



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 633.8

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.010

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЯГОД БРУСНИКИ И КЛЮКВЫ

**Александра Юрьевна Чечеткина¹, Мариам Башировна Мурадова²,
Алёна Владиславовна Проскура³, Артем Ильич Лепешкин⁴,
Людмила Анатольевна Надточий⁵, Махмуд Ахмед Хашим⁶**

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

¹ aleksandra.chechetkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-3213>

² mari.muradova1996@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3415-5428>

³ pav060695@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6053-3023>

⁴ artyom.lepeshkin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9118-1449>

⁵ l_tochka@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4678-8177>

⁶ mahmood.hashem@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5619-7162>

Аннотация. Настоящее исследование посвящено изучению антиоксидантных свойств свежих ягод брусники и клюквы, а также жмыха, в частности на общее содержание флавоноидов и салицилатов. Нами была предложена комплексная технология переработки жмыха ягод, включающая в себя конвекционную сушку, измельчение, просеивание и пропуск через бункер, оснащенный УФ-облучением. Данная технология позволяет сохранить вкусо-ароматические свойства и биологически активные вещества в жмыхе ягод. В ходе исследования было выявлено, что общее содержание салицилатов и флавоноидов в большем количестве наблюдалось в жмыхе ягод. В частности, в водном экстракте жмыха ягод брусники содержалось 744,7 мг на 100 грамм сухого вещества флавоноидов, а в свежих ягодах – 655,6. Количество салицилатов в экстрактах свежих ягод брусники и жмыха составило 40,51 и 53,15 мг на 100 грамм сухого вещества соответственно. В жмыхе ягод клюквы в водном экстракте содержалось 537,5 мг на 100 грамм сухого вещества флавоноидов, свежие ягоды составили 436,2. Количество салицилатов в экстрактах свежих ягод клюквы и жмыха составило 36,15 и 49,15 мг на 100 грамм сухого вещества соответственно. Таким образом, данные результаты демонстрируют высокие показатели антиоксидантных свойств ягод.

Ключевые слова: флавоноиды, салицилаты, брусника, клюква, жмых, комплексная переработка, антиоксидантная активность, пищевая ценность, биологически активные вещества, спектрофотометрический анализ.

Для цитирования: Комплексная переработка ягод брусники и клюквы / А. Ю. Чечеткина [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 75–81. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.010.

Original article

COMPLEX PROCESSING OF BERRIES AND CRANBERRY

**Alexandra Yu. Chechetkina¹, Mariam B. Muradova², Alena V. Proskura³,
Artem I. Lepeshkin⁴, Lyudmila A. Nadtochii⁵, Mahmood A. Hashim⁶**

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia

¹ aleksandra.chechetkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-3213>

² mari.muradova1996@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3415-5428>

© Чечеткина А. Ю., Мурадова М. Б., Проскура А. В., Лепешкин А. И., Надточий Л. А., Хашим, М. А., 2021

³ pav060695@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6053-3023>

⁴ artyom.lepeshkin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9118-1449>

⁵ l_tochka@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4678-8177>

⁶ mahmood.hashem@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5619-7162>

Abstract. *The present study is devoted to the study of the antioxidant properties of fresh lingonberries and cranberries, as well as oil cake, in particular on the total content of flavonoids and salicylates. We have proposed a complex technology for processing berry cake, which includes convection drying, grinding, sieving and passing through a bunker equipped with UV irradiation. This technology allows you to preserve the taste and aroma properties and biologically active substances in the cake of berries. In the course of the study, it was revealed that the total content of salicylates and flavonoids in a greater amount was observed in the fruit cake. In particular, the aqueous extract of the cake of lingonberry berries contained 744.7 mg per 100 grams of dry matter of flavonoids, and in fresh berries 655.6. The amount of salicylates in the extracts of fresh lingonberry and oil cake was 40.51 and 53.15 mg per 100 grams of dry matter, respectively. The cranberry cake in the aqueous extract contained 537.5 mg per 100 grams of dry matter of flavonoids, fresh berries were 436.2. The amount of salicylates in the extracts of fresh cranberries and pomace was 36.15 and 49.15 mg per 100 grams of dry matter, respectively. Thus, these results demonstrate high indicators of the antioxidant properties of berries.*

Keywords: *flavonoids, salicylates, lingonberry, cranberry, cake, complex processing, antioxidant activity, nutritional value, biologically active substances, spectrophotometric analysis.*

For citation: Chechetkina, A. Yu., Muradova, M. B., Proskura, A. V., Lepeshkin, A. I., Nadtochii, L. A. & Hashim, M. A. (2021). Complex processing of berries and cranberry. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 75–81. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.010.

ВВЕДЕНИЕ

Свежие фрукты и ягоды, а также продукты на их основе, обеспечивают необходимые питательные микроэлементы и биологически активные вещества, в том числе витамины, полифенолы и минералы, с несколькими преимуществами для здоровья человека [1].

Рынок пищевых продуктов предлагает ягоды в свежем, замороженном, сушеном виде, в виде полуфабрикатов из ягод: концентрированных соков, джемов, пюре. С добавлением ягод можно изготовить кондитерские изделия, безалкогольные и алкогольные напитки, мясные и рыбные полуфабрикаты. Кроме того, ягоды широко распространены в блюдах общественного питания [2].

Среди множества садовых и дикорастущих плодово-ягодных растений клюква и брусника как лекарственные растения занимают особое место. Наличие в их плодах сложного и богатого комплекса биологически активных веществ создало им репутацию исключительно важного пищевого продукта и незаменимого лечебно-профилактического средства [3].

Брусника (*Vaccinium Vitis-idaea* L., *Ericaceae*) – одна из самых популярных ягод в странах Северной Европы и России, и она используется в различных формах в рационе человека. Низкий кустарник, имеющий ярко-красные шаровидные плоды от 0,75 до 1,0 см в диаметре. Ягоды богаты множественными функциональными соединениями, такими как

пищевые волокна, минералы, антиоксиданты, витамины С, А и Е (токоферол) и полифенолы, в основном антоцианы, проантоцианидины, флавонолы, гидроксикоричная кислота и производные арбутина [4].

Клюква (*Vaccinium subgen. Oxycoccus*) представляет собой кустарник 10–40 см, который растет на больших высотах в горах, на лугах и полянах. Клюква занимает одно из первых мест среди ягод как по качеству, так и по количеству антиоксидантов из-за значительного содержания флавоноидов и большого количества фенольных кислот. Плоды клюквы имеют разнообразный фитохимический профиль, который включает 3 класса флавоноидов (флавонолы, антоцианы и проантоцианидины), катехины, гидроксикоричную и другие фенольные кислоты и тритерпеноиды [5].

Ягоды входят в число основных пищевых компонентов; их урожай является важным направлением пищевой промышленности. Однако производство ягодного сока приводит к образованию большого количества отходов, то есть остатков после ягодного прессования, называемых жмыхами [6]. Жмых – побочный продукт производства соков, в основном состоит из кожи и косточек и является хорошим источником для извлечения питательных веществ, которые в дальнейшем могут быть переработаны в здоровую пищу. При переработке ягод в сок обычно производится примерно 70–80 % целевых и 20–30 % побочных продуктов [7]. Из-за низкой теплотворной спо-

собности и в некоторых случаях высокой кислотности ягодные выжимки считаются отходами и неэффективно используются из-за отсутствия эффективных методов обработки. Известно, что ягодный жмых содержит большое количество ценных фитохимических веществ, таких как полифенолов, липидов, углеводов и витаминов [8, 9]. Выжимки ягод обычно содержат семена, кожуру и стебли. Многие фенольные соединения содержатся в кожуре и семенах ягод, соответственно их большее количество обнаруживается в жмыхе [10].

С одной стороны, жмых ягод позволяет сократить потери, повысить технико-экономические показатели предприятий, создать безотходные технологии и улучшить экологическую обстановку, с другой стороны, дает возможность использования новых нетрадиционных ресурсов в производстве продуктов питания. В настоящее время в связи с ростом объемов производства соков из клюквы увеличивается количество промышленных отходов. При разумном подходе эти промотходы могут быть переработаны в полезные для человечества продукты, сохраняя и улучшая энергетическую и экологическую обстановку.

Таким образом, целью данного исследования является оценка пищевой ценности, количественное определение содержания суммы флавоноидов в экстрактах жмыха и свежих ягод брусники и клюквы, а также разработка комплексного подхода переработки ягод с сохранением вкуса-ароматических свойств и биологически активных веществ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробоподготовка образцов.

В соответствии с целями и задачами объектами исследования служили: ягоды брусники и клюквы, отобранные на территории Ленинградской области в 2018 г.

Жмых ягод брусники и клюквы подвергали высушиванию с применением сушильных шкафов при температуре 45–50 °С до массовой доли влажности 10,0±1,5 %.

Приготовление спиртовых и водных экстрактов жмыха ягод.

Образцы ягод брусники или клюквы массой 1 грамм измельчали на лабораторной мельнице до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями диаметром 0,2 см, и помещали в коническую колбу вместимостью 100 см³, куда вносили 100 см³ этилового спирта с объемной долей 70 % или 100 см³ дистиллированной воды. Колбу присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин с момента закипания содержимого. Извлечение экстракта проводили посредством фильтрования

в коническую колбу через бумажный фильтр (Whatmanno. 4).

Показатели качества жмыха ягод брусники и клюквы.

Исследования жмыха ягод брусники и клюквы проводили по ГОСТ 24027.2-80 «Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла».

Определение общего содержания флавоноидов в экстрактах ягод клюквы и брусники.

Анализ исследуемых образцов водного раствора экстрактов ягод брусники и клюквы на содержание флавоноидов в пересчете на рутин проводили следующим образом: 1 см³ водного раствора ягод помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, добавляли 5 см³ раствора алюминия хлорида с массовой долей 2 % в этиловом спирте, далее объем раствора доводили до метки путем добавления этилового спирта. В полученном растворе измеряли оптическую плотность с использованием спектрофотометра Shimadzu UV-2600 при длине волны 410 нм. В качестве раствора сравнения использовали 1 см³ экстракта ягод с 70 % спиртом.

Расчет общего содержания флавоноидов проводили по калибровочной кривой. Калибровочная кривая представляет из себя график зависимости оптической плотности от концентрации рутина в растворе.

Определение салицилатов в экстрактах ягод.

Анализ исследуемых образцов водного раствора капсул ягод брусники и клюквы на содержание салицилатов проводили следующим образом: 1 см³ водного раствора капсул помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, добавляли 1 см³ 0,5 М раствора соляной кислоты, 0,5 см³ раствора железа аммонийных квасцов с массовой долей 8 % в дистиллированной воде, далее объем раствора доводили до метки путем добавления дистиллированной воды.

Далее в полученном растворе измеряли оптическую плотность с использованием спектрофотометра Shimadzu UV-2600 при длине волны 530 нм. В качестве раствора сравнения использовали смесь 1 см³ раствора капсул ягод с дистиллированной водой.

Расчет общего содержания салицилатов проводили по калибровочной кривой. Калибровочная кривая представляет из себя график зависимости оптической плотности от концентрации салициловой кислоты в растворе.

Математическая обработка результатов исследования.

Эксперименты проводили в трехкратной повторности, данные обрабатывали методом математической статистики с нахождением

доверительного интервала при вероятности 0,95 с использованием MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время все большее число предприятий приходит к пониманию рациональности комплексного использования сырьевых ресурсов, и именно необходимость в грамотном применении побочных продуктов сокового производства привела в результате к изучению качественного состава жмыха ягод и разработке способов его применения.

Клюква и брусника – ягоды, ореолом произрастания которых являются сфагновые болота, их можно встретить как в тундре, так и в лесной части России. Периодом созревания является август–сентябрь. Ягоды хорошо сохраняемы в свежем виде. По своему химическому составу клюква является одной из наиболее ценных ягод [11].

В пищевой промышленности свое применение находит не только мякоть клюквы, но также и жмых [12]. Комплексное использование сырьевой базы является приоритетным направлением развития пищевой промышленности.

В рамках данного исследования предлагается комплексная переработка ягод, при которой жмых подвергают высушиванию и измельчению. Схема комплексной переработки ягод представлена на рисунке 1.

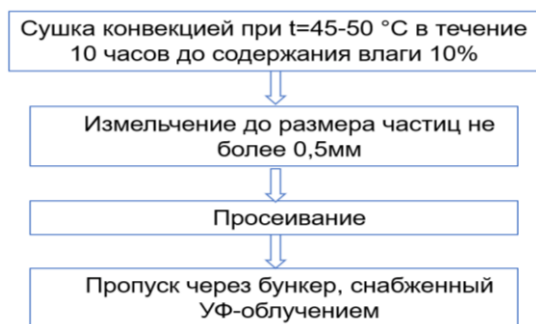


Рисунок 1 – Технология комплексной переработки ягод

Figure 1 - Complex technology processing berries

Сущность комплексной переработки заключается в том, что жмых ягод брусники и клюквы разделяют для каждого вида ягод выкладывают равномерным слоем на противни, сушат конвективным способом при температуре 45–50 °С в течение 10 ч до содержания влаги не более 10 %, затем измельчают до достижения размера частиц не более 0,5 мм, просеивают и затем жмых смешивают со стабилизирующими пищевыми добавками в течение

15 мин., после чего пропускают через бункер, снабженный устройством УФ-облучения и упаковывают в пищевую тару. При правильно подобранной технологии сушки обеспечивается сохранность не только вкусо-ароматических свойств, но и потери биологически активных веществ сводятся к минимуму.

Органолептические и физико-химические показатели жмыха ягод клюквы и брусники представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Органолептические показатели жмыха ягод брусники, клюквы

Table 1 - Organoleptic indicators of the cake of lingonberry, cranberry

Наименование показателя	Характеристика жмыха ягод
Вкус и запах	Свойственные ягодам данного вида, без постороннего вкуса и запаха
Внешний вид и форма	Не слипаются при сжатии. Незначительное комкование, устраняемое при механическом воздействии
Цвет	Однородный свойственный данному виду ягод, могут иметь участки, отличающиеся по цвету от основного тона

Таблица 2 – Физико-химические показатели жмыха ягод клюквы и брусники

Table 2 - Physical and chemical parameters of cranberry and lingonberry cake

Наименование показателя	Брусника	Клюква
Пищевые волокна, %	20±1,5	22±1,5
Углеводы, %	32±2	31±1,7
Кислотность, в град	57±1	59±1,5
Массовая доля влаги, %	10±1	10±1
Зола, %	7±1	6,5±1,5
Содержание экстрактивных веществ, %	21,4±2,3	19,6±2,0
Содержание дубильных веществ, %	15±2	17±2

Анализ физико-химических показателей жмыха ягод (таблица 2), приготовленного по заявляемому способу, показал, что жмых обладает высоким содержанием пищевых волокон, которые относятся к эссенциальным факторам рациона питания человека. Высокое содержание пищевых волокон в жмыхе позволяет прогнозировать функциональные свойства пищевого продукта с ее добавлением.

Как показали исследования, продукты переработки ягод клюквы и брусники могут быть

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЯГОД БРУСНИКИ И КЛЮКВЫ

ценным источником получения соединений, обладающих антиоксидантными свойствами (таблицы 3, 4).

Таблица 3 – Общее содержание флавоноидов (1 мг на 100 грамм сухого вещества)

Table 3 - The total content of flavonoids (1 mg per 100 grams of dry matter)

Образцы	Клюква		Брусника	
	Свежие ягоды	Жмых ягод	Свежие ягоды	Жмых ягод
Водный экстракт	436,2 ± 11,8	537,5 ± 13,1	655,6 ± 13,1	744,7 ± 11,7
Спиртовой экстракт	684,1 ± 11,6	970,3 ± 12,7	931,7 ± 11,5	1207,4 ± 16,6

Таблица 4 – Общее содержание салицилатов (1 мг на 100 грамм сухого вещества)

Table 4 - The total content of salicylates (1 mg per 100 grams of dry matter)

Образцы	Клюква		Брусника	
	Свежие ягоды	Жмых ягод	Свежие ягоды	Жмых ягод
Водный экстракт	36.15± 1.41	49.15 ± 1.54	40.51± 1.53	53.15± 1.27

Общее количество флавоноидов в ягодах брусники и клюквы составляет порядка 680 и 930 мг на 100 г сухого вещества соответственно. Обнаружено, что выжимки брусники, состоящие из кожицы, содержат до 1200 мг/100 г сухого вещества ягод флавоноидов. Содержание флавоноидов в клюкве составляет до 970 мг/100 г сухого вещества ягод. Ягоды брусники продемонстрировали большее содержание полифенолов по сравнению с ягодами клюквы. Большие изменения в содержании флавоноидов могут объясняться различиями в ягодных сортах [13, 14].

Более высокие антиоксидантные свойства наблюдаются в жмыхе ягод. Это связано с тем, что многие фенольные соединения содержатся в кожуре и семенах ягод, соответственно в большем количестве сохраняются в жмыхах [15].

Полученные результаты коррелируют с научными данными других исследований, в частности, было продемонстрировано, что ягодные выжимки дают больше очищенного экстракта полифенолов, чем цельные ягоды [16–18].

Поскольку ягодный жмых имеет влажность около 50 % и содержит различные легкоусвояемые питательные вещества, он очень подвержен микробной порче. Следовательно, первоначальная обработка выжимок необходима для обеспечения удовлетворительного срока хранения. Обычно применяемые обработки включают

сушку, а также измельчение и кондиционирование [19]. В данном исследовании использовалась обработка ультрафиолетом для предотвращения развития микробной активности.

Известно, что для получения жмыха с большим количеством биоактивных соединений важно регулировать условия обработки во время сушки (например, метод сушки, а также время и температуру сушки), поскольку полифенолы способны быстро деградировать [20]. Возможные методы сушки выжимок включают обычную конвекционную сушку горячим воздухом, низкотемпературную вакуумную сушку, сублимационную сушку, инфракрасную сушку и микроволновую сушку (последние два часто сочетаются с конвекционной сушкой) [21]. Нами была использована конвекционная сушка при температуре 45–50 °С в течение 10 ч, позволяющая сохранить сенсорные и биологически активные свойства жмыха ягод.

Ученые отмечают, что условия обработки во время сушки имеют большое влияние на характеристики продукта, такие как внешний вид, цвет и пористость, а также на содержание биоактивных соединений. Например, при производстве порошка аронии из сока конвекционная сушка приводила к более интенсивному и темному цвету порошка по сравнению с сублимационной сушкой [22]. В другом исследовании было проанализировано влияние температуры и времени в период конвекционной сушки выжимок черники. Содержание процианидина и антоциана не изменилось при нагревании жмыха до 40 °С, однако нагревание до температуры выше 60 °С уменьшило соответствующее содержание полифенолов, что указывает на то, что более высокие температуры сушки приводят к значительным потерям потенциально биологически активных соединений [23].

После сушки материал обычно подвергается измельчению, а затем порошок просеивается для достижения требуемого гранулометрического состава. В настоящем исследовании использовалось измельчение высушенного жмыха до размера частиц не более 0,5 мм. Измельчение помогает повысить полезные свойства ягодного порошка, увеличить экстрагируемость фенольных соединений и антиоксидантную способность [24].

Поскольку полифенолы растворимы в воде и спирте, большинство методов экстракции используют воду, этанол или их смеси в качестве растворителей в процессе выщелачивания с конвекцией или без нее. Выбор растворителя является одним из важных факторов, он должен иметь полярность в соответствии с типом экстрагируемого фенольного соединения, поэтому данный параметр следует оптимизировать для

каждого спектра фенольных веществ, чтобы гарантировать эффективную экстракцию. Вода, а также ацетон, этанол, метанол и их смеси с различными фракциями воды (50–85 % растворителя в воде) использовались во многих исследованиях для извлечения фенольных соединений из ягодных жмыхов [25–28]. Упомянутые выше относительно современные методы экстракции не только «экологически чистые», но и более быстрые, что минимизирует термическое разложение и нежелательные реакции с участием полифенолов [29]. Будущие исследования в области экстракции полифенолов из ягодных жмыхов должны включать более глубокий анализ влияния современных методов экстракции на экстрагируемость, селективность, стабильность и состав полученных экстрактов.

Наиболее распространенной процедурой для получения количественных данных о полифенолах или антиоксидантной способности ягодных выжимок являются спектрофотометрические методы анализа. Преимущество данных анализов в том, что они просты, дешевы и относительно быстры, также они дают одно число для описания содержания полифенолов в сложном образце. В представленном исследовании проводился анализ антиоксидантной активности исследуемых образцов с использованием двухлучевого спектрофотометра Shimadzu UV-2600 при длинах волн 410 нм для общего количества флавоноидов и 530 нм для общего содержания салицилатов. Данная методология также использовалась во многих других исследованиях [30–33].

Таким образом, ягодные выжимки могут быть преобразованы в стабильное и пригодное сырье в пищевой промышленности без потери функциональности из-за разложения полифенолов под действием температурной обработки во время удаления влаги из жмыха. Данное исследование демонстрирует потенциал использования ягодных жмыхов, полученных методом комплексной обработки сырья с сохранением их физико-химических и биологически активных свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Nile, S.H., Park, S.W. (2014). Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*, 30(2), 134-144.
2. Ulaszewska, M. [et al.] (2020). Food intake biomarkers for berries and grapes. *Genes Nutr*, 15 (1), P. 17.
3. Yeung, A.W.K. [et al.] (2019). The berries on the top. *JBR*, (9), (1), 125-139.
4. Padmanabhan, P., Correa-Betanzo, J. & Paliyath, G. (2016). Berries and Related Fruits. *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, P. 364-371.

5. Khoo, C., Falk, M. & Zhang, J. (2018). Cranberry Polyphenols: Effects on Cardiovascular Risk Factors. *Polyphenols: Prevention and Treatment of Human Disease*. Elsevier, P. 107-122.

6. Szajdek, A. & Borowska, E.J. (2008). Bioactive Compounds and Health-Promoting Properties of Berry Fruits: A Review. *Plant Foods Hum Nutr*, 63 (4), 147-156.

7. Struck, S. [et al.] (2016). Berry pomace - a review of processing and chemical analysis of its polyphenols. *Int J Food Sci Technol*, 51(6), 1305-1318.

8. Klavins, L. [et al.] (2018). Berry press residues as a valuable source of polyphenolics: Extraction optimisation and analysis. *LWT*, (93), 583-591.

9. Fontana, A.R., Antonioli, A. & Bottini, R. (2013). Grape Pomace as a Sustainable Source of Bioactive Compounds: Extraction, Characterization, and Biotechnological Applications of Phenolics. *J. Agric. Food Chem*, 61(38), 8987-9003.

10. White, B.L., Howard, L.R. & Prior, R.L. (2010). Polyphenolic Composition and Antioxidant Capacity of Extruded Cranberry Pomace. *J. Agric. Food Chem*, 58 (7), 4037-4042.

11. Medina-Larqué, A.S., Desjardins, Y. & Jacques, H. (2020). Cranberry, oxidative stress, inflammatory markers, and insulin sensitivity: a focus on intestinal microbiota. *Diabetes*. Elsevier, P. 245-253.

12. Roopchand, D.E. [et al.] (2013). Food-compatible method for the efficient extraction and stabilization of cranberry pomace polyphenols. *Food Chemistry*, 141(4), 3664-3669.

13. Bilyk, A. & Sapers, G.M. (1986). Varietal differences in the quercetin, kaempferol, and myricetin contents of highbush blueberry, cranberry, and thornless blackberry fruits. *J. Agric. Food Chem*, 34 (4), 585-588.

14. Amiot, M.J. [et al.] (1995). Influence of Cultivar, Maturity Stage, and Storage Conditions on Phenolic Composition and Enzymic Browning of Pear Fruits. *J. Agric. Food Chem*, 43(5), 1132-1137.

15. Reißner, A.-M. [et al.] (2019). Composition and physicochemical properties of dried berry pomace: Composition and technofunctional properties of berry pomace. *J. Sci. Food Agric*, 99(3), 1284-1293.

16. Muceniece, R. [et al.] (2019). Antioxidative, hypoglycaemic and hepatoprotective properties of five *Vaccinium* spp. berry pomace extracts. *JBR*, 9(2), 267-282.

17. Kähkönen, M.P. [et al.] (2003). Berry anthocyanins: isolation, identification and antioxidant activities: Berry anthocyanins. *J. Sci. Food Agric*, 83(14), 1403-1411.

18. Može, Š. [et al.] (2011). Phenolics in Slovenian Bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *J. Agric. Food Chem*, 59 (13), 6998-7004.

19. Osman, A.I. [et al.] (2020). Physicochemical Characterization and Kinetic Modeling Concerning Combustion of Waste Berry Pomace. *ACS Sustainable Chem. Eng*, 8 (47), 17573-17586.

20. Skrede, G., Wrolstad, R.E. & Durst, R.W. (2000). Changes in Anthocyanins and Polyphenolics During Juice Processing of Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *J Food Science*, 65(2), 357-364.

21. Tseng, A. & Zhao, Y. (2012). Effect of Different Drying Methods and Storage Time on the Retention of Bioactive Compounds and Antibacterial Activity of Wine Grape Pomace (Pinot Noir and Merlot). *Journal of Food Science*, 77(9), H192-H201.

22. Horszwald, A., Julien, H. & Andlauer, W. (2013). Characterisation of Aronia powders obtained by different drying processes. *Food Chemistry*, 141(3), 2858-2863.

23. Khanal, R.C. [et al.] (2009). Influence of Extrusion Processing on Procyanidin Composition and Total Anthocyanin Contents of Blueberry Pomace. *Journal of Food Science*, 74(2), H52-H58.

24. Mayer-Miebach, E., Adamiuk, M. & Behnlian, D. (2012). Stability of Chokeberry Bioactive Polyphenols during Juice Processing and Stabilization of a Polyphenol-Rich Material from the By-Product. *Agriculture*, 2(3), 244-258.

25. Sójka, M. & Król, B. (2009). Composition of industrial seedless black currant pomace. *Eur Food Res Technol*, (228), (4), 597-605.

26. Galván, D'Alessandro L. [et al.] (2014). Kinetics of ultrasound assisted extraction of anthocyanins from *Aroniamelanocarpa* (black chokeberry) wastes. *Chemical Engineering Research and Design*, 92(10), 1818-1826.

27. White, B.L., Howard, L.R. & Prior, R.L. (2010). Polyphenolic Composition and Antioxidant Capacity of Extruded Cranberry Pomace. *J. Agric. Food Chem*, 58 (7), 4037-4042.

28. Kapasakalidis, P.G., Rastall, R.A. & Gordon, M.H. (2006). Extraction of Polyphenols from Processed Black Currant (*Ribesnigrum* L.) Residues. *J. Agric. Food Chem*, 54 (11), 4016-4021.

29. Herrero, M. [et al.] (2012). Extraction Techniques for the Determination of Phenolic Compounds in Food. *Comprehensive Sampling and Sample Preparation*. Elsevier, P. 159-180.

30. Lu, Y. [et al.] (2020). Microencapsulation of Pigments by Directly Spray-Drying of Anthocyanins Extracts from Blueberry Pomace: Chemical Characterization and Extraction Modeling. *International Journal of Food Engineering*, 16(3).

31. Chi, W. [et al.] (2020). Developing a highly pH-sensitive κ-carrageenan-based intelligent film incorporating grape skin powder via a cleaner process. *Journal of Cleaner Production*, (244), P. 118862.

32. Quek, R. & Henry, C.J. (2015). Influence of polyphenols from lingonberry, cranberry, and red grape on in vitro digestibility of rice. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(4), 378-382.

33. Бекетов, Е.В., Абрамов, А.А. & Нестерова, О.В. (2005). Идентификация и количественная оценка флавоноидов в плодах черемухи обыкновенной. *Вестн. Моск. ун-та. Химия*, 46 (4), 259-262.

Информация об авторах

А. Ю. Четкина – к.т.н., старший преподаватель Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

М. Б. Мурадова – аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

А. В. Проскура – аспирант международного научного центра «Биотехнологии третьего тысячелетия» Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

А. И. Лепешкин – аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Л. А. Надточий – к.т.н., доцент Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

М. А. Хашим – аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Information about the authors

A. Yu. Chechetkina – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

M. B. Muradova – postgraduate student of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

A. V. Proskura – post-graduate student of the International Scientific Center "Biotechnology of the Third Millennium" of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

A. I. Lepeshkin – postgraduate student of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

L. A. Nadtochii – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

M. A. Hashim – post-graduate student of the St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 16.02.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 27.05.2021.

The article was received by the editorial board on 16 Feb 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 27 May 21.