

Научная статья/Research Article

УДК 634.723.1:547.918.056

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-218-226

Наталья Юрьевна Чеснокова^{1✉}, Алла Алексеевна Кузнецова²,

Людмила Владимировна Кушнарченко³

^{1,2,3} Дальневосточный федеральный университет, п. Аякс, о. Русский, Владивосток, Россия

¹ chesnokova.nyu@dvfu.ru

² kuznetsova.aa@dvfu.ru

³ kushnarenko.lv@dvfu.ru

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НА ЭКСТРАГИРОВАНИЕ АНТОЦИАНОВ ИЗ ЯГОДНОГО СЫРЬЯ

Цель исследования – определение влияния ультразвуковой и микроволновой экстракции на выход и стабильность антоцианов, выделенных из ягод черной смородины в присутствии аскорбиновой кислоты. Ультразвуковое воздействие по-разному влияет на извлечение антоцианов из ягодного сырья, при этом существенную роль играет присутствие в растворе аскорбиновой кислоты. При экстрагировании антоцианов ультразвук положительно влиял на образцы без добавления аскорбиновой кислоты, увеличивая при температурах 25 и 75 °С за 20 мин степень их извлечения в 1,4 и 1,7 раза соответственно. Использование ультразвуковой экстракции для извлечения антоцианов в присутствии аскорбиновой кислоты приводит к падению выхода пигмента из ягодного сырья и его деградации. После 20 мин экстрагирования ультразвуком при температурах 25 и 75 °С выход антоцианов в присутствии аскорбиновой кислоты снижался на 20 и 11 % по сравнению с растворами антоцианов, экстрагированными при данных условиях без ее добавления. При хранении растворов антоцианов, экстрагированных без добавления аскорбиновой кислоты, наблюдается довольно высокая стабильность пигментов при хранении их растворов в течение 24 час. В экстрактах, содержащих аскорбиновую кислоту, стабильность антоцианов после суток хранения резко падает. Содержание антоцианов в растворах, экстрагированных в присутствии аскорбиновой кислоты при температурах 25 и 75 °С, после суток хранения уменьшается на 46 и 12 % соответственно. Использование метода микроволновой экстракции довольно эффективно для выделения антоцианов из ягодного сырья. Микроволновая экстракция в течение 2 мин благоприятно влияет на извлечение антоцианов из ягодного сырья в присутствии аскорбиновой кислоты, оказывая стабилизирующее действие на пигмент.

Ключевые слова: ягоды черной смородины, антоцианы, аскорбиновая кислота, ультразвуковая экстракция, микроволновая экстракция.

Для цитирования: Чеснокова Н.Ю., Кузнецова А.А., Кушнарченко Л.В. Влияние условий извлечения на экстрагирование антоцианов из ягодного сырья // Вестник КрасГАУ. 2023. № 8. С. 218–226. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-218-226.

Natalya Yurievna Chesnokova^{1✉}, Alla Alekseevna Kuznetsova²,

Lyudmila Vladimirovna Kushnarenko³

^{1,2,3} Far Eastern Federal University, Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, Russia

¹ chesnokova.nyu@dvfu.ru

² kuznetsova.aa@dvfu.ru

³ kushnarenko.lv@dvfu.ru

EXTRACTION CONDITIONS INFLUENCE ON ANTHOCYANES EXTRACTION FROM BERRY RAW

The purpose of the study is to determine the effect of ultrasonic and microwave extraction on the yield and stability of anthocyanins isolated from black currant berries in the presence of ascorbic acid. When extracting anthocyanins, ultrasound had a positive effect on the samples without the addition of ascorbic acid, increasing the degree of their extraction by 1.4 and 1.7 times at temperatures of 25 and 75 °C in 20 min, respectively. The use of ultrasonic extraction to extract anthocyanins in the presence of ascorbic acid leads to a decrease in the yield of pigment from berry raw materials and its degradation. After 20 min of ultrasonic extraction at temperatures of 25 and 75 °C, the yield of anthocyanins in the presence of ascorbic acid decreased by 20 and 11% compared with anthocyanin solutions extracted under these conditions without its addition. When storing solutions of anthocyanins extracted without the addition of ascorbic acid, a rather high stability of pigments is observed when their solutions are stored for 24 hours. In extracts containing ascorbic acid, the stability of anthocyanins after a day of storage drops sharply. The content of anthocyanins in solutions extracted in the presence of ascorbic acid at temperatures of 25 and 75 °C, after a day of storage decreases by 46 and 12%, respectively. Using the method of microwave extraction is quite effective for isolating anthocyanins from berry raw materials. Microwave extraction for 2 min favorably affects the extraction of anthocyanins from berry raw materials in the presence of ascorbic acid, having a stabilizing effect on the pigment.

Keywords: blackcurrant berries, anthocyanins, ascorbic acid, ultrasonic extraction, microwave extraction.

For citation: Chesnokova N.Y., Kuznetsova A.A., Kushnarenko L.V. Extraction conditions influence on anthocyanes extraction from berry raw // Bulliten KrasSAU. 2023;(8):218–226. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-8-218-226.

Введение. Антоцианы принадлежат к классу флавоноидов и представляют собой самую большую группу природных водорастворимых пигментов растений. Они обычно отвечают за красный, фиолетовый и синий цвета ягод, фруктов, овощей и цветов. Антоцианы обладают широким спектром биологической и фармакологической активности, включая противовоспалительную, антиоксидантную, противораковую, антидиабетическую и др. [1–3].

Однако существует множество коммерческих ограничений применения антоциановых экстрактов в пищевой промышленности, поскольку антоцианы являются нестабильными соединениями, на которые легко могут воздействовать такие факторы, как температура, кислород, pH, свет, ионы металлов, ферменты и окружающие пищевые компоненты [4]. Разложение антоцианов приводит к изменению их цвета или обесцвечиванию, что является нежелательной характеристикой для применения их в качестве красителей в пищевой промышленности.

Аскорбиновая кислота может быть найдена во многих пищевых продуктах как естественный компонент или введена в качестве антиокси-

дантной добавки для предотвращения потемнения или повышения питательной ценности продукта [5]. Однако аскорбиновая кислота также может являться ограничивающим фактором применения антоцианов в качестве красителей, поскольку присутствие аскорбиновой кислоты в пищевой системе отрицательно влияет на стабильность антоцианов, приводя к взаимному разложению этих соединений [6]. В связи с этим актуальным остается вопрос определения условий производства антоциановых красителей, способствующих максимальному выделению антоцианов и сохранению их стабильности в присутствии аскорбиновой кислоты.

Цель исследования – изучение влияния ультразвуковой и микроволновой экстракции на выход и стабильность антоцианов, выделенных из ягод черной смородины в присутствии аскорбиновой кислоты.

Задачи: определение оптимальных условий экстрагирования антоцианового пигмента из ягодного сырья в присутствии аскорбиновой кислоты.

Объекты и методы. Объектом исследования являются антоцианы, экстрагированные из

ягод черной смородины (*Ribes nigrum*). Выделение антоцианов в присутствии 1 % раствора аскорбиновой кислоты и без ее добавления проводили с помощью ультразвуковой и микроволновой экстракции. Ультразвуковое воздействие осуществлялось на приборе Sonorex Super RK 100 H (Bandelin, Германия) с рабочей частотой 35 кГц и мощностью 80 Вт. Длительность ультразвукового воздействия составляла 10–30 мин при температурах 25 и 75 °С.

Воздействие микроволнового излучения (СВЧ-излучения) проводили в микроволновой печи Samsung MC28H51CK с рабочей частотой 2450 МГц и мощностью 800 Вт в течение 20–180 секунд.

Интенсивность окраски растворов определяли по величине оптической плотности на спектрофотометре «SHIMADZU UV-1800» (Япония). Содержание антоцианов в растворе рассчиты-

вали согласно методике, предложенной в работе Ivanova et al. [7].

Результаты и их обсуждение. Ввиду того, что условия извлечения антоцианов из ягодного сырья могут оказывать различное влияние на выход и устойчивость биологически активных соединений [8–10], в работе было определено влияние ультразвуковой и микроволновой экстракции на выход и стабильность антоцианов, выделенных из ягод черной смородины в присутствии аскорбиновой кислоты.

Поскольку ультразвуковое воздействие благоприятно влияет на экстрагирование антоцианов из ягодного сырья [11], в работе была определена зависимость выхода антоцианов при ультразвуковой экстракции от продолжительности, температуры и присутствия в растворе аскорбиновой кислоты (рис. 1).

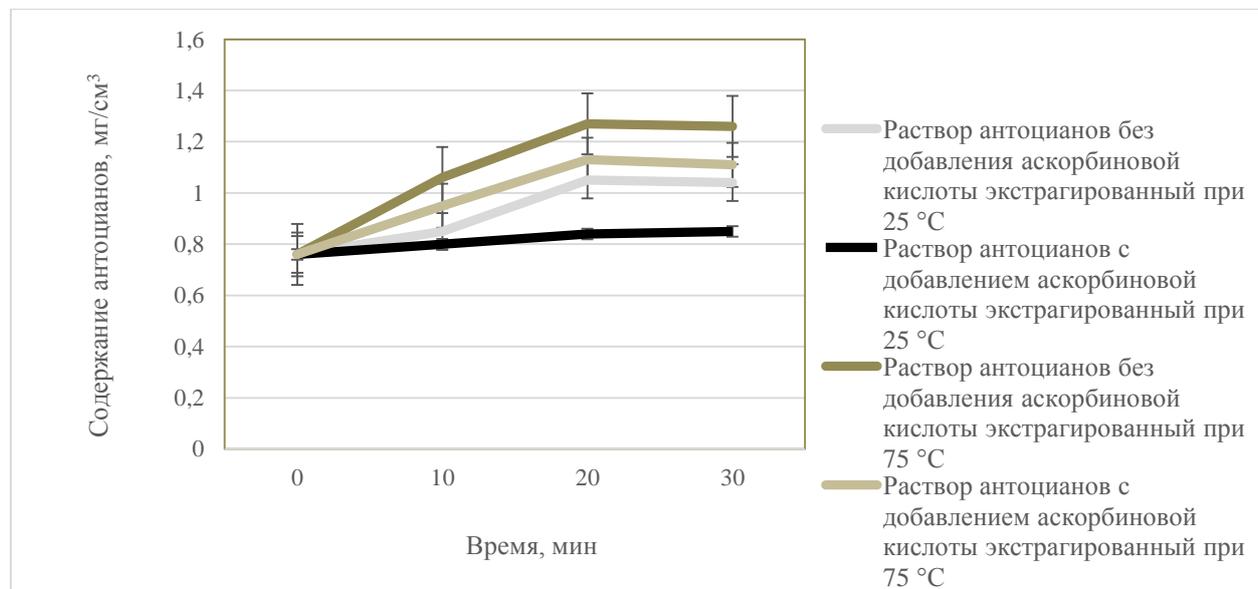


Рис. 1. Зависимость выхода антоцианов при ультразвуковой экстракции от продолжительности, температуры и присутствия в растворе аскорбиновой кислоты

Из представленных результатов видно, что применение ультразвука положительно влияет на извлечение антоцианов, при этом существенную роль играет время и температура экстрагирования, а также присутствие в растворе аскорбиновой кислоты. При экстрагировании антоцианов как при температуре 25 °С, так и 75 °С ультразвук положительно влиял на образцы без добавления аскорбиновой кислоты, увеличивая за 20 мин степень извлечения анто-

цианов в 1,4 и 1,7 раза соответственно. При дальнейшем увеличении времени выход антоцианов из растительного сырья при данных условиях экстрагирования не изменялся.

Ультразвуковая экстракция в присутствии аскорбиновой кислоты приводила к деградации антоцианов. Так, после 20 мин экстрагирования ультразвуком при температурах 25 и 75 °С выход антоцианов в присутствии аскорбиновой кислоты уменьшался. Выход антоцианов снижался на 20

и 11 % по сравнению с растворами антоцианов, экстрагированными при данных условиях без добавления аскорбиновой кислоты.

Вероятно, деградация антоцианов в присутствии аскорбиновой кислоты может быть связана с тем, что под воздействием ультразвука в жидкостях образуются пустоты – кавитационные пузырьки, происходит ультразвуковая гомогенизация, то есть перемешивание жидкости. В результате чего внутри пузырька может происходить термолиз и горение либо реакции с гидроксильными радикалами, приводящими к образованию продуктов окисления аскорбиновой кислоты, которые вступают в реакцию с антоцианами, приводя к взаимной деградации этих соединений. Полученные данные согласуются с работами О.Ю. Кузнецовой с соавт. [12], В.К. Tiwari et al. [13].

Кроме того, снижение выхода антоцианов в присутствии аскорбиновой кислоты может объясняться конденсацией аскорбиновой кислоты на четвертом атоме углерода в молекуле антоцианов, вызывая потерю как самой аскорбиновой кислоты, так и стабильности антоцианов. С другой стороны, потеря антоцианов в присутствии аскорбиновой кислоты, возможно, связана

с окислительным расщеплением пиринового кольца молекулы антоцианов по свободнорадикальному механизму, в котором аскорбиновая кислота действует как активатор кислорода и производит разрушающие свободные радикалы [14].

Таким образом, ультразвуковая экстракция антоцианов из ягод черной смородины может значительно повышать степень их извлечения. Однако присутствие аскорбиновой кислоты в растворе антоцианов при 20 мин воздействия ультразвуком при 25 и 75 °С приводит к деградации антоцианов и снижает их выход.

Поскольку на экстрагирование антоцианов в присутствии аскорбиновой кислоты оказывает большое влияние время их контактирования, в работе было определено изменение содержания антоцианов в растворе в процессе хранения. Влияние продолжительности хранения растворов антоцианов, экстрагированных с помощью ультразвука в присутствии аскорбиновой кислоты, на их стабильность представлено на рисунке 2. Хранение растворов антоцианов, экстрагированных ультразвуком при 25 и 75 °С в течение 20 мин, осуществлялось при температуре 4 °С в течение 24 час.

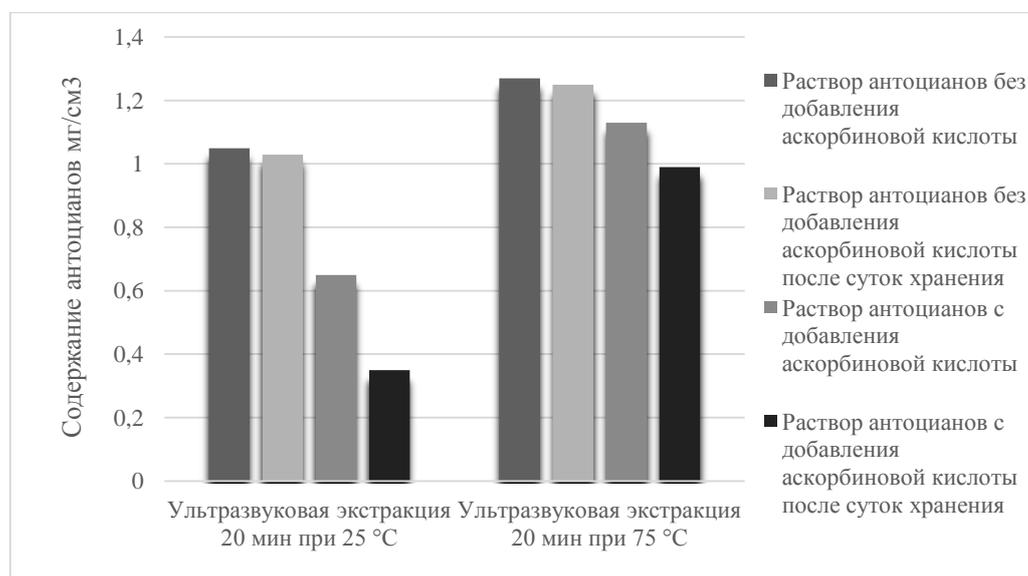


Рис. 2. Влияние продолжительности хранения растворов антоцианов, экстрагированных с помощью ультразвука в присутствии аскорбиновой кислоты, на их стабильность

Из представленных результатов видно, что существенное влияние на стабильность антоцианов в растворе оказывает присутствующая в нем аскорбиновая кислота. При хранении рас-

творов антоцианов, экстрагированных без добавления аскорбиновой кислоты, наблюдается довольно высокая стабильность пигментов при хранении их растворов в течение 24 часов. В

экстрактах, содержащих аскорбиновую кислоту, стабильность антоцианов после суток хранения резко падает. Содержание антоцианов в растворах, экстрагированных в присутствии аскорбиновой кислоты при температурах 25 и 75 °С, после суток хранения уменьшается на 46 и 12 % соответственно. В литературных источниках отмечено, что аскорбиновая кислота, независимо от температуры хранения, подвержена быстрому разложению [15]. Видимо, продукты окисления аскорбиновой кислоты, вступая в реакцию с антоцианами, приводят к быстрой их деградации.

Таким образом, хранение растворов антоцианов в присутствии аскорбиновой кислоты ока-

зывает отрицательное влияние на стабильность пигмента, вызывая его деградацию.

Поскольку микроволновое излучение способствует довольно быстрому извлечению биологически активных соединений из растительных клеток [16–18], в работе было определено влияние действия микроволн на экстрагирование антоцианов из ягод черной смородины в присутствии аскорбиновой кислоты.

Зависимость выхода антоцианов при микроволновой экстракции от продолжительности экстрагирования и присутствия в растворе аскорбиновой кислоты представлена на рисунке 3.

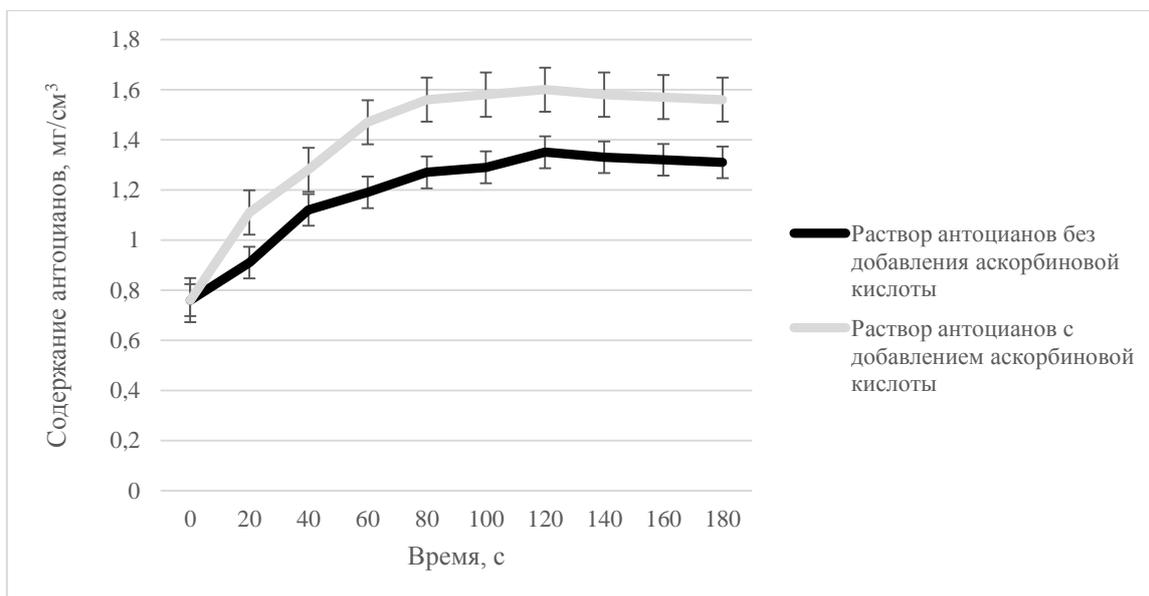


Рис. 3. Зависимость выхода антоцианов при микроволновой экстракции от продолжительности экстрагирования и присутствия в растворе аскорбиновой кислоты

Из представленных результатов видно, что микроволновое излучение оказывает положительное влияние на выход антоцианов из ягод черной смородины как в присутствии аскорбиновой кислоты, так и без нее, при этом время экстрагирования существенно сокращается. Максимальное извлечение антоцианов из ягод черной смородины наблюдается уже после 2-минутного воздействия микроволнового излучения. Количество антоцианов в растворе за 120 секунд в образцах антоцианов, выделенных в присутствии аскорбиновой кислоты и без нее, увеличивается в 2,1 и 1,7 раза соответственно. При воздействии микроволн более 120 секунд

увеличение количества антоцианов в обоих образцах не наблюдается.

Таким образом, использование метода микроволновой экстракции довольно эффективно для выделения антоцианов из ягодного сырья. Под действием микроволн и объемного нагрева, вызывающего быстрое разрушение клеточных стенок, удается сократить время экстрагирования антоцианов из ягод черной смородины до 2 мин. Кроме того, микроволновая экстракция благоприятно влияет на извлечение антоцианов из ягодного сырья в присутствии аскорбиновой кислоты. Видимо, время экстрагирования антоцианов в течение 2 мин не приводит к окисли-

тельными процессам в молекуле аскорбиновой кислоты, а, наоборот, подкисление его растворов антоцианов оказывает стабилизирующее действие на пигмент.

Заключение. Присутствие аскорбиновой кислоты в растворе антоцианов при 20 мин воздействия ультразвуком при 25 и 75 °С приводит к деградации антоцианов и снижает их выход. Хранение растворов антоцианов в присутствии аскорбиновой кислоты оказывает отрицательное влияние на стабильность пигмента, вызывая его деградацию. Содержание антоцианов в

растворах, экстрагированных в присутствии аскорбиновой кислоты при температурах 25 и 75 °С, после суток хранения уменьшается на 46 и 12 % соответственно. Использование метода микроволновой экстракции довольно эффективно для выделения антоцианов из ягодного сырья. Микроволновая экстракция в течение 2 мин благоприятно влияет на извлечение антоцианов из ягодного сырья в присутствии аскорбиновой кислоты, оказывая стабилизирующее действие на пигмент.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kim J. Vaccinium myrtillus extract prevents or delays the onset of diabetes-induced blood-retinal barrier breakdown. *International J. Kim, C. S. Kim, Y. M. Lee, E. Sohn, K. Jo, J. S. Kim // Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2015. 66(2). P. 236–242. DOI: 10.3109/09637486.2014.979319.
2. You Y. Cyanidin-3-glucoside attenuates high-fat and high-fructose diet-induced obesity by promoting the thermogenic capacity of brown adipose tissue / Y. You, X. Han, J. Guo, Y. Guo, M. Yin, G. Liu, J. Zhan // *Journal of Functional Foods*. 2018. 41. P. 62-71. DOI: 10.1016/j.jff.2017.12.025.
3. Leong H.Y. Natural redpigments from plants and their health benefits: A review / H.Y. Leong, P.L. Show, M.H. Lim, C.W. Ooi, T.C. Ling // *Food Reviews International*. 2018. 34 (5). P. 463-482. DOI: 10.1080/87559129.2017.1326935.
4. Delgado-Vargas F. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains—characteristics, biosynthesis, processing, and stability / F. Delgado-Vargas, A.R. Jiménez, O. Paredes-López // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2000. 40(3). P. 173-289. DOI: 10.1080/10408690091189257.
5. Freedman L. Effect of Ascorbic Acid on Color of Jellies / L. Freedman, F.J. Francis // *Journal of Food Science*. 1984. 49.(4) P. 1212–1213. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1984.tb10435.x.
6. Чеснокова Н.Ю., Ашихмин Е.А. Влияние аскорбиновой кислоты на интенсивность извлечения антоцианового пигмента из ягод черной смородины и его стабильность // *Индустрия питания*. 2020. № 5(4). С. 68–73. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-4-10.
7. Ivanova V. Polyphenolic content of Vranec wines produced by different vinification conditions / V. Ivanova, A. Dornyei, L. Mark, B. Vojnoski, T. Stafilov, V. Stefova, F. Kilar // *Food Chemistry*. 2011. 124. P. 316–325. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.039
8. Натуральный концентрированный краситель, содержащий комплекс антоциановый пигментов и пектиновых веществ / Н.Ю. Чеснокова [и др.] // *Вестник КрасГАУ*. 2019. 12. С. 160–168. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-12-160-168.
9. Ochoa S. Techno-economic evaluation of the extraction of anthocyanins from purple yam (*Dioscorea alata*) using ultrasound-assisted extraction and conventional extraction processes / S. Ochoa, M.M. Durango-Zuleta, J.F. Osorio-Tobón // *Food and Bioproducts Processing*. 2020. Vol. 122. P. 111–123. DOI: 10.1007/s13399-021-01935-7.
10. Backes E. Recovery of bioactive anthocyanin pigments from *Ficus carica* L. peel by heat, microwave, and ultrasound-based extraction techniques / E. Backes, C. Pereira, L. Barrosa, M.A. Prieto, A.K. Genena, M.F. Barreiro, I.C.F.R. Ferreira // *Food Research International*. 2018. Vol. 113. P. 197–209. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.016.

11. Чеснокова Н.Ю., Левочкина Л.В., Ермоленко Т.С. Влияние природы экстрагента и ультразвука на степень извлечения антоцианового пигмента и использование его в производстве сладких блюд // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филлипова. 2018. № 3 (52). С. 149–155.
12. Исследование экстрактивных веществ березовых почек, полученных экстракцией с использованием ультразвука / О.Ю. Кузнецова [и др.]// Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. № 1. С. 134–137.
13. Tiwari B.K. Anthocyanin and Ascorbic Acid Degradation in Sonicated Strawberry / B.K. Juice, C.P. Tiwari, A. O'Donnell et al // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. 56 (21). P. 10071-10077. DOI: 10.1021/jf801824v.
14. Farr J.E. Investigating the interaction of ascorbic acid with anthocyanins and pyranoanthocyanins / J. E. Farr, M.M Giusti // Molecules. 2018. 23(4). A. 744. DOI: 10.3390/molecules23040744.
15. Aaby K. Polyphenol composition and antioxidant activity in strawberry purees; impact of achene level and storage / K. Aaby, R.E. Wrolstad, D. Ekeberg, G. Skrede // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007. 55. P. 5156–5166. DOI: 10.1021/jf070467u.
16. Backes, Ei. Recovery of bioactive anthocyanin pigments from *Ficus carica* L. peel by heat, microwave, and ultrasound-based extraction techniques / Ei Backes, C. Pereira, L. Barrosa, M.A. Prieto, A.K. Genena, M.F. Barreiro, I.C.F.R. Ferreira // Food Research International. 2018. 113. P. 197-209. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.016.
17. Ferreira, L.F. Citric acid water-based solution for blueberry bagasse anthocyanins recovery: Optimization and comparisons with microwave-assisted extraction (MAE) / L.F. Ferreira, N.M. Minuzzi, R.F. Rodrigues, R. Pauletto, E. Rodrigues, T. Emanuelli, V.C. Bochi // LWT. 2020. 133. A. 110064. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110064.
18. Liu, W. An improved microwave-assisted extraction of anthocyanins from purple sweet potato in favor of subsequent comprehensive utilization of pomace / W. Liu, C. Yang, C. Zhou, Z. Wen, X. Dong // Food and Bioprocess Processing. 2019. Vol. 115 P. 1-9. DOI: 10.1016/j.fbp.2019.02.003.

References

1. Kim J. Vaccinium myrtillus extract prevents or delays the onset of diabetes-induced blood-retinal barrier breakdown. International / J. Kim, C. S. Kim, Y. M. Lee, E. Sohn, K. Jo, J. S. Kim // Journal of Food Sciences and Nutrition. 2015. 66(2). P. 236–242. DOI: 10.3109/09637486.2014.979319.
2. You Y. Cyanidin-3-glucoside attenuates high-fat and high-fructose diet-induced obesity by promoting the thermogenic capacity of brown adipose tissue / Y. You, X. Han, J. Guo, Y. Guo, M. Yin, G. Liu, J. Zhan // Journal of Functional Foods. 2018. 41. P. 62-71. DOI: 10.1016/j.jff.2017.12.025.
3. Leong H.Y. Natural redpigments from plants and their health benefits: A review / H.Y. Leong, P.L. Show, M.H. Lim, C.W. Ooi, T.C. Ling // Food Reviews International. 2018. 34 (5). P. 463-482. DOI: 10.1080/87559129.2017.1326935.
4. Delgado-Vargas F. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and beta-lains—characteristics, biosynthesis, processing, and stability / F. Delgado-Vargas, A.R. Jiménez, O. Paredes-López // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2000. 40(3). P. 173-289. DOI: 10.1080/10408690091189257.
5. Freedman L. Effect of Ascorbic Acid on Color of Jellies / L. Freedman, F.J. Francis // Journal of Food Science. 1984. 49.(4) P. 1212–1213. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1984.tb10435.x.

6. Chesnokova N.Yu., Ashihmin E.A. Vliyanie askorbinovoy kisloty na intensivnost' izvlecheniya antocianovogo pigmenta iz yagod chernoy smorodiny i ego stabil'nost' / // *Industriya pitaniya*. 2020. № 5(4). S. 68–73. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-4-10.
7. Ivanova V. Polyphenolic content of Vranec wines produced by different vinification conditions / V. Ivanova, A. Dornyej, L. Mark, B. Vojnoski, T. Stafilov, V. Stefova, F. Kilar // *Food Chemistry*. 2011. 124. P. 316–325. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.039
8. Natural'nyj koncentrirovannyj krasitel', sodержashchij kompleks antocianovyj pigmentov i pektinovyh veshchestv / N.YU. Chesnokova [i dr.] // *Vestnik KrasGAU*. 2019. 12. S. 160–168. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-12-160-168.
9. Ochoa S. Techno-economic evaluation of the extraction of anthocyanins from purple yam (*Dioscorea alata*) using ultrasound-assisted extraction and conventional extraction processes / S. Ochoa, M.M. Durango-Zuleta, J.F. Osorio-Tobón // *Food and Bioproducts Processing*. 2020. Vol. 122. P. 111–123. DOI: 10.1007/s13399-021-01935-7.
10. Backes E. Recovery of bioactive anthocyanin pigments from *Ficus carica* L. peel by heat, microwave, and ultrasound-based extraction techniques / E. Backes, C. Pereira, L. Barrosa, M.A. Prieto, A.K. Genena, M.F. Barreiro, I.C.F.R. Ferreira // *Food Research International*. 2018. Vol. 113. P. 197-209. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.016.
11. Chesnokova N.Yu. Vliyanie prirody ekstragenta i ul'trazvuka na stepen' izvlecheniya antocianovogo pigmenta i ispol'zovanie ego v proizvodstve sladkih blyud / L.V. Levochkina, T.S. Ermolenko // *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova*. 2018. № 3 (52). S. 149–155.
12. Issledovanie ekstraktivnyh veshchestv berezovyh poček, poluchennyh ekstrakciej s ispol'zovaniem ul'trazvuka / O.YU. Kuznecova [i dr.] // *Razrabotka i registraciya lekarstvennyh sredstv*. 2017. № 1. S. 134–137.
13. Tiwari B.K. Anthocyanin and Ascorbic Acid Degradation in Sonicated Strawberry / B.K. Juice, C.P. Tiwari, A. O'Donnell et al // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. 56 (21). P. 10071-10077. DOI: 10.1021/jf801824v.
14. Farr J.E. Investigating the interaction of ascorbic acid with anthocyanins and pyranoanthocyanins / J.E. Farr, M.M Giusti // *Molecules*. 2018. 23(4). A. 744. DOI: 10.3390/molecules23040744.
15. Aaby K. Polyphenol composition and antioxidant activity in strawberry purees; impact of achene level and storage / K. Aaby, R.E. Wrolstad, D. Ekeberg, G. Skrede // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. 55. P. 5156–5166. DOI: 10.1021/jf070467u.
16. Backes, E. Recovery of bioactive anthocyanin pigments from *Ficus carica* L. peel by heat, microwave, and ultrasound-based extraction techniques / E. Backes, C. Pereira, L. Barrosa, M.A. Prieto, A.K. Genena, M.F. Barreiro, I.C.F.R. Ferreira // *Food Research International*. 2018. 113. P. 197-209. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.07.016.
17. Ferreira, L.F. Citric acid water-based solution for blueberry bagasse anthocyanins recovery: Optimization and comparisons with microwave-assisted extraction (MAE) / L.F. Ferreira, N.M. Minuzzi, R.F. Rodrigues, R. Pauletto, E. Rodrigues, T. Emanuelli, V.C. Bochi // *LWT*. 2020. 133. A. 110064. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110064.
18. Liu, W. An improved microwave-assisted extraction of anthocyanins from purple sweet potato in favor of subsequent comprehensive utilization of pomace / W. Liu, C. Yang, C. Zhou, Z. Wen, X. Dong // *Food and Bioproducts Processing*. 2019. Vol. 115 P. 1-9. DOI: 10.1016/j.fbp.2019.02.003.

Статья принята к публикации 26.04.2023 / The article accepted for publication 26.04.2023.

Информация об авторах:

Наталья Юрьевна Чеснокова, доцент базовой кафедры пищевой и клеточной инженерии Передовой инженерной школы Института биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем, кандидат биологических наук, доцент

Алла Алексеевна Кузнецова, доцент базовой кафедры пищевой и клеточной инженерии Передовой инженерной школы Института биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем, кандидат технических наук, доцент

Людмила Владимировна Кушнаренко, доцент базовой кафедры пищевой и клеточной инженерии Передовой инженерной школы Института биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем, кандидат технических наук

Information about the authors:

Natalya Yurievna Chesnokova, Associate Professor at the Basic Department of Food and Cell Engineering of the Advanced Engineering School of the Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems, Candidate of Biological Sciences, Docent

Alla Alekseevna Kuznetsova, Associate Professor at the Basic Department of Food and Cell Engineering of the Advanced Engineering School of the Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems, Candidate of Technical Sciences, Docent

Lyudmila Vladimirovna Kushnarenko, Associate Professor at the Basic Department of Food and Cell Engineering of the Advanced Engineering School at the Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems, Candidate of Technical Sciences

