

УДК 663.8

Поступила в редакцию 22.06.2024  
Received 22.06.2024**А. Н. Лилишенцева, И. В. Кривко, М. М. Петухов***Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь***АНТОЦИАНЫ КАК КОМПОНЕНТЫ РАЦИОНА ЧЕЛОВЕКА**

**Аннотация.** В представленном обзоре проанализированы результаты изучения антоцианов в качестве компонентов функционального питания. Регулярное употребление в пищу темноокрашенных фруктов, содержащих антоцианы, и продуктов их переработки способствует улучшению здоровья и качества жизни людей. В статье приведены результаты исследования химического состава, в том числе содержание антоцианов ягодного сырья, произрастающего на территории Республики Беларусь и используемого предприятиями перерабатывающей отрасли для получения соковой продукции. Антоциановый профиль является важным критерием идентификации соковой продукции, изготовленной из темноокрашенных ягод.

**Ключевые слова:** антоцианы, идентификация, соковая продукция, качество, безопасность.

**A. N. Lilishentseva, I. V. Krivko, M. M. Petukhov***Educational Institution «Belarusian State Economic University», Minsk, Republic of Belarus***ANTHOCYANINS AS COMPONENTS OF THE HUMAN DIET**

**Abstract.** In the presented review, the results of the study of anthocyanins as components of functional nutrition were analyzed. Regular consumption of dark-colored fruits containing anthocyanins and their processed products contributes to improving the health and quality of life of people. The article presents the results of a study of the chemical composition, including the content of anthocyanins of berry raw materials growing in the Republic of Belarus and used by enterprises of the processing industry to obtain juice products. The anthocyanin profile is an important criterion for the identification of juice products made from dark-colored berries.

**Key words:** anthocyanins, identification, juice products, quality, safety.

**Введение.** Антоцианы представляют собой основные красные, фиолетовые и синие пигменты во многих цветах, фруктах, овощах и злаках. Они также признаны важными компонентами рациона человека, способствующими укреплению здоровья и оказывающими защитное действие против многих хронических заболеваний, включая сердечно-сосудистые, ожирение и рак. Биосинтез антоцианов широко изучался и у многих видов растений были выделены как биосинтетические, так и ключевые регуляторные гены [1].

Среди природных пигментов антоцианы являются наиболее изученными. Исследованы структура и функции антоцианов в растительных клетках, а путь их биосинтеза — один из самых полно охарактеризованных путей биосинтеза вторичных метаболитов как на биохимическом, так и на генетическом уровне. Содержание антоцианов в пищевых продуктах важно, как красящих веществ самих по себе, а также в качестве компонентов функционального питания, способствующих предупреждению и снижению риска развития хронических заболеваний. Последними научными исследованиями было установлено, что в организме человека эти соединения активно метаболизируются и биодоступность составляет более 12 % [2].

Экспериментально подтверждено, что антоцианы обладают антиоксидантными, противовоспалительными, гипогликемическими, антимуtagenными, антидиабетическими, противораковыми, нейропротекторными свойствами, а также полезны для здоровья глаз. Выявленные эффекты объясняются действием не антоцианов, а их метаболитов, которые, благодаря своей повышенной биодоступности являются более биологически активными, чем исходные соединения. Установлено, что максимальную защиту антоцианы проявляют только при со-

вместном поступлении всего комплекса полифенольных соединений, поступающего в организм в составе растительной пищи.

Антоцианы относятся к флавоноидным соединениям, входящим в группу полифенолов. В их структуре выделяют углеводный остаток и неуглеводное основание — агликон. Все флавоноиды, включая антоцианы, имеют общий 15-углеродный скелет C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>, который состоит из двух ароматических колец А и В, соединенных С<sub>3</sub>-фрагментом (рис. 1). Степень окисления С-кольца определяет класс флавоноидов, к которому относится искомое соединение. У антоцианов С-кольцо имеет две двойные связи и несет положительный заряд (ион флавилия).

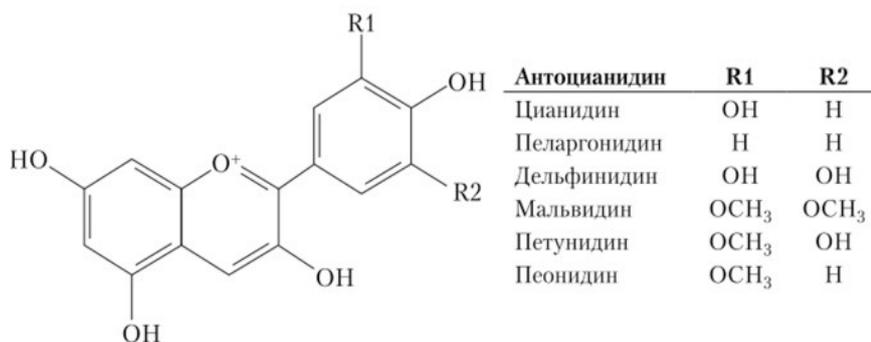


Рис. 1. Структура антоцианов  
Fig. 1. Structure of anthocyanins

Все разнообразие антоцианов, которых известно около 600 индивидуальных соединений, обуславливают 25 различных агликонов, при этом 90 % идентифицированных антоцианов являются производными только шести из них: цианидина (Cy), дельфинидина (Dp), мальвидина (Mv), пеларгонидина (Pg), пеонидина (Pn) и петунидина (Pt). При общем строении C<sub>15</sub>-углеродного скелета в классе антоцианов индивидуальные соединения выделяют на основе наличия, положения и характера модификаций основного скелета. Антоциановые соединения представляют собой гликозиды, полученные в результате присоединения сахаров к агликонам, среди которых наиболее частыми являются глюкоза (Glu) и рамноза (Rha), а также встречаются галактоза (Gal), арабиноза (Ara), ксилоза (Xyl), рутиноза (Rut), могут попадаться дисахариды и очень редко — трисахариды. Помимо гликозилирования, антоцианы могут подвергаться ацилированию с помощью ароматических или алифатических ацильных остатков, наиболее распространенными из которых являются п-кумаровая, кофейная и феруловая кислоты. Антоциановые соединения также могут подвергаться метилированию и метоксилированию, а благодаря наличию реакционноспособных гидроксильных групп они легко вступают в реакции алкилирования, образуя эфиры [3].

Целью настоящей работы является изучение содержания антоцианов в ягодном сырье.

Объектами исследования являлись ягоды черной и красной смородины, голубика, черника, крыжовник, клубника, произрастающие в Минской области и используемые в производстве соковой продукции ОАО «Гамма вкуса».

**Результаты исследований и их обсуждение.** Долгое время роль антоцианов в функциональном питании была недооценена, в частности, из-за данных об их низкой биодоступности. Усовершенствование методов детекции позволило оценить биодоступность антоцианов с учетом их метаболитов и продуктов взаимодействия. С использованием радиоактивно меченого цианидин-3-гликозида С3G было доказано, что биодоступность метаболитов антоцианов составляет не менее 12,38 %.

Основные источники антоцианов — темноокрашенные фрукты, среди которых ягоды бузины, рябины черноплодной, граната и черники — лидеры по содержанию этих соединений [4]. В последнее время в качестве источников антоцианов стали рассматривать более экзотические в этом плане культуры, такие как злаки и картофель, зерно и клубни, которых также способны накапливать антоциановые соединения [5].

В настоящее время установлено, что антоцианы характеризуются широким спектром биологического действия в организме человека. Их полезные для здоровья эффекты частично обусловлены антиоксидантными свойствами, а также способностью влиять на регуляторные

белки и компоненты сигнальных путей и таким образом модулировать физиологические процессы, протекающие в организме человека [2].

Антоцианы из различных видов гибискуса исторически использовались в средствах от дисфункции печени и гипертонии, эти соединения из черники имеют давнюю историю применения при микробных инфекциях, диарее и других нарушениях здоровья. Именно полифенольными соединениями и их регулярным употреблением в составе красных вин удалось объяснить известный французский парадокс, заключающийся в низкой частоте возникновения ишемической болезни сердца у французов, несмотря на высокий уровень жира в их диете [6].

Самое известное свойство антоцианов — их антиоксидантная активность, которая не уступает, а по ряду оценок даже выше, чем у таких известных антиоксидантов, как  $\alpha$ -токоферол [7], тролокс и катехин [8]. Антиоксидантные свойства антоцианов обусловлены их структурными особенностями: числом гидроксильных групп, наличием катехинового фрагмента в В-кольце и иона оксония в С-кольце, паттерном гидроксирования, метилирования, ацилирования и гликозилирования.

В организме человека антиоксидантные свойства антоцианов реализуются с помощью их прямого взаимодействия со свободными радикалами либо опосредованно через модулирование антиоксидантной защитной системы организма.

Исследования ученых-медиков указывают на то, что антоцианы помогают предотвратить и частично восстановить нарушения в организме, приводящие к сердечно-сосудистым заболеваниям — группе болезней сердца и кровеносных сосудов, являющихся основной причиной смертности во всем мире. В частности, показано, что регулярное употребление антоцианов в пищу снижает концентрацию в плазме липопротеинов низкой плотности, агрегацию тромбоцитов, вероятность развития артериальной гипертензии и эндотелиальной дисфункции [9].

Благотворное влияние антоцианов на сердечно-сосудистую систему обусловлено также их противовоспалительными и антиагрегатными свойствами. Употребление антоцианов — эффективная профилактика атеросклероза, обусловленного сужением сосудов и снижением кровотока за счет отложения холестерина и некоторых фракций липопротеидов в просвете сосудов.

Основными механизмами, с помощью которых антоцианы влияют на функции мозга, служат их способности защищать нейроны от повреждений, индуцированных нейротоксинами и воспалением, активировать синаптическую передачу и улучшать мозговое кровообращение. Богатые антоцианами фрукты могут оказывать положительное влияние на изменение направления старения нейронов и поведения [10].

Благоприятное влияние антоцианов на улучшение зрения было впервые выявлено во время Второй мировой войны, когда летчики Королевских военно-воздушных сил Британии для повышения остроты зрения в темное время суток употребляли джем из черники [11]. В клинических испытаниях было показано, что употребление антоцианов улучшает дневное, сумеречное и ночное зрение. Одним из механизмов, объясняющих положительное действие антоцианов на зрение, является их способность восстанавливать зрительный пигмент родопсин [12].

Антиканцерогенные свойства антоцианов продемонстрированы на клеточных моделях различного типа рака, на лабораторных животных, а также в ходе клинических наблюдений. Антиканцерогенные свойства антоцианов обусловлены их способностью прерывать клеточный цикл, индуцировать апоптоз, блокировать образование новых сосудов (антиангиогенные свойства), ингибировать окислительное повреждение ДНК, активировать ферменты детоксификации, а также способностью ингибировать циклооксигеназу COX-2 и модулировать иммунный ответ, в том числе через микробиоту [13, 14].

В качестве функциональных компонентов питания антоцианы могут быть использованы для предотвращения ожирения, лечения неалкогольной жировой болезни печени и диабета 2-го типа. Исследования на людях и на лабораторных животных позволили объяснить молекулярные механизмы, с помощью которых они регулируют жировой и углеводный обмен и снижают резистентность к инсулину [11, 14].

Доказанный лечебный и профилактический эффект достигается только благодаря биологической значимости природных комплексов, содержащих антоцианы. Действие природных соединений ослабляется, когда биологически активные смеси (экстракты) разделяются на очищенные компоненты и вводятся отдельно. Так, фитохимические составляющие американской клюквы, хотя и индивидуально эффективные против канцерогенеза человека, обеспечили максимальную защиту только при совместном приме-

нении в натуральных смесях [15]. В этом исследовании были установлены синергетические антипролиферативные эффекты от смесей антоцианов, проантоцианидинов и гликозидов флавонолов.

В других исследованиях комбинации двух полифенольных соединений из винограда (ресвератрол и кверцетин) продемонстрировали синергетическую способность индуцировать апоптоз (активацию каспазы-3) в клеточной линии карциномы поджелудочной железы человека более сильное ингибирование синтеза ДНК в раковых клетках, чем отдельные соединения, даже когда концентрации индивидуально вводимого кверцетина или ресвератрола были выше, чем концентрации в смешанном экстракте [16, 17].

Доказанные синергетические взаимодействия между компонентами в природном фитохимическом комплексе антоцианов поддерживаются сторонниками употребления функциональной пищи, скептически относящимся к однокомпонентным экстрактам или вытяжкам из растительного сырья, которые продаются в форме биологически активных добавок (БАД). При производстве БАД происходит потеря взаимодействующих фитохимикатов на этапе разработки продукта, что может привести к значительному снижению эффективности экстракта [18].

Флавоноиды обладают широким спектром биологических свойств, которые могут объяснять терапевтическое действие смеси взаимодействующих флавоноидов посредством нескольких путей вмешательства одновременно. Таким образом, в настоящее время представляют огромный интерес не только сами антоциановые пигменты и их польза для здоровья, но и созданные природой растительные продукты, содержащие смеси этих соединений, долгое время применявшиеся в народной медицине без тщательного изучения и научного подтверждения их достоинств.

Целью исследований являлось изучение качественного и количественного состава антоцианов ягод клюквы, голубики, черноплодной рябины, черники, крыжовника, красной и черной смородины, а также соковой продукции на их основе, позволяющих идентифицировать соковую продукцию с учетом региональной идентичности

Определение антоцианового состава для подтверждения аутентичности ягодного сырья и продуктов из него, является актуальным при выявлении фальсификаций соковой продукции. С помощью этого показателя можно подтверждать наличие в продукте компонентов, задекларированных в составе, а также выявлять содержащиеся вещества и компоненты, нехарактерные для ягодного сырья — синтетические красители и натуральные красящие пигменты другого ботанического вида.

Ягоды крыжовника, вишни, малины, клубники, красной и черной смородины выращены в 2024 г. в ягодах ОАО «Гамма вкуса» на территории Клецкого района Минской области.

Для определения антоцианов в свежих ягодах, используемых для производства соковой продукции, в том числе для детского питания, использовали методики по ГОСТ 32709-2014 «Продукция соковая. Методы определения антоцианинов» [19]. Количественный состав антоцианов определяли методом рН-дифференциальной спектрофотометрии. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание антоцианов в ягодах  
Table 1. The content of anthocyanins in berries

Наименование	Массовая концентрация антоцианов, мг/100 г
Черника	121, 5 ± 10,4
Клубника	66,2 ± 5,4
Малина	105,4 ± 8,5
Крыжовник	61,6 ± 2,3
Голубика	132,1 ± 8,0
Черная смородина	156,62 ± 18,4
Красная смородина	85,45 ± 12,5
Вишня	110,3 ± 8,8

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что количество антоцианов во всех ягодах находилось в пределах 61,6 — 156,6 мг/100 г. По содержанию антоцианов лидером оказались ягоды черной смородины, их содержание составляет 156,62 ± 18,4 мг/100 г, немного уступают голубика (132,1 ± 8,0 мг/100 г<sup>3</sup>) и черника (121, 5 ± 10,4 мг/100 г, в красном крыжовнике, клубнике, вишне, малине содержание антоцианов значительно меньше.

Изучение качественного и количественного состава антоцианов ягод клюквы, черники, голубики, красной и черной смородины, а также соковой продукции на их основе, позволит получить новые данные по антоциановому профилю ягодного сырья для соковой продукции.

Качественный состав антоцианов, как правило, специфичен для каждого окрашенного пигментами растения и довольно стабилен, что позволило считать его визитной карточкой или «отпечатками пальцев» конкретного вида растений. Данный факт обусловлен тем, что уровни концентрации отдельных антоцианов могут изменяться, но общая картина антоцианового состава для определенного вида очень характерна и практически не зависит от сорта, условий произрастания.

Большое влияние на превращение антоцианов наряду с температурой в процессе получения соков оказывает температурный режим и продолжительность хранения сырья. Данный факт обусловлен тем, что антоцианы нестойки к процессам окисления, к действию ферментов, чувствительны к кислотности среды и, особенно, температуре, и при длительном хранении достаточно быстро происходит их деструкция.

Для изучения местного ягодного сырья урожая 2024 года были проведены исследования химического состава год черники, голубики, клубники, черной и красной смородины, крыжовника, вишни, выращенных на территории Могилевской, Гомельской и Минской области. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 2.

Исследуемые ягоды имеют относительно высокое содержание сухих веществ (12,67–20,70 %). Основную часть которых, составляют углеводы, в том числе 80–90 % растворимых сухих веществ приходится на долю сахаров. Суммарное содержание сахаров составляет от 6,65 до 8,2 %. Преобладают в ягодах редуцирующие сахара, которые быстро и полностью усваиваются организмом. При переработке большая часть сахаров и органических кислот, содержащихся в ягодах, переходит в сок, в то время как выжимки будут богаты полисахаридами и минеральными веществами.

Таблица 2. Химический состав ягодного сырья  
Table 2. Chemical composition of berry raw materials

Наименование показателей	Наименование сырья							
	черника	малина	черная смородина	красная смородина	крыжовник	голубика	вишня	клубника
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	11,2	8,8	11,5	10,7	7,8	8,6	15,8	6,5
Массовая доля сахаров, %								
общих	8,16	6,10	8,20	7,98	6,15	5,2	8,4	5,0
редуцирующих	5,46	4,49	5,24	5,87	5,21	4,5	5,3	3,8
Массовая доля титруемых кислот, %	0,9	1,2	2,8	1,7	1,2	1,2	1,4	0,6
Содержание витамина С, мг/100 г	14,6	13,7	126,6	51,1	15,4	10,5	14,8	7,5

Как видно из табл. 1 и 2, все виды исследованного ягодного сырья имеют ценный химический состав. Ягоды являются, прежде всего, источником углеводов, органических кислот и антоцианов.

Ягоды обладают очень высокой кислотностью, особенно черная и красная смородина, вишня (2,8 %, 1,7 % и 1,4 % соответственно). В целом высокая кислотность ягодного сырья также позволит разработать щадящие режимы пастеризации готовых морсов.

Пищевая ценность ягод во многом определяется наличием в них витаминов и витаминоподобных веществ. Среди исследованных ягод по содержанию витамина С выделяется черная смородина (126,6 мг/100 г), остальные ягоды существенно уступают ей по наличию аскорбиновой кислоты.

Наиболее полно биологическая роль витамина С проявляется в присутствии Р-активных соединений. В группу Р-активных соединений входят антоцианы, лейкоантоцианы и др. При производстве сокосодержащей продукции из исследуемых ягод важное значение имеют антоцианы, которые подвергаются изменениям при технологической обработке и последующем хранении готовой продукции. При стерилизации и хранении происходит разрушение

антоцианов. Исследуемые ягоды отличаются высоким содержанием антоцианов, определяющих окраску готовых продуктов. По содержанию антоцианов выделяются черная смородина, голубика и черника (161,5, и 240, 3 мг/100г).

**Заключение** В представленном обзоре суммированы результаты основных направлений исследований антоцианов в качестве компонентов функционального питания. Потенциальные эффекты, способствующие укреплению здоровья, многогранны. Выявленные положительные эффекты подтверждены экспериментальными исследованиями и клиническими испытаниями. Все эти данные свидетельствуют о том, что регулярное употребление в пищу темноокрашенных фруктов, содержащих антоцианы, и продуктов их переработки способствует улучшению здоровья и качества жизни людей.

Получение новых данных о химическом составе ягодных культур, произрастающих на территории Республики Беларусь и используемых в производстве соковой продукции, позволяет создать современную нормативную базу для проведения идентификации соковой продукции и выявления фальсификации [20]. Кроме того, изучение антоцианового профиля перерабатываемого ягодного сырья обеспечивают ценный ресурс, позволяющий создавать сорта и гибриды с повышенными функциональными качествами для улучшения питания человека.

### Список использованных источников

1. Антоцианы: от механизмов регуляции в растениях до пользы для здоровья пищевых продуктов / Каппеллини Ф. [и др.] // Наука о растениях. — Т. 12. — 2021. — С. 12.
2. Антоцианы как компоненты функционального питания / Р.С. Юдина [и др.] // Селекция растений на иммунитет и качество. Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2021. — С. 178–189.
3. *Запрометов, М. Н.* Основы биохимии фенольных соединений / М.Н. Запрометов — М.: Высш. школа, 1974. — 342 с.
4. *Ramos P.R., Herrera R., Moya-Leyn M.-A.* Anthocyanins: food sources and benefits to consumer's health. In: Warner L.M. (Ed.). Handbook of Anthocyanins: Food Sources, Chemical Applications and Health Benefits (Biochemistry Research Trends). Hauppauge; New York: Nova Science Publishers, Inc., 2014.
5. *Payyavula R.S., Singh R.K., Navarre D.A.* Transcription factors, sucrose, and sucrose metabolic genes interact to regulate potato phenylpropanoid metabolism. — 2013. — P. 5115-5131.
6. *Smith M., Marley K., Seigler D., Singletary K., Meline B.* Bioactive properties of wild blueberry fruits. J. Food Sci. — 2000. — P. 352–356.
7. *Wang H., Cao G., Prior R.L.* Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. J. Agric. Food Chem. — 1997. — P. 304–309.
8. *Kähkönen M. P., Heinonen M.* Antioxidant activity of anthocyanins and their aglycons. J. Agric. Food Chem. — 2003. — P. 628–633.
9. *Wallace T. C., Slavin M., Frankenfeld C. L.* Systematic review of anthocyanins and markers of cardiovascular disease. Nutrients. — 2016. — P. 32–45.
10. *Joseph J.A., Shukitt-Hale B., Denisova N.A., Bielinski D., Martin A., McEwen J.J., Bickford P.C.* Reversals of age-related declines in neuronal signal transduction, cognitive, and motor behavioral deficits with blueberry, spinach, or strawberry dietary supplementation. J. Neurosci. — 1999. — P. 8114–8121.
11. *Ghosh D., Konishi T.* Anthocyanins and anthocyanin-rich extracts: role in diabetes and eye function. Asia Pac. J. Clin. Nutr. — 2007. — P. 200–208.
12. *Nakaishi H., Matsumoto H., Tominaga S., Hirayama M.* Effects of black currant anthocyanoside intake on dark adaptation and VDT work-induced transient refractive alteration in healthy humans. Altern. Med. Rev. — 2000. — P. 553–562.
13. *Hou D.X.* Potential mechanisms of cancer chemoprevention by anthocyanins. Curr. Mol. Med. — 2003. — P. 149–159.
14. *Lee J., Lee H.K., Kim C.Y., Hong Y.J., Choe C.M., You T.W., Seong G.J.* Purified high-dose anthocyanoside oligomer administration improves nocturnal vision and clinical symptoms in myopia subjects. Br. J. Nutr. — 2005. — P. 895–899.
15. *Seeram N.P., Adams L.S., Hardy M.L., Heber D.* Total cranberry extract versus its phytochemical constituents: antiproliferative and synergistic effects against human tumor cell lines. J. Agri. Food Chem. — 2004. — P. 2512–2517.
16. *Mouria M., Gukovskaya A., Jung Y., Buechler P., Hines O., Reber H., Pandol S.* Food-derived polyphenols inhibit pancreatic cancer growth through mitochondrial cytochrome C release and apoptosis. Int. J. Cancer. — 2002. — P. 761–769.
17. *Elattar T.M., Virji A.S.* The effect of red wine and its components on growth and proliferation of human oral squamous carcinoma cells. Anticancer Res. — 1999. — P. 5407–5414.

18. *Liu Y., Li D., Zhang Y., Sun R., Xia M.* Anthocyanin increases adiponectin secretion and protects against diabetes-related endothelial dysfunction. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* — 2014. — P.975–988.
19. Продукция соковая. Методы определения антоцианинов: ГОСТ 32709-2014. — Введ. 01.01.2016. — М.: Стандартинформ, 2014. — 20 с.
20. *Лилишенцева, А.Н.* Формирование потребительских свойств новых пищевых продуктов / А.Н. Лилишенцева, Н.В. Комарова // Наука, питание и здоровье: сб. науч. труд. в 2 ч. — Ч. 2. / под общ. ред. З.В. Ловкиса. — Минск: Беларуская навука, 2021.

#### Информация об авторах

*Лилишенцева Анна Николаевна*, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров УО «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, 220030, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: [lilishenceva@yandex.by](mailto:lilishenceva@yandex.by)

*Кривко Ирина Викторовна*, соискатель кафедры товароведения и экспертизы товаров УО «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, 220030, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [dir\\_production@gammavkusa.by](mailto:dir_production@gammavkusa.by)

*Петухов Михаил Михайлович*, кандидат технических наук, заведующий кафедрой товароведения и экспертизы товаров УО «Белорусский государственный экономический университет» (ул. Свердлова, 7, 220030, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: [1mi@mail.ru](mailto:1mi@mail.ru)

#### Information about authors

*Lilishentseva Anna Nikolaevna*, PhD (Technical), associate professor of the Department of Commodity Research and Expertise of Goods of the Belarusian State Economic University (7, Sverdlova St., 220030, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [lilishenceva@yandex.by](mailto:lilishenceva@yandex.by)

*Krivko Irina Viktorovna*, applicant for the Department of Commodity Research and Expertise of Goods of the Belarusian State Economic University (7, Sverdlova St., 220030, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [dir\\_production@gammavkusa.by](mailto:dir_production@gammavkusa.by)

*Petukhov Mikhail Mikhailovich*, PhD (Technical), Head of the Department of the Department of Commodity Research and Expertise of Goods of the Belarusian State Economic University (7, Sverdlova St., 220030, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: [1mi@mail.ru](mailto:1mi@mail.ru)