Т.А., Боева С.Г. Разработка технологии приготовления и применения гистологических красителей на основе экстрактов бузины черной, бархатцев распростертых и донника лекарственного // *Химия растительного сырья.* 2017. №2. С. 163–169. DOI: 10.14258/jcrpm.2017021171.
98. Патент №2751230 (РФ). Функциональный продукт / А.С. Венецианский, Е.А. Кузнецова, А.А. Щетинин. – 2021.
99. Опыт и перспективы выращивания нетрадиционных ягодных растений на территории Беларуси и сопредельных стран: материалы Международного научно-практического семинара. Минск, 2021. 148 с.
100. Панасюк А.Л., Кузьмина Е.И., Егорова О.С. Производство и применение натуральных антоциановых пищевых красителей (обзор) // *Пищевая промышленность.* 2021. №10. С. 13–19. DOI: 10.52653/PPI.2021.10.10.017.
101. Бурак Л.Ч., Завалей А.П. Исследование соков с высокой антиоксидантной активностью, консервированных омической пастеризацией // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания.* 2021. №4. С. 38–47. DOI: 10.24412/2311-6447-2021-4-38-47.
102. Бурак Л.Ч. Перспективы производства пива с функциональными свойствами // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания.* 2021. №2. С. 79–88. DOI: 10.24412/2311-6447-2021-2-79-88.
103. Максименко М.Г., Марцинкевич Д.И. Перспективы использования бузины черной в производстве соковой продукции // *Опыт и перспективы выращивания нетрадиционных ягодных растений на территории Беларуси и сопредельных стран: материалы Международного научно-практического семинара.* Минск, 2021. С. 71–74.
104. Бурак Л.Ч. Использование выжимок бузины в пищевой промышленности // *Новые технологии.* 2020. Т. 16. №5. С. 20–27. DOI: 10.47370/2072-0920-2020-16-5-20-27.
105. Ашурбекова Ф.А., Гусейнова Б.М., Даудова Т.И. Технологические аспекты получения высококачественных экстрактов из плодов дикоросов // *Пищевая промышленность.* 2020. №1. С. 18–22. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10005.
106. Базаева К.И., Химилонова А.А. Влияние ягод бузины черной на потребительские свойства в рецепте с рыбой форелью // *Вестник научных трудов молодых ученых, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет».* Владикавказ, 2020. С. 128–130.
107. Сидор В.М., Кошова В.М., Боярьска О.В., Лавна М.І. Дослідження якості пива з додаванням соку бузины // *Технологический аудит и резервы производства.* 2015. Т. 4. №4(24). С. 52–55. DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47701.

Поступила в редакцию 29 января 2022 г.

После переработки 3 марта 2022 г.

Принята к публикации 4 мая 2022 г.

Для цитирования: Бурак Л.Ч. Использование бузины (*Sambucus nigra* L.) в пищевой промышленности: состояние и дальнейшие перспективы (обзор) // *Химия растительного сырья.* 2022. №3. С. 49–69. DOI: 10.14258/jcrpm.20220310937.

Burak L.Ch. USE OF ELDER (SAMBUCUS NIGRA L.) IN THE FOOD INDUSTRY: STATE AND FURTHER PROSPECTS. OVERVIEW

LLC "BELROSAKVA", ul. Sharangovicha, 19, Minsk, 220018 (Republic of Belarus), e-mail: leonidburak@gmail.com

A steady trend towards a healthy lifestyle contributes to a significant increase in consumer demand for natural food products for functional and preventive purposes. Such products have a balanced chemical composition, provide a balanced diet, promote health, improve physical and mental performance, increase the body's resistance to adverse environmental influences. In order to meet the needs of the consumer, the food industry develops new food products and makes changes to the recipes of traditional products. Over the past decades, many natural sources of raw materials have been explored that can significantly increase the nutritional value of food products and fully replace synthetic food additives. Numerous studies confirm that black elder (*Sambucus nigra* L.) has high antioxidant activity and is a good source of many important biologically active compounds. Therefore, in many countries, elderberry is used in the food industry as a raw material and food additive. The high content of anthocyanins, as well as other polyphenols and vitamins in elderberry, confirms that it can be used not only as a dye, but also as an antioxidant. Due to the presence of bioactive compounds in elderberry, its use in food production as a raw material component will allow obtaining functional products with a high antioxidant capacity. However, it is necessary to study and correctly use the required amount of elderberry additive and the technology of adding elderberries to food in order to ensure a positive effect on the nutritional and technological properties of the finished food product, without worsening the organoleptic characteristics of food products. The purpose of this article is to review the main biologically active compounds present in elderberry, as well as its potential use in the food industry.

Keywords: elderberry, nutritional supplements, phenolic compounds, anthocyanins, flavonoids, antioxidant activity, berries, vitamins.

References

1. Baeza R., Sánchez V., Salierno G., Molinari F., López P., Chirife J. *Food Science and Technology International*, 2020, vol. 27(2), pp. 135–144. DOI: 10.1177/1082013220937867.
2. De Froidmont-Goertz I., Faure U., Gajdzinska M., Haentjens W., Krommer J., Lizaso M. et al. *Food 2030 Food Pathways for Action: Research and Innovation Policy as a Driver for Sustainable, Healthy and Inclusive Food Systems*, Luxembourg, 2020.
3. Pateiro M., Barba F.J., Dominguez R., Sant'Ana A.S., Khaneghah A.M., Gavahian M., Gomez B., Lorenzo J.M. *Food Res. Int.*, 2018, vol. 113, pp. 156–166. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.014.
4. Domínguez R., Pateiro M., Gagaoua M., Barba F.J., Zhang W., Lorenzo J.M. *Antioxidants*, 2019, vol. 8, p. 429. DOI: 10.3390/antiox8100429.
5. Lourenço S.C., Moldão-Martins M., Alves V.D. *Molecules*, 2019, vol. 24, p. 4132. DOI: 10.3390/molecules24224132.
6. Da Silva R.F.R., Barreira J.C.M., Heleno S.A., Barros L., Calheta R.C., Ferreira I.C.F.R. *Molecules*, 2019, vol. 24, p. 2359. DOI: 10.3390/molecules24132359.
7. Pateiro M., Vargas F.C., Chinchá A.A.I.A. et al. *Food Res. Int.*, 2018, vol. 114, pp. 55–63. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.047.
8. Domínguez R., Gullón P., Pateiro M., Munekata P.E.S., Zhang W., Lorenzo J.M. *Antioxidants*, 2020, vol. 9, p. 73. DOI: 10.3390/antiox9010073.
9. Munekata P.E.S., Rocchetti G., Pateiro M., Lucini L., Domínguez R., Lorenzo J.M. *Food Sci.*, 2020, vol. 31, pp. 81–87. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.03.003.
10. Munekata P.E.S., Gullón B., Pateiro M., Tomasevic I., Domínguez R., Lorenzo J.M. *Antioxidants*, 2020, vol. 9, p. 815. DOI: 10.3390/antiox9090815.
11. Munekata P.E.S., Pateiro M., Bellucci E.R.B., Domínguez R., da Silva Barretto A.C., Lorenzo J.M. *Adv. Food Nutr. Res.*, 2021, vol. 98, pp. 171–205. DOI: 10.1016/bs.afnr.2021.02.008.
12. Lorenzo J.M., Pateiro M., Domínguez R., Barba F.J., Putnik P., Kovačević D.B., Shpigelman A., Granato D., Franco D. *Food Res. Int.*, 2018, vol. 106, pp. 1095–1104. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.12.005.
13. Lorenzo J.M., Vargas F.C., Strozzi I. et al. *Food Res. Int.*, 2018, vol. 114, pp. 47–54. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.046.
14. Domínguez R., Zhang L., Rocchetti G., Lucini L., Pateiro M., Munekata P.E.S., Lorenzo J.M. *Food Chem.*, 2020, vol. 330, p. 127266. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127266.
15. Ağalar H.G. *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2019, pp. 211–215.
16. Cordeiro T., Fernandes I., Pinho O., Calhau C., Mateus N., Faria A. *Int. J. Gastron. Food Sci.*, 2021, vol. 24, p. 100316. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100316.
17. Costa C.P., Patinha S., Rudnitskaya A., Santos S.A.O., Silvestre A.J.D., Rocha S.M. *Foods*, 2022, vol. 11, p. 104. DOI: 10.3390/foods11010104.
18. Akbulut M. et al. *Pharmacognosy magazine*, 2009, vol. 5, no. 20, pp. 320–323. DOI: 10.4103/0973-1296.58153.
19. Borowska J. et al. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Ogrodnictwo*, 2000, vol. 31, no. 2, pp. 13–17.
20. Divis P. et al. *Journal of Elementology*, 2015, vol. 20, no. 3, pp. 549–557. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.758.
21. Neves M.B., Gonçalves F., Wessel D.F. *Appl. Sci.*, 2021, vol. 11, p. 6941. DOI: 10.3390/app11156941.
22. Wieland L.S., Piechotta V., Feinberg T., Ludeman E., Hutton B., Kanji S., Seely D., Garritty C. *BMC Complement Med. Ther.*, 2021, vol. 21, p. 112. DOI: 10.1186/s12906-021-03283-5.
23. Barak V., Halperin T., Kalickman I. *Eur. Cytokine Netw.*, 2001, vol. 12, pp. 290–296.

24. Salvador Á.C., Król E., Lemos V.C. et al. *Int. J. Mol. Sci.*, 2017, vol. 18, p. 13. DOI: 10.3390/ijms18010013.
25. Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Łysiak G.P. *J. Funct. Foods.*, 2018, vol. 40, pp. 377–390. DOI: 10.1016/j.jff.2017.11.025.
26. Torabian G., Valtchev P., Adil Q., Dehghani F. *J. Funct. Foods.*, 2019, vol. 54, pp. 353–360. DOI: 10.1016/j.jff.2019.01.031.
27. Tiralongo E., Wee S.S., Lea R.A. *Nutrients*, 2016. DOI: 10.3390/nu8040182.
28. Jiang H., Zhang W., Li X., Xu Y., Cao J., Jiang W. *Food Res. Int.*, 2021, vol. 147, p. 110539. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110539.
29. Baeza R., Sánchez V., Salierno G., Molinari F., López P., Chirife J. *Food Sci. Technol. Int.*, 2020, vol. 27, pp. 135–144. DOI: 10.1177/1082013220937867.
30. Najgebauer-Lejko D., Liszka K., Tabaszewska M., Domagała J. *Molecules*, 2021, vol. 26, p. 2345. DOI: 10.3390/molecules26082345.
31. Petruț G.S.M., Mureșan V., Vlaic R.M.M., Mureșan C.C., Pop C.R., Buzgău G., Mureșan A.E., Ungur R.A., Muste S. *Antioxidants*, 2021, vol. 10, p. 1093. DOI: 10.3390/antiox10071093.
32. Vujanović M., Majkić T., Zengin G., Beara I., Tomović V., Šojić B., Đurović S., Radojković M. *RSC Adv.*, 2020, vol. 10, pp. 44805–44814. DOI: 10.1039/d0ra09129d.
33. Młynarczyk K. et al. *Molecules*, 2020, vol. 25, no. 4, p. 876. DOI: 10.3390/molecules25040876.
34. Rodrigues S., de Brito E.S., de Oliveira Silva E. *Exotic Fruits*, Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2018, pp. 181–185.
35. Sidor A., Gramza-Michałowska A. *J. Funct. Foods*, 2015, vol. 18, pp. 941–958. DOI: 10.1016/j.jff.2014.07.012.
36. Lee J., Finn C.E. *J. Sci. Food Agric.*, 2007, vol. 87, pp. 2665–2675. DOI: 10.1002/jsfa.3029.
37. Szalóki-Dorkó L., Stéger-Máté M., Abrankó L. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2015, vol. 50, pp. 1317–1323. DOI: 10.1111/ijfs.12773.
38. Wu H., Johnson M.C., Lu C.H., Fritsche K.L., Thomas A.L., Cai Z., Greenlief C.M. *Acta Hort.*, 2015, vol. 1061, pp. 43–52. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1061.3.
39. Przybylska-Balcerek A., Szablewski T., Szwajkowska-Michalek L., Świerk D., Cegielska-Radziejewska R., Krejpcio Z., Suchowilska E., Tomczyk Ł., Stuper-Szablewska K. *Molecules*, 2021, vol. 26, p. 2910. DOI: 10.3390/molecules26102910.
40. Timofeyeva V.N., Burak L.Ch., Zen'kova M.L., Cherepanova A.V. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol'stviya*, 2012, no. 1(12), pp. 3–7. (in Russ.).
41. Burak L.Ch. *Krymskiy ekonomicheskiiy vestnik*, 2012, vol. 1, no. 1(01), pp. 60–62. (in Russ.).
42. Burak L.Ch., Zavaley A.P. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2021, no. 11, pp. 83–87. DOI: 10.52653/PPI.2021.11.11.001. (in Russ.).
43. Mahboubi M. *Adv. Tradit. Med.*, 2020, vol. 21, pp. 405–414. DOI: 10.1007/s13596-020-00469-z.
44. Bartak M., Lange A., Słońska A., Cymerys J. *Rev. Bionatura*, 2020, vol. 5, pp. 1264–1270. DOI: 10.21931/RB/2020.05.03.18.
45. Schön C., Mödinger Y., Krüger F., Doebis C., Pischel I., Bonnländer B. *Food Agric. Immunol.*, 2021, vol. 32, pp. 650–662. DOI: 10.1080/09540105.2021.1978941.
46. Gracián-Alcaide C., Maldonado-Lobón J.A., Ortiz-Tikkakoski E., Gómez-Vilchez A., Fonollá J., López-Larramendi J.L., Olivares M., Blanco-Rojo R. *Appl. Sci.*, 2020, vol. 10, p. 8259. DOI: 10.3390/app10228259.
47. Najgebauer-Lejko D., Liszka K., Tabaszewska M., Domagała J. *Molecules*, 2021, vol. 26, p. 2345. DOI: 10.3390/molecules26082345.
48. Nemetz N.J., Schieber A., Weber F. *Molecules*, 2021, vol. 26, p. 2689. DOI: 10.3390/molecules26092689.
49. Gagnetten M., Corfield R., Mattson M.G., Sozzi A., Leiva G., Salvatori D., Schebor C. *Powder Technol.*, 2019, vol. 342, pp. 1008–1015. DOI: 10.1016/j.powtec.2018.09.048.
50. Busso Casati C., Baeza R., Sánchez V. *J. Berry Res.*, 2019, vol. 9, pp. 431–447. DOI: 10.3233/JBR-190409.
51. Kahraman G., Özdemir K.S. *J. Food Meas. Charact.*, 2021, vol. 15, pp. 4838–4847.
52. Dellagrecia M., Fiorentino A., Monaco P., Previtera L., Simonet A.M. *Natural Product Letters*, 2000, vol. 14(3), pp. 175–182. DOI: 10.1080/10575630008041228.
53. Dellagrecia M., Fiorentino A., Monaco P., Previtera L., Temussi F., Zarrelli A. *Natural Product Research*, 2003, vol. 17(3), pp. 177–181. DOI: 10.1080/1057563021000040772.
54. Aliç B., Olcay N., Demir M.K. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2021, pp. 1140–1153.
55. Li Q.-Y., Wang W., Li L.-H., Wang W.-J. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2021, vol. 96, p. 104266. DOI: 10.1016/j.bse.2021.104266.
56. Lechtenberg M. *eLS*, 2021, pp. 1–18. DOI: 10.1002/9780470015902.a0029316.
57. Yulvianti M., Zidom C. *Molecules*, 2021, vol. 26, p. 719. DOI: 10.3390/molecules26030719.
58. Stuppner S., Mayr S., Beganovic A., Beć K., Grabska J., Aufschnaiter U., Groeneveld M., Rainer M., Jakschitz T., Bonn G.K., Huck C.W. *Sensors*, 2020, vol. 20(17), p. 4983. DOI: 10.3390/s20174983.
59. Thomas A.L., Byers P.L., Vincent P.L., Applequist W.L. *Medicinal and Aromatic Plants of North America*, 2020, vol. 6, pp. 119–139. DOI: 10.1007/978-3-030-44930-8_5.
60. Senica M. et al. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2017, vol. 97, pp. 2623–2632. DOI: 10.1002/jsfa.8085.
61. Bromley B.G.M., Hughes D.C.S., Leong N.A. *Annals of Pharmacotherapy*, 2005, vol. 39, pp. 1566–1569. DOI: 10.1345/aph.1E634.

62. Williamson E., Driver S., Baxter K. *Stockley's herbal medicines interactions. A guide to the interactions of herbal medicines, dietary supplements and nutraceuticals with conventional medicines*. Pharmaceutical Press, London, 2009.
63. Senica M., Stampar F., Veberic R., Mikulic-Petkovsek M. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2016, vol. 72, pp. 182–188. DOI: 10.1002/jsfa.8085.
64. Stirpe F. *Toxicol.*, 2004, vol. 44, pp. 371–383. DOI: 10.1016/j.toxicol.2004.05.004.
65. Tejero J. et al. *Molecules*, 2015, vol. 20, pp. 2364–2387. DOI: 10.3390/molecules20022364.
66. Förster-Waldl E. et al. *Clinical & Experimental Allergy*, 2003, vol. 33, pp. 1703–1710. DOI: 10.1111/j.1365-2222.2003.01811.x.
67. Jimenez P. et al. *Food chemistry*, 2013, vol. 136, pp. 794–802. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.09.011.
68. Jiménez P. et al. *Molecules*, 2017, vol. 22, p. 95. DOI: 10.3390/molecules22010095.
69. Diviš P., Pořízka J., Vespalcová M., Matějček A., Kaplan J. *J. Elem.*, 2015, vol. 20, pp. 549–557. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.758.
70. Cais-Sokolińska D., Walkowiak-Tomczak D. *J. Dairy Sci.*, 2021, vol. 104, pp. 1318–1335. DOI: 10.3168/jds.2020-18770.
71. Skrypnik L.N., Kurashova A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 127–137. DOI: 10.14258/jcprm.2019014037. (in Russ.).
72. Kuznetsova Ye.A., Bychkova T.S., Gromova V.S. i dr. *Tekhnologiya i tovarovedeniye innovatsionnykh pishchevykh produktov*, 2020, no. 6(65), pp. 46–49. DOI: 10.33979/2219-8466-2020-65-6-46-49. (in Russ.).
73. Gostishchev D.A., Deyneka V.I., Sorokopudov V.N. i dr. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*, 2011, no. 16(111), pp. 261–266. (in Russ.).
74. Soldatkina L.M., Tyutyunnik T.V., Menchuk V.V. i dr. *Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Khimiya*, 2019, vol. 24, no. 1(69), pp. 38–52. DOI: 10.18524/2304-0947.2019.1(69).158418. (in Russ.).
75. Skrypnik L.N., Kurashova A.A., Fedurayev P.V. *Fenol'nyye soyedineniya: svoystva, aktivnost', innovatsii: Sbornik nauchnykh statey po materialam X Mezhdunarodnogo simpoziuma*. [Phenolic compounds: properties, activity, innovations: Collection of scientific articles based on the materials of the X International Symposium]. Moscow, 2018, pp. 379–382. (in Russ.).
76. Zhou Y., Gao Y.G., Giusti M.M. *Plants*, 2020, vol. 9, p. 1721. DOI: 10.3390/plants9121721.
77. López-Fernández O., Domínguez R., Pateiro M., Munkata P.E.S., Rocchetti G., Lorenzo J.M. *Antioxidants*, 2020, vol. 9, p. 479. DOI: 10.3390/antiox9060479.
78. Kiproviski B., Malenčić Đ., Ljubojević M., Ognjanov V., Veberic R., Hudina M., Mikulic-Petkovsek M. *Sci. Hortic.*, 2021, vol. 277, p. 109792. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109792.
79. Młynarczyk K., Walkowiak-Tomczak D., Staniek H., Kidoń M., Łysiak G.P. *Molecules*, 2020, vol. 25, p. 876. DOI: 10.3390/molecules25040876.
80. Neves C.M.B., Pinto A., Gonçalves F., Wessel D.F. *Appl. Sci.*, 2021, vol. 11, p. 6941. DOI: 10.3390/app11156941.
81. Burak L.Ch., Zavaley A.P. *European Science*, 2020, no. 4(53), pp. 6–17. (in Russ.).
82. Cordeiro T., Viegas O., Silva M., Martins Z.E., Fernandes I., Ferreira I.M.L.P.V.O., Pinho O., Mateus N., Calhau C. *Meat Sci.*, 2020, vol. 167, p. 108083. DOI: 10.1016/j.meatsci.2020.108083.
83. Veberic R., Jakopic J., Stampar F., Schmitzer V. *Food Chem.*, 2009, vol. 114, pp. 511–515. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.09.080.
84. Kammerer D.R., Schillmöller S., Maier O., Schieber A., Carle R. *Eur. Food Res. Technol.*, 2007, vol. 224, pp. 667–679.
85. Burak L.Ch. *Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki*, 2012, no. 4(60), pp. 355–359. (in Russ.).
86. Różyło R., Wójcik M., Dzikowski D., Biernacka B., Cacak-Pietrzak G., Gawłowski S., Zdybel A. *Int. Agrophys.*, 2019, vol. 33, pp. 217–225. DOI: 10.31545/intagr/109422.
87. Patent 2616825 (RU). 2017. (in Russ.).
88. Patent 2631682 (RU). 2017. (in Russ.).
89. Sun-Waterhouse D., Jin D., Waterhouse G.I.N. *Food Res. Int.*, 2013, vol. 54, pp. 781–789. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.08.035.
90. Du X., Myracle A.D. *Int. Food Res. J.*, 2018, vol. 25, pp. 1373–1383.
91. Jin S.K., Kim G.D., Jeong J.Y. *J. Food Qual.*, 2021, 6636335. DOI: 10.1155/2021/6636335.
92. Burak L.Ch. *Nauka, pitaniye i zdorov'ye: Sbornik nauchnykh trudov XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Science, nutrition and health: Collection of scientific papers of the XVIII International Scientific and Practical Conference]. Minsk, 2020, pp. 139–144. (in Russ.).
93. Sorokopudov V.N., Voloshchenko L.V., Myachikova N.I. *Promyshlennaya botanika: sostoyaniye i perspektivy razvitiya: Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. [Industrial botany: state and development prospects: Proceedings of the VII International Scientific Conference]. Donetsk, 2017, pp. 389–393. (in Russ.).
94. Patent 2595514 (RU). 2016. (in Russ.).
95. Chervyak S.N., Pogorelov D.Yu., Yermikhina M.V., Mikheyeva L.A. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodeliye*, 2017, no. 3, pp. 31–33. (in Russ.).
96. Zakharov V.L., Dubrovina O.A., Gulidova V.A., Zubkova T.V. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 3, pp. 101–107. (in Russ.).
97. Ishunina T.A., Boyeva S.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 2, pp. 163–169. DOI: 10.14258/jcprm.2017021171. (in Russ.).

98. Patent 2751230 (RU). 2021. (in Russ.).
99. *Opyt i perspektivy vyrashchivaniya netraditsionnykh yagodnykh rasteniy na territorii Belarusi i sopredel'nykh stran: materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminaru*. [Experience and prospects for growing non-traditional berry plants in Belarus and neighboring countries: Proceedings of the International Scientific and Practical Seminar]. Minsk, 2021, 148 p. (in Russ.).
100. Panasyuk A.L., Kuz'mina Ye.I., Yegorova O.S. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2021, no. 10, pp. 13–19. DOI: 10.52653/PPI.2021.10.10.017. (in Russ.).
101. Burak L.Ch., Zavaley A.P. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*, 2021, no. 4, pp. 38–47. DOI: 10.24412/2311-6447-2021-4-38-47. (in Russ.).
102. Burak L.Ch. *Tekhnologii pishchevoy i pere-rabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*, 2021, no. 2, pp. 79–88. DOI: 10.24412/2311-6447-2021-2-79-88. (in Russ.).
103. Maksimenko M.G., Martsinkevich D.I. *Opyt i perspektivy vyrashchivaniya netraditsionnykh yagodnykh rasteniy na territorii Belarusi i sopredel'nykh stran: materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminaru*. [Experience and prospects for growing non-traditional berry plants in Belarus and neighboring countries: Proceedings of the International Scientific and Practical Seminar]. Минск, 2021, pp. 71–74. (in Russ.).
104. Burak L.Ch. *Novyye tekhnologii*, 2020, vol. 16, no. 5, pp. 20–27. DOI: 10.47370/2072-0920-2020-16-5-20-27. (in Russ.).
105. Ashurbekova F.A., Guseynova B.M., Daudova T.I. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2020, no. 1, pp. 18–22. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10005. (in Russ.).
106. Bazayeva K.I., Khimilonova A.A. *Vestnik nauchnykh trudov molodykh uchonykh, aspirantov i magistrantov FGBOU VO «Gorskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet»*, Vladikavkaz, 2020, pp. 128–130. (in Russ.).
107. Sydor V.M., Koshova V.M., Boyars'ka O.V., Lavna M.I. *Tekhnolohycheskyy audyt y rezervy proyzvodstva*, 2015, vol. 4, no. 4(24), pp. 52–55. DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47701. (in Russ.).

Received January 29, 2022

Revised March 3, 2022

Accepted May 4, 2022

For citing: Burak L.Ch. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 3, pp. 49–69. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20220310937.

