

Влияние СВЧ-нагрева на оптические характеристики ягодных экстрактов

Людмила П. Нилова	¹	nilova_l_p@mail.ru
Руслан А. Икрамов	¹	ruslan_ikramov@mail.ru
Светлана М. Малютенкова	¹	malutesha66@mail.ru

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул., Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия

Аннотация. В работе представлены оптические характеристики экстрактов, полученных из выжимок ягод семейства вересковых – брусники, клюквы, черники и голубики. Для получения экстрактов проводили отжим ягод электромеханическим способом. Из полученных выжимок ягод получали водные экстракты в микроволновой печи мощностью 800 Вт, частотой генерации 2450 МГц при разных режимах воздействия от 288 Вт до 800 Вт. Гидромодуль 1:10. Продолжительность СВЧ-нагрева 60 с. Контролем служили экстракты, полученные с использованием горячей воды и настаиванием в течение 10 мин. Оптические характеристики соков и экстрактов из выжимок ягод снимали спектрофотометрически в диапазоне длин волн 410–630 нм. Максимальные значения оптических спектров зафиксированы при D₅₂₀ независимо от использованных ягод. Увеличение мощности СВЧ воздействия приводило к возрастанию оптических значений спектров экстрактов: черника > голубика > брусника > клюква. Оптические характеристики СВЧ экстрактов достигали значений контроля при воздействии 464 Вт для черники и голубики, 648 Вт для брусники и 800 Вт для клюквы, что отразилось на интенсивности цвета и координатах цвета, но не оказывало существенного влияния на оттенок, за исключением черники. Координаты цвета экстрактов черники были наиболее приближены к координатам цвета соков, оттенок был более интенсивным, чем в соках, но находился в пределах, характерных для формирования цвета под влиянием антоцианов. Экстракты голубики имели большую интенсивность окраски, чем экстракты черники, но меньшие значения оттенка. Оптические характеристики ягодных экстрактов можно использовать для оптимизации гидромодуля и режимов экстракции.

Ключевые слова: ягодные экстракты, СВЧ нагрев, интенсивность цвета, координаты цвета

The effect of microwave heating on the optical characteristics of berry extracts

Liudmila P. Nilova	¹	nilova_l_p@mail.ru
Ruslan A. Ikramov	¹	ruslan_ikramov@mail.ru
Svetlana M. Malyutenkova	¹	malutesha66@mail.ru

¹ Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia

Abstract. The paper presents the optical characteristics of extracts obtained from marc berries of the heather family - lingonberries, cranberries, blueberries and blueberries. To obtain extracts, the berries were pressed by electromechanical method. From the obtained marc berries, water extracts were obtained in a microwave oven with a power of 800 W and a generation frequency of 2450 MHz for different exposure modes from 288 W to 800 W. Hydraulic module 1:10. The duration of the microwave heating 60 seconds. Controls were extracts obtained using hot water and infusion for 10 minutes. The optical characteristics of the juices and extracts from the marc berries were measured spectrophotometrically in the wavelength range of 410–630 nm. The maximum values of the optical spectra were recorded at D₅₂₀, regardless of the berries used. An increase in the power of the microwave effect led to an increase in the optical values of the spectra of the extracts: bilberry > blueberry > lingonberry > cranberry. The optical characteristics of microwave extracts reached control values when exposed to 464 W for bilberries and blueberries, 648 W for lingonberries and 800 W for cranberries, which affected the color intensity and color coordinates, but did not significantly affect the shade, with the exception of bilberries. The color coordinates of bilberry extracts were closest to the color coordinates of the juices, the hue was more intense than in the juices, but was within the limits characteristic of the formation of color under the influence of anthocyanins. Bilberry extracts had a higher color intensity than blueberry extracts, but smaller shade values. Optical characteristics of berry extracts can be used to optimize the hydronic module and extraction modes.

Keywords: berry extracts, microwave heating, color intensity, color coordinates

Введение

Ягоды являются ценным сырьевым ресурсом, содержащим биологически активные вещества (БАВ) антиоксидантного действия. Однако в ягодах, как и в плодах, БАВ распределены неравномерно с преобладанием их в кожуре [1–5]. После отжима соков фактически ценные компоненты уходят в отходы, а их утилизация из-за высокой кислотности может

привести к загрязнению окружающей среды. Выжимки, образующиеся после отжима соков, содержат комплекс БАВ, обуславливающий антиоксидантные и антимикробные свойства [6–10]. Традиционно выжимки используют только в технологии морсов, которые повышают их антиоксидантную активность (АОА) по сравнению с соками [11].

Для цитирования

Нилова Л.П., Икрамов Р.А., Малютенкова С.М. Влияние СВЧ-нагрева на оптические характеристики ягодных экстрактов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 218–224. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-218-224

For citation

Nilova L.P., Ikramov R.A., Malyutenkova S.M. The effect of microwave heating on the optical characteristics of berry extracts. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 218–224. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-218-224

В последние годы началось массовое исследование химического состава и АОА выжимок ягод с целью их использования в медицине, биотехнологии и пищевой промышленности [6–8, 12, 13]. Из выжимок получают порошки и экстракты в сухом или жидком виде. Получение экстрактов и их дальнейшее использование зависит от вида экстрагентов, способа экстрагирования и дальнейшей обработки. Экстрагирование БАВ из выжимок осуществляют как методом настаивания, так и более эффективными для извлечения БАВ методами – ультразвуком, СВЧ, токами высокой частоты, ИК-облучением, ферментными препаратами [7, 8, 12, 14–16]. Все инновационные методы экстракции позволяют увеличить выход БАВ, в частности фенольных соединений, флавоноидов, антоцианов, что повышает АОА полученных экстрактов по сравнению с использованием традиционных методов. Эффективность метода определяется гидромодулем, режимами воздействия при условии использования одинакового экстрагента [12, 15, 16]. При использовании жидких экстрактов в пищевых целях в качестве экстрагента должна выступать вода, что обычно проигрывает по сравнению с водно-спиртовыми экстрагентами. В работах [12, 15, 17, 18] показано, что СВЧ-энергия позволяет увеличить выход экстрактивных веществ, БАВ, обеспечить микробиологическую безопасность экстракта. При этом возможна деструкция исходного материала с образованием низкомолекулярных веществ, что облегчает их экстрагирование [18]. Хорошая растворимость в воде гликозидных форм флавоноидов и антоцианов способствует их переходу в водные экстракты, а положительный заряд молекул антоцианов повышает их растворимость в кислых водных экстрактах [4]. Комплекс БАВ и их природный синергизм позволяют затормозить деградацию антоцианов при переработке ягод, что было исследовано Roidoung [19]. Галловая кислота и витамин С в обогащенных соках предотвращали потерю антоцианов и изменение интенсивности окраски.

Эффективность экстрагирования и переход БАВ в водный экстракт можно охарактеризовать по оптическим спектрам, что используют в виноделии, а также для оценки подлинности вин, соков, нектаров и сокосодержащих напитков [20, 21]. Червяк С.Н. с соавторами [21, 22] установили, что значения оптической плотности D_{420} и D_{520} тесно взаимосвязаны с количеством антоцианов, с коэффициентами корреляции 0,89 и 0,90 соответственно. Диапазон оттенка

в пределах от 0,4 до 0,7, измеряемый отношением значений оптической плотности D_{420}/D_{520} , также свидетельствует о преобладающей роли антоцианов в формировании цвета.

Цель работы – изучение влияния СВЧ-нагрева на переход растительных пигментов в экстракт из выжимок ягод по их оптическим характеристикам.

Материалы и методы

Объектами исследований были сок и экстракты дикорастущих ягод семейства вересковых – брусника, клюква, черника и голубика, произрастающих в условиях северо-западного региона. Ягоды были собраны на территории Выборгского района Ленинградской области. Из ягод получали сок с использованием электромеханической машины для отжима сока «ЭКМ-3», АО «Электросила» (Санкт-Петербург). Полученный сок отфильтровывали для отделения мякоти. Экстракты получали из выжимок ягод в микроволновой печи мощностью 800 Вт, частотой генерации 2450 МГц при разных режимах воздействия от 288 до 800 Вт. Гидромодуль 1:10. Продолжительность СВЧ-нагрева 60 с. Контролем служили экстракты, полученные с использованием горячей воды и настаиванием в течение 10 мин.

Оптические характеристики соков и экстрактов из выжимок ягод определяли спектрофотометрически в диапазоне длин волн 410–630 нм, используя в качестве раствора сравнения дистиллированную воду [23]. Перед проведением исследований соки и экстракты центрифугировали в течение 10 мин при 3500 об/мин. Интенсивность окраски (I_{520}) объектов рассчитывали как сумму оптической плотности при длинах волн D_{420} и D_{520} ; оттенок (Т) – как отношение значений оптической плотности D_{420}/D_{520} .

Для расчета координат цвета X, Y, Z использовали метод Сюдро–Марека–Кортеса с целью приведения их в соответствие с международной колориметрической системой XYZ [23]. Расчет координат проводили с учетом значений оптической плотности при длинах волн 445, 495, 550 и 625 нм по следующим формулам:

$$X = 0,42D_{625} + 0,35D_{550} + 0,21D_{445},$$

$$Y = 0,20D_{625} + 0,63D_{550} + 0,17D_{495},$$

$$Z = 0,24D_{495} + 0,94D_{445}.$$

Долю цвета рассчитывали как отношение значений отдельных координат X, Y, Z к их сумме, принимая во внимание, что сумма всех цветов равна единице, характерной для белого цвета.

Исследования проводились в трехкратной повторности. Достоверность экспериментальных данных оценивали методами математической статистики с помощью приложения Microsoft Excel для Windows 2010. Полученные данные приведены с доверительной вероятностью $P < 0,02$.

Результаты и обсуждение

Цвет соков и экстрактов ягод формируют растительные пигменты, в большей степени

антоцианы, которых в настоящее время насчитывают более 500 [4]. Максимум оптической плотности приходится на 520 нм с изменением интенсивности пика в зависимости от значений pH [21, 22]. Исследуемые соки и экстракты характеризовались различными значениями оптической плотности в зависимости от использованных ягод и мощности СВЧ-нагрева (таблица 1).

Таблица 1.

Оптические характеристики соков и экстрактов из дикорастущих ягод

Table 1.

Optical characteristics of juices and extracts from wild berries

Показатели Indicators	Сок Juice	Экстракты Extracts				
		Контроль Control	Полученные при разных СВЧ-режимах, Вт Obtained at different microwave modes, W			
			288	464	648	800
Брусника Lingonberry						
D ₄₂₀	8,39	0,76	0,50	0,52	0,77	1,52
D ₅₂₀	19,46	1,87	1,20	1,25	1,89	3,64
I ₅₂₀	27,85	2,63	1,70	1,77	2,66	5,16
T	0,43	0,41	0,42	0,42	0,41	0,42
Клюква Cranberry						
D ₄₂₀	4,09	0,81	0,47	0,60	0,78	1,26
D ₅₂₀	8,71	1,99	1,17	1,48	1,85	3,10
I ₅₂₀	12,8	2,80	1,64	2,08	2,63	4,36
T	0,47	0,41	0,40	0,41	0,42	0,41
Черника Bilberry						
D ₄₂₀	9,01	1,02	0,96	1,22	1,75	3,33
D ₅₂₀	17,42	1,96	1,85	2,29	3,18	5,94
I ₅₂₀	26,43	2,98	2,81	3,51	4,93	6,27
T	0,52	0,52	0,52	0,53	0,55	0,56
Голубика Blueberry						
D ₄₂₀	9,28	0,89	0,84	1,09	1,59	2,58
D ₅₂₀	17,07	1,76	1,61	2,09	3,05	4,93
I ₅₂₀	26,15	2,65	2,45	3,18	4,64	7,51
T	0,54	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52

Соки из ягод имели насыщенный густой цвет, характерный для использованного вида ягод. Значения оптической плотности соков темно-сине-фиолетовой окраски из ягод черники и голубики находились в близких пределах, формируя близкую интенсивность цвета. Но оттенок (Т) у сока голубики имел более высокие значения. Это не оказало влияния на формирование оттенка экстрактов из выжимок ягод, значения которого преобладали для экстрактов из ягод черники независимо от мощности СВЧ. Соки с окраской красноватых оттенков из ягод брусники и клюквы имели насыщенный густой цвет разных оттенков, но значения оптической плотности сильно различались с преобладанием в соке брусники. Интенсивность сока брусники была выше, чем клюквы, более чем в 2 раза и приближалась к значениям соков черники и голубики. Но значения оттенка сока брусники были самыми низкими среди всех исследованных соков.

Экстракция выжимок как горячей водой, так и СВЧ-нагревом, резко изменила значения оптической плотности, не изменив при этом характер оптического спектра с максимумом при D₅₂₀, что подтверждает влияние антоцианов на формирование окраски экстрактов. Увеличение мощности СВЧ-нагрева приводило к получению экстрактов с более высокими значениями оптической плотности. При этом вид ягод оказывал влияние на оптические характеристики цвета при использовании одинакового гидромо-дуля и режима экстрагирования. Максимальные значения оптической плотности D₄₂₀ и D₅₂₀ имели экстракты из выжимок ягод черники при всех режимах экстракции. Их значения постепенно возрастали, достигая максимума, при СВЧ-нагреве мощностью 800 Вт за 60 с. При мощности 464 Вт значения оптической плотности экстрактов черники достигли значений контроля. В результате интенсивность цвета превысила

значения контрольного экстракта в 1,2 раза, но значения оттенка (Т) не имели статистически значимых различий. Только при СВЧ-нагреве мощностью 648 Вт различия в оттенке достигли статистической значимости. Для экстрактов голубики значения оттенка не изменялись при возрастании интенсивности цвета и оптических характеристик. При мощности СВЧ-нагрева 464 Вт оптические характеристики экстракта голубики превысили значения контроля. Независимо от этого оттенок экстрактов не изменялся, но попадал в диапазон 0,4–0,7, свидетельствующий о преобладающей роли антоцианов в формировании окраски экстрактов и об отсутствии влияния продуктов конденсации фенольных соединений [22].

В отличие от исследуемых экстрактов из черники и голубики экстракты из выжимок брусники и клюквы имели меньшие значения оптических характеристик в спектре. Значения D_{420} и D_{520} достигли значений контрольного экстракта, полученного экстрагированием горячей водой, только при максимальной мощности СВЧ 800 Вт. Различия между значениями D_{420} и D_{520} этих экстрактов были близкими, несмотря на то что в соках они существенно отличались. Для получения экстрактов из выжимок брусники и клюквы необходимо использовать другой гидромодуль, увеличив количество навески выжимок при таком же количестве воды.

В целом оптические спектры экстрактов из выжимок ягод носили одинаковый характер с максимальными значениями при D_{520} (рисунок 1).

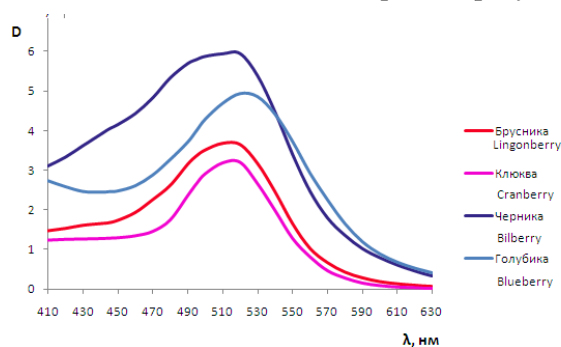


Рисунок 1. Оптические спектры экстрактов из выжимок ягод, полученных при СВЧ-нагреве мощностью 800 Вт

Figure 1. Optical spectra of extracts from marc berries obtained by microwave heating with a power of 800 W

Спектры экстрактов из выжимок черники и голубики имели небольшое смещение в область более 520 нм, а для экстрактов голубики – более изогнутый вид в области 410–430 нм, что отразилось в значениях координат цвета (таблица 2).

Таблица 2.

Координаты цвета соков и экстрактов из дикорастущих ягод

Table 2.

Color coordinates of juices and extracts from wild berries

Ягоды Berries	Вид Type	Координаты цвета Color coordinates		
		X	Y	Z
Брусника Lingonberry	Сок Juice	5,73	9,25	13,53
	Экстракт Extract	0,96	1,62	2,37
Клюква Cranberry	Сок Juice	3,27	4,86	6,18
	Экстракт Extract	0,73	1,27	1,85
Черника Bilberry	Сок Juice	5,96	9,41	11,54
	Экстракт Extract	2,21	3,21	5,19
Голубика Blueberry	Сок Juice	8,43	9,35	10,79
	Экстракт Extract	2,01	3,11	3,26

Координаты цвета соков благодаря своей насыщенности могут составлять десятки, а иногда сотни единиц, например, для сока ягод бузины. Разбавление соков, как при приготовлении коктейлей, уменьшает их значения в 5–6 раз и более в зависимости от вида сока [24]. При экстрагировании выжимок в экстракт переходит незначительная часть экстрактивных сухих веществ по сравнению с их содержанием в соках.

В результате значения координат цвета экстрактов уменьшаются. Если в соках они составляют от 3,27 до 13,53, варьируя в этом диапазоне в зависимости от вида ягодных соков и координат XYZ, то в экстрактах уменьшаются от 2 и более 5 раз. Координаты цвета экстрактов черники были наиболее приближены к координатам цвета соков, значения которых были меньше всего лишь в 2–3 раза.

Причем координата Z, которая условно может быть отнесена к координате, ответственной за синий цвет, у экстракта черники меньше в 2,2 раза по сравнению с соком. Можно предположить, что при СВЧ-нагреве происходит более интенсивный переход антоцианов, чем других растительных пигментов. Изменение координат X и Y происходит более значительно – в 2,69 и 2,93 раза соответственно.

Формирование координат цвета в экстрактах из выжимок голубики происходит по-другому, что может быть связано с отличиями в качественном составе антоциановых пигментов [1]. Координаты цвета имеют другое соотношение,

хотя преобладают значения координаты Z как в соках, так и экстрактах голубики. Но доля координаты X в 1,3 раза больше в соке и в 1,14 раз – в экстракте, что уменьшает долю цвета, обусловленного координатой Z. При экстрагировании происходит уменьшение значений координат, в большей степени координаты X – в 4,2 раза, что почти в 2 раза превышает изменение координаты в экстракте из выжимок черники.

Координаты цвета соков и экстрактов брусники и клюквы, несмотря на схожесть окраски, имеют различные значения и соотношения. В соке брусники координаты XYZ имеют значения, превышающие их в соке клюквы в среднем в 2 раза. Но при экстрагировании происходит сближение их значений и отличия не превышают 30%. Уменьшение значений координат XYZ в экстрактах брусники по сравнению с соками происходит в среднем в 5 раз, а в экстрактах клюквы – от 3,3 до 4,5 раз. Наибольшее сокращение значений происходит для координаты X и наименьшее – для координаты Z. В совокупности белого цвета координаты XYZ составляют одинаковую долю для экстрактов из выжимок брусники и клюквы. Это говорит о том, что из выжимок брусники экстракция растительных пигментов происходит менее интенсивно, чем из выжимок клюквы. По сравнению с экстрактами из выжимок голубики и черники СВЧ-экстрагирование оказывает меньшую эффективность на формирование окраски экстрактов из выжимок брусники и клюквы. Вероятно, используемый гидромодуль недостаточен для получения экстрактов с оптимальным количеством растительных пигментов.

Заключение

Экстракты из выжимок дикорастущих ягод можно получить, используя СВЧ-нагрев

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Pertuzatti P.B., Barcia M.T., Jacques A.C., Vizzotto M. et al. Quantification of Several Bioactive Compounds and Antioxidant Activities of Six Cultivars of Brazilian Blueberry // *The Natural Products Journal*. 2012. № 2. P. 188–195.
- 2 Zaki Sh.A., Abdelatif S.H., Abdelmohsen N.R., Ismail F.A. Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Pomegranate Peels // *International Journal of Food Engineering*. 2015. V. 1. № 2. P. 73–76.
- 3 Нилова Л.П., Икрамов Р.А., Малютенкова С.М., Верякина А.С. Исследование минерального состава в процессе переработки дикорастущих ягод // *Вестник ВГУИТ*. 2018. Т. 80. № 1 (75). С. 151–156. doi: 10.20914/2310-1202-2018-1-151-156.
- 4 Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдралилов Б.С., Музафарова Е.Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино: Synchronbook. 2013. 306 с.
- 5 Mayer-Miebach E., Adamiuk M., Behnlian D. Stability of Chokeberry Bioactive Polyphenols during Juice Processing and Stabilization of a Polyphenol-Rich Material from the By-Product // *Agriculture*. 2012. № 2. P. 244–258. doi: 10.3390/agriculture203024

разной мощности. Полученные экстракты имеют характерные оптические спектры с максимумом D_{520} , обусловленным переходом антоцианов. При повышении мощности СВЧ происходит увеличение значений оптической плотности, формируя интенсивность окраски и ее оттенок. Максимальные значения оптической плотности D_{420} и D_{520} имели экстракты из выжимок ягод черники при всех режимах экстракции. Их значения постепенно возрастали, достигая максимума при СВЧ-нагреве мощностью 800 Вт за 60 с. Уже при мощности СВЧ 464 Вт значения оптической плотности экстрактов черники достигли значений экстрактов, полученных с помощью горячей воды с настаиванием в течение 10 мин. Экстракты голубики имели большую интенсивность окраски, чем экстракты черники, но меньшие значения оттенка при одинаковом гидромодуле и мощности СВЧ-воздействия. Экстракты из выжимок брусники и клюквы имели меньшие значения оптических характеристик в спектре. Значения D_{420} и D_{520} достигали значений контрольного экстракта только при максимальной мощности СВЧ 800 Вт. Оптические спектры экстрактов сформировали координаты цвета XYZ, которые различались значениями в зависимости от вида ягод. Наиболее приближены к координатам цвета соков были координаты цвета экстрактов черники, что может позволить снизить гидромодуль при экстрагировании или режим СВЧ-нагрева. Напротив координаты цвета экстрактов брусники и клюквы были минимальными, занимающими одинаковую долю цвета в белом спектре. Оптические характеристики ягодных экстрактов можно использовать для оптимизации гидромодуля и режимов экстракции.

6 Замдулаева Н.Д., Жамсаранова С.Д. Исследование антиоксидантных и антимикробных свойств биопротекторов из отходов соковых производств как ингредиентов для обогащения продуктов питания // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2018. Т. 8. № 1. С. 51–58. doi: 10.21285/2227-2925-2018-8-1-51-58

7 Макаров С.С., Панасюк А.Л. Влияние различных способов мацерации ягодной мякоти на состав биологически активных веществ сула // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2019. № 1 (54). С. 59–64.

8 Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Влияние технологии экстракции на антиоксидантную активность экстрактов плодов черноплодной рябины // *Вестник Мурманского государственного технического университета*. 2017. Т. 20. № 3. С. 600–608. doi: 10.21443/1560-9278-2017-20-3-600-608.

9 Ye Tian, Pугanen A., Alakomi H.-L., Uusitupa A. et al. Antioxidative and antibacterial activities of aqueous ethanol extracts of berries, leaves, and branches of berry plants // *Food Research International*. 2018. № 106. P. 291–303. doi: 10.1016/j.foodres.2017.12.071

10 Bujor O.-C., Ginies Ch., Popa V.I., Dufour C. Phenolic compounds and antioxidant activity of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) leaf, stem and fruit at different harvest periods // *Food Chemistry*. 2018. V. 252. P. 356–365.

11 Нилова Л.П., Выговтов А.А., Малутенкова С.М. Растительное сырье в формировании антиоксидантных свойств сокосодержащих напитков // *Международный научный журнал*. 2017. № 4. С. 83–87.

12 Гусейнова Б.М. Экстракты, полученные из плодов дикорастущих растений с использованием СВЧ-энергии, и их применение при изготовлении наливок // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2015. № 1 (343). С. 45–48.

13 Khrantsov A.G., Evdokimov I.A., Lodygin A.D., Budkevich R.O. Technology development for the food industry: a conceptual model // *Foods and Raw Materials*. 2014. V. 2. № 1. P. 22–26. doi: 10.12737/4121

14 Nowacka M., Fijalkowska A., Dadan M., Rybak K. et al. Effect of ultrasound treatment during osmotic dehydration on bioactive compounds of cranberries // *Ultrasonics*. 2018. № 83. P. 18–25.

15 Трапезникова С.В. Сравнение методов экстракционного извлечения биологически активных веществ из плодов боярышника // *Научно-методический электронный журнал Концепт*. 2016. Т. 11. С. 3266–3270.

16 Klavins L., Kviesis J., Klavins M. Comparison of methods of extraction of phenolic compounds from American cranberry (*Vaccinium macrocarpon* L.) pres residues // *Agronomy Research*. 2017. V. 15 (S2). P. 1316–1329.

17 Осипова Л.А., Бурдо О.Г., Лозовская Т.С., Термезан Е.Ф. Влияние обработки ягод черной смородины токами СВЧ на физико-химические и микробиологические показатели соков // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2013. № 2 (20). С. 5–10.

18 Ушакова Н.Ф., Копысова Т.С., Касаткин В.В., Кудряшова А.Г. Опыт применения СВЧ энергии при производстве пищевых продуктов // *Пищевая промышленность*. 2013. № 10. С. 30–32.

19 Roidoung S., Dolan K.D., Siddiq M. Gallic acid as a protective antioxidant against anthocyanin degradation and color loss in vitamin-C fortified cranberry juice // *Food Chemistry*. 2016. № 210. P. 422–427.

20 Платов Ю.Т., Платова Р.А., Бобожонова Г.А. Колориметрическая идентификация апельсиновой соковой продукции // *Пиво и напитки*. 2016. № 6. С. 14–16.

21 Червяк С.Н., Погорелов Д.Ю., Ермихина М.В., Михеева Л.А. Исследование физико-химических показателей подлинных и фальсифицированных красных вин // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2018. № 49 (1). С. 152–161.

22 Червяк С.Н., Погорелов Д.Ю., Ермихина М.В., Михеева Л.А. Исследование физико-химических показателей природных и синтетических красителей // *Магарац. Виноградарство и виноделие*. 2017. № 3. С. 31–33.

23 Гержикова В.Г. Методы теххимического контроля в виноделии. Симферополь: Таврида, 2009. 304 с.

24 Lee J., Durst R., Wrolstad R. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants and wines by the pH differential method: collaborative study // *J. of AOAC International*. 2005. V. 88. № 5. P. 1269–1278.

REFERENCES

1 Pertuzatti P.B., Barcia M.T., Jacques A.C., Vizzotto M. et al. Quantification of Several Bioactive Compounds and Antioxidant Activities of Six Cultivars of Brazilian Blueberry. *The Natural Products Journal*. 2012. no. 2. pp. 188–195.

2 Zaki Sh.A., Abdelatif S.H., Abdelmohsen N.R., Ismail F.A. Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Pomegranate Peels. *International Journal of Food Engineering*. 2015. vol. 1. no. 2. pp. 73–76.

3 Nilova L.P., Ikramov R.A., Malyutenkova S.M., Vetyaskina A.S. Investigation of mineral composition during processing of wild berries. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 151–156. doi: 10.20914/2310-1202-2018-1-151-156 (in Russian).

4 Tarakhovsky Yu.S., Kim Yu.A., Abdrasilov B.S., Muzafarova E.N. Flavonoids: biokhimiya, biofizika, meditsina [Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine]. Pushchino, Sunchrobook, 2013. 306 p. (in Russian).

5 Mayer-Miebach E., Adamiuk M., Behnslian D. Stability of Chokeberry Bioactive Polyphenols during Juice Processing and Stabilization of a Polyphenol-Rich Material from the By-Product. *Agriculture*. 2012. no. 2. pp. 244–258. doi: 10.3390/agriculture203024

6 Zamdulaeva N.D., Zhamsaranova S.D. Study of the antioxidant and antimicrobial properties of bioprotectors from waste juice production as ingredients for food enrichment. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2018. vol. 8. no. 1. pp. 51–58. doi: 0.21285/2227-2925-2018-8-1-51-58 (in Russian).

7 Makarov S.S., Panasyuk A.L. The influence of various methods of maceration of berry pulp on the composition of biologically active substances of wort. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevyykh produktov* [Technology and the study of merchandise of innovative foodstuffs]. 2019. no. 1 (54). pp. 59–64. (in Russian).

8 Ereemeeva N.B., Makarova N.V. The effect of extraction technology on antioxidant activity of black chokeberry. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of MSTU]. 2017. vol. 20. no. 3. pp. 600–608. doi: 10.21443/1560-9278-2017-20-3-600-608 (in Russian).

9 Ye Tian, Puganen A., Alakomi H.-L., Uusitupa A. et al. Antioxidative and antibacterial activities of aqueous ethanol extracts of berries, leaves, and branches of berry plants. *Food Research International*. 2018. no. 106. pp. 291–303. doi: 10.1016/j.foodres.2017.12.071

10 Bujor O.-C., Ginies Ch., Popa V.I., Dufour C. Phenolic compounds and antioxidant activity of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) leaf, stem and fruit at different harvest periods. *Food Chemistry*. 2018. vol. 252. pp. 356–365.

11 Nilova L.P., Vytovtov A.A., Malyutenkova S.M. Plant materials in the formation of the antioxidant properties of juice drinks. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal* [International scientific journal]. 2017. no. 4. pp. 83–87. (in Russian).

12 Huseynova B.M. Extracts obtained from the fruits of wild plants using microwave energy, and their use in the manufacture of liqueurs. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of higher educational institutions. Food technology] 2015. no. 1 (343). pp. 45–48. (in Russian).

13 Khrantsov A.G., Evdokimov I.A., Lodygin A.D., Budkevich R.O. Technology development for the food industry: a conceptual model. *Foods and Raw Materials*. 2014. vol. 2. no. 1. pp. 22–26. doi: 10.12737/4121

14 Nowacka M., Fijalkowska A., Dadan M., Rybak K. et al. Effect of ultrasound treatment during osmotic dehydration on bioactive compounds of cranberries. *Ultrasonics*. 2018. no. 83. pp. 18–25.

15 Trapeznikova S.V. Comparison of methods of extraction of biologically active substances from hawthorn fruit. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal Kontsept* [Scientific-methodical electronic journal Concept]. 2016. vol. 11. pp. 3266–3270. (in Russian).

16 Klavins L., Kviesis J., Klavins M. Comparison of methods of extraction of phenolic compounds from American cranberry (*Vaccinium macrocarpon* L.) press residues. *Agronomy Research*. 2017. vol. 15 (S2). pp. 1316–1329.

17 Osipova L.A., Burdo O.G., Lozovskaya T.S., Termezan E.F. The influence of the processing of black currant berries by microwave currents on the physico-chemical and microbiological indicators of juices. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii* [Food Industry: Science and Technology]. 2013. no. 2 (20). pp. 5–10. (in Russian).

18 Ushakova N.F., Kopysova T.S., Kasatkin V.V., Kudryashova A.G. Experience of using microwave energy in food production. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry]. 2013. no. 10. pp. 30–32. (in Russian).

19 Roidoung S., Dolan K.D., Siddiq M. Gallic acid as a protective antioxidant against anthocyanin degradation and color loss in vitamin-C fortified cranberry juice. *Food Chemistry*. 2016. no. 210. pp. 422–427.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила П. Нилова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, nilova_l_p@mail.ru

Руслан А. Икрамов аспирант, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, ruslan_ikramov@mail.ru

Светлана М. Малютенкова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, malutesha66@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.01.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.02.2019

20 Platov Yu.T., Platov R., Bobozhonova G. Colorimetric identification of orange juice products. *Pivo i napitki* [Beer and beverages]. 2016. no. 6. pp. 14–16. (in Russian).

21 Chervyak S.N., Pogorelov D.Yu., Ermikhina M.V., Mikheeva L.A. Study of the physico-chemical indicators of genuine and falsified red wines. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* [Fruit growing and viticulture of the South of Russia]. 2018. no. 49 (1). pp. 152–161. (in Russian).

22 Chervyak S.N., Pogorelov D.Yu., Ermikhina M.V., Mikheeva L.A. Investigation of the physico-chemical indicators of natural and synthetic dyes. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodeliye* [Magarach. Viticulture and winemaking]. 2017. no. 3. pp. 31–33. (in Russian).

23 Gerzhikova V.G. Metody tekhnokhimicheskogo kontrolya v vinodelii [Methods of techno-chemical control in winemaking]. Simferopol, Tavrida, 2009. 304 p. (in Russian).

24 Lee J., Durst R., Wrolstad R. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants and wines by the pH differential method: collaborative study. *J. of AOAC International*. 2005. vol. 88. no. 5. pp. 1269–1278.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Liudmila P. Nilova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, nilova_l_p@mail.ru

Ruslan A. Ikramov graduate student, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, ruslan_ikramov@mail.ru

Svetlana M. Malyutenkova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, malutesha66@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.10.2019

ACCEPTED 2.7.2019