

Органолептические, физико-химические и антиоксидантные свойства снеков на основе черники (*Vaccinium myrtillus*)

Васильева Екатерина Александровна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Адрес: 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244.

E-mail: katerinavasileva99@yahoo.com

Елисеева Елена Алексеевна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Адрес: 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244.

E-mail: e11seevaml@yandex.ru

Игнатова Динара Фанисовна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Адрес: 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244.

E-mail: dinara-bakieva@mail.ru

Макарова Надежда Викторовна

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

Адрес: 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244.

E-mail: [makarovav1969@mail.ru](mailto:makarovanv1969@mail.ru)

Для ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина были определены органолептические показатели, содержание растворимых сухих веществ, содержание сахаров, титруемая кислотность, содержание витамина С, пищевых волокон, общее содержание фенолов, флавоноидов, антоцианов, антирадикальная активность по методу DPPH, восстанавливающая сила по методу FRAP. Органолептическая оценка нового вида снеков сублимированных на основе пюре черники показала, что оба образца сублимированных снеков обладают привлекательными для потребителя свойствами, что может способствовать их реализации в качестве инновационного функционального продукта. Немаловажным аспектом для привлечения потребителя является полная натуральность продукта и польза его для здоровья человека, как психологический фактор, высоко оцененный экспертной комиссией. Установлено повышенное содержание растворимых сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности, витамина С и пищевых волокон в сублимированных снеках на основе пюре черники и сублимированных снеках на основе пюре черники с добавлением пектина по сравнению с ягодами черники и пюре черники. Доказано повышение антиоксидантных свойств (общего содержания фенолов, флавоноидов, антоцианов), антирадикальной активности и восстанавливающей способности у образцов в ряду ягоды черники – пюре черники – сублимированные снеки на основе пюре черники – сублимированные снеки на основе пюре черники с добавлением пектина. Установлено, что добавление пектина к снекам, сублимированным на основе пюре черники способствует снижению крошливости и незначительному повышению содержания пищевых волокон.

Ключевые слова: черника (*Vaccinium myrtillus*), сублимационная сушка, экстракция, антирадикальная активность, антиоксидантная активность, сухие вещества, сахара, титруемая кислотность, витамин С, пищевые волокна

Введение

Разработка инновационных видов функциональных продуктов общественного питания является одной из основных задач пищевой

промышленности. Функциональные продукты должны вводиться не только в рацион людей, страдающих различными заболеваниями, но и в рацион здоровых людей с целью предупреждения развития заболеваний сердечно-сосудистой,

пищеварительной, нервной и других систем организма.

Фруктово-ягодное сырье является перспективным сырьевым источником для производства функциональных продуктов за счет уникального биохимического состава, характеризующегося высоким содержанием витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, а также высокой антиоксидантной активностью.

Важность плодовоовощного и ягодного сырья с точки зрения пищевой промышленности определяется его сложным химическим составом, оказывающим благоприятное действие на организм человека и включающим в себя органические вещества (углеводы, белки, липиды и органические кислоты), фитонциды и антимикробные вещества, комплекс минеральных веществ (Ca, P, Fe, K, Mg, S, Cl, Zn и Cu и др.) и витаминов (A, B, C, E, F, K, P и PP и др.), а также вкусо-ароматические вещества обуславливающие органолептические характеристики (Butnariu, Butu, 2015, p. 1–49).

Черника (*Vaccinium myrtillus*) обладает уникальным химическим составом, обуславливающим перспективность ее использования в качестве функционального продукта питания. Исследование состава антоцианов черники выявило 14 соединений антоцианов, среди которых наивысшей концентрацией обладали мальвидин-3-О-глюкозид, мальвидин-3-О-галактозид и петунидин-3-О-глюкозид, содержание которых составляло 44,81 % от общего количества антоцианов в экстракте черники (Zhou, Xie, Yang, Liu, 2020, p. 1–12). Исследование влияния антоцианов черники на микрофлору кишечника человека показало их благоприятное воздействие на некоторые виды бактерий, в том числе, *Bifidobacterium spp*, что свидетельствует о пробиотическом действии антоцианов черники. Применение технологии инкапсулирования с помощью карбоксиметилцеллюлозы и ксантановой камеди позволяет повысить стабильность антоцианов черники до 76,11 % после хранения в течение 30 дней по сравнению с контрольным образцом. Инкапсулирование позволяет предотвратить разрушение антоцианов черники под действием желудочного сока до попадания в кишечник (Cai, Du, Cui, Wang, Yang, Zhu, 2019, p. 238–245). Установлено защитное действие α -казеина и β -казеина в отношении антоцианов черники, проявляющееся за счет инкапсуляционного связывания мальвидин-3-О-галактозида (Lang, Gao, Tian, Shu, Sun, Lia, Meng, 2019, p. 1–10). Доказана высокая степень биодоступности таких биоактивных соединений, входящих в состав черники, как хлорогеновая и

феруловая кислоты, катехин, эпикатехин, кверцетин и мальвидин (Gapski, Gomes, Bredun, Ferreira-Lima, Ludka, Bordignon-Luiz, Burin, 2019, p. 1–9).

Помимо антоцианов, фенолы являются веществами, обуславливающими высокую антиоксидантную активность ягод черники. Содержание фенольных веществ черники варьируется от 274,48 до 694,60 мг галловой кислоты на 100 г исходного сырья (Rodrigues, Poerner, Rockenbach, Gonzaga, Mendes, Fett, 2011, p. 911–917). Установлено, что ферментация ягод черники культурами *Bacillus amyloliquefaciens* и *Lactobacillus brevis* при освещении световыми волнами зеленого, красного, синего и белого спектра или солнечным светом позволяет повысить содержание фенольных веществ в плодах, что позволяет использовать световую ферментацию черники пробиотическими бактериями для производства функциональных продуктов питания (Jeonga, Velmurugan, Lim, Oh, Jeong, 2018, p. 158–166).

Перспективным направлением исследований является поиск способов обработки ягод черники, препятствующих разрушению биологически активных веществ и сохранению органолептических свойств ягод в результате хранения. Размягчение является одной из основных причин короткой послеуборочной жизни черники. В процессе хранения наблюдается изменение плотности ягод, потеря веса и качества вкуса, ухудшение состава клеточных стенок (Liu, Wang, Shu, Liang, Fan, Sun, 2019, p. 557–562). Установлено, что послесборочная обработка ягод черники ацибензолар-S-метилом усиливает активность супероксиддисмутазы, аскорбатпероксидазы, каталазы и способствует повышению содержания восстановленного глутатиона, лигнина, флавоноидов, фенолов, антоцианов и аскорбиновой кислоты в чернике (Ge, Tang, Li, Duan, Li, Wei, Li, 2018, p. 48–53). Досборочная обработка ягод черники β -аминомасляной кислотой снижает скорость процесса порчи ягод в процессе хранения, способствует повышению содержания пектина (Chea, Yu, Park, Oh, Chung, Lee, 2019, p. 95–103). Выявлено, что послесборочная обработка ягод черники метилжасмонатом снижает потерю веса и способствует сохранению органолептических характеристик ягод в процессе хранения (Wang, Wu, Yu, Wu, Fan, Li, 2019, p. 1–8). Помимо этого, обработка метилжасмонатом способствует повышению антиоксидантной активности за счет увеличения содержания неферментативных (фенолы, флавоноиды, антоцианы, аскорбиновая кислота, восстановленный глутатион) и ферментативных антиоксидантов (супероксиддисмутаза, каталаза и аскорбатпероксидаза). Обработка ягод черники ультрафиолетовым

излучением до и после сбора урожая значительно способствует накоплению флавонола во время раннего развития плода, и увеличению содержания антоцианина и проантоцианидинов в поздний период развития плода (Yang, Shi, Li, Bai, Hou, 2019, p. 1–11). Установлено, что послесоборная обработка ягод черники нитропруссидом натрия значительно ингибирует потерю веса и повышает содержание аскорбиновой кислоты в плодах черники. Кроме того, обработка нитропруссидом натрия увеличивает активность фенилаланин-аммиак-лиазы, 4-кумарат-КоА лигазы, полифенолоксидазы, супероксиддисмутазы, глутатионредуктазы, аскорбатпероксидазы, пероксидазы, способствует накоплению плодами лигнина и антоцианов (Ge, Li, Li, Tang, Duan, Cheng, Hou, Li, 2019, p. 607–612).

Доказано антидепрессивное и нейропротекторное действие экстракта черники, предположительно обуславливаемое фитохимическим составом черники, а именно высокой концентраций флавонолов и антоцианов (Gapski, Gomes, Bredun, Ferreira-Lima, Ludka, Bordignon-Luiz, Burin, 2019, p. 1–9). Обнаружено терапевтическое и профилактическое воздействие экстракта черники в отношении легочной артериальной гипертензии (Türk, Fraga, Salvador, Campos-Carraro, Bahr, Ortiz, Hickmann, Koetz, Belló-Klein, Henriques, Agostini, Araujo, 2020, p. 1–33), а также положительное воздействие метаболитов черники при сердечно-сосудистых осложнениях у больных диабетом в результате уменьшения эндотелиального воспаления в диабетических эндотелиальных клетках путем восстановления глюкозаминогликана на клеточной поверхности (Cutler, Gholami, Chua, Kuberan, Babu, 2018, p. 155–158). Выявлена эффективность использования полифенолов черники в профилактике вируса *Aichi* (AiV), вызывающем вспышки гастроэнтерита во всем мире (Josh, Howell, D'Souza, 2019, p. 202–208). Экстракт черники способен ингибировать рост и развитие *Listeria monocytogenes*, золотистого стафилококка, *Salmonella enteritidis* и *Vibrio parahaemolyticus* за счет разрушения их нуклеиновых кислот (Sun, Zhou, Wei, Lan, Zhao, Pan, Wu, 2018, p. 155–161). В ряде работ выявлен терапевтический потенциал черники в лечении ожирения, диабета и гипертензии (Shi, Mathai, Xu, McAinch, Su, 2018, p. 92–101).

Таким образом, многочисленные исследования позволяют считать употребление продуктов на основе черники профилактикой многих заболеваний.

Было выявлено, что при использовании классических методов тепловой обработки (варка, жарка, запекание и др.) происходит значительное сни-

жение содержания антиоксидантных веществ в конечном продукте по сравнению с исходным плодовоовощным и ягодным сырьем (до 50 %) (Miglio, Chiavaro, Visconti, Fogliano, Pellegrini, 2008, p. 139–147; Jiménez-Monreal, García-Diz, Martínez-Tomé, Mariscal, Murcia, 2009, p. 97–103). При этом внимание ученых сосредотачивается на инновационных технологиях обработки пищевого сырья, что позволяет в большей степени сохранить биологически активные вещества.

Многочисленные исследования, направленные на определение антиоксидантной активности сублимированных овощей, фруктов и ягод показывают благоприятное влияние сублимационной сушки на антиоксидантную активность продукта. Так при сушке плодов угни муртилы (*U. molinae*) было выявлено более высокое содержание антоцианов и полифенолов в образцах, высушенных с помощью сублимации по сравнению образцами, высушенными конвективным горячим воздухом при температуре 65 и 80 °C (Alfaro, Mutis, Quiroz, Segue, Scheuermann, 2014, p. 73–82). При сушке плодов винограда потери в содержании общих фенолов составили 1,89, 20,26 и 46,79% для сублимированного, высушенного в духовке и высушенного на солнце винограда соответственно. В сублимированных плодах было отмечено высокое содержание процианидина B₁, катехина, эпикатехина, хлорогеновой кислоты, транс-ресвератрола и рутина (Çoklar, Akbulut, 2017, p. 264–272). При сублимационной сушке черники было выявлено, что общее содержание фенолов в свежих ягодах составляло от 262,64 до 287,96 мг GAE/100 г, а в сублимированных образцах – 426,06 мг GAE/100 г (Shivembe, Ojinnaka, 2017, p. 1–5).

В отличие от тепловой обработки, обработка высоким давлением оказывает минимальное влияние на органолептические показатели плодов. Это частично объясняется незначительным воздействием повышенного давления на ковалентные связи соединений с низкой молекулярной массой, какими и являются компоненты, определяющие цвет и аромат овощей и фруктов. Влияние высокого давления на цвет плодов и ягод зависит от условий обработки: при температурах ниже 40 °C давление обычно не вызывает изменение окраски, поскольку такие вещества, как ликопин, хлорофилл, каротиноиды, в основном обуславливающие цвет плодов и ягод, устойчивы к высокому давлению. Так же высокое давление оказывает незначительное влияние и на вкус плодов. Влияние повышенного давления на текстуру объясняется деполимеризацией пектиновых полисахаридов и снижением межклеточной адгезии, что приводит

к размягчению клеточных стенок плодов и овощей (Родригес, Фернандес, 2014). Таким образом, логично констатировать, что способы технологической обработки оказывают решающее влияние на химический состав пищевого сырья.

Теоретическое обоснование

Литературный обзор показал перспективность использования черники (*Vaccinium myrtillus*) в качестве источника антиоксидантов и биологически активных веществ, а также перспективность использования метода сублимационной сушки для сохранения химического состава исходного сырья при разработки функциональных продуктов общественного питания.

Таким образом, целью исследования является изучение химического состава и антиоксидантных свойств разработанных сублимированных снеков на основе пюре черники.

Задачи исследования:

1. Проведение органолептической оценки снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина.
2. Определение содержания растворимых сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности, пищевых волокон в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина.
3. Определение содержания витамина С, общего содержания фенольных веществ, флавоноидов и антоцианов в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина.
4. Определение антирадикальной активности по методу DPPH в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина.
5. Определение восстанавливающей способности по методу FRAP в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина.

Авторы предполагают, что сублимированные снеки на основе пюре черники и сублимированные снеки на основе пюре черники с добавлением пектина обладают высокой антиоксидантной активностью, высоким содержанием витаминов и экстрактивных веществ и превосходят по их содержанию ягоды черники (*Vaccinium myrtillus*) и пюре черники за счет меньшего содержания влаги, и тем самым являются перспективным функциональным продуктом общественного питания.

Объекты и методы исследований

Объекты исследования – ягоды черники (*Vaccinium myrtillus*) произрастающие на территории Самарской области (53°12'N и 50°06'E) урожая 2020 г. из коллекции НИИ «Жигулевские сады», пюре черники, снеки сублимированные из черники и снеки сублимированные из черники с добавлением 5% пектина.

Для получения пюре черники свежие ягоды растирали до однородности; сублимированные снеки на основе пюре черники получали путем сублимационной сушки (аппарат лиофильной сушки Ordinary 12N/12ND) пюре черники; для получения снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина к свежеприготовленному пюре черники добавляли пектин в количестве 5% к массе исходного сырья, перемешивали до равномерного распределения пектина, затем производили сублимационную сушку.

Для определения содержания растворимых сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности, содержания витамина С, пищевых волокон, общего содержания фенольных веществ, флавоноидов, антоцианов, антирадикальной активности и восстанавливающей способности приготавливали измельченную навеску образца массой 2 г смешивали с 20 г растворителя и термостатировали при 3 °C в течение 24 ч, затем процеживали. В качестве растворителя использовали смесь воды дистиллированной и спирта этилового концентрацией 96% в соотношении 1:1.

Для проведения органолептической оценки нового вида сублимированных снеков на основе пюре черники была разработана методика, в основу которой были положены методы дескрипторного анализа. Сублимированные снеки на основе пюре черники и сублимированные снеки на основе черники с добавлением пектина оценивались по показателям «интенсивность флейвора», «внешний вид», «быстрота гомогенизации в ротовой поло-

сти» и «хруст» по пятибалльной системе. Испытания проводились по требованиям ГОСТ 5897–90¹, ГОСТ 31986–2012², ГОСТ ISO 11036–2017³, ГОСТ ISO 11037–2013⁴, ГОСТ ISO 13299–2015⁵, ГОСТ ISO 16779–2017⁶, ГОСТ ISO 6658–2016⁷.

Определение содержания растворимых сухих веществ в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли рефрактометрическим методом в соответствии с ГОСТ ISO 2173–2013⁸.

Содержание сахаров в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли фотоколориметрическим методом согласно ГОСТ 8756.13–87⁹.

Титруемую кислотность в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли по ГОСТ 34127–2017¹⁰.

Содержание пищевых волокон в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли согласно ГОСТ Р 54014–2010¹¹.

Содержание витамина С в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением

пектина определяли флуорометрически согласно ГОСТ 24556–89¹².

Общее содержание фенольных веществ в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли по методу Folin – Ciocalteu (Proestos, Varzakas, 2017, p. 1–7). К 1 мл исследуемого экстракта приливали 1 мл реагента Фолина – Чокальто и 1 мл насыщенного водного раствора Na_2CO_3 , выдерживали в течение 30 мин при температуре 20–23°C. Производили спектрофотометрирование при длине волны 750 нм. Общее содержание фенольных веществ определяли по калибровочной кривой и выражали как эквивалент галловой кислоты (мг галловой кислоты/100 г исходного сырья).

Общее содержание флавоноидов в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли методом, основанным на реакции с хлоридом алюминия (III) (Drózdź, Sirgedaitė-Šežienė, Pyrzynska, 2017, p. 1–5). В пробирку наливали 0,5 мл исследуемого экстракта, 2,5 мл воды дистиллированной и 0,15 мл 5 %-го раствора NaNO_2 . Инкубировали при 20–23 °C в течение 5 мин, приливали 0,3 мл раствора AlCl_3 , инкубировали еще 5 мин, спектрофотометрировали при 510 нм. Содержание флавоноидов определяли по калибровочной кривой и выражали, как эквивалент катехина (мг катехина/100 г исходного сырья).

Общее содержание антоцианов в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках субли-

¹ ГОСТ 5897–90. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. М.: Стандартинформ, 2012. 16 с.

² ГОСТ 31986–2012. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

³ ГОСТ ISO 11036–2017. Органолептический анализ. Методология. Характеристики структуры. М.: Стандартинформ, 2018. 23 с.

⁴ ГОСТ ISO 11037–2013. Органолептический анализ. Руководство по оценке цвета пищевых продуктов. М.: Стандартинформ, 2014. 24 с.

⁵ ГОСТ ISO 13299–2015. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по составлению органолептического профиля. М.: Стандартинформ, 2016. 28 с.

⁶ ГОСТ ISO 16779–2017. Органолептический анализ. Оценка (определение и верификация) срока годности пищевой продукции. М.: Стандартинформ, 2017. 11 с.

⁷ ГОСТ ISO 6658–2016. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство. М.: Стандартинформ, 2016. 26 с.

⁸ ГОСТ ISO 2173–2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.

⁹ ГОСТ 8756.13–87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. М.: Стандартинформ, 2010. 11 с.

¹⁰ ГОСТ 34127–2017. Продукция соковая. Определение титруемой кислотности методом потенциометрического титрования. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.

¹¹ ГОСТ Р 54014–2010. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.

¹² ГОСТ 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М.: Стандартинформ, 2003. 11 с.

мированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли согласно методом рН-дифференциальной спектрофотометрии согласно ГОСТ Р 53773–2010¹³. Содержание антоцианов выражали в мг цианидин-3-гликозида/100 г исходного сырья.

Антирадикальную в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли по методу DPPH (Zhou, 2020, p.1–12). Методика основана на способности антиоксидантов исходного сырья связывать стабильный хромоген-радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидрозил (DPPH). Антирадикальную активность выражали в виде концентрации исходного экстракта в мг/мл, при которой происходило связывание 50% радикалов.

Восстанавливающую силу ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе черники с добавлением пектина определяли по методике FRAP (Kraujalyte, Venskutonis, Pukalskasa, Česonienė, Daubaras, 2015, p. 583–590). К 0,1 мл исследуемого экстракта приливали 3 мл дистиллированной воды и 1 мл раствора FRAP (смешивали 10 мл ацетатного буфера (рН 3,6), 1 мл 10 %-го раствора $AlCl_3$ и 1 мл раствора 2,4,6 – трипиридил-5-триазины (10 ммоль/л 2,4,6 трипиридил-5-триазины в 40 ммоль/л HCl) и термостатировали в течение 10 мин при 37°C.). Инкубировали при 20–23°C в течение 4 мин. Определяли оптическую плотность при 593 нм. Восстанавливающую силу определяли по калибровочному графику и выражали как ммоль Fe^{2+} /1 кг исходного сырья.

Все эксперименты проводились в трехкратном повторении.

Результаты и их обсуждение

Согласно разработанной методике произведена органолептическая оценка снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе черники с добавлением пектина. Результаты органолептической оценки представлены в Таблице 1.

В результате органолептических испытаний выявлено, что оба вида исследуемых сублимированных снеков обладают высоким уровнем органолептических показателей, что свидетельствует о возможности их введения в качестве функциональных продуктов общественного питания. Отмечено, что в связи со слабой интенсивностью аромата исходного пюре черники, снеки сублимированные на основе пюре черники и снеки сублимированные на основе черники с добавлением пектина не обладают высокой интенсивностью аромата. Установлено, что добавление пектина снижает крошливость сублимированных снеков на основе пюре черники.

Результаты определения содержания витамина С, сухих веществ, титруемой кислотности и пищевых волокон в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина представлены в Таблице 2.

Под понятием «содержание растворимых сухих веществ» понимается сумма всех растворенных в воде веществ, содержащихся в продукте.

Таблица 1

Результаты органолептической оценки снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе черники с добавлением пектина

Образец	Балльная оценка				
	Интенсивность флейвора	Внешний вид	Отсутствие вреда здоровью	Быстрота гомогенизации в ротовой полости	Хруст
Снеки сублимированные на основе пюре черники	4	5	5	5	5
Снеки сублимированные на основе черники с добавлением пектина	4	5	5	5	5

¹³ ГОСТ Р 53773–2010. Продукция соковая. Методы определения антоцианинов. М.: Стандартинформ, 2010. 19 с.

Таблица 2

Результаты определения содержания витамина С, сухих веществ, титруемой кислотности, сахаров и пищевых волокон в исследуемых образцах

Показатель	Ягоды черники	Пюре черники	Снеки сублимированные на основе пюре черники	Снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина
Содержание растворимых сухих веществ, %	2,3±0,2	2,3±0,2	3,5±0,2	3,5±0,2
Содержание сахаров, %	2,1±0,4	2,1±0,4	6,4±0,4	6,4±0,4
Титруемая кислотность, г/дм ³	1,1±0,4	1,1±0,4	5,4±0,4	5,4±0,4
Содержание витамина С, мг/100 г сырья	12,0±0,5	12,0±0,5	16,6±0,5	16,6±0,5
Содержание пищевых волокон, %	17,2±0,8	17,2±0,8	38,2±0,8	38,6±0,8

Содержание растворимых сухих веществ в плодово-ягодном сырье является важной качественной характеристикой (Дубодел, Победа, Шашин, 2015, с. 40–43). Установлено, что ягоды черники и пюре черники обладают одинаковыми показателями содержания растворимых сухих веществ, что объясняется гомогенизацией ягод черники до состояния пюре при проведении испытаний. Снеки сублимированные на основе черники и снеки сублимированные на основе черники с добавлением пектина обладают одинаковыми показателями содержания растворимых сухих веществ (см. Таблицу 2), из чего можно сделать вывод о том, что добавление пектина в количестве 5% при сублимации пюре черники не влияет на содержание растворимых сухих веществ. Повышение содержания растворимых сухих веществ в образцах, прошедших сублимацию, объясняется увеличением концентрации сухих веществ в сырье за счет удаления влаги.

Ранее считалось, что содержание сахаров в плодах влияет только на органолептические показатели и калорийность плода, однако, было установлено, что сахара необходимые для формирования клеточных стенок, являются источниками энергии в растениях и используются в качестве прекурсоров для ароматических соединений плодов, влияют на синтез органических кислот, аминокислот, полифенолов, пигментов и ароматических соединений (Akšić, Tosti, Sredojević, Milivojević, Meland, Natić, 2019, p. 1–16). Установлено, что ягоды черники и пюре черники обладают одинаковыми показателями содержания сахаров, что объясняется гомогенизацией ягод черники до состояния пюре при проведении испытаний. Наивысшее содержание

сахаров обнаружено в исследуемых образцах, прошедших сублимацию (в 3 раза выше по сравнению с ягодами черники и пюре черники), что объясняется увеличением концентрации веществ в сырье.

Органические кислоты, содержащиеся в ягодах, не оказывает негативного влияния на обмен веществ человека вследствие быстрого окисления; они блокируют действие тяжелых металлов путем построения комплексов с ними (Gundogdu, Kan, Canan, 2016, p. 344–351). Определение титруемой кислотности ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина показало, что ягоды черники и пюре черники обладают одинаковыми показателями титруемой кислотности. Установлено, что наивысшими показателями титруемой кислотности среди образцов обладают снеки сублимированные на основе пюре черники и снеки сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина. Повышение значений титруемой кислотности в 5 раз по сравнению с не сублимированными образцами объясняется увеличением концентрации веществ в сырье.

Витамин С (аскорбиновая кислота) препятствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний, стимулирует иммунную систему в организме человека. Как правило, в ягодах L-аскорбиновая кислота составляет 90% общего содержания витамина С (Koyuncu, Dilmacunal, 2010, p. 95–98).

Определение содержания витамина С в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники,

снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина показало, что ягоды черники и пюре черники обладают одинаковыми показателями содержания витамина С. Наивысшими показателями обладали снеки сублимированные на основе пюре черники и снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина. Однако, показатели содержания витамина С сублимированных образцов превышают показатели ягод черники и пюре черники лишь в 1,4 раза. Для остальных же исследуемых показателей наблюдается увеличение в процессе сублимации в 2–4 раза вследствие удаления влаги, что подтверждает теоретические данные о термолабильности витамина С.

Пищевые продукты, богатые клетчаткой, способны оказывать физиологическое воздействие на тонкую и толстую кишку. Пищевые волокна обладают диспергируемостью, растворимостью в воде, вязкостью, хорошей абсорбцией и ферментируемостью, а также способностью к связыванию других соединений. Эти свойства могут приводить к различным физиологическим действиям, таким как снижение уровня холестерина и глюкозы в крови, поддержание здоровья желудочно-кишечного тракта и положительное влияние на биодоступность кальция и иммунную функцию (Rana, Bachheti, Chand, Barman, 2012, p. 101–118).

Определение содержания пищевых волокон в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина показало, что наивысшими показателями обладают снеки сублимированные на основе пюре черники и снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина. Наблюдается увеличение показателей в 2 раза в процессе сублимации по сравнению с исходным сырьем. Причем добавление пектина приводит к увеличению содержания пищевых волокон.

Анализ данных Таблицы 2 позволяет сделать вывод об отсутствии разницы в показателях содержания растворимых сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности, содержания витамина С и пищевых волокон ягод черники (*Vaccinium myrtillus*) и пюре черники, что объясняется гомогенизацией ягод черники до состояния пюре при проведении испытаний. Наблюдается увеличение содержания всех исследуемых показателей, за исключением витамина С (в 2–4 раза) в процессе сублимационной сушки, что объясняется

низкой лабильностью исследуемых показателей. Результаты испытаний свидетельствуют о термолабильности витамина С. Установлено, что введение пектина в состав сублимированных снеков на основе черники по всем исследуемым показателям, влияет только на содержание пищевых волокон, поскольку пектин сам относится к их числу, при его добавлении происходит незначительное увеличение содержания пищевых волокон по сравнению со снеками сублимированными без добавления пектина. Высокое содержание пищевых волокон в разработанных снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина позволяет использовать их в качестве перспективного продукта функционального назначения.

Одним из веществ, обуславливающих высокую биологическую ценность ягод черники, являются полифенолы. Полифенолы имеют химическую структуру пигментов, состоящих из множества ароматических цепочек с одной или несколькими гидроксильными, эта структура дает возможность противодействовать воздействию окисляющих веществ, выступая в качестве поглотителей свободных радикалов. Черничные полифенолы являются мощными внутриклеточными антиоксидантами даже при низких концентрациях, и их действие может быть прямым или опосредованным за счет усиления эндогенных антиоксидантов в клетках (Giacalone, Di Sacco, Traupe, Pagnucci, Forfori, Giunta, 2015) ингредиентам.

Результаты определения общего содержания фенольных веществ в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина представлены на Рисунке 1.

Данные рисунка 1 свидетельствуют о том, что наивысшим содержанием фенольных веществ обладают снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина, а наименьшим – ягоды черники (*Vaccinium myrtillus*). Наблюдается увеличение содержания фенолов после механической обработки и сублимационной сушки. Из-за механического воздействия на структуру продукта происходит более быстрое и активное разрушение внутриклеточных тканей растительного сырья, что приводит к интенсификации процесса экстракции и дает возможность увеличить содержание биологически активных соединений в растворе, что также приводит к увеличению целевых соединений в экстракте.

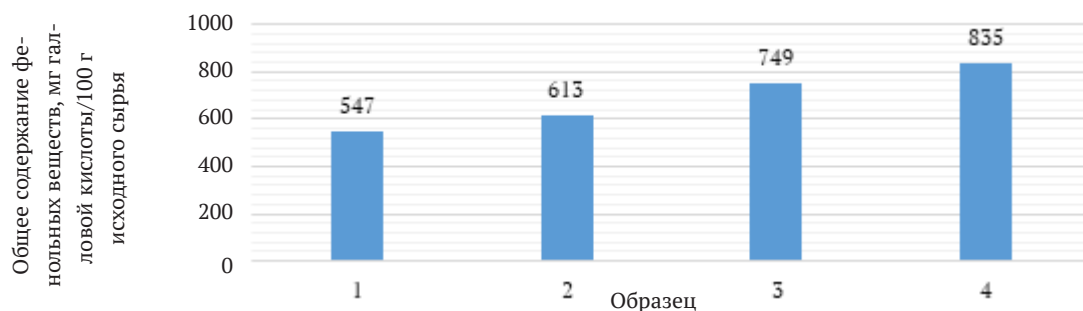


Рисунок 1. Общее содержание фенольных веществ в исследуемых образцах: 1 – ягоды черники; 2 – пюре ягод черники; 3 – снеки сублимированные на основе черники; 4 – снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина

Флавоноиды являются растительными природными соединениями с широким спектром биологического действия. Доказано, что флавоноиды способствуют сохранению когнитивных функций при старении, устранению возрастных нарушений двигательной функции и пространственной рабочей памяти (Vauzour, 2012).

На Рисунке 2 представлены результаты определения содержания флавоноидов в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина.

Согласно данным Рисунка 2, наивысшим содержанием флавоноидов обладают снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина, а наименьшим – ягоды черники (*Vaccinium myrtillus*). Наблюдается увеличение содержания флавоноидов после механической обработки и сублимационной сушки.

Антоцианы – водорастворимые пигменты растительных тканей, которые обуславливают цвет

черники. Они обладают многочисленными биологическими свойствами, в том числе противовоспалительным, антиоксидантным, противораковой активностью (Zhou, Xie, Yang, Liu, 2020, p. 1–12).

Результаты определения содержания антоцианов в ягодах черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеках сублимированных на основе пюре черники и снеках сублимированных на основе черники с добавлением пектина представлены на Рисунке 3.

Из данных Рисунка 3 можно сделать вывод о повышении общего содержания антоцианов в процессе механической и тепловой обработки. Наивысшим содержанием антоцианов обладают снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина, а наименьшим – ягоды черники (*Vaccinium myrtillus*) (Drózdź, Sirgedaitė-Šežienė, Pyrzynska, 2017, p. 1–5).

На основе данных Рисунков 1, 2, 3 можно сделать ряд выводов о химическом составе ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков

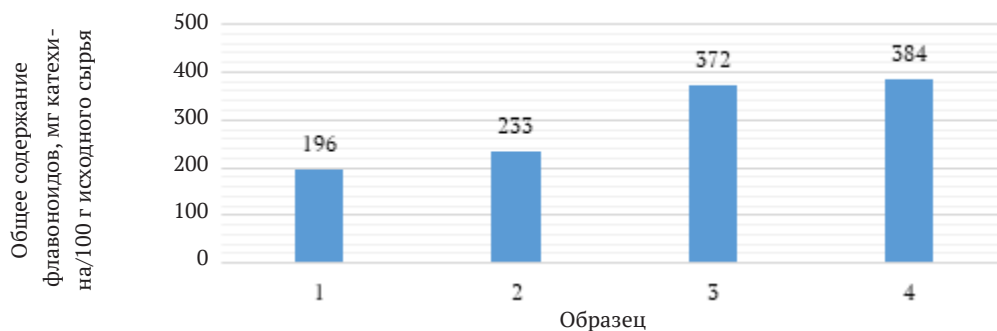


Рисунок 2. Общее содержание флавоноидов в исследуемых образцах: 1 – ягоды черники; 2 – пюре ягод черники; 3 – снеки сублимированные на основе черники; 4 – снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина

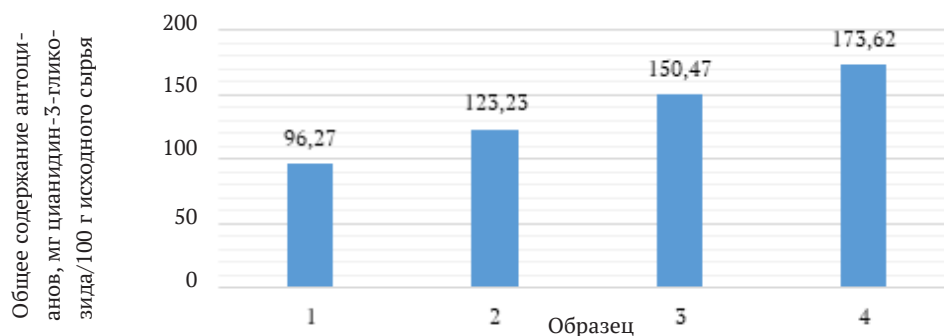


Рисунок 3. Общее содержание антоцианов в исследуемых образцах: 1 – ягоды черники; 2 – пюре ягод черники; 3 – снеки сублимированные на основе черники; 4 – снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина

сублимированных на основе черники с добавлением пектина. По всем исследуемым показателям наименьшие значения наблюдается у ягод черники, наивысшие – у снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина. Причем, показатели содержания фенолов, флавоноидов, антоцианов ягод черники и пюре черники обладают близкими значениями, как и показатели снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе пюре черники с добавлением пектина. Таким образом, химический состав сохраняется в процессе сублимационной сушки, а за счет меньшего содержания влаги по сравнению с исходным продуктом, их процентное содержание увеличивается, что позволяет сделать вывод о перспективности использования разработанных сублимированных снеков в качестве инновационного вида функциональных продуктов.

Механизм антирадикального действия включает связывание в организме активных форм кислорода, которые могут вызвать окислительное повреждение клеточных макромолекул, в том числе ДНК, РНК, белков и липидов. Свободные радикалы считаются основной причиной возникновения

атеросклероза и различных хронических заболеваний, таких как ишемическая болезнь сердца, инсульт и ишемическая деменция. Антиоксиданты, вводимые с пищей, могут снизить частоту сердечно-сосудистых заболеваний, подавляя выработку свободных радикалов и окислительный стресс, защищая липопротеиды низкой плотности от окисления и агрегации и подавляя синтез провоспалительных цитокинов (Zhou, Xie, Yang, Liu, 2020).

Результаты определения антирадикальной активности исследуемых образцов по методу DPPH представлены на Рисунке 4.

Анализ данных Рисунка 4 свидетельствует о том, что наивысшим значением антирадикальной активности обладают снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина, а наименьшими – ягоды черники. Причем антирадикальная активность снеков с добавлением пектина в 13 раз превосходит антирадикальную активность ягод черники. Наблюдаются схожие значения показателей у ягод черники и пюре черники, а также у снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных

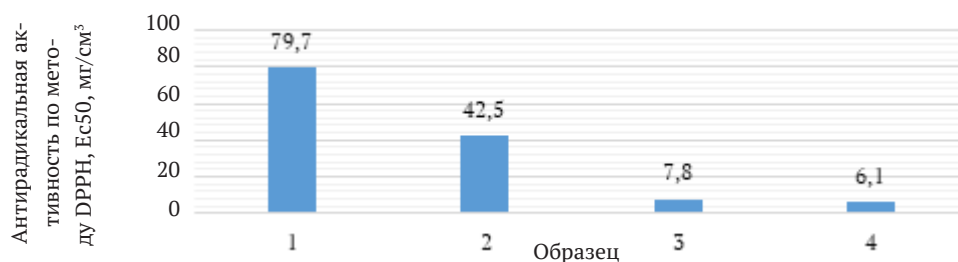


Рисунок 4. Антирадикальная активность исследуемых образцов: 1 – ягоды черники; 2 – пюре ягод черники; 3 – снеки сублимированные на основе черники; 4 – снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина

на основе пюре черники с добавлением пектина. Окислительный стресс определяется дисбалансом между повышенным уровнем активных форм кислорода и низкой активностью антиоксидантных механизмов. Повышенный окислительный стресс может вызвать повреждение клеточной структуры организма. Некоторые ионы металлов способны усиливать окислительный стресс. Эти ионы (Fe^{2+} и Cu^+) реагируют с H_2O_2 , окисляясь до Fe^{3+} и Cu^{2+} соответственно. Некоторые вещества, обладающие

восстанавливающей способностью, могут останавливать процесс окисления металлов (Lü, Lin, Yao, Chen, 2010, p. 840–860).

На Рисунке 5 представлены результаты определения восстанавливающей способности ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе черники с добавлением пектина.



Рисунок 5. Восстанавливающая способность исследуемых образцов: 1 – ягоды черники; 2 – пюре ягод черники; 3 – снеки сублимированные на основе черники; 4 – снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина

Данные Рисунка 5 свидетельствуют о близких значениях восстанавливающей способности исследуемых образцов. Наивысшими значениями восстанавливающей способности обладают снеки сублимированные на основе пюре черники с добавлением пектина, наименьшими – ягоды черники.

Выводы

Были изучены органолептические, антиоксидантные, антирадикальные, восстанавливающие свойства и химический состав ягод черники (*Vaccinium myrtillus*), пюре черники, снеков сублимированных на основе пюре черники и снеков сублимированных на основе черники с добавлением пектина.

Органолептическая оценка нового вида снеков сублимированных на основе пюре черники показала, что оба образца сублимированных снеков обладают привлекательными для потребителя свойствами, что может способствовать их реализации в качестве инновационного функционального продукта. Немаловажным аспектом для привлечения потребителя является полная натуральность продукта и польза его для здоровья человека, как психологический фактор высоко оцененные экспертной комиссией.

Установлено повышенное содержание растворимых сухих веществ, сахаров, титруемой кислотности, витамина С и пищевых волокон в сублимированных снеках на основе пюре черники и сублимированных снеках на основе пюре черники с добавлением пектина по сравнению с ягодами черники и пюре черники.

Доказано повышение антиоксидантных свойств (общего содержания фенолов, флавоноидов, антоцианов), антирадикальной активности и восстанавливающей способности у образцов в ряду ягоды черники – пюре черники – сублимированные снеки на основе пюре черники – сублимированные снеки на основе пюре черники с добавлением пектина.

Установлено, что добавление пектина к снекам сублимированным на основе пюре черники способствует снижению крошливости и незначительному повышению содержания пищевых волокон.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания на фундаментальные исследования Самарского государственного технического университета № 778–2020–0005.

Литература

- Дубодел Н.П., Победа М.И., Шашин Д.Л. Сравнительная оценка методов анализа растворимых сухих веществ в концентрированных фруктовых и овощных пюре // *Пиво и напитки*. 2015. № 3. с. 40–43.
- Родригес С., Фернандес Ф.А.Н. Инновационные технологии переработки плодоовощной продукции / пер. с англ. под науч. ред. Ю.Г. Базарновой. СПб.: Профессия, 2014. 453 с.
- Akšić M.F., Tosti T., Sredojević M., Milivojević J., Meland M., Natić M. Comparison of sugar profile between leaves and fruits of blueberry and strawberry cultivars grown in organic and integrated production system // *Plants*. 2019. Vol. 8, issue 7. P. 1–16. <https://doi.org/10.3390/plants8070205>
- Alfaro S., Mutis A., Quiroz A., Segue I., Scheuermann E. Effects of drying techniques on murtila fruit polyphenols and antioxidant activity // *Journal of Food Research*. 2014. Vol. 3, issue 5. P. 73–82. <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n5p73>
- Butnariu M., Butu A. Chemical composition of vegetables and their // *handbook of food chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2015. P. 627–692. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5_17
- Cai X., Du X., Cui D., Wang X., Yang Z., Zhu G. Improvement of stability of blueberry anthocyanins by carboxymethyl starch/xanthan gum combinations microencapsulation // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 91. P. 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.034>
- Chea S., Yu D.J. Park J., Oh H.D., Chung S.W., Lee H.J. Preharvest β -aminobutyric acid treatment alleviates postharvest deterioration of 'bluecrop' highbush blueberry fruit during refrigerated storage // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 246. P. 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.036>
- Çoklar H., Akbulut M. Effect of sun, oven and freeze-drying of black grape // *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2017. Vol. 38, issue 2. P. 264–272. <http://dx.doi.org/10.21548/38-2-2127>
- Cutler R., Gholami S., Chua J.S., Kuberan B., Babu P.V. Blueberry metabolites restore cell surface glycosaminoglycans and attenuate endothelial inflammation in diabetic human aortic endothelial cells // *International Journal of Cardiology*. 2018. Vol. 261. P. 155–158. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.03.027>
- Drózd P., Sirgedaitė-Šežienė V., Pyrzyńska K. Phytochemical properties and antioxidant activities of extracts from wild blueberries and lingonberries // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2017. Vol. 72, issue 4. P. 1–5. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0640-3>
- Gapski A., Gomes T.M., Bredun M.A., Ferreira-Lima N.E., Ludka F.K., Bordignon-Luiz M.T., Burin V.M. Digestion behavior and antidepressant-like effect promoted by acute administration of blueberry extract on mice // *Food Research International*. 2019. Vol. 125. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108618>
- Ge Y., Li X., Li C., Tang Q., Duan B., Cheng Y., Hou J., Li J. Effect of sodium nitroprusside on antioxidative enzymes and the phenylpropanoid pathway in blueberry fruit // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 295. P. 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.160>
- Ge Y., Tang Q., Li C., Duan B., Li X., Wei M., Li J. Acibenzolar-s-methyl treatment enhances antioxidant ability and phenylpropanoid pathway of blueberries during low temperature storage // *LWT – Food Science & Technology*. 2019. Vol. 110. P. 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.069>
- Giacalone M., Di Sacco F., Traupe I., Pagnucci N., Forfori F., Giunta F. Bioactive nutraceuticals and dietary supplements in neurological and brain disease. N.Y.: Academic press, 2015. 528 P. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-06799-3>
- Gundogdu M., Kan T., Canan I. Bioactive and antioxidant characteristics of blackberry cultivars from East Anatolia // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2016. Vol. 40. P. 344–351. <https://doi.org/10.3906/tar-1511-78>
- Jeonga S.Y., Velmurugan P., Lim J.M., Oh B.T., Jeong D.Y. Photobiological (led light)-mediated fermentation of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruit with probiotic bacteria to yield bioactive compounds // *LWT – Food Science & Technology*. 2018. Vol. 93. P. 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.038>
- Jiménez-Monreal A.M., García-Diz L., Martínez-Tomé M., Mariscal M., Murcia M.A. Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables // *Journal of Food Science*. 2009. Vol. 74, issue 3. P. 97–103. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01091.x>
- Josh S.S., Howell A.B., D'Souza D.H. Antiviral effects of blueberry proanthocyanidins against aichi virus // *Food Microbiology*. 2019. Vol. 82. P. 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.02.001>
- Koyuncu M.A., Dilmacunal T. Determination of vitamin C and organic acid changes in strawberry by HPLC during cold storage // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2010. Vol. 38, issue 3. P. 95–98. URL: <https://www.notulaeobotanicae.ro/index.php/nbha/article/view/4819> (дата обращения: 12.08.2020).
- Kraujalyte V., Venskutonis P.R., Pukalskasa A., Česonienė L., Daubaras R. Antioxidant properties, phenolic composition and potentiometric sen-

- sorarray evaluation of commercial and new blueberry (*vaccinium corymbosum*) and bog blueberry (*vaccinium uliginosum*) genotypes // *Food Chemistry*. 2015. Vol. 188. P. 583–590. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.031>
- Lang Y., Gao H., Tian J., Shu C., Sun R., Lia B., Meng X. Protective effects of α -casein or β -casein on the stability and antioxidant capacity of blueberry anthocyanins and their interaction mechanism // *LWT – Food Science & Technology*. 2019. Vol. 115. P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108434>
- Liu B., Wang K., Shu X., Liang J., Fan X., Sun L. Changes in fruit firmness, quality traits and cell wall constituents of two highbush blueberries (*vaccinium corymbosum* L.) during postharvest cold storage // *Scientia Horticulturae*, 2019. Vol. 246. P. 557–562. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.042>
- Lü J.-M., Lin P.H., Yao Q., Chen C. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems // *Journal of Cellular and Molecular Medicine*. 2010. Vol. 14, issue 4. P. 840–860. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2009.00897.x>
- Miglio C., Chiavaro E., Visconti A., Fogliano V., Pellegrini N. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. Vol. 56, issue 1. P. 139–147. <https://doi.org/10.1021/jf072304b>
- Proestos C., Varzakas T. Aromatic plants: antioxidant capacity and polyphenol characterisation // *Foods*. 2017. Vol. 6, issue 28. P. 1–7. <https://doi.org/10.3390/foods6040028>
- Rana V., Bachheti R.K., Chand T., Barman A. Dietary fibre and human health // *International Journal of Food Safety, Nutrition and Public Health (IJFSNPH)*. 2012. Vol. 4, issue 4. P. 101–118. <https://doi.org/10.1504/IJFSNPH.2011.044528>
- Rodrigues E., Poerner N., Rockenbach I.L., Gonzaga L.V., Mendes C.R., Fett R. Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil // *Food Science and Technology*. 2011. Vol. 31, issue 4. P. 911–917. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000400013>
- Shi N., Mathai M.L., Xu G., McAinch A.J., Su X.Q. The effects of supplementation with blueberry, cyanidin-3-o- β -glucoside, yoghurt and its peptides on obesity and related comorbidities in a diet-induced obese mouse model // *Journal of Functional Foods*. 2019. Vol. 56. P. 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.03.002>
- Shivembe A., Ojinnaka D. Determination of vitamin C and total phenolic in fresh and freeze dried blueberries and the antioxidant capacity of their extracts // *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*. 2017. Vol. 4, issue 6. P. 1–5. <https://doi.org/10.15761/ifnm.1000197>
- Sun X., Zhou T., Wei C., Lan W., Zhao Y., Pan Y., Wu V.C. Antibacterial effect and mechanism of anthocyanin rich Chinese wild blueberry extract on various foodborne pathogens // *Food Control*. 2018. Vol. 94. P. 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.012>
- Türk P., Fraga S., Salvador I., Campos-Carraro C., Bahr A., Ortiz V., Hickmann A., Koetz M., Belló-Klein A., Henriques A., Agostini F., Araujo A. Blueberry extract decreases oxidative stress and improves functional parameters in lungs from rats with pulmonary arterial hypertension // *Nutrition*. 2020. Vol. 70. P. 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.110579>
- Vauzour D. Dietary polyphenols as modulators of brain functions: biological actions and molecular mechanisms underpinning their beneficial effects // *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2012. Vol. 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/914273>
- Wang H., Wu Y., Yu R., Wu C., Fan G., Li T. Effects of postharvest application of methyl jasmonate on physicochemical characteristics and antioxidant system of the blueberry fruit // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 258. P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108785>
- Yang J.Y. Shi W., Li B., Bai Y., Hou Z. Preharvest and postharvest UV radiation affected flavonoid metabolism and antioxidant capacity differently in developing blueberries (*vaccinium corymbosum* L.) // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 301. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125248>
- Zhou L., Xie C.M., Yang F., Liu J. Antioxidant activity of high purity blueberry anthocyanins and the effects on human intestinal microbiota // *LWT – Food Science & Technology*. 2020. Vol. 117. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108621>

Organoleptic, Physicochemical and Antioxidant Properties of Blueberry- based Snacks (*Vaccinium myrtillus*)

Ekaterina A. Vasilieva

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: katerinavasileva99@yahoo.com

Elena A. Eliseeva

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: e11seevaml@yandex.ru

Dinara F. Ignatova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: dinara-bakieva@mail.ru

Nadezhda V. Makarova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation
E-mail: makarovav1969@mail.ru

For blueberries (*Vaccinium myrtillus*), blueberry puree, freeze-dried snacks based on blueberry puree and freeze-dried snacks based on blueberry puree with pectin added, organoleptic parameters, soluble solids content, sugar content, titratable acidity, vitamin C content, dietary fiber, total content of phenols, flavonoids, anthocyanins, anti-radical activity according to the DPPH method, restoring strength according to the FRAP method. Organoleptic evaluation of a new type of freeze-dried snacks based on blueberry puree showed that both samples of freeze-dried snacks have attractive properties for consumers, which can contribute to their implementation as an innovative functional product. An important aspect for attracting consumers is the complete naturalness of the product and its health benefits, as a psychological factor highly appreciated by the expert commission. An increased content of soluble solids, sugars, titratable acidity, vitamin C and dietary fiber was found in freeze-dried snacks based on blueberry puree and freeze-dried snacks based on blueberry puree with pectin added compared to blueberries and blueberry puree. An increase in antioxidant properties (total content of phenols, flavonoids, anthocyanins), anti-radical activity, and regenerative ability of samples in a row of blueberry berries – blueberry puree – sublimated snacks based on blueberry puree – sublimated snacks based on blueberry puree with pectin was proved. It was found that the addition of pectin to sublimated snacks based on blueberry puree helps to reduce crumbling and a slight increase in dietary fiber content.

Keywords: blueberries (*Vaccinium myrtillus*), freeze-drying, extraction, anti-radical activity, antioxidant activity, solids, sugars, titratable acidity, vitamin C, dietary fiber

References

- Dubodel N.P., Pobeda M.I., Shashin D.L. Sravnitel'naya otsenka metodov analiza rastvorimyykh sukhikh veshchestv v kontsentrirrovannykh fruktovykh i ovoshchnyykh pyure [Comparative evaluation of soluble solids analysis methods in concentrated fruit and vegetable purees]. *Pivo i napitki [Beer and Beverages]*, 2015, no. 3, pp. 40–43.
- Rodriguez S., Fernades F.A.N. Innovatsionnye tekhnologii pererabotki plodoovoshchnoi produktsii. [Innovative technologies for fruit and vegetable processing]. S.-Petersburg: Professiya, 2014. 453 p.
- Akšić M.F., Tosti T., Sredojević M., Milivojević J., Meland M., Natić M. Comparison of Sugar Profile between Leaves and Fruits of Blueberry and Strawberry Cultivars Grown in Organic and Integrated Production System. *Plants*, 2019,

- vol. 8, issue 7, pp. 1–16. <https://doi.org/10.3390/plants8070205>
- Alfaro S., Mutis A., Quiroz A., Segue I., Scheuermann E. Effects of Drying Techniques on Murtilla Fruit Polyphenols and Antioxidant Activity. *Journal of Food Research*, 2014, vol. 3, issue 5, pp. 73–82. <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n5p73>
- Butnariu M., Butu A. Chemical Composition of Vegetables and Their Products. In Cheung P. (ed.) *Handbook of Food Chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2015, pp. 627–692. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5_17
- Cai X., Du X., Cui D., Wang X., Yang Z., Zhu G. Improvement of Stability of Blueberry Anthocyanins by Carboxymethyl Starch/Xanthan Gum Combinations Microencapsulation. *Food Hydrocolloids*, 2019, vol. 91, pp. 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.034>
- Chea S., Yu D.J. Park J., Oh H.D., Chung S.W., Lee H.J. Preharvest B-Aminobutyric Acid Treatment Alleviates Postharvest Deterioration of 'Bluecrop' Highbush Blueberry Fruit During Refrigerated Storage. *Scientia Horticulturae*, 2019, vol. 246, pp. 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.036>
- Çoklar H., Akbulut M. Effect of Sun, Oven and Freeze-Drying of Black Grape. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2017, vol. 38, issue 2, pp. 264–272. <http://dx.doi.org/10.21548/38-2-2127>
- Cutler R., Gholami S., Chua J.S., Kuberan B., Babu P.V. Blueberry Metabolites Restore Cell Surface Glycosaminoglycans and Attenuate Endothelial Inflammation in Diabetic Human Aortic Endothelial Cells. *International Journal of Cardiology*, 2018, vol. 261, pp. 155–158. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.03.027>
- Drózdź P., Sirgedaitė-Šėžienė V., Pyrzynska K. Phytochemical Properties and Antioxidant Activities of Extracts from Wild Blueberries and Lingonberries. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2017, vol. 72, issue 4, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0640-3>
- Gapski A., Gomes T.M., Bredun M.A., Ferreira-Lima N.E., Ludka F.K., Bordignon-Luiz M.T., Burin V.M. Digestion Behavior and Antidepressant-Like Effect Promoted by Acute Administration of Blueberry Extract on Mice. *Food Research International*, 2019, vol. 125, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108618>
- Ge Y., Li X., Li C., Tang Q., Duan B., Cheng Y., Hou J., Li J. Effect of Sodium Nitroprusside on Antioxidative Enzymes and the Phenylpropanoid Pathway in Blueberry Fruit. *Food Chemistry*, 2019, vol. 295, pp. 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.160>
- Ge Y., Tang Q., Li C., Duan B., Li X., Wei M., Li J. Acibenzolar-S-Methyl Treatment Enhances Antioxidant Ability and Phenylpropanoid Pathway of Blueberries During Low Temperature Storage. *LWT – Food Science & Technology*, 2019, vol. 110, pp. 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.069>
- Giacalone M., Di Sacco F., Traupe I., Pagnucci N., Forfori F., Giunta F. Bioactive Nutraceuticals and Dietary Supplements in Neurological and Brain Disease. N.Y.: Academic press, 2015. 528 P. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-06799-3>
- Gundogdu M., Kan T., Canan I. Bioactive and Antioxidant Characteristics of Blackberry Cultivars from East Anatolia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2016, vol. 40, pp. 344–351. <https://doi.org/10.3906/tar-1511-78>
- Jeonga S.Y., Velmurugan P., Lim J.M., Oh B.T., Jeong D.Y. Photobiological (LED Light)-Mediated Fermentation of Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Fruit with Probiotic Bacteria to Yield Bioactive Compounds. *LWT – Food Science & Technology*, 2018, vol. 93, pp. 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.038>
- Jiménez-Monreal A.M., García-Diz L., Martínez-Tomé M., Mariscal M., Murcia M.A. Influence of Cooking Methods on Antioxidant Activity of Vegetables. *Journal of Food Science*, 2009, vol. 74, issue 3, pp. 97–103. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01091.x>
- Josh S.S., Howell A.B., D'Souza D.H. Antiviral Effects of Blueberry Proanthocyanidins Against Aichi Virus. *Food Microbiology*, 2019, vol. 82, pp. 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.02.001>
- Koyuncu M.A., Dilmacunal T. Determination of Vitamin C and Organic Acid Changes in Strawberry by Hplc During Cold Storage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2010, vol. 38, issue 3, pp. 95–98. URL: <https://www.notulaeobotanicae.ro/index.php/nbha/article/view/4819> (accessed: 12.08.2020).
- Kraujalyte V., Venskutonis P.R., Pukalskasa A., Česonienė L., Daubaras R. Antioxidant Properties, Phenolic Composition and Potentiometric Sensorarray Evaluation of Commercial and New Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) and Bog Blueberry (*Vaccinium uliginosum*) Genotypes. *Food Chemistry*, 2015, vol. 188, pp. 583–590. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.031>
- Lang Y., Gao H., Tian J., Shu C., Sun R., Lia B., Meng X. Protective Effects of A-Casein or B-Casein on the Stability and Antioxidant Capacity of Blueberry Anthocyanins and Their Interaction Mechanism. *LWT – Food Science & Technology*, 2019, vol. 115, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108434>
- Liu B., Wang K., Shu X., Liang J., Fan X., Sun L. Changes in Fruit Firmness, Quality Traits and Cell Wall Constituents of Two Highbush Blueberries

- (*Vaccinium Corymbosum* L.) During Postharvest Cold Storage. *Scientia Horticulturae*, 2019, vol. 246, pp. 557–562. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.042>
- Lü J.-M., Lin P.H., Yao Q., Chen C. Chemical and Molecular Mechanisms of Antioxidants: Experimental Approaches and Model Systems. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 2010, vol. 14, issue 4, pp. 840–860. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2009.00897.x>
- Miglio C., Chiavaro E., Visconti A., Fogliano V., Pellegrini N. Effects of Different Cooking Methods on Nutritional and Physicochemical Characteristics of Selected Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, vol. 56, issue 1, pp. 139–147. <https://doi.org/10.1021/jf072304b>
- Proestos C., Varzakas T. Aromatic Plants: Antioxidant Capacity and Polyphenol Characterisation. *Foods*, 2017, vol. 6, issue 28, pp. 1–7. <https://doi.org/10.3390/foods6040028>
- Rana V., Bachheti R.K., Chand T., Barman A. Dietary Fibre and Human Health. *International Journal of Food Safety, Nutrition and Public Health (IJFSNPH)*, 2012, vol. 4, issue 4, pp. 101–118. <https://doi.org/10.1504/IJFSNPH.2011.044528>
- Rodrigues E., Poerner N., Rockenbach I.I., Gonzaga L.V., Mendes C.R., Fett R. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Blueberry Cultivars Grown in Brazil. *Food Science and Technology*, 2011, vol. 31, issue 4, pp. 911–917. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000400013>
- Shi N., Mathai M.L., Xu G., McAinch A.J., Su X.Q. The Effects of Supplementation with Blueberry, Cyanidin-3-O-B-Glucoside, Yoghurt and its Peptides on Obesity and Related Comorbidities in a Diet-Induced Obese Mouse Model. *Journal of Functional Foods*, 2019, vol. 56, pp. 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.03.002>
- Shivembe A., Ojinnaka D. Determination of Vitamin C and Total Phenolic in Fresh and Freeze Dried Blueberries and the Antioxidant Capacity of Their Extracts. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*, 2017, vol. 4, issue 6, pp. 1–5. <https://doi.org/10.15761/ifnm.1000197>
- Sun X., Zhou T., Wei C., Lan W., Zhao Y., Pan Y., Wu V.C. Antibacterial Effect and Mechanism of Anthocyanin Rich Chinese Wild Blueberry Extract on Various Foodborne Pathogens. *Food Control*, 2018, vol. 94, pp. 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.012>
- Türk P., Fraga S., Salvador I., Campos-Carraro C., Bahr A., Ortiz V., Hickmann A., Koetz M., Belló-Klein A., Henriques A., Agostini F., Araujo A. Blueberry Extract Decreases Oxidative Stress and Improves Functional Parameters in Lungs from Rats with Pulmonary Arterial Hypertension. *Nutrition*, 2020, vol. 70, pp. 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.110579>
- Vauzour D. Dietary Polyphenols as Modulators of Brain Functions: Biological Actions and Molecular Mechanisms Underpinning Their Beneficial Effects. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012, vol. 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/914273>
- Wang H., Wu Y., Yu R., Wu C., Fan G., Li T. Effects of Postharvest Application of Methyl Jasmonate on Physicochemical Characteristics and Antioxidant System of the Blueberry Fruit. *Scientia Horticulturae*, 2019, vol. 258, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108785>
- Yang J.Y. Shi W., Li B., Bai Y., Hou Z. Preharvest and Postharvest UV Radiation Affected Flavonoid Metabolism and Antioxidant Capacity Differently in Developing Blueberries (*Vaccinium Corymbosum* L.). *Food Chemistry*, 2019, vol. 301, pp. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125248>
- Zhou L., Xie M., Yang F., Liu J. Antioxidant Activity of High Purity Blueberry Anthocyanins and the Effects on Human Intestinal Microbiota. *LWT – Food Science & Technology*, 2020, vol. 117, pp. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108621>