ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-179-187
УДК 615.322(517.17)

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Экспериментальное определение биологически активных соединений в выжимках свеклы и моркови, районированных в Сибирском регионе

А. В. Кожемяко, И. Ю. Сергеева*, И. В. Долголюк

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Дата поступления в редакцию: 21.01.2021 *Дата принятия в печать: 02.03.2021*

**e-mail: sergeeva.76@list.ru*
© А. В. Кожемяко, И. Ю. Сергеева, И. В. Долголюк, 2021

Аннотация.
Введение. В основе защиты окружающей среды лежит принцип рационального использования природных ресурсов, основанный на безотходной технологии. Отходы переработки овощей – овощные выжимки, которые могут использоваться в качестве вторичного сырья. Получение сведений по содержанию биологически активных веществ в выжимках моркови и свеклы, выращенных на территории Сибирского региона, с целью их дальнейшего использования в технологии функциональных продуктов питания представляет научную значимость.
Объекты и методы исследования. Выжимки моркови сортов «Лосиноостровская», «Нантская» и «Королева осени», выжимки свеклы сортов «Цилиндра» и «Бордо», районированные в Кемеровской области. Год сбора урожая 2019. Определение физико-химических показателей проводили стандартными методами, принятыми в отрасли. Определение каротиноидов, флавоноидов и β-цианина – спектро- и фотоколориметрическим методами.
Результаты и их обсуждение. Изучено содержание основных групп биоактивных веществ в выжимках моркови и свеклы, полученных при переработке овощей различных сортов. Содержание каротиноидов в моркови (мг β-каротина на 100 г сухой массы): «Лосиноостровская» – 23,56 ± 0,23, «Нантская» – 25,32 ± 0,18, «Королева осени» – 20,78 ± 0,25. Содержание флавоноидов (мг катехинового эквивалента на 100 г сухой массы): «Лосиноостровская» – 12,02 ± 0,37, «Нантская» – 13,45 ± 0,56, «Королева осени» – 11,50 ± 0,48. Содержание β-цианина в свекле (мг на 100 г сухой массы): «Цилиндра» – 100,0 ± 8,5; «Бордо» – 35,0 ± 1,8. Определена пищевая ценность выжимок из моркови и свеклы с массовой долей влаги 10 %.
Выводы. Полученные результаты по исследованию основных групп биоактивных веществ в выжимках, полученных при промышленной переработке моркови и свеклы, позволят многоаспектно использовать биохимический потенциал растительного сырья и получить функциональные пищевые продукты, расширив ассортимент здоровых продуктов питания.

Ключевые слова. Переработка овощей, отходы, выжимки, флавоноиды, каротиноиды, цианины

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-416-420001.

Для цитирования: Кожемяко, А. В. Экспериментальное определение биологически активных соединений в выжимках свеклы и моркови, районированных в Сибирском регионе / А. В. Кожемяко, И. Ю. Сергеева, И. В. Долголюк // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51, № 1. – С. 179–187. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-179-187.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Experimental Determination of Biologically Active Compounds in Pomace of Siberian Beet and Carrot

Anastasia V. Kozhemayko, Irina Yu. Sergeeva*, Irina V. Dolgolyuk

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Received: January 21, 2021 *Accepted: March 02, 2021*

**e-mail: sergeeva.76@list.ru*
© A.V. Kozhemayko, I.Yu. Sergeeva, I.V. Dolgolyuk, 2021

Abstract.
Introduction. With the development of the food and processing industry, the matter of environmental pollution is becoming more and more acute. Environmental protection is based on the principle of rational use of natural resources and sustainable technology.

Vegetable pomace is a secondary raw material; its amount depends on the production technology and equipment. The observed positive trend in the gross harvest of vegetables in open ground can increase the number of vegetable processing enterprises and the capacity of existing enterprises. Eventually, waste will start accumulating at processing sites, and it will have to be used as raw materials. The present paper features the content of biologically active substances in pomace of carrots and beets grown on the territory of the Siberian region and introduces options for their further use in functional foods.
Study objects and methods. The research featured carrot pomace of the varieties Losinoostrovskaya, Nantskaya, and Queen of Autumn, as well as beet pomace of varieties Cylinder and Bordeaux. All the samples were harvested in the Kemerovo region in 2019. Determination of physical and chemical parameters was carried out using standard methods. Carotenoids, flavonoids, β-cyanine were studied using spectrometry and photocolorimetric method.
Results and discussion. The experiment featured the content of bioactive substances in pomace of carrots and beets obtained during industrial processing. The content of carotenoids in carrots (mg of β-carotene per 100 g of dry weight): for Losinoostrovskaya variety – 23.56 ± 0.23; Nantskaya – 25.32 ± 0.18; Queen of Autumn – 20.78 ± 0.25. Flavonoid content (mg of catechol equivalent per 100 g of dry weight): Losinoostrovskaya – 12.02 ± 0.37; Nantskaya – 13.45 ± 0.56; Queen of Autumn – 11.50 ± 0.48. The content of β-cyanine in beets (mg per 100 g of dry weight): Cylinder – 100.0 ± 8.5; Bordeaux – 35.0 ± 1.8. The nutritional value of carrot and beet pomace with a mass fraction of moisture was 10%. The nutritional value of vegetable pomace is due to the high content of dietary fiber; therefore, the raw materials can be considered for functional food production. The content of biologically active substances in vegetable pomace (flavonoids, carotenoids, β-cyanines) can enhance the functional orientation of this secondary raw material when used in food technologies for the production of food of high nutritional value.
Conclusion. The results obtained will make it possible to use the biochemical potential of plant raw materials in many aspects, as well as to obtain new functional food products, thereby expanding the range of healthy foods.

Keywords. Vegetable processing, waste, pomace, flavonoids, carotenoids, cyanines

Funding. The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) and the government of the Kemerovo Region, project No. 20-416-420001.

For citation: Kozhemayko AV, Sergeeva IYu, Dolgolyuk IV. Experimental Determination of Biologically Active Compounds in Pomace of Siberian Beet and Carrot. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(1):179–187. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-179-187.

Введение

Овощные культуры открытого грунта выращиваются на территории Российской Федерации (РФ) повсеместно. Однако, в силу агроклиматических условий выращивания сельскохозяйственной продукции, растениеводство затруднено на отдельных территориях. Это связанно с тем, что больше половины территории РФ находится в умеренном поясе. Еще одним важным условием при выращивании сельскохозяйственных растениеводческих культур является химический состав почв [1].

В связи с этим территории, занятые под возделывание овощных и злаковых культур на территории РФ, распределены неравномерно.

Информация по использованию всей посевной площади в РФ для выращивания сельскохозяйственных культур и сборам овощей открытого грунта приведена в таблице 1.

Статистические данные по посевным площадям и валовому сбору свеклы и моркови по РФ (в процентах от количественного показателя категории «овощи открытого грунта» из таблицы 1) приведены на рисунках 1 и 2.

Результаты статистики демонстрируют положительную динамику сборов свеклы и моркови по стране.

Информация по валовым сборам овощей открытого грунта в хозяйствах всех категорий по областям Сибирского федерального округа (СФО) за 2019 г. в % к 2018 г. представлена на рисунке 3 [2].

Рассматривая валовые сборы овощей в хозяйствах всех категорий по областям СФО за 2019 г., в четырех областях – Омской, Новосибирской, Кемеровской и Алтайском крае – наблюдается рост по данному показателю.

Наблюдаемая ситуация скажется либо на увеличении количества предприятий по переработке

Таблица 1. Посевные площади и валовые сборы сельскохозяйственных культур по РФ (хозяйства всех категорий) [2]

Table 1. Harvest area and gross yield of agricultural crops in the Russian Federation (all categories) [2]

Показатель	Года				
	2016	2017	2018	2019	2020 (предв.)
Вся посевная площадь, тыс. гектаров:	79312	80049	79634	79880	79921
в т. ч. овощи открытого грунта	551	535	526	517	513
Валовые сборы овощей открытого грунта, тыс. тонн	11698	11979	11853	12091	–

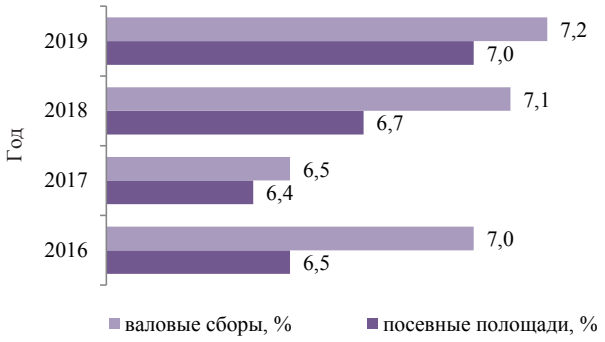

Рисунок 1. Посевные площади и валовые сборы свеклы столовой [2]

Figure 1. Harvest area and gross yield of beets [2]

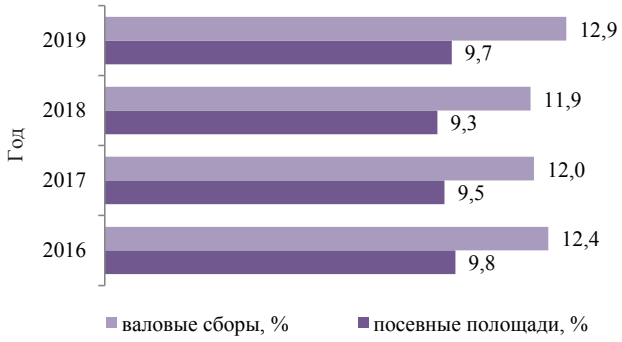

Рисунок 2. Посевные площади и валовые сборы моркови столовой [2]

Figure 2. Harvest area and gross yield of carrots [2]

овощной продукции, либо на наращивании мощности действующих предприятий. Также она может привести к сосредоточению отходов в местах переработки и к поиску возможных путей их использования.

Важную роль в развитии пищевой промышленности в современных условиях, создании ее инвестиционного потенциала и защиты внутреннего рынка играет система технического регулирования. Она призвана обеспечивать защиту жизни и здоровья граждан, а также охрану окружающей среды. Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности создает предпосылки для дальнейшего совершенствования агропромышленного комплекса и формирует благоприятные условия для социально-экономического развития страны.

Сегодня остро стоит вопрос о состоянии окружающей среды, о ее поддержании и создании технологий в различных отраслях, где влияние со стороны производства по отношению к природе сведется к минимуму. Принцип рационального использования природных ресурсов, обеспечивающих защиту окружающей среды, – это и есть основа безотходной технологии. Организовать производство по принципу безотходного производства сложно. Но это необходимо не только из-за состояния окружающей среды, но и ограниченности ресурсов.

Наращивание мощности производства и применение рационального подхода к использованию сырьевых ресурсов – это две одновременно решаемые проблемы перерабатывающей промышленности.

Комплексное и рациональное использование ресурсной базы должно проводиться в сочетании со следующими подходами:

– стремление к безотходной или малоотходной технологии;

– стремление к максимальному использованию отходов и вторичных ресурсов с получением продуктов пищевого и технического назначения.

В настоящее время реализуется много технологий комплексной переработки овощей [3, 4]. Однако далеко не каждый производитель может

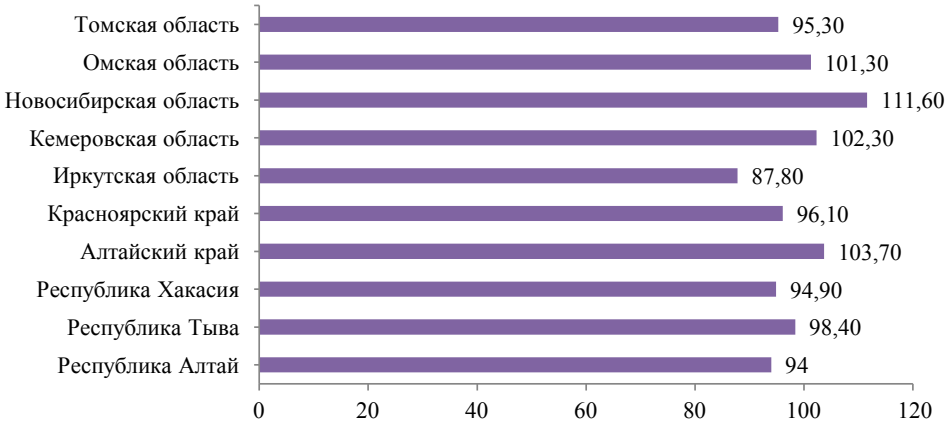

Рисунок 3. Сборы овощей в хозяйствах всех категорий по областям СФО (за 2019 г. в % к 2018 г.)

Figure 3. Harvests of vegetables in farms of all categories by regions of the Siberian Federal District (%, 2019 vs. 2018)

обеспечить производство, которое будет безопасно по отношению к окружающей среде согласно нормативно-технической документации в этой области.

Одним из видов вторичного сырья в классических технологиях консервной продукции являются овощные выжимки, количество которых варьируется в широких пределах и зависит от применяемых на производстве технологий и оборудования [4].

Исследованиям физиологической ценности овощей посвящены многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых [5–10].

Из научной литературы известно, что окраска растений обусловлена веществами вторичного метаболизма растений – флавоноидами, а именно антоцианами, защищающими организм человека от воспалений и повышенной проницаемости кишечника [6, 9, 11, 12]. В тканях свеклы обнаружены структурно иные пигменты – β-цианины [9]. Они обладают широким спектром биологической и физиологической активности: проявляют антиоксидантные свойства, участвуют в метаболизме белков и холина, а также эффективны при лечении рака путем ингибирования процесса пролиферации раковых клеток [9]. В моркови содержится значительное количество как неполярных каротинов (α- и β-фракций), так и полярных ксантофиллов (лютеин) [13, 14]. Помимо каротиноидов, ценными компонентами моркови являются флавоноиды [7]. Мировой науке известны и доказаны антиоксидантная, противовоспалительная, нейропротективная, противоопухолевая, противодиабетическая, противомикробная, антитромбогенная активности флавоноидов, их эффективность при различных сердечно-сосудистых, легочных и других заболеваниях [15–18]. Содержание биоактивных веществ в овощах зависит от сорта и климатических условий района произрастания. Анализ проведенных учеными исследований показал, что в овощах, произрастающих в различных регионах, содержится разное количество флавоноидов и каротиноидов, обладающих высокой антиоксидантной активностью [5, 7, 8, 10].

При производстве морковного и свекольного сока отходами являются выжимки, которые могут быть использованы в качестве вторичного сырья для получения других продуктов питания. Получение сведений по содержанию биологически активных веществ и пищевой ценности выжимок моркови и свеклы, выращенных на территории Сибирского региона, с целью их дальнейшего использования в технологии функциональных продуктов питания представляет научную значимость.

Цель исследования – экспериментальное определение количественного содержания биоактивных веществ в выжимках моркови и свеклы для научного обоснования применения данного вторичного сырья в технологии продуктов питания повышенной пищевой ценности.

Объекты и методы исследования

В экспериментальной части в качестве объектов исследования использовали:

– выжимки моркови сортов «Лосиноостровская», «Нантская» и «Королева осени», районированные в Кемеровской области. Год сбора урожая 2019;

– выжимки свеклы сортов «Цилиндра» и «Бордо», районированные в Кемеровской области. Год сбора урожая 2019.

Выжимки овощные получены в лабораторных условиях в результате производства овощного сока прямого отжима по принятым в отрасли технологии и режимам.

Определение физико-химических показателей овощных выжимок проводили стандартными методами, принятыми в отрасли, а именно:

– определение белка в выжимках по ГОСТ Р 54607.7;

– массовую долю углеводов устанавливали по ГОСТ 8756.13 фотоколориметрическим методом;

– определение жира гравиметрическим методом с его экстракцией смесью хлороформа и этилового спирта по ГОСТ 8756.21;

– определение пищевых волокон по ГОСТ 54014.

Содержание влаги в выжимках устанавливали термогравиметрическим методом при температуре 105 °С в течение 2 ч по ГОСТ 28561.

Определение β-цианина в выжимках свеклы проводили по методу, описанному в [5].

Приготовление растворов экстрактивных веществ образцов моркови для спектрометрирования проводили следующим способом: 2,0 г (точная навеска) измельченного сырья – выжимок моркови – помещали в плоскодонную колбу вместимостью 100,0 см^3 и прибавляли 50,0 см^3 растворителя (применяемые растворители указаны ниже) и взвешивали с погрешностью ± 0,01 г. Колбу с содержимым кипятили на водяной бане с обратным холодильником в течение 2 ч, периодически встряхивая. Полученный экстракт охлаждали до комнатной температуры и доводили массу растворителем до первоначальной. Полученное извлечение фильтровали через беззольный фильтр. Аликвотную часть фильтрата 5,0 см^3 помещали в мерную колбу вместимостью 50,0 см^3 и доводили объем раствора до метки растворителем. В качестве растворителей использовались: вода, раствор этилового спирта (40 об.%), раствор этилового спирта (70 об.%), этиловый спирт (96 об.%).

Количественное определение флавоноидов проводили на спектрофотометре СФ-2000 при длине волны 510 нм в кюветах с толщиной слоя

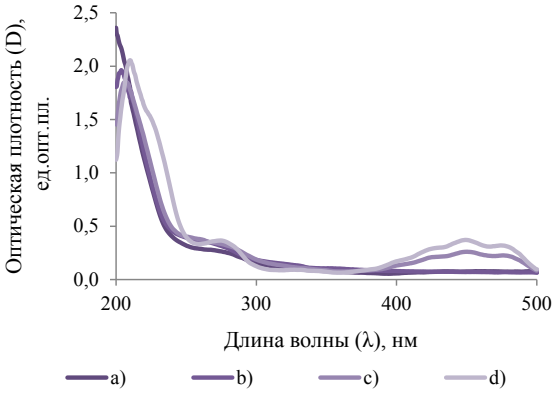

Рисунок 4. Спектры экстрактов выжимок моркови, полученных с использованием разных экстрагентов: a) вода; b) этанол 40 об.%; c) этанол 70 об.%; d) этанол 96 об.%

Figure 4. Spectra of carrot pomace extracts obtained using different extractants: a) water; b) ethanol 40 vol.%; c) ethanol 70 vol.%; d) ethanol 96 vol.%

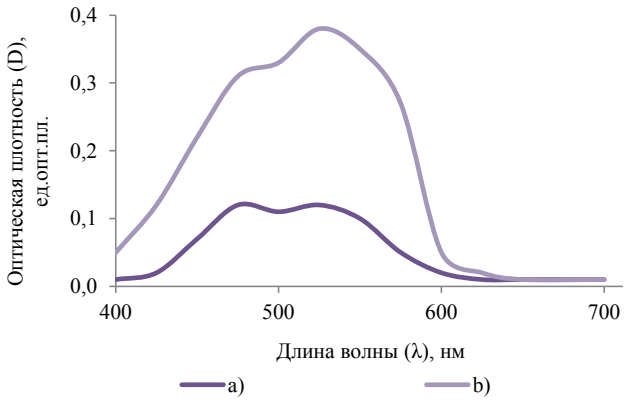

Рисунок 5. Спектры экстрактов выжимок свеклы: a) «Бордо»; b) «Цилиндра»

Figure 5. Spectra of beet pomace extracts: a) Bordeaux; b) Cylinder

10 мм по методике, описанной в [19, 20]. Общее содержание флавоноидов выражали в миллиграммах катехинового эквивалента на 100 г сухого веса образца.

Для определения содержания каротиноидов использовали экстракт с использованием растворителя этилового спирта (96 об.%). Измеряли оптическую плотность экстракта спектрофотометрически на спектрофотометре СФ-2000 при длине волны 450 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм, используя в качестве раствора этиловый спирт 96 об.% [21].

Экстракты готовили в трехкратной повторности. Измерение содержания каротиноидов и флавоноидов проводили в трехкратной повторности.

Полученные в исследованиях результаты обрабатывались с использованием программного обеспечения Microsoft Office 2007. В иллюстрационном материале представлены средние значения и стандартное отклонение результатов.

Результаты и их обсуждение

Для определения содержания биологически активных веществ в овощных выжимках необходимо экстрагировать эти соединения. В аналитической практике для этих целей используют этиловый спирт объемной концентрации 30–90 %, органические кислоты и эфиры. Для качественной оценки состава экстрагируемых биоактивных соединений из выжимок моркови (например, сорт «Лосиноостровская») проводили экстракцию различными растворителями. В полученных экстрактах были определены спектры, которые представлены на рисунке 4.

Из представленных данных видно, что присутствуют спектры, характерные для α-, β-каротина и лютеина с выраженными максимумами поглощения на 450 и 480 нм. Еще один максимум при 270–280 нм характерен и для каротиноидов и различных флавоноидов. Установлено, что максимальное количество целевых веществ экстрагировано при использовании этанола 96 об.%.

Экстракцию β-цианина свеклы проводили 2 %-ным раствором муравьиной кислоты. Результаты измерений оптической плотности представлены на рисунке 5.

Максимум поглощения на спектрах при 535 нм соответствует наличию в экстрактах свеклы β-цианина.

Для количественного определения каротиноидов и флавоноидов в выжимках моркови различных сортов проводили экстрагирование этанолом концентрации 96 об.%. Результаты определения представлены в таблице 2.

Содержание биоактивных веществ в овощах зависит от сорта. В сорте моркови «Нантская» определено большее количество флавоноидов и каротиноидов по сравнению с другими изучаемыми сортами. Сорт свеклы «Цилиндра» демонстрирует высокое содержание β-цианина, чем сорт «Бордо».

Полученные значения содержания веществ не противоречат имеющимся в литературе данными по исследованию биохимического состава овощей, районированных в других областях РФ [5, 7]. В исследованных образцах выжимок содержание флавоноидов оказалось несколько ниже, чем каротиноидов. Это можно объяснить несколькими причинами: зависимость от агроклиматических условий выращивания, неравномерным переходом веществ в сок при технологической переработке, а также нахождением части биоактивных веществ в овощах в связанном состоянии.

Таблица 2. Содержание веществ вторичного метаболизма растений в выжимках моркови и свеклы различных сортов

Table 2. Secondary plant metabolism substances in pomace of carrots and beets of various varieties

Сорта овощей	Содержание каротиноидов, мг β-каротина на 100 г сухой массы	Содержание флавоноидов, мг катехинового эквивалента на 100 г сухой массы	Содержание β-цианина, мг на 100 г сухой массы
Морковь			
«Лосиноостровская»	13,56 ± 0,23	6,02 ± 0,37	–
«Нантская»	15,32 ± 0,18	7,45 ± 0,56	–
«Королева осени»	10,78 ± 0,25	6,50 ± 0,48	–
Свекла			
«Цилиндра»	–	–	100,0 ± 8,5
«Бордо»	–	–	35,0 ± 1,8

Таблица 3. Пищевая ценность овощных выжимок (с массовой долей влаги 10 %)

Table 3. Nutritional value of vegetable pomace with a 10% mass moisture fraction

Нутриент, г	Норма*, г/сут	Выжимки моркови «Нантская»		Выжимки свеклы «Цилиндра»	
		количество	% от нормы в 100 г	количество	% от нормы в 100 г
Белки	60	6,9 ± 0,4	11,5	10,5 ± 0,4	17,5
Жиры	60	2,3 ± 0,2	3,8	2,0 ± 0,2	3,3
Углеводы	257	27,0 ± 1,5	10,5	27,0 ± 1,5	10,5
Пищевые волокна	20	51,2 ± 2,7	256,0	48,0 ± 2,7	240,0
* указаны нормы нутриентов для взрослого человека согласно МР 2.3.1.2432-08					

Овощные выжимки являются вторичными ресурсами, используемыми в технологии различных пищевых продуктов. Известны способы применения овощных выжимок при производстве хлеба, мучных кондитерских изделий и соков [4, 22]. Для различных технологических целей используют высушенные овощные выжимки с различным содержанием влаги, а также порошки, полученные из высушенных выжимок.

Для оценки возможных путей дальнейшего использования овощных выжимок в качестве сырьевого компонента следует определить их пищевую ценность и провести расчет процентного содержания макронутриентов в овощных выжимках от норм физиологических потребностей. В таблице 3 представлены результаты определения пищевой ценности выжимок моркови сорта «Нантская» и свеклы сорта «Цилиндра» с массовой долей влаги 10 %.

Проведенные исследования показали, что основная часть в овощных выжимках приходится на пищевые волокна, количество которых составляет почти половину от общего содержания нутриентов. Пищевые волокна выжимок представляют собой функциональный пищевой ингредиент. Они служат питательной средой для многих полезных микроорганизмов, наполняющих желудочно-кишечный тракт. Потребление пищевых волокон в рекомендуемых количествах, согласно МР 2.3.1.2432-08, позволит предотвратить застойные процессы в кишечнике.

Согласно нормам физиологических потребностей в основных пищевых веществах и энергии суточная потребность в β-каротине для взрослого населения составляет 5 мг в сутки, суточная потребность в флавоноидах – 250 мг в сутки, в том числе катехинов 100 мг в сутки (МР 2.3.1.2432-08). При этом для придания функциональных свойств пищевому продукту одна порция должна содержать функциональный пищевой ингредиент в количестве, составляющем не менее 15 % от суточной физиологической потребности.

Таким образом, при проектировании состава функционального продукта (или натурального функционального продукта) необходимо в совокупности рассматривать содержание биоактивного вещества в выжимках, рациональную дозу внесения выжимок и порцию продукта для обеспечения требований функциональности.

Пищевая ценность овощных выжимок обусловлена повышенным содержанием пищевых волокон. Следовательно, овощные выжимки можно рассматривать в качестве сырья для производства функциональных продуктов питания. Содержание биологически активных веществ в овощных выжимках (флавоноидов, каротиноидов, β-цианинов) может способствовать усилению функциональной направленности данного вторичного сырья при использовании в пищевых технологиях для производства продуктов питания повышенной пищевой ценности.

Выводы

Исследовано содержание флавоноидов и каротиноидов в выжимках моркови сортов «Лосиноосровская», «Нантская», «Королева осени», а также содержание β-цианина в выжимках свеклы сортов «Цилиндра», «Бордо». Определена пищевая ценность овощных выжимок с массовой долей влаги 10 %. Основная часть нутриентов в овощных выжимках приходится на пищевые волокна. Это позволяет рассматривать данное вторичное сырье как натуральный функциональный ингредиент при производстве продукции повышенной пищевой ценности.

Результаты по исследованию биоактивных веществ в выжимках, полученных при промышленной переработке моркови и свеклы, позволят многоаспектно использовать биохимический потенциал растительного сырья и получить функциональные пищевые продукты, расширив ассортимент продуктов здорового питания.

Критерии авторства

А. В. Кожемяко – организация исследований, получение фактического материала, написание рукописи. И. Ю. Сергеева – методология исследований, общая редакция рукописи. И. В. Долголюк – аналитический обзор литературы, статистическая обработка результатов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

A.V. Kozhemyako supervised the research, obtained experimental data, and wrote the manuscript. I.Yu. Sergeeva developed the research methodology and proofread the manuscript. I.V. Dolgolyuk reviewed scientific publications and processed the results.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение / Н. Ф. Ганжара. – М. : Агроконсалт, 2001. – 392 с.

2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/. – Дата обращения: 10.01.2021.

3. Development of manufacturing technology of non-waste production of the field vegetable processing / A. V. Kozhemyako, T. F. Kiselyova, E. A. Vechtomova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 224, № 1. https://doi.org/10.1088/1755-1315/224/1/012058.

4. Глубокая переработка плодовоовощного сырья с получением соков и функциональных ингредиентов / М. А. Кожухова, Р. А. Дроздов, Л. А. Рыльская [и др.] // Наука и образование. – 2020. – Т. 3, № 4.

5. Бетацианины корнеплодов красной столовой свеклы / И. И. Саенко, О. В. Тарасенко, В. И. Дейнека [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2012. – Т. 122, № 3. – С. 194–200.

6. Determination of the degradation kinetics of anthocyanins in a model juice system using isothermal and non-isothermal methods / N. Harbourne, J. C. Jacquier, D. J. Morgan [et al.] // Food Chemistry. – 2008. – Vol. 111, № 1. – P. 204–208. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.023.

7. Prieciņaliga, L. Influence of steam treatment and drying on carrots composition and concentration of phenolics, organic acids and carotenoids / L. Prieciņaliga, D. Kārkliņa // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 72, № 2. – P. 103–112. https://doi.org/10.2478/prolas-2018-0017.

8. Soluble and insoluble-bound phenolics and antioxidant activity of various industrial plant wastes / Z. Gulsunoglu, F. Karbancioglu-Guler, K. Raes [et al.] // International Journal of Food Properties. – 2019. – Vol. 22, № 1. – P. 1501–1510. https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1656233.

9. Azeredo, H. M. C. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review / H. M. C. Azeredo // International Journal of Food Science and Technology. – 2009. – Vol. 44, № 12. – P. 2365–2376. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x.

10. Борисова, А. В. Экспериментальное определение физико-химических и антиоксидантных показателей четырех видов овощей / А. В. Борисова, Н. В. Макарова // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 25, № 2. – С. 14–19.

11. Anthocyanin-loaded PEG-gold nanoparticles enhanced the neuroprotection of anthocyanins in an $A\beta_{1-42}$ mouse model of alzheimer's disease / T. Ali, M. J. Kim, S. U. Rehman [et al.] // Molecular Neurobiology. – 2017. – Vol. 54, № 8. – C. 6490–6506. https://doi.org/10.1007/s12035-016-0136-4.

12. The anti-inflammatory effects of dietary anthocyanins against ulcerative colitis / S. Li, B. Wu, W. Fu [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2019. – Vol. 20, № 10. https://doi.org/10.3390/ijms20102588.

13. The impact of the method extraction and different carrot variety on the carotenoid profile, total phenolic content and antioxidant properties of juices / A. Purkiewicz, J. Ciborska, M. Tańska [et al.] // Plants. – 2020. – Vol. 9, № 12. https://doi.org/10.3390/plants9121759.

14. Green chemistry extractions of carotenoids from *Daucus carota* L. – supercritical carbon dioxide and enzyme-assisted methods / N. Miękus, A. Iqbal, K. Marszałek [et al.] // Molecules. – 2019. – Vol. 24, № 23. https://doi.org/10.3390/molecules24234339.

15. Flavonoids determine the rate of fibrillogenesis and structure of collagen type I fibrils in vitro / Yu. A. Kim, Yu. S. Tarahovsky, S. G. Gaidin [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2017. – Vol. 104. – P. 631–637. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.06.070.

16. Maher, P. The potential of flavonoids for the treatment of neurodegenerative diseases / P. Maher // International Journal of Molecular Sciences. – 2019. – Vol. 20, № 12. https://doi.org/10.3390/ijms20123056.

17. Glucuronidated flavonoids in neurological protection: Structural analysis and approaches for chemical and biological synthesis / M. Docampo, A. Olubu, X. Wang [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2017. – Vol. 65, № 35. – P. 7607–7623. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02633.

18. Role of plant-derived flavonoids and their mechanism in attenuation of Alzheimer's and Parkinson's diseases: An update of recent data / G. Hussain, L. Zhang, A. Rasul [et al.] // Molecules. – 2018. – Vol. 23, № 4. https://doi.org/10.3390/molecules23040814.

19. Phytochemical and antioxidative potential of orange, red, yellow, rainbow and black coloured tropical carrots (*Daucus carota* subsp. *sativus* Schubl. & Martens) / B. K. Singh, T. K. Koley, A. Maurya [et al.] // Physiology and Molecular Biology of Plants. – 2018. – Vol. 24, № 5. – 899–907. https://doi.org/10.1007/s12298-018-0574-8.

20. Тринеева, О. В. Валидация методики определения каротиноидов в плодах облепихи различных способов консервации / О. В. Тринеева, А. И. Сливкин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016. – № 2. – С. 145–151.

21. Chemical composition, functional properties and processing of carrot – A review / K. D. Sharma, S. Karki, N. S. Thakur [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2012. – Vol. 49, № 1. – P. 22–32. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0310-7.

References

1. Ganzhara NF. Pochvovedenie [Soil science]. Moscow: Arrokonsalt; 2001. 392 p. (In Russ.).

2. Federal′naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service] [Internet]. [cited 2021 Jan 10]. Available from: https://rosstat.gov.ru/.

3. Kozhemyako AV, Kiselyova TF, Vechtomova EA, Monastyrskaya EA, Mityakina OV. Development of manufacturing technology of non-waste production of the field vegetable processing. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;224(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/224/1/012058.

4. Kozhukhova MA, Drozdov RA, Rylskaya LA, Drozdova TA. Deep processing of fruit and vegetable raw materials to produce juices and functional ingredients. Nauka i obrazovanie [Science and Education]. 2020;3(4). (In Russ.).

5. Saenko II, Tarasenko OV, Deineka VI, Deineka LA. Betacyanins of red beetroot root. Belgorod State University Scientific Bulletin Natural Sciences. 2012;122(3):194–200. (In Russ.).

6. Harbourne N, Jacquier JC, Morgan DJ, Lyng JG. Determination of the degradation kinetics of anthocyanins in a model juice system using isothermal and non-isothermal methods. Food Chemistry. 2008;111(1):204–208. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.023.

7. Prieciņaliga L, Kārkliņa D. Influence of steam treatment and drying on carrots composition and concentration of phenolics, organic acids and carotenoids. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences. 2018;72(2):103–112. https://doi.org/10.2478/prolas-2018-0017.

8. Gulsunoglu Z, Karbancioglu-Guler F, Raes K, Kilic-Akyilmaz M. Soluble and insoluble-bound phenolics and antioxidant activity of various industrial plant wastes. International Journal of Food Properties. 2019;22(1):1501–1510. https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1656233.

9. Azeredo HMC. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. International Journal of Food Science and Technology. 2009;44(12):2365–2376. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x.

10. Borisova AV, Makarova NV. Experimental definition of physico-chemical and antioxidant indices of four kinds of vegetables. Food Processing: Techniques and Technology. 2012;25(2):14–19. (In Russ.).

11. Ali T, Kim MJ, Rehman SU, Ahmad A, Kim MO. Anthocyanin-loaded PEG-gold nanoparticles enhanced the neuroprotection of anthocyanins in an $A\beta_{1-42}$ mouse model of alzheimer's disease. Molecular Neurobiology. 2017;54(8):6490–6506. https://doi.org/10.1007/s12035-016-0136-4.

12. Li S, Wu B, Fu W, Reddivari L. The anti-inflammatory effects of dietary anthocyanins against ulcerative colitis. International Journal of Molecular Sciences. 2019;20(10). https://doi.org/10.3390/ijms20102588.

13. Purkiewicz A, Ciborska J, Tańska M, Narwojsz A, Starowicz M, Przybylowicz KE, et al. The impact of the method extraction and different carrot variety on the carotenoid profile, total phenolic content and antioxidant properties of juices. Plants. 2020;9(12). https://doi.org/10.3390/plants9121759.

14. Miękus N, Iqbal A, Marszałek K, Puchalski C, Swiergiel A. Green chemistry extractions of carotenoids from *Daucus carota* L. – supercritical carbon dioxide and enzyme-assisted methods. Molecules. 2019;24(23). https://doi.org/10.3390/molecules24234339.

15. Kim YuA, Tarahovsky YuS, Gaidin SG, Yagolnik EA, Muzafarov EN. Flavonoids determine the rate of fibrillogenesis and structure of collagen type I fibrils in vitro. International Journal of Biological Macromolecules. 2017;104:631–637. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.06.070.

16. Maher P. The potential of flavonoids for the treatment of neurodegenerative diseases. International Journal of Molecular Sciences. 2019;20(12). https://doi.org/10.3390/ijms20123056.

17. Docampo M, Olubu A, Wang X, Pasinetti G, Dixon RA. Glucuronidated flavonoids in neurological protection: Structural analysis and approaches for chemical and biological synthesis. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017;65(35):7607–7623. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02633.

18. Hussain G, Zhang L, Rasul A, Anwar H, Sohail MU, Razzaq A, et al. Role of plant-derived flavonoids and their mechanism in attenuation of Alzheimer's and Parkinson's diseases: An update of recent data. Molecules. 2018;23(4). https://doi.org/10.3390/molecules23040814.

19. Singh BK, Koley TK, Maurya A, Singh PM, Singh B. Phytochemical and antioxidative potential of orange, red, yellow, rainbow and black coloured tropical carrots (*Daucus carota* subsp. *sativus* Schubl. & Martens). Physiology and Molecular Biology of Plants. 2018;24(5):899–907. https://doi.org/10.1007/s12298-018-0574-8.

20. Trineeva OV, Slivkin AI. Validation procedures for determining carotenoids in fruits of sea buckthorn in various ways conservation. Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2016;(2):145–151. (In Russ.)

21. Sharma KD, Karki S, Thakur NS, Attri S. Chemical composition, functional properties and processing of carrot – A review. Journal of Food Science and Technology. 2012;49(1):22–32. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0310-7.