

Влияние предварительной обработки ягод клюквы на экстракцию антоциановых пигментов, выход сока и его антиоксидантную активность

Алексеев Елен Викторовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: elealekseenk@rambler.ru

Бакуменко Олеся Евгеньевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: bacumenko@rambler.ru

Азарова Мария Михайловна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: mary-0995@mail.ru

Исабаев Исмаил Бабаджанович

Бухарский инженерно-технологический институт

Адрес: Республика Узбекистан, 200100, город Бухара, ул. К. Муртазаева, д. 15

E-mail: kurbanov.m@rambler.ru

Курбанов Мурод Ташпулатович

Бухарский инженерно-технологический институт

Адрес: Республика Узбекистан, 200100, город Бухара, ул. К. Муртазаева, д. 15

E-mail: isabayev_63@mail.ru

Предпочтения производителей и потребителей пищевых продуктов ориентированы на использование натуральных ингредиентов, в том числе натуральных красителей. Признанным источником красных пищевых красителей – антоцианов является дикорастущая ягода – клюква обыкновенная *Vaccinium oxococcus* L. Разработка эффективной технологии переработки ягод, обеспечивающей наиболее полную экстракцию в сок антоциановых соединений, позволит получать ягодные соковые ингредиенты с высоким содержанием природных антоциановых красителей и других биологически активных веществ ягод для применения в составе рецептур пищевых продуктов. Проведены исследования по экспериментальному обоснованию и разработке условий предварительной обработки ягод клюквы при получении сока с применением различных способов (бланширование, СВЧ, УЗ, ферментативная обработка), обеспечивающие наиболее полную экстракцию в сок антоциановых соединений. Установлено, что проведение предварительной обработки ягод клюквы при получении сока оказывает существенное влияние на выход сока, экстракцию антоцианов и антиоксидантную активность сока. Экспериментально установлено, что применение УЗ и СВЧ предобработки ягод клюквы в разработанных условиях способствует увеличению выхода сока на 16-27%, антоцианов - в 1,5-1,9 раза, антиоксидантной активности сока - в 1,1 и 1,2 раза. Более эффективными являются предварительная стадия бланширования и проведение ферментативной обработки с использованием МЭК на основе Фруктозим П-6Л и Laminex BG2: выход сока увеличивается в 2,5 и 1,3 раза, антоцианов – в 3,0 и 2,2 раза, антиоксидантная активность сока возрастает в 1,3 и 1,25 раза соответственно по сравнению с аналогичными показателями, установленными для соков, полученных из ягод клюквы, не подвергавшихся предварительной обработке. Выявлено, что проведение предобработки ягод клюквы не приводит к качественным изменениям состава антоциановых соединений сока и их количественных соотношений. Показано, что антоциановый профиль клюквенных соков представлен шестью антоцианами на основе цианидина и пеонидина, углеводными компонентами выступают глюкоза, галактоза, арабиноза. Преобладающими антоцианами являются цианидин-3-галактозид (24,6-25,0%) и пеонидин-3-галактозид (28,7-31,4%).

Ключевые слова: ягоды клюквы; предварительная обработка; ультразвуковые колебания; сверхвысокочастотная энергия; бланширование; ферментные препараты; выход сока; антоцианы; антиоксидантная активность

Введение

Натуральные пищевые красители особенно привлекательны для производителей пищевых продуктов, поскольку позволяют не только улучшить внешний вид продуктов питания, но обладают биологической активностью и оказывают благоприятное действие на организм человека. Лидирующие позиции по объему продаж занимают красные пищевые красители, в том числе антоцианы (пищевая добавка E163), широко востребованные в различных отраслях пищевой промышленности. Известным источником антоциановых пигментов является разнообразное ягодное сырье, в том числе дикорастущая ягода – клюква обыкновенная *Vaccinium oxycoccos* L., в комплексе синтезируемых биоактивных полифенольных соединений которой на долю антоцианов приходится наибольшее количество (Борисенков, 2013, с. 89-95; Zhou, 2004, р. 259-263). С точки зрения организации промышленной переработки интерес к данному виду сырья обусловлен значительными биологическими запасами, стабильной ежегодной возобновляемостью, устойчивостью при хранении. Очевидно, что разработка эффективной технологии переработки ягод открывает перспективы получения ягодных ингредиентов, которые могут быть позиционированы как источники природных, полезных для здоровья, экологически чистых пищевых красителей и других биологически активных веществ ягод, применение которых при производстве продуктов питания позволит придать им не только привлекательный внешний вид, но и наделить полезными для здоровья человека свойствами.

Литературный обзор

Анализ современного состояния в сфере развития технологий переработки плодово-ягодного сырья показывает, что первоочередными задачами, стоящими перед отраслью, являются увеличение выхода готовой продукции, повышение ее качества, минимизация потерь ценных природных компонентов сырья и образующихся вторичных продуктов переработки. Решение этих задач напрямую связано с разработкой эффективных способов предварительной обработки плодов и

ягод, позволяющих наиболее полно использовать их природный ресурс.

Традиционными продуктами переработки плодов и ягод являются соки и соковые концентраты, при получении которых применяют следующие способы предварительной обработки растительного сырья: механическое измельчение, действие СВЧ-поля, ферментативную, тепловую и ультразвуковую виды обработки (Винницкая, 2018, с. 66; Дубинина, 2016, с. 24-27; Макаров, 2018, с. 72-80; Эшпулатов, 2016, с. 954-957). Эффективность применения вышеперечисленных способов предобработки ягод для увеличения выхода сока, повышения экстрактивных свойств растительной ткани и наиболее полного извлечения биологически активных веществ ягод, в том числе антоциановых пигментов, убедительно продемонстрирована на примере рябины обыкновенной (Винницкая, 2018, с. 62-76; Еремеева, 2016, с. 63-66; Alessandro, 2012, р. 42-47), ягод аронии черноплодной (Демидова, 2016, с. 40-43; Полина, 2015, с. 222-231), плодов боярышника и бузины (Шеколдина, 2017, с. 42-49; Latti, 2011, р. 810-815), ягод брусники, черники, голубики (Алексеев, 2017, с. 282-289; Грибова, 2017, с. 131-134; Рыжова, 2006, с. 17-18; Эшпулатов, 2016, с. 954-957), черной и красной смородины (Бибик, 2014, с. 65-67; Еремеева, 2016, с. 63-66; Макаров, 2018, с. 72-80; Чеснокова, 2018, с. 77-79), малины и вишни (Демидова, 2016, с. 40-43; Еремеева, 2016, с. 63-66). В литературе встречаются фрагментарные данные по применению предварительной обработки ягод клюквы при получении сока. Тем не менее, ряд способов предобработки ягод клюквы апробирован при получении соков прямого отжима и экстрактов (Медведева, 2017, с. 171-174; Эшпулатов, 2016, с. 954-957; Зуев, 2008; Калинина, 2016, с. 64-70; Курбатова, 2005, с. 25; Сатцаева, 2014, с. 268-272; Журавлева, 2019, с. 182-189; White, 2011, р. 4692-4698). Доказана эффективность применения ультразвуковой обработки при получении экстрактов из ягод клюквы, способствующей максимальной сохранности биологически активных веществ ягод и увеличению их содержания в экстрактах (Зуев, 2008; Калинина, 2016, с. 64-70). Приводятся сведения, иллюстрирующие целесообразность применения ультразвукового и микроволнового излучения на стадии предобработки ягод клюквы при получении сока (Баланов, 2016, с. 52-56). Успешным следует признать и применение ферментных препаратов на стадии

экстрагирования и при получении сока: при этом отмечается увеличение выхода и снижение вязкости сока, сокращение продолжительности фильтрации, повышение степени извлечения природных компонентов (Курбатова, 2005, с. 25; Овсянникова, 2014, с. 16; Сатцаева, 2014; с. 268-272; Медведева, 2017, с. 171-174). К сожалению, приведенные в литературе данные не позволяют дать объективную оценку и сравнительную характеристику различным способам обработки ягод клюквы при получении сока с позиции эффективности их применения для извлечения антоциановых красящих веществ и их сохранности в процессе переработки. Для обоснования целесообразности проведения предварительной обработки ягод авторами использован достаточно широкий набор критериев (выход, снижение вязкости сока, титруемая кислотность, содержание сухих веществ, органических кислот, фенольных соединений, дубильных веществ и др.), и лишь фрагментарно встречаются сведения, демонстрирующие влияние предварительной обработки на содержание антоцианов в клюквенном соке (Журавлева, 2019, с. 182-189, White, 2011, р. 4692-4698). Также следует учитывать, что представленные данные получены на сырье различных годов сбора и регионов произрастания, а, как известно, состав и особенности анатомического строения растительной клетки ягод в значительной степени формируются под влиянием эколого-географических и почвенно-климатических условий и зависят от сроков сбора. И именно эти факторы во многом определяют эффективность проведения предварительной обработки ягод при получении сока.

Теоретическое обоснование

Исследования локализации антоцианов в ягодах клюквы показали, что в кожице их в 5,8-10,8 раз больше, чем в мякоти (Табаторович, 2013, с. 35-37), и только лишь часть антоцианов ягод растворена в клеточном соке. Значительная же доля антоциановых пигментов прочно удерживается структурными компонентами клеточной стенки, основу которых составляют некрахмальные полисахариды, и при переработке ягод не переходит в сок, существенно снижая его пищевую ценность и биологическую активность. Поэтому проведение предварительной обработки ягод при получении сока имеет своей целью повреждение цитоплазматических оболочек клеток, что, в свою очередь, способствует высвобождению и переходу в сок дополнительных количеств биоактивных антоциановых соединений.

Наиболее распространенным технологическим приемом, используемым при переработке плодов и ягод, является механическое измельчение (дробление, раздавливание, резка), в результате которого нарушаются сбалансированные биохимические процессы, протекающие в неповрежденных живых клетках. Для эффективного ведения процесса решающее значение имеет степень измельчения, и ее следует выбирать в зависимости от физических свойств и геометрических форм частиц сырья (Причко, 2019, с. 138-149). Для повышения сокоотдачи и экстрактивной способности растительной ткани механическое измельчение довольно часто дополняют стадией бланширования (Винницкая, 2018, с. 62-76; Дубинина, 2016, с. 24-27; White, 2011, р. 4692-4698). Под действием высоких температур белки протоплазмы коагулируют, и клеточная проницаемость увеличивается, интенсифицируется переход красящих и ароматических веществ из мякоти и кожицы в сок. Тепловой эффект является наиболее распространенным и при применении на стадии предобработки сверхвысокочастотной энергии (СВЧ) (Демирова, 2019, с. 60-65; Рушиц, 2014, с. 9-14). Повысить интенсивность процессов экстрагирования удается и за счет применения ультразвуковых акустических колебаний (УЗ), что приводит к увеличению проницаемости клеток и турбулизации всей системы под воздействием кавитационных эффектов (Эльпинер, 2013, с. 63). В последние годы довольно успешно развивается биотехнологическое направление в переработке плодов и ягод. Применение высокоспецифичных ферментных препаратов позволяет деликатно воздействовать на растительную ткань и провести расщепление структурных элементов клетки, что способствует улучшению процессов сокоотдачи и интенсификации экстракции биологически активных веществ в сок (Алексеев, 2017, с. 282-289; Римарева, 2017, с. 63-74; Еремеева, 2018, с. 55-59; Sharma, 2016, р. 1215-1227).

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что в основе применения различных способов предварительной обработки плодов и ягод лежат различные механизмы воздействия на растительную ткань, имеющие своей целью разрушение клеточных структур, что способствует существенной интенсификации процесса экстракции полезных веществ.

Тем не менее, вопросы, касающиеся изучения влияния различных способов предварительной обработки ягод клюквы на экстракцию в сок антоцианов, в литературе освещены не достаточно полно, а представленные результаты не систематизированы. В большей степени об эффективности проведения предварительной обработки

ягод клюквы можно судить только на основании результатов, иллюстрирующих количественный выход антоцианов в сок. Как правило, такие данные приводятся по одному-двум способам предобработки ягод, без сравнительного анализа по отношению к другим способам предобработки. Между тем, о полноте экстракции антоциановых красителей могут свидетельствовать результаты, демонстрирующие качественные преобразования антоцианового комплекса сока и изменения его антиоксидантной активности, которая напрямую связана с интенсификацией процесса экстракции в сок антоциановых соединений в результате проведения предварительной обработки ягод. Таким вопросам уделяется недостаточно внимания.

С учетом вышеизложенного, целью настоящей работы явилась оценка эффективности предварительной обработки ягод клюквы при получении сока с позиции экстракции антоцианов, выхода сока и его антиоксидантной активности, выявление режимов предобработки ягод, обеспечивающих наилучшие показатели по установленным критериям.

В соответствии с поставленной целью решали следующие задачи:

- исследовать влияние предобработки ягод клюквы при получении сока и условий ее проведения (бланширование, СВЧ, УЗ и ферментативная обработка) на выход сока и экстракцию в сок антоциановых соединений;
- исследовать качественный состав антоциановых соединений соков, полученных из предварительно обработанной мякоти ягод с применением различных способов обработки;
- исследовать влияние предварительной обработки ягод клюквы при получении сока на его антиоксидантную активность.

Реализация поставленной цели и задач исследований позволит экспериментально обосновать способы и условия предварительной обработки ягод клюквы при получении сока, обеспечивающие увеличение выхода сока и наиболее полную экстракцию в сок антоциановых соединений, которые могут быть положены в основу разработки технологических рекомендаций по переработке ягод клюквы и получению соковых ингредиентов с высоким содержанием натуральных антоциановых красителей и других биологически активных веществ ягод для применения в составе рецептур пищевых продуктов. Кроме того, полученные в результате исследования данные расширят современные знания о количественном и качественном составе анто-

цианов ягод клюквы, произрастающей на территории Российской Федерации.

Исследование

Материалы

В работе были использованы:

- замороженные ягоды клюквы обыкновенной, сбора 2018 г., произрастающей в Архангельской области Российской Федерации;
- ферментные препараты (ФП) Laminex BG2 (производитель – Genencor International BVBA, Бельгия), Фруктозим П-6Л (производитель – Erbsloeh Geisenheim AG, Германия).

Оборудование

Для проведения предварительной обработки ягод клюквы использовали микроволновую печь Samsung M-1711-NR и ультразвуковую ванну ПСБ-8028-05. Измерение оптической плотности проводили на спектрофотометре Shimadzu Модель UV 1800, Specs SSP. Качественный состав антоцианов определяли на хроматографе Agilent 1100 Series на колонке Wakosil SR 4,6×250 мм, 5 мкм.

Методы исследования

Суммарное содержание антоцианинов проводили по ГОСТ Р 53773-2010. Продукция соковая. Методы определения антоцианинов. Качественный состав антоцианов определялся методом ОФ ВЭЖХ с фотометрическим детектированием при 510 нм. Условия хроматографирования: градиентное элюирование с подвижной фазой А (4%-ная ортофосфорная кислота (рН 2,1) и подвижной фазой В (ацетонитрил) в соотношении 88:12 за 10 минут при скорости потока 1,0 мл/мин. Определение антиоксидантной активности проводили по отношению к DPPH-радикалу в условиях *in vitro* (Bondent, 1997, p. 609–615).

Антиоксидантную активность выражали в % ингибирования DPPH-радикала и тролоксовом эквиваленте (ТЭ) в мг/л.

Обработку результатов исследований проводили с применением статистического метода обработки экспериментальных данных, определяя средние значения вычисляемой величины на основе не менее 3 повторных определений.

Процедура исследования

Предварительную обработку ягод клюквы ультразвуком осуществляли в ультразвуковой ванне ПСБ-802-05 под влиянием ультразвуковых волн, мощность излучения составила 8, 16, 32 кВт, продолжительность обработки 5, 10, 15, 20 минут без нагревания и с дополнительным подводом температуры 45-50°C. По завершении ультразвуковой обработки ягоды охлаждали ледяной водой и измельчали, после чего прессованием отжимали сок.

СВЧ-обработку ягод клюквы проводили в диапазоне мощностей 100 Вт, 300 Вт, 600 Вт в течение 1, 3, 5, 7 минут. По истечении каждого промежутка времени, обработанные микроволновым электромагнитным излучением ягоды клюквы охлаждали ледяной водой. После охлаждения ягоды измельчали и прессованием отжимали сок.

Для проведения бланширования ягоды клюквы погружали в горячую воду с температурой воды 80, 90, 100°C. Обработку ягод проводили в течение 5, 10, 15, 20 минут при установленной температуре. По истечении времени ягоды клюквы вынимали и охлаждали ледяной водой, после чего измельчали и прессованием отжимали сок.

Для проведения ферментативной обработки размороженные ягоды клюквы подвергали механическому измельчению, после чего вносили ФП индивидуально в количестве 0,01% к массе мезги ягод или в составе композиции (МЭК) в количестве 0,005% (каждый) к массе мезги ягод, и вели гидролиз 1,5 часа при температуре 45°C (Медведева, 2017, с. 171-174). По окончании процесса гидролиза ФП инактивировали нагреванием и прессованием отжимали сок.

В качестве контроля использовали сок, полученный из измельченных размороженных ягод клюквы, не подвергавшихся предварительной обработке.

Критериями оценки эффективности проведения предварительной обработки ягод клюквы служили показатели, характеризующие выход сока, экстракции антоцианов и антиоксидантной активности сока.

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных результатов показывает, что предварительная обработка ягод клюквы при получении сока существенно влияет на его выход.

Причем влияние различных способов и условий предобработки ягод на последующий выход сока неоднозначно.

Среди способов предобработки, в основе применения которых лежит тепловой эффект, наилучшие результаты показал способ бланширования: выход сока увеличивается в 1,4-2,5 раза по сравнению с контролем (Рисунок 1).

Лучшие результаты получены при условии проведения бланширования ягод при температуре 90°C в течение 20 минут: выход сока увеличивается в 2,5 раза относительно выхода сока из ягод клюквы, не подвергавшихся предварительной обработке.

Предварительная обработка ягод клюквы энергией СВЧ-поля и УЗ-облучения лишь при определенных режимах положительно сказывается на выходе сока. Причем, чем выше мощность излучения, тем меньше продолжительность обработки.

Так, предобработка ягод клюквы СВЧ-энергией мощностью 600 Вт в течение 1 минуты обуславливает повышение выхода сока на 23% по сравнению с контролем (Рисунок 2). Такого же результата можно добиться при условии проведения предобработки энергией СВЧ-поля мощностью 100 Вт уже в течение 5 минут. Увеличение длительности обработки до 7 минут способствует повышению сокоотдачи ягод клюквы уже на 27% по сравнению с контролем, что может быть достигнуто при условии предобработки ягод энергией СВЧ-поля мощностью 300 Вт в течение 3 минут (Рисунок 2). Несколько в меньшей степени выражен эффект от применения УЗ колебаний на стадии предобработки ягод клюквы. Наилучшие результаты установлены при условии обработки ягод клюквы УЗ облучением мощностью 16 и 8 кВт в течение 15-20 минут: выход сока увеличивается на 16-22% по сравнению с контролем (Рисунок 3).

Дополнительный подвод тепла (45-50°C) к ультразвуковой ванне не позволил получить преимущества по увеличению выхода сока. Положительный эффект дополнительного теплового воздействия наблюдается только при обработке ягод УЗ облучением мощностью 8 и 16 кВт в течение 5 минут: выход сока увеличивается на 9% относительно контроля против 4% при условии обработки ягод при тех же параметрах, но без дополнительного подвода тепла (Рисунок 4).

При использовании УЗ обработки в сочетании с температурой (45-50°C) целесообразно вести обработку при следующих режимах: мощность ультразвуковых волн 16 кВт, длительность обра-

ботки 15 минут: выход сока увеличивается на 16% по сравнению с контролем (Рисунок 4).

Экспериментально установлено, что предобработка ягод клюквы энергией СВЧ-поля и УЗ облучением мощностями свыше 300 Вт и 32 кВт и длительностями воздействия свыше 3 и 10 минут соответственно не целесообразно, поскольку приводит к заметному уменьшению выхода сока, что, по всей видимости, связано с резким ростом температуры во всем объеме обрабатываемых ягод, что приводит к разрушению внутренней структуры ягод, разрыву клеточных оболочек, высвобождению сока и его интенсивному испарению.

С позиции выхода сока эффективным явилось применение ФП на стадии предобработки ягод. Наилучшие результаты получены с использова-

нием пектолитического ФП Фруктоцим П-6Л и МЭК на основе Laminex BG2 и Фруктоцим П-6Л: выход сока увеличивается на 20 и 33%, соответственно, по сравнению с контролем (Рисунок 5).

Анализ результатов исследований по определению антоциановых соединений в соках, полученных из ягод клюквы, предобработанных различными способами, выявил существенное влияние предобработки на экстракцию в сок антоцианов. Экспериментально установлено, что проведение предварительной обработки ягод клюквы при определенных режимах позволяет интенсифицировать процесс извлечения антоцианов в сок в 1,05-3,0 раза по сравнению с контролем, причем полученные результаты согласуются с результатами исследований по определению выхода сока: наблюдается заметная корреляция данных.

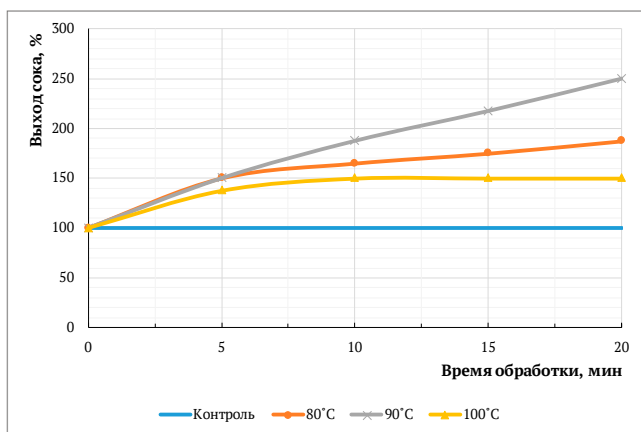


Рисунок 1. Динамика выхода сока из ягод клюквы, подвергшихся предварительному бланшированию, %.

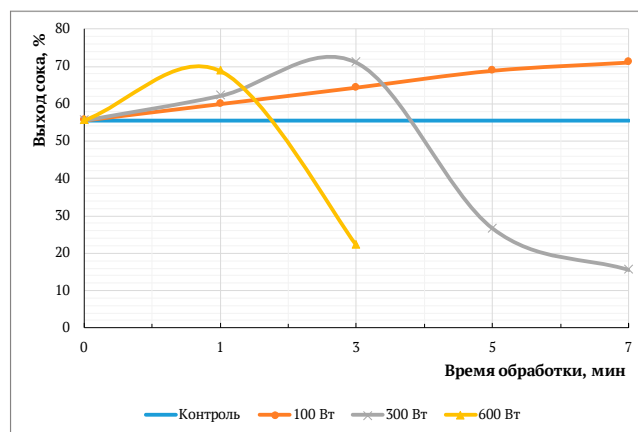


Рисунок 2. Динамика выхода сока из ягод клюквы, подвергшихся СВЧ-обработке, %.

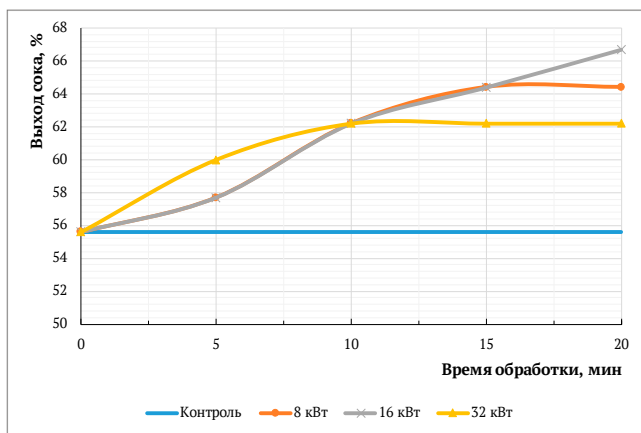


Рисунок 3. Динамика выхода сока из ягод клюквы, подвергшихся ультразвуковой обработке без подвода температуры, %.

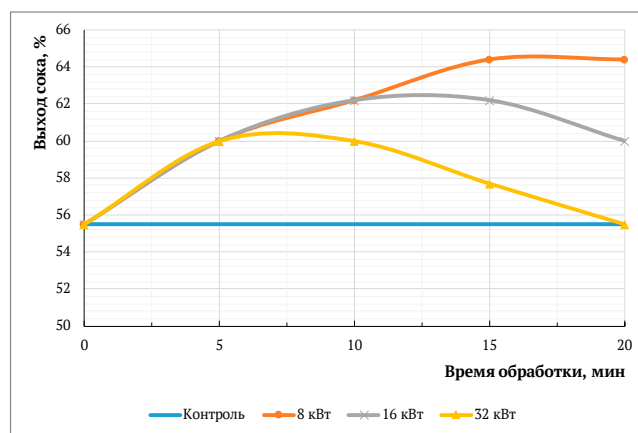


Рисунок 4. Динамика выхода сока из ягод клюквы, подвергшихся ультразвуковой обработке с применением температуры 45-50°C, %.

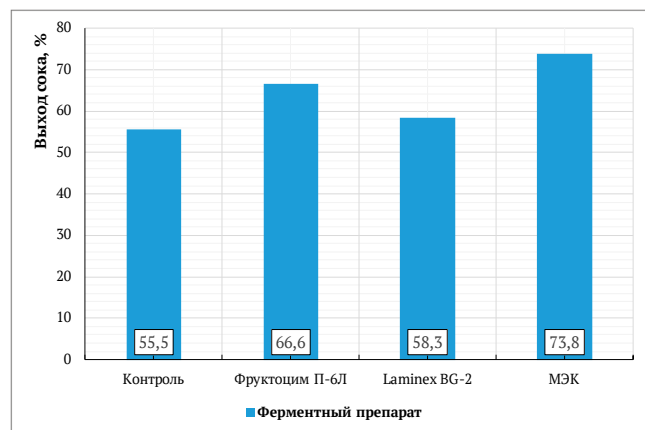


Рисунок 5. Динамика выхода сока из ягод клюквы, подвергшихся ферментативной обработке, %

Лучшие результаты получены с применением способа бланширования для предобработки ягод клюквы при получении сока (Таблица 1).

Как свидетельствуют представленные данные, с увеличением продолжительности предварительного бланширования ягод клюквы при температурах 80 и 90 °C наблюдается заметное увеличение содержания антоцианов в соке (в 1,05- 3,0 раза). Причем за счет повышения температуры на 10 °C (с 80 до 90 °C) можно сократить длительность обработки ягод и достичь тех же

количественных показателей по содержанию антоцианов в соке. Так, обработка ягод клюквы бланшированием при температуре 90 °C в течение 10 минут позволяет выйти на тот же уровень по содержанию антоцианов в соке, полученном из ягод, обработанных при 80 °C в течение 20 минут (Таблица 1).

В то же время следует отметить, что повышение температуры бланширования до 100 °C и длительности воздействия сопровождается заметным уменьшением содержания антоцианов (Таблица 1). Этот факт согласуется с литературными данными, свидетельствующими о разрушении антоцианов при температуре обработки ягодного сырья свыше 90 °C (Воронина, 2015, с. 49-54).

Лучшие результаты по содержанию антоцианов выявлены в соке, полученном из ягод клюквы, предварительно обработанных бланшированием при температуре 90 °C в течение 20 минут: выход антоцианов в сок составляет 165,1 мг/100 г ягод, что в 3,0 раза превышает содержание последних в соке, полученном из ягод клюквы, не подвергавшихся предварительной обработке (Таблица 1). Эти же режимы предварительной обработки ягод клюквы способствуют и наибольшему выходу сока (Рисунок 1).

Таблица 1

Содержание антоцианов в соке, полученном из ягод клюквы, подвергшихся предварительному бланшированию, мг/100 г ягод

Длительность обработки, мин	Температура, °C		
	80	90	100
Контроль (без обработки)		55	
5	57,8	90,8	56,8
10	72,5	123,8	49,7
15	86,8	149,4	45,3
20	123,8	165,1	45,3

Таблица 2

Содержание антоцианов в соке, полученном из ягод клюквы, подвергшихся ультразвуковой обработке, мг/100 г ягод

Длительность обработки, мин	Без дополнительного подвода тепла			С подводом тепла (45-50 °C)		
	Мощность, кВт					
	8	16	32	8	16	32
Контроль (без обработки)				73,3		
5	81,1	85,9	109,1	99,1	109,1	128,8
10	92,5	102,7	113,2	113,2	133,6	128,8
15	101,1	117,2	102,7	138,3	143,9	114,5
20	101,01	120,1	82,2	138,4	118,9	91,7

Применение УЗ обработки ягод клюквы при получении сока как самостоятельно, так и в сочетании с дополнительным подводом тепла, также интенсифицирует процесс экстрагирования антоцианов в сок: выход антоцианов увеличивается в 1,1-1,6 раза и 1,4-2,0 раза, соответственно (Таблица 2).

Выявлена закономерность, что при увеличении длительности воздействия при всех рассматриваемых режимах обработки содержание антоцианов в соке уменьшается. По всей видимости, это обусловлено разрушающим воздействием УЗ-облучения на клетки ягод в результате термического воздействия. Судя по полученным результатам, целесообразно вести предобработку ягод не более 15 минут.

Экспериментально установлено, что рациональными режимами предварительной УЗ обработки ягод клюквы при получении сока являются: дополнительный подвод температуры к ультразвуковой ванне (45-50°C), мощность ультразвуковых волн 16 кВт, длительность обработки ягод 15 минут. Выбранные условия дают возможность перевести в сок антоцианов на 32,5% больше по сравнению с вариантом, где использовали только УЗ предобработку ягод и на 100% - по сравнению с контролем. Эти же режимы предобработки ягод клюквы с использованием УЗ-облучения являются наиболее эффективными и с позиции выхода сока: выход сока увеличивается на 16% (Рисунок 4).

Анализ результатов, полученных по изучению влияния режимов предобработки ягод клюквы

энергией СВЧ-поля на содержание в соке антоцианов, позволил выявить наиболее эффективные режимы обработки. Лучшими экспериментальными образцами клюквенного сока признаны соки, которые получены из ягод клюквы, прошедших СВЧ-обработку мощностью 300 Вт в течение 3 минут и 100, 600 Вт в течение 5 и 1 минут, соответственно: содержание антоцианов в соке увеличивается в 1,9-1,8 раза (Таблица 3)

Обработка ягод клюквы при этих же режимах способствует и наибольшей сокоотдаче ягод: выход сока увеличивается на 23-27% (Рисунок 2). Предобработка ягод клюквы энергией СВЧ-поля мощностью свыше 300 Вт при длительности воздействия свыше 3 минут не целесообразно, поскольку наблюдается заметное уменьшение количественного содержания антоцианов в соке, что подтверждают литературные данные, свидетельствующие об окислении термолабильных антоцианов при высоких температурах воздействия (Воронина, 2015, с. 49-54; Овсянникова, 2014 с. 16).

Оценивая экспериментальные данные количественного содержания антоциановых соединений в клюквенных соках, полученных из ягод, подвергшихся ферментативной обработке, можно сделать вывод, что применение ФП на стадии предобработки ягод клюквы существенно интенсифицирует процесс экстракции антоцианов в сок: в 1,8-2,2 раза (Таблица 4). Наибольший эффект достигается за счет применения МЭК на основе целлюлолитического ФП Laminex BG-2 и пектолитического ФП

Таблица 3

Содержание антоцианов в соках ягод клюквы, полученных при различных режимах предобработки ягод энергией СВЧ-поля, мг/100 г ягод

Длительность обработки, мин	Мощность, Вт		
	100	300	600
Контроль (без обработки)		73,3	
1	79,1	92,6	136,5
3	106,3	140,9	47,6
5	136,5	35,2	-
7	117,3	20,5	-

Таблица 4

Содержание антоциановых соединений в соке из ягод клюквы, обработанных ФП, мг/100 г ягод

Наименование ФП	Содержание
Контроль (без обработки)	73,3
Фруктоцим П-6Л	132,7
Laminex BG-2	146,6
МЭК	158,8

Фруктоцим П-6Л: выход антоцианов в сок увеличивается в 2,2 раза по сравнению с контролем.

Следует отметить, что соки, полученные с применением целлюлолитического ФП Laminex BG-2 на стадии предобработки ягод клюквы, характеризуются высоким содержанием антоцианов, лишь несколько уступающим сокам, полученным с использованием МЭК (Таблица 4). Хотя по показателю выхода сока применение ФП Laminex BG-2 для обработки ягод заметно проигрывает варианту, где обработку ягод клюквы осуществляли МЭК (Рисунок 5). Полученные результаты подтверждают литературные данные, аргументирующие целесообразность применения целлюлолитических ФП для обработки плодово-ягодного сырья с целью наиболее полного извлечения биологически активных веществ ягод, которое достигается, прежде всего, за счет гидролитического расщепления структурных полисахаридов клеточной стенки – целлюлозы и гемицеллюлозы (Кислухина, 2004).

Таким образом, анализ результатов проведенных исследований позволил обосновать способы и условия предварительной обработки ягод клюквы, обеспечивающие увеличение выхода сока и наиболее полную экстракцию в сок антоциановых пигментов:

- Бланширование: температура греющей среды 90°C, длительность обработки 20 минут: выход сока увеличивается в 2,5 раза, антоцианов – в 3,0 раза;
- Ультразвуковая обработка: температура греющей среды в ультразвуковой ванне 45-50°C, мощность ультразвуковых волн 16 кВт, длительность обработки 15 минут: выход сока увеличивается на 16%, антоцианов – в 2,0 раза;
- Ферментативная обработка: применение МЭК на основе целлюлолитического ФП Laminex BG-2 и пектолитического ФП Фруктоцим П-6Л

в количестве 0,005% каждый к массе мякоти ягод клюквы, время гидролиза 1,5 часа, температура 45°C: выход сока увеличивается на 33%, антоцианов – в 2,2 раза;

- СВЧ-обработка: мощность микроволнового излучения 300 Вт, длительность обработки 3 минуты: выход сока увеличивается на 27%, антоцианов – в 1,9 раза.

О полноте экстракции антоциановых соединений ягод в сок можно судить на основании данных, демонстрирующих качественный состав антоцианов соков, полученных из ягод, прошедших предварительную обработку, что и было реализовано в настоящих исследованиях.

Как свидетельствуют полученные данные, предварительная обработка ягод клюквы в разработанных режимах при получении сока не привела к качественным изменениям антоцианового профиля и не внесла существенных изменений в числовые вариации отдельных антоциановых соединений (Таблица 5).

Антоциановый профиль клюквенных соков представлен шестью антоцианами. Все они построены на основе двух антоцианидинов: цианидина и пеонидина; углеводными компонентами выступают глюкоза, галактоза, арабиноза: цианидин-3-галактозид, цианидин-3-глюкозид, цианидин-3-арабинозид, пеонидин-3-галактозид, пеонидин-3-глюкозид, пеонидин-3-арабинозид (Таблица 6, Рисунки 6, 7, 8, 9, 10).

Преобладающими антоцианами во всех исследуемых образцах являются цианидин-3-галактозид (24,6-25,0%) и пеонидин-3-галактозид (28,7-31,4%), что подтверждают литературные данные о ключевых антоцианах ягод клюквы обыкновенной (Блахей, 2017, с. 379; Benzie, 2014, p. 1-53; Vorsa, 2003, p. 691-697).

Таблица 5

Содержание антоцианов в соках, полученных из ягод клюквы, подвергшихся предварительной обработке, %

Наименование антоциана	Способ предварительной обработки ягод клюквы				
	Бланширование	УЗ-обработка	Ферментативная обработка	СВЧ-обработка	Контроль (без обработки)
Цианидин-3-галактозид	25,0	25,3	23,8	24,7	24,6
Цианидин-3-глюкозид	2,7	2,0	3,3	2,4	2,7
Цианидин-3-арабинозид	21,7	22,5	22,3	22,0	19,0
Пеонидин-3-галактозид	28,7	29,7	29,0	29,7	31,4
Пеонидин-3-глюкозид	4,7	3,1	5,2	4,1	6,0
Пеонидин-3-арабинозид	17,2	17,0	16,4	17,0	16,3

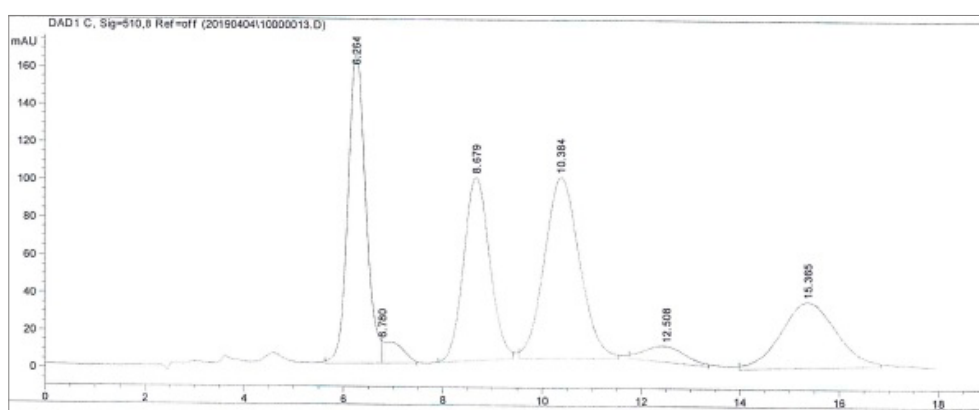


Рисунок 6. Хроматограмма антоцианов сока, полученного из ягод клюквы, подвергшихся ультразвуковой обработке, %.

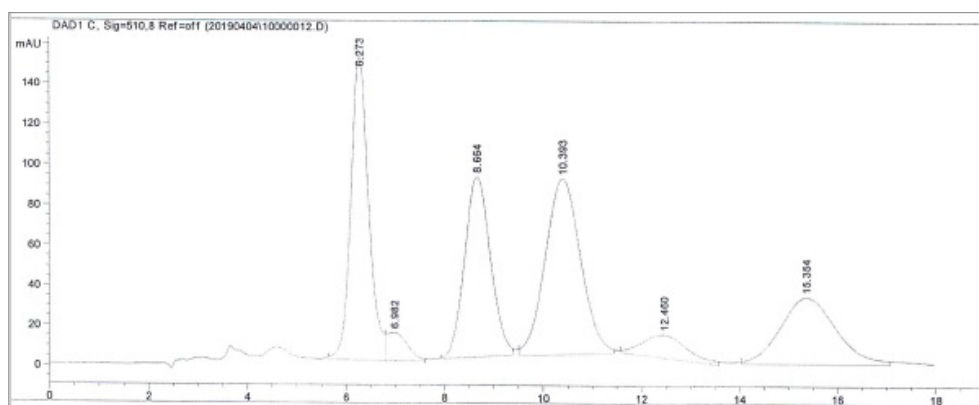


Рисунок 7. Хроматограмма антоцианов сока, полученного из ягод клюквы, подвергшихся СВЧ-обработке, %.

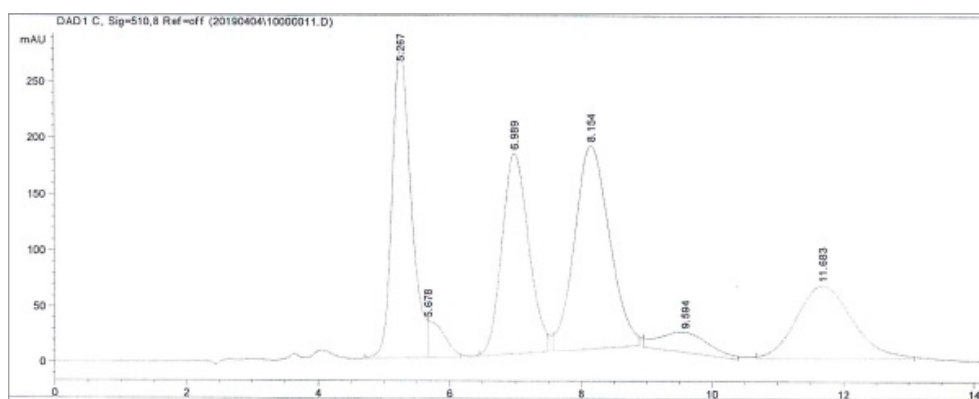


Рисунок 8. Хроматограмма антоцианов сока, полученного из ягод клюквы, подвергшихся бланшированию, %.

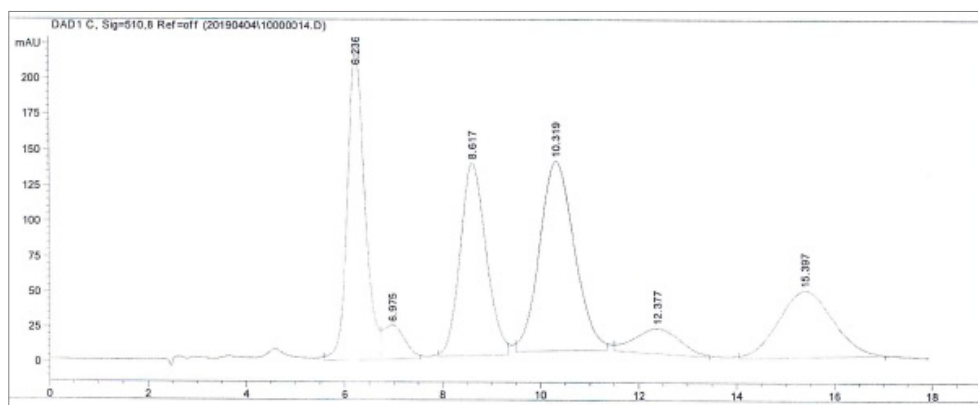


Рисунок 9. Хроматограмма антоцианов сока, полученного из ягод клюквы, обработанных МЭК на основе Laminex BG-2 и Фруктоцим П-6Л.

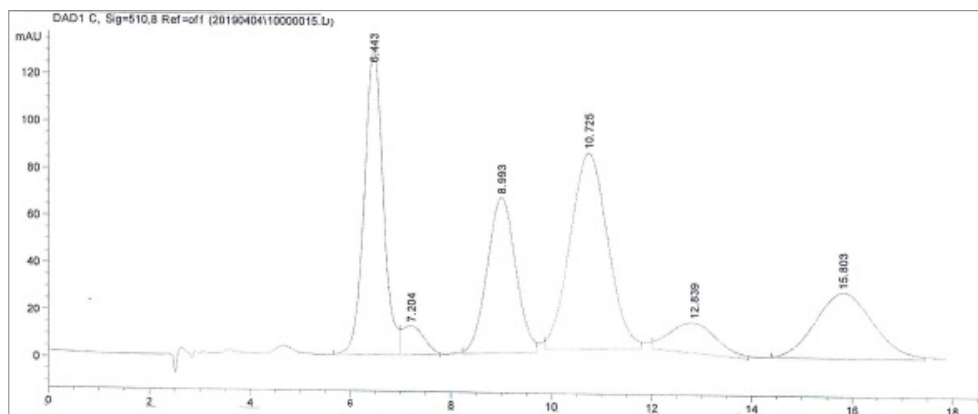


Рисунок 10. Хроматограмма антоцианов сока, полученного из ягод клюквы, не подвергавшихся предварительной обработке, %.

Доказано существенное влияние предварительной обработки ягод клюквы при получении сока на его антиоксидантную активность (Таблица 6).

Анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать вывод, что проведение предварительной обработки ягод клюквы в разработанных условиях при получении сока усиливает его антиоксидантные свойства по сравнению с

контролем: степень ингибирования DPPH-радикала увеличивается в абсолютном выражении на 5,1-12,6%, а антиоксидантная активность соков – в 1,1-1,3 раза (Таблица 6).

Лучшие результаты получены с применением ферментативной предобработки и способа бланширования: антиоксидантная активность соков увеличивается в 1,2-1,3 раза по сравнению с анти-

Таблица 6

Антиоксидантная активность соков из ягод клюквы, прошедших предварительную обработку

Способ предварительной обработки ягод клюквы	Антиоксидантная активность	
	степень ингибирования DPPH- радикала, %	ТЭ, мг/л
УЗ-обработка	52,4	1359
Ферментативная обработка	58,5	1519
Бланширование	59,9	1554
СВЧ-обработка	56,9	1475
Контроль	47,3	1225

оксидантной активностью сока из ягод клюквы, не подвергавшихся предварительной обработке. Полученные результаты коррелируют с экспериментальными данными по выходу антоцианов в сок. Эти способы и условия обработки могут быть признаны наиболее эффективными с позиции более полного извлечения антоцианов ягод в сок, что еще раз подтверждает тот факт, что экстракция антоцианов в сок напрямую связана с проявлением его антиоксидантных свойств.

Выводы

На основании проведенных исследований установлено, что проведение предварительной обработки ягод клюквы при получении сока оказывает существенное влияние на экстракцию антоцианов, выход сока и его антиоксидантную активность.

Экспериментально обоснованы условия предварительной обработки ягод клюквы при получении сока с применением различных способов (бланширование, СВЧ, УЗ, ферментативная обработка), обеспечивающие увеличение выхода сока и наиболее полную экстракцию в сок антоциановых соединений.

Показано, что проведение предобработки ягод клюквы не приводит к качественным изменениям состава антоциановых соединений сока и не оказывает существенного влияния на их количественные соотношения.

Установлено, что проведение предварительной обработки ягод клюквы в разработанных условиях при получении сока способствует повышению его антиоксидантной активности (в 1,1-1,3 раза).

Литература

- Алексеев Е.В., Быстрова Е.А., Дикарева Ю.М. Исследование влияния предварительной обработки ягод брусники с применением композиции ферментных препаратов на химический состав сока // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. С. 282–289.
- Балабанов П.Е., Смотраева И.В. Воздействие ультразвука и микроволнового излучения на выход сока из дикорастущих ягод // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 42. С. 52–56.
- Бибик И.В., Лоскутова Е.В. Исследование факторов оказывающих влияние на процесс экстрагирования полифенольных соединений из плодово-ягодного сырья // В мире научных открытий. 2014. № 11(47). С. 65–67.
- Блажей А.С., Шутый Л.П. Фенольные соединения растительного происхождения. М.: Мир, 2017. 379 с.
- Винницкая В.Ф., Перфилова О.В. Технология функциональных и специализированных продуктов питания с использованием адаптивного ассортимента местного растительного сырья: монография. Мичуринск: Изд-во МГАУ, 2018. 184 с.
- Чеснокова Н.Ю., Левочкина Л.В., Кузнецова А.А., Ермоленко Т.С. Влияние ультразвука и условий экстрагирования на интенсивность извлечения антоцианового пигмента черной смородины // 21 век: Фундаментальная наука и технологии: Материалы XVI международной научно-практической конференции. Северный Чарльстон: CreateSpace, 2018. С. 77–79.
- Воронина М.С., Макарова Н.В. Влияние термической обработки на полифенолы свежих ягод и продукты их переработки // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2015. № 11. С. 49–54.
- Грибова Н.А., Божилкина А.А. Инновационные подходы в области переработки ягод черники // Инновационные механизмы решения проблем научного развития: материалы международной научно-практической конференции. Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2017. С. 131–134.
- Демидова А.В., Макарова Н.В. Влияние режимов бланшировки на физико-химические свойства и антиоксидантную активность фруктового сырья на примере вишни, сливы, черноплодной рябины и клубники // Пищевая промышленность. 2016. № 2. С. 40–43.
- Дубинина И.А., Шевченко Т.В. Особенности подготовки сырья к экстракции // В мире науки и инноваций: материалы международной научно-практической конференции. Уфа: АЭТЕРНА, 2016. С. 24–27.
- Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Использование ультразвукового излучения для экстракции антиоксидантов из ягод // Пищевая промышленность. 2016. № 5. С. 63–65.
- Еремеева Н.Б., Макарова Н.В. Изучение влияния предварительной обработки плодов и ягод ферментными препаратами на выход и антиоксидантную активность экстрактов // Вестник КамчатГТУ. 2018. № 43. С. 55–59.
- Журавлева М.А., Макарова Н.В. Исследование влияния типа ферментного препарата на со-

- держание антоцианов в клюквенном соке // Вестник КрасГАУ. 2019. № 3. С. 182–189.
- Демирова А.Ф., Ахмедов М.Э., Зербалиев А.М., Рахманова Р.А. Использование СВЧ-энергии для интенсификации тепловой стерилизации компота из айвы // Горное сельское хозяйство. 2019. № 1. С. 60–65.
- Калинина И.В., Фаткуллин Р.И. Применение эффектов ультразвукового кавитационного воздействия как фактора интенсификации извлечения функциональных ингредиентов // Вестник ЮУрГУ. 2016. Т. 4. № 1. С. 64–70.
- Кислухина О.В. Витаминные комплексы из растительного сырья. М.: ДеЛи Принт, 2004. 308 с.
- Курбатова Е.И. Разработка биотехнологического процесса получения полуфабрикатов ликероводочных изделий на основе ферментативной обработки плодово-ягодного сырья: автореф. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук: 05.18.07- биотехнология пищевых продуктов (по отраслям). М., 2005. 25 с.
- Макаров С.С., Макаров С.Ю., Панасюк А.Л. Влияние различных технологических факторов на состав антоцианов при производстве вина из черной смородины // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. № 3. С. 72–80.
- Медведева Е.А., Алексеенко Е.В., Багдасарян А.В. Исследование условий применения ферментных препаратов для обработки ягод клюквы при получении сока // Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука: материалы научной конференции с международным участием (часть 2). М.: МГУПП, 2017. С. 171–174.
- Овсянникова Е.А. Разработка комплексного подхода к переработке дикорастущих ягод клюквы и брусники: автореф. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук: 05.18.15- технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания. Кемерово, 2014. 16 с.
- Полина С.А., Хмарская Н.Е., Ефремов А.А. Сравнительный анализ условий экстракционного извлечения антоцианов ARONIA MELANOCARPA Сибирского региона // Журнал Сибирского федерального университета. 2015. Т. 8. № 2. С. 222–231.
- Причко Т.Г., Дрофичева Н.В., Горлов С.М. Параметры интенсификации экстракции биологически активных веществ из яблочного и виноградного сырья // Плодоводство и виноградарство юга России. 2019. № 57(3). С. 138–149.
- Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. 2004. 240 с.
- Рушиц А.А., Щербакова Е.И. Применение СВЧ-нагрева в пищевой промышленности и общественном питании // Вестник ЮУрГУ. 2014. Т. 2. № 1. С. 9–14.
- Рыжова Н.В., Иванова Л.А., Мураенко Е.Н. Совершенствование способов экстракции красящих веществ из растительного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006. № 5. С. 17–18.
- Сатцаева И.К., Витюк Л.А., Зангиева С.В. Сравнительная оценка качества клюквенных полуфабрикатов и ликероводочных изделий, приготовленных на основе биохимической обработки // Химия и химическое образование. XXI век. Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова, 2014. С. 268–272.
- Способ получения сухого водорастворимого экстракта из растительного сырья: пат. 2316375 Рос. Федерация / Зуев Н.В., Сизова Н.М., Спивак В.Л.; заявл. 02.08.2005; опубл. 10.02.2008, Бюл. № 4. 7 с.
- Табатарович А.Н., Худякова О.Д. Использование дикорастущих ягодных ресурсов Омской области в производстве пищевых продуктов // Вести МАНЭБ. 2013. № 2(2). С. 35–37.
- Римарева Л.В., Серба Е.М., Соколова Е.Н., Борщева Ю.А., Игнатова Н.И. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 5. С. 63–74.
- Щеколдина З.Н., Кизим Н.Ф. Влияние внешних факторов на извлечение антоцианов и дубильных веществ из плодов боярышника // Известия Тульского Государственного университета. Естественные науки. 2017. № 3. С. 42–49.
- Эльпинер И.Е. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие. М.: ИФ-МЛ, 2013. 63 с.
- Эшпулатов Н.М., Саломов М.Н. Электротехнологические методы повышения энергоэффективности в производстве соков плодов и винограда // Современные тенденции развития аграрного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции. Солёное Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2016. С. 954–957.
- Alessandro L.G., Kriaa K., Nikov I., Dimitrov K. Ultrasound assisted extraction of polyphenols from black chokeberry // Separation and purification technology. 2012. Vol. 93. P. 42–47.
- Benzie I.F.F., Choi S-W. Antioxidants in food: content, measurement, significance, action, cautions,

- caveats, and research needs // *Advances in Food and Nutr. Res.* 2014. Vol. 71. P. 1–53.
- Bondent V., Brand-Williams W., Berset C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH free radical method // *Journal of Food Science and Technology.* 1997. No. 30. P. 609–615.
- Latti A.K., Riihinen K.R., Jaakola L. Phenolic compounds in berries and flowers of a natural hybrid between bilberry and lingonberry (*Vaccinium in-termedium* Ruthe) // *Phytochem.* 2011. Vol. 72. P. 810–815.
- Sharma H.P., Patel H., Sugandha S. Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices // *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2016. Vol. 57. No. 6. P. 1215–1227.
- Vorsa N., Polashock J., Cunningham D., Roderick R. Genetic inferences and breeding implications from analysis of cranberry germplasm anthocyanin profiles // *J. Am. Soc. Hortic. Sc.* 2003. Vol. 128. P. 691–697.
- White B.L., Howard L.R., Prior R.L. Impact of different stages of juice processing on the anthocyanins, flavonol and procyanidin contents of cranberries // *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2011. Vol. 59. No. 9. P. 4692–4698.

The Influence of Pre-Processing of Berries Cranberries on the Extraction of Anthocyanin Pigments, the Yield of Juice and its Antioxidant Activity

Elena V. Alekseenko

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: elealekseenk@rambler.ru*

Olesya E. Bakumenko

*Moscow State University of Food Production
12 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: bacumenko@rambler.ru*

Mariya M. Azarova

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: mary-0995@mail.ru*

Ismail B. Isabayev

*Bukhara Engineering and Technology Institute
15 K. Murtazayev str., Bukhara, 200100, Republic of Uzbekistan
E-mail: kurbanov.m@rambler.ru*

Murod T. Kurbanov

*Bukhara Engineering and Technology Institute
15 K. Murtazayev str., Bukhara, 200100, Republic of Uzbekistan
E-mail: isabayev_63@mail.ru*

The preferences of manufacturers and consumers of food products are focused on the use of natural ingredients, including natural dyes. A recognized source of red food dyes as anthocyanins is the wild berry-cranberry ordinary *Vaccinium oxycoccos* L. The development of an effective berry processing technology, providing the most complete extraction of anthocyanin compounds into the juice, will allow obtaining berry juice ingredients with a high content of natural anthocyanin dyes and other biologically active substances of berries for use in food formulations. Studies have been carried out on the experimental justification and development of conditions for pre-processing cranberry berries when obtaining juice using various methods (blanching, microwave, ultrasound, enzymatic processing), which provide the most complete extraction of anthocyanin compounds into the juice. It was found that pretreatment of cranberries during juice production has a significant effect on juice yield, anthocyanin extraction and antioxidant activity of the juice. It was experimentally established that the use of ultrasound and microwave pretreatment of cranberry berries in the developed conditions contributes to an increase in juice yield by 16-27%, anthocyanins – by 1.5-1.9 times, and antioxidant activity of the juice – by 1.1 and 1.2 times. Preliminary stage of blanching and carrying out enzymatic processing using IEC based on Fructocym P-6L and Laminex BG2 is more effective as the juice yield is increased by 2.5 and 1.3 times, anthocyanins – by 3.0 and 2.2 times, the antioxidant activity of the juice increased by 1.3 and 1.25 times, respectively, compared with similar indicators set for juices obtained from cranberries that have not been pretreated. It was found that pretreatment of cranberries does not lead to qualitative changes in the composition of anthocyanin juice compounds and their quantitative ratios. It is shown that the anthocyanin profile of cranberry juices is represented by six anthocyanins based on cyanidine and peonidine, the carbohydrate components are glucose, galactose, and arabinose. The predominant anthocyanins are cyanidin-3-galactoside (24.6-25.0%) and peonidin-3-galactoside (28.7-31.4%).

Keywords: cranberry berries; pretreatment; ultrasonic vibrations; ultra-high frequency energy; blanching; enzyme preparations; juice yield; anthocyanins; antioxidant activity

References

- Alekseenko E.V., Bystrova E.A., Dikareva Yu.M. Issledovanie vliyaniya predvaritelnoj obrabotki yagod brusniki s primeneniem kompozicii fermentnykh preparatov na himicheskij sostav soka [Investigation of the effect of pretreatment of cranberries with the use of a composition of enzyme preparations on the chemical composition of the juice]. *Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]*, 2017, vol. 79, no. 1, pp. 282–289.
- Balabanov P.E., Smotraeva I.V. Vozdejstvie ultrazvuka i mikrovolnovogo izlucheniya na vyhod soka iz dikorastushchih yagod [The effect of ultrasound and microwave radiation on the yield of juice from wild berries]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Saint Petersburg state agrarian university]*, 2016, no. 42, pp. 52–56.
- Bibik I.V., Loskutova E.V. Issledovanie faktorov okazyvayushchih vliyanie na process ekstragirovaniya polifenolnykh soedinenij iz plodovo-yagodnogo syrya [Investigation of factors influencing the process of extracting polyphenolic compounds from fruit and berry raw materials]. *V mire nauchnykh otkrytij [In the world of scientific discovery]*, 2014, no. 11(47), pp. 65–67.
- Blazhej A.S., Shutyj L.P. Fenolnye soedineniya rastitelnogo proiskhozhdeniya [Phenolic compounds of plant origin]. Moscow: Mir, 2017. 379 p.
- Vinnickaya V.F., Perfilova O.V. Tekhnologiya funkcionalnykh i specializirovannykh produktov pitaniya s ispolzovaniem adaptivnogo sortimenta mestnogo rastitelnogo syrya [Technology of functional and specialized food products using adaptive assortment of local plant raw materials]. Michurinsk: MGAU publishing house, 2018. 184 p.
- Chesnokova N.Yu., Levochkina L.V., Kuznecova A.A., Ermolenko T.S. Vliyanie ultrazvuka i uslovij ekstragirovaniya na intensivnost izvlecheniya antocianovogo pigmenta chernoj smorodiny [Influence of ultrasound and extraction conditions on the intensity of extraction of anthocyanin pigment of black currant]. In *21 vek: Fundamentalnaya nauka i tekhnologii: Materialy XVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [21st century: Basic science and technology: Proceedings of the XVI International scientific and practical conference]*. North Charleston: CreateSpace, 2018, pp. 77–79.
- Voronina M.S., Makarova N.V. Vliyanie termicheskoy obrabotki na polifenoly svezhih yagod i produkty ih pererabotki [Effect of heat treatment on polyphenols of fresh berries and products of their processing]. *Selskohozyajstvennye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov [Agricultural sciences and agro-industrial complex at the turn of the century]*, 2015, no. 11, pp. 49–54.
- Gribova N.A., Bozhilkina A.A. Innovacionnye podhody v oblasti pererabotki yagod cherniki [Innovative approaches in the field of blueberry processing]. In *Innovacionnye mekhanizmy resheniya problem nauchnogo razvitiya: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Innovative mechanisms for solving problems of scientific development: Proceedings of the International scientific and practical conference]*. Ufa: MCII OMEGA SAJNS, 2017, pp. 131–134.
- Demidova A.V., Makarova N.V. Vliyanie rezhimov blansirovki na fiziko-himicheskie svoystva i antioksidantnuyu aktivnost fruktovego syrya na primere vishni, slivy, chernoplodnoj ryabiny i klubniki [The effect of blanching regimes on the physical and chemical properties and antioxidant activity of fruit raw materials on the example of cherries, plums, chokeberry and strawberries]. *Pishchevaya promyshlennost [Food production]*, 2016, no. 2, pp. 40–43.
- Dubinina I.A., Shevchenko T.V. Osobennosti podgotovki syrya k ekstrakcii [Features of raw material preparation for extraction]. In *V mire nauki i innovacij: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [In the world of science and innovation: Proceedings of the International scientific and practical conference]*. Ufa: AETERNA, 2016, pp. 24–27.
- Eremeeva N.B., Makarova N.V. Ispolzovanie ultrazvukovogo izlucheniya dlya ekstrakcii antioksidantov iz yagod [The use of ultrasonic radiation for the extraction of antioxidants from berries]. *Pishchevaya promyshlennost [Food production]*, 2016, no. 5, pp. 63–65.
- Eremeeva N.B., Makarova N.V. Izuchenie vliyaniya predvaritelnoj obrabotki plodov i yagod fermentnymi preparatami na vyhod i antioksidantnuyu aktivnost ekstraktov [Study of the effect of pretreatment of fruits and berries with enzyme preparations on the yield and antioxidant activity of extracts]. *Vestnik KamchatGTU [Proceedings of KamchatGTU]*, 2018, no. 43, pp. 55–59.
- Zhuravleva M.A., Makarova N.V. Issledovanie vliyaniya tipa fermentnogo preparata na sodержanie antocianov v klyukvennom soke [Study of the effect of the type of enzyme preparation on the content of anthocyanins in cranberry juice]. *Vestnik KrasGAU [Proceedings of KrasGAU]*, 2019, no. 3, pp. 182–189.
- Demirova A.F., Ahmedov M.E., Zerbaliyev A.M., Rahmanova R.A. Ispolzovanie SVCH-energii

- dlya intensivatsii teplovoj sterilizatsii kompota iz ajvy [The use of microwave energy for the intensification of thermal sterilization of compote of quince]. *Gornoe selskoe hozyajstvo [Mountain agriculture]*, 2019, no. 1, pp. 60–65.
- Kalinina I.V., Fatkullin R.I. Primenenie effektivov ultrazvukovogo kavitatsionnogo vozdeystviya kak faktora intensivatsii izvlecheniya funktsionalnykh ingredientov [Application of ultrasonic cavitation effects as a factor of intensification of extraction of functional ingredients]. *Vestnik YUUrGU [Proceedings of SUSU]*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 64–70.
- Kisluchina O.V. Vitaminnye kompleksy iz rastitelnogo syrya [Vitamin complexes from plant raw materials]. Moscow: DeLi Print, 2004. 308 p.
- Kurbatova E.I. Razrabotka biotekhnologicheskogo processa polucheniya polufabrikatov likerovodochnykh izdelij na osnove fermentativnoj obrabotki plodovo-yagodnogo syrya. Avtoref. kand. tekhn. nauk [Development of a biotechnological process for obtaining semi-finished alcoholic beverages based on enzymatic processing of fruit and berry raw materials. Abstract of Ph.D. (Technology) thesis]. Moscow, 2005. 25 p.
- Makarov S.S., Makarov S.Yu., Panasyuk A.L. Vliyaniye razlichnykh tekhnologicheskikh faktorov na sostav antotsianov pri proizvodstve vina iz chernoy smorodiny [Influence of various technological factors on the composition of anthocyanins in the production of black currant wine]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Equipment and technology of food production]*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 72–80.
- Medvedeva E.A., Alekseenko E.V., Bagdasaryan A.V. Issledovanie usloviy primeneniya fermentnykh preparatov dlya obrabotki yagod klyukvy pri poluchenii soka [Study of the conditions for the use of enzyme preparations for the treatment of cranberry berries in the production of juice]. In *Razvitiye pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti Rossii: kadry i nauka: materialy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (chast 2) [Development of the food and processing industry in Russia: Personnel and science: Proceedings of a scientific conference with international participation (part 2)]*. Moscow: MGUPP, 2017, pp. 171–174.
- Ovsyannikova E.A. Razrabotka kompleksnogo podhoda k pererabotke dikorastushchikh yagod klyukvy i brusniki. Avtoref. kand. tekhn. nauk [Development of an integrated approach to processing wild berries cranberries and cranberries. Abstract of Ph.D. (Technology) thesis]. Kemerovo, 2014. 16 p.
- Polina S.A., Hmarskaya N.E., Efremov A.A. Sravnitelnyy analiz usloviy ekstraktsionnogo izvlecheniya antotsianov ARONIA MELANOCARPA Sibirskogo regiona [Comparative analysis of conditions for the extraction of anthocyanins ARONIA MELANOCARPA in the Siberian region]. *Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta [Journal of the Siberian Federal University]*, 2015, vol. 8, no. 2, pp. 222–231.
- Prichko T.G., Droficheva N.V., Gorlov S.M. Parametry intensivatsii ekstraktsii biologicheskii aktivnykh veshchestv iz yablochnogo i vinogradnogo syrya [Parameters of intensification of extraction of biologically active substances from apple and grape raw materials]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo yuga Rossii [Fruit growing and viticulture in the South of Russia]*, 2019, no. 57(3), pp. 138–149.
- Rukovodstvo po metodam kontrolya kachestva i bezopasnosti biologicheskii aktivnykh dobavok k pishche [Guidelines for quality and safety control of dietary supplements]. Moscow: Federal center of Gossanepidnadzor of the Ministry of health of Russia, 2004. 240 p.
- Rushic A.A., Shcherbakova E.I. Primenenie SVCH-nagreva v pishchevoj promyshlennosti i obshchestvennom pitanii [Application of microwave heating in the food industry and public catering]. *Vestnik YUUrGU [Proceedings of SUSU]*, 2014, vol. 2, no. 1, pp. 9–14.
- Ryzhova N.V., Ivanova L.A., Muraenko E.N. Sovershenstvovanie sposobov ekstraktsii krasnyashchikh veshchestv iz rastitelnogo syrya [Improvement of methods for extracting coloring substances from plant raw materials]. *Hraneniye i pererabotka sel'hozsyrya [Storage and processing of food production]*, 2006, no. 5, pp. 17–18.
- Satcaeva I.K., Vityuk L.A., Zangieva S.V. Sravnitel'naya ocenka kachestva klyukvennykh polufabrikatov i likerovodochnykh izdelij, prigotovlennyykh na osnove biokhimicheskoy obrabotki [Comparative assessment of the quality of cranberry semi-finished products and alcoholic beverages prepared on the basis of biochemical processing]. In *Himiya i himicheskoe obrazovaniye. XXI vek [Chemistry and chemical education. Twenty-first century]*. Vladikavkaz: Severo-Osetinskii gosudarstvennyi universitet im. K.L. Hetagurova, 2014, pp. 268–272.
- Sposob polucheniya suhogo vodorastvorimogo ekstrakta iz rastitelnogo syrya [Method for producing dry water-soluble extract from plant raw materials]: Pat. 2316375 Russian Federation. Zuev N.V., Sizova N.M., Spivak V.L.; declared 02.08.2005; publ. 10.02.2008, bulletin no. 4. 7 p.
- Tabat'arovich A.N., Hudyakova O.D. Ispolzovaniye dikorastushchikh yagodnykh resursov Omskoy oblasti v proizvodstve pishchevykh produktov [Use of wild berry resources of the Omsk region in food

- production]. *Vesti MANEB* [*Vesti MANEB*], 2013, no. 2(2), pp. 35–37.
- Rimareva L.V., Serba E.M., Sokolova N.V., Borshcheva Yu.A., Ignatova N.I. Fermentnye preparaty i biokataliticheskie processy v pishchevoj promyshlennosti [Enzyme preparations and biocatalytic processes in the food industry]. *Voprosy pitaniya* [*Nutrition issues*], 2017, vol. 86, no. 5, pp. 63–74.
- Shchekoldina Z.N., Kizim N.F. Vliyaniye vneshnih faktorov na izvlecheniye antocianov i dubilnyh veshchestv iz plodov boyaryshnika [Influence of external factors on the extraction of anthocyanins and tannins from hawthorn fruits]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki* [Proceedings of the Tula state university. Natural sciences], 2017, no. 3, pp. 42–49.
- Elpiner I.E. Ultrazvuk. Fiziko-himicheskoe i biologicheskoe dejstvie [Ultrasound. Physical, chemical and biological effects]. Moscow: IF-ML, 2013. 63 p.
- Eshpulatov N.M., Salomov M.N. Elektrotekhnologicheskie metody povysheniya energoeffektivnosti v proizvodstve sokov plodov i vignograda [Electrotechnological methods of improving energy efficiency in the production of juices of fruits and Winograd]. In *Sovremennyye tendencii razvitiya agrarnogo kompleksa: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Modern trends in the development of the agricultural sector: Proceedings of the International scientific and practical conference]. Solenoe Zajmishche: Caspian research Institute of arid agriculture, 2016, pp. 954–957.
- Alessandro L.G., Kriaa K., Nikov I., Dimitrov K. Ultrasound assisted extraction of polyphenols from black chokeberry. *Separation and purification technology*, 2012, vol. 93, pp. 42–47.
- Benzie I.F.F., Choi S-W. Antioxidants in food: content, measurement, significance, action, cautions, caveats, and research needs. *Advances in Food and Nutr. Res.*, 2014, vol. 71, pp. 1–53.
- Bondent V., Brand-Williams W., Berset C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH free radical method. *Journal of Food Science and Technology*, 1997, no. 30, pp. 609–615.
- Latti A.K., Riihinen K.R., Jaakola L. Phenolic compounds in berries and flowers of a natural hybrid between bilberry and lingonberry (*Vaccinium in-termedium* Ruthe). *Phytochem.*, 2011, vol. 72, pp. 810–815.
- Sharma H.P., Patel H., Sugandha S. Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 2016, vol. 57, no. 6, pp. 1215–1227.
- Vorsa N., Polashock J., Cunningham D., Roderick R. Genetic inferences and breeding implications from analysis of cranberry germplasm anthocyanin profiles. *J. Am. Soc. Hortic. Sc.*, 2003, vol. 128, pp. 691–697.
- White B.L., Howard L.R., Prior R.L. Impact of different stages of juice processing on the anthocyanins, flavonol and procyanidin contents of cranberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, vol. 59, no. 9, pp. 4692–4698.