Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2025-3-170-176 Оригинальная статья/Research article
УДК 635.752:664.859:66.098 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Перспективная технология получения пищевой клетчатки из корневого цикория

Полина Н. Шаповалова [1] shapovalova@rgau-msha.ru 0009-0001-7406-7668
Альберт Х.-Х. Нугманов [1] nugmanov@rgau-msha.ru 0000-0002-4093-9982
Сергей А. Масловский [2] smaslowskij@rambler.ru 0000-0001-9183-6564
Павел Д. Осмоловский [1] pavel.osmolovsku@mail.ru 0000-0003-1131-1552
Арина А. Одинцова [1] odintsowaarina@rgau-msha.ru 0000-0002-8033-7820

1 Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия
2 РОСИНФОРМАГРОТЕХ, ул. Лесная, 60, Московская обл., Пушкинский р-н, 141261, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты исследований по разработке технологии получения пищевой клетчатки из рафината, образующегося при экстрагировании целевых компонентов из сырья корневого. В качестве объекта исследований был взят отечественный сорт Ярославский 1, отличающийся повышенным содержанием инулина, достигающим 18,0%. Экстрагирование инулина из корнеплодов осуществляли после их измельчения на терочной поверхности с каплевидными отверстиями методом водной экстракции при гидромодуле 1:3 и температуре 90 °С. Полученный после диффузии рафинат подвергался сепарированию с возвращением в технологический процесс диффузного сока, а твердый остаток подвергали СВЧ сушке. Установлены оптимальные параметры СВЧ сушки – мощность излучения 540 Вт, продолжительность – 32 мин. При этом остаточная влажность высушиваемого объекта стремится к 10%, что позволяет обеспечить его длительное хранение. Готовый продукт после измельчения на ножевой мельнице представлял собой гомогенный порошок с размером отдельных частиц от 0,3 до 0,5 светло-коричневого цвета, с горьковатым привкусом, обусловленным остаточным содержанием интибина. Аромат слабовыраженный, свойственный исходному сырью. Усредненное содержание клетчатки в готовом продукте составляло 77,6 или 87,2% от общего содержания сухих веществ. Также выявлено наличие белков (3,6%) и следовое количество жиров. Предлагаемый продукт может быть использован в качестве добавки при производстве различных видов пищевых продуктов (мясных, молочных, хлебобулочных, кондитерских и др.) с целью их обогащения клетчаткой, или реализовываться как БАД пребиотического действия «Растительная клетчатка».

Ключевые слова: Цикорий корневой, экстракция, инулиновый концентрат, инулин, рафинат, СВЧ-сушка, клетчатка..

A promising technology for obtaining dietary fiber from chicory root

Polina N. Shapovalova [1] shapovalova@rgau-msha.ru 0009-0001-7406-7668
Albert H.-H. Nugmanov [1] nugmanov@rgau-msha.ru 0000-0002-4093-9982
Sergey A. Maslowskij [2] smaslowskij@rambler.ru 0000-0001-9183-6564
Pavel D. Osmolovskiy [1] pavel.osmolovsku@mail.ru 0000-0003-1131-1552
Arina A. Odintsova [1] odintsowaarina@rgau-msha.ru 0000-0002-8033-7820

1 Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russia,
2 ROSINFORMAGROTECH, 60 Lesnaya St., Moscow Region, Pushkinsky District, 141261, Russia

Abstract. This paper presents the results of research into the development of a technology for producing dietary fiber from raffinate formed during the extraction of target components from raw materials of root origin. The study utilized the domestic Yaroslavsky 1 variety, characterized by a high inulin content of up to 18.0%. Inulin was extracted from the root vegetables after grinding them on a grating surface with teardrop-shaped holes using water extraction at a water ratio of 1:3 and a temperature of 90 °C. The raffinate obtained after diffusion was separated, returning the diffuse juice to the process, and the solid residue was microwave-dried. Optimal microwave drying parameters were established: a radiation power of 540 W and a duration of 32 minutes. The residual moisture content of the dried product approaches 10%, which ensures its long-term shelf life. The finished product, after grinding in a knife mill, was a homogeneous powder with a particle size of 0.3 to 0.5 mm, light brown in color, and had a slightly bitter taste due to residual intibin. The aroma was mild, characteristic of the original raw material. The average fiber content in the finished product was 77.6, or 87.2% of the total dry matter content. Protein (3.6%) and trace amounts of fat were also detected. The proposed product can be used as an additive in the production of various food products (meat, dairy, bakery, confectionery, etc.) to enrich them with fiber, or sold as a prebiotic dietary supplement "Plant Fiber."

Keywords: chicory root, extraction, inulin, inulin concentrate, raffinate, microwave drying, fiber.

Введение

Согласно современной теории, рацион питания человека должен ежедневно содержать весь установленный набор нутриентов в необходимом количестве и соотношении, а также балластные вещества. Роль последних в питании современного человека научно обоснована работами многих ученых [1, 2]. Балластные вещества представлены в основном клетчаткой – комплексом сложных нерастворимых углеводов, которые не подвергаются кислотному и ферментативному гидролизу в желудочно-кишечном

Для цитирования
Шаповалова П.Н., Нугманов А.Х., Масловский С.А., Осмоловский П.Д., Одинцова А.А. Перспективная технология получения пищевой клетчатки из корневого цикория // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 3. С. 170–176. doi:10.20914/2310-1202-2025-3-170-176

For citation
Shapovalova P.N., Nugmanov A.Kh., Maslovsky S.A., Osmolovsky P.D., Odintsova A.A. A promising technology for obtaining dietary fiber from chicory root. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 3. pp. 170–176. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-3-170-176

© 2025, Шаповалова П.Н. и др. / Shapovalova P.N. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

тракте человека и частично разрушающиеся в толстом кишечнике под воздействием микрофлоры, чем и объясняются их пищевые свойства. Основными источниками клетчатки являются отруби, непросеянная мука и хлеб из нее плоды, ягоды, овощи картофель [3, 4]. Суточная норма потребления клетчатки составляет 25–35 или 15–20 г на 1000 ккал пищевого рациона [5]. Более 90% потребляемых человеком продуктов (мясо, молочные продукты, рыба, яйца и т. д.) вообще не содержат клетчатки в среднем городской житель получает в составе рациона от 10 до 50 г [6]. Данный факт обуславливает важность производства пищевой клетчатки обогащения продуктов питания.

В литературе описаны различные способы и технологии обогащения клетчаткой мясных [1, 7], молочных продуктов [8], хлебобулочных [9], кондитерских изделий [10].

Основой для увеличения объемов производства пищевой клетчатки и повышения ее качества является организация сырьевой базы и совершенствование технологий ее получения. Говоря о сырье, перспективном для производства подобной продукции необходимо отметить корневой цикорий. Его используют в качестве сырья при производстве чайных и кофейных напитков, кондитерских и хлебопекарных изделий, маринадов, а также в медицинской промышленности [11, 12].

Важное значение имеет корневой цикорий как сырье для производства инулина [13]. В литературе описаны различные приемы, направленные на интенсификацию процесса извлечения инулина. В частности, приводится способ экстракции горячей водой, ультразвуковая экстракция, микроволновая экстракция, использование ферментов, сверхкритическая флюидная экстракция [14, 15].

При производстве инулина в качестве побочного продукта образуется рафинат – измельченная масса корнеплодов, содержащая остаточные количества биологически активных соединений, содержавшихся в исходном сырье. Перспективным способом его утилизации, соответствующим принципам экономики замкнутого цикла, является переработка на пищевую клетчатку.

Анализируя литературные источники по данному вопросу, можно отметить, что проблема получения пищевой клетчатки из корнеплодов цикория после экстракции из него инулина изучена недостаточно и имеет большой научный потенциал.

Материалы и методы

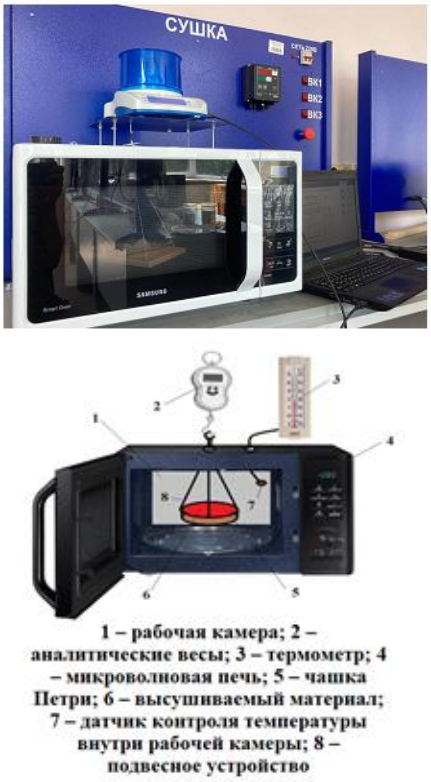
Исследования проводили на базе кафедры Технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В качестве объекта исследований были взяты корнеплоды цикория сорта Ярославский-1, выращенный на Ростовской опытной станции по цикорию – филиале ФГБНУ ФНЦО.

Биохимические показатели качества сырья определяли по общепринятым методикам: содержание сухих веществ – термогравиметрическим методом по ГОСТ 28561–90, сахаров – перманганатным методом по ГОСТ 8756.13–87, аскорбиновой кислоты – титриметрическим методом по ГОСТ 24556–89, инулин – хроматографическим методом.

Технологическая схема лабораторной переработки корнеплодов цикория осуществлялась по технологической схеме, описанной в [15].

Определение кинетических показателей процесса сушки проводили с использованием лабораторного стенда на базе микроволновой печи SAMSUNG SMART OVEN максимальной мощностью (N) 1000 Вт, работающей на частоте (f) 2450 МГц (рис. 1)

Определение качества полученной пищевой клетчатки проводили путем оценки ее органолептического описания и определения ее химического состава по ГОСТ 13496.2–91, ГОСТ 13496.4–2019, ГОСТ 13496.4–2016.



1 – рабочая камера; 2 – аналитические весы; 3 – термометр; 4 – микроволновая печь; 5 – чашка Петри; 6 – высушиваемый материал; 7 – датчик контроля температуры внутри рабочей камеры; 8 – подвесное устройство

Рисунок 1. – Лабораторный стенд для определения кинетических показателей процесса сушки»

Figure 1. Laboratory stand for determining the kinetic parameters of the drying process

Результаты и обсуждение

Сорт корневого цикория Ярославский 1 выведен на Ростовской опытной станции по цикорию – филиале ФГБНУ ФНЦО, включен в Реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2022 году. Отличается корнеплодом цилиндрической формы, что оптимально для механизированной уборки. Продолжительность вегетационного периода 128 дней, урожайность – 182,0 ц/га.

Таблица 1.
Биохимические показатели качества корнеплодов цикория корневого сорта Ярославский 1

Table 1.
Biochemical quality indicators of chicory root crops of the Yaroslavsky 1 root variety

Показатель | Indicator	Значение | Value
Сухое вещество, % | Dry matter, %	21,60
Массовая доля инулина, мг/100 г Mass fraction of inulin, mg/100 g	18,0
Витамин С, мг % | Vitamin C, mg%	2,40
Сумма сахаров, % | Total sugars, %	12,52
моно-сахара | mono sugars	1,45
ди-сахара | di-sugar	11,07

Сорт Ярославский 1 отличается высоким содержанием сухих веществ (показатель, находящийся в прямой корреляционной зависимости с содержанием клетчатки), богат легкоусваиваемыми сахарами (12,25%) и инулином (18,0%). Ранее проведенные исследования [16] показали, что данный сорт по содержанию инулина превосходит многие отечественные и зарубежные сорта, и поэтому представляет большой интерес для данного способа переработки.

Получение инулинового концентрата осуществляли путем измельчения корнеплодов на терочной поверхности с каплевидными отверстиями и экстрагирования методом водной экстракции при гидромодуле 1:3 при температуре 90 °С.

При проведении лабораторных исследований кинетики сушки определяли такую характеристику, как съём сухого продукта с единицы рабочей площади в час Y, кг/(м^2·ч):

$$Y = \frac{M}{F\tau} \quad (1)$$

где M – масса полуфабриката, подвергаемого сушке; F – площадь, занимаемая сырьем, м^2; τ – продолжительность сушки, час;

Параметры сушки рафината на лабораторном стенде представлены в таблице 2

Таблица 2.
Режимные параметры процесса микроволновой сушки исследуемого рафината

Table 2.
Process parameters of microwave drying of the studied raffinate

$W_н$, кг/кг	f, МГц	N, Вт	h, см	$W_к$, кг/кг
0,64	2450	360	5,0	0,1
		540		
		720		
		900		

Результат проведённых экспериментальных исследований процесса микроволновой сушки цикория корневого и расчета удельной производительности Y, кг/(м^2·ч) представлен в таблице 3

Таблица 3.
Данные по экспериментальному исследованию процесса сушки на опытной установке

Table 3.
Data on the experimental study of the drying process in a pilot plant

Мощность СВЧ, Вт Microwave power, W	Съем сухого продукта с единицы площади, кг/(м^2·час) Consumption of dry product per unit area, kg/(m^2·hour)	Время, мин Time, min
360	14,75	56
540	25,89	32
720	31,91	26
900	подгорание продукта burning of the product	

Из представленной таблицы следует, что с увеличением мощности от 360 до 720 Вт отмечается сокращение продолжительности сушки от 25 до 26 мин и соответственно увеличивается величина съема сухого продукта с единицы площади от 17,55 до 31,91 кг/(м^2·час). Увеличение мощности СВЧ до 900 Вт недопустимо, так как при этом отмечалось очаговое подгорание рафината.

При мощности 540 и 720 Вт температура внутри камеры находилась на уровне 100–110 °С, но увеличение мощности не привело к существенному сокращению продолжительности сушки, и целесообразным следует считать только 2 мощностных параметра – 360 и 540 В.

Установлено, что при мощности излучения 540 Вт средняя температура объекта обезвоживания составляла 98,3 °С. Это объясняется тем, что при микроволновой сушке пищевого продукта, энергия эффективно поглощается водой, содержащейся в сырье. Как только вода достигает температуры, близкой к точке кипения, большая часть энергии, поглощаемой от микроволн, используется для фазового перехода – испарения воды. Этот процесс требует значительного количества энергии, и до тех пор, пока в продукте остается достаточное количество воды для испарения, температура продукта

не будет значительно превышать температуру кипения воды (около 100 °С). Мощность микроволновки (540 Вт) может быть достаточной для поддержания этого процесса испарения, но недостаточной для быстрого удаления всей воды и значительного повышения температуры продукта выше температуры кипения за 30 минут. Другими словами, энергия, которую продукт получает от микроволновки, в основном расходуется на то, чтобы превратить воду в пар, а не на повышение температуры самого продукта, т. е. пока есть вода для испарения, температура будет стабилизироваться около 100 °С.

Динамика изменения влажности рафината в зависимости от продолжительности сушки представлена на рисунке 2

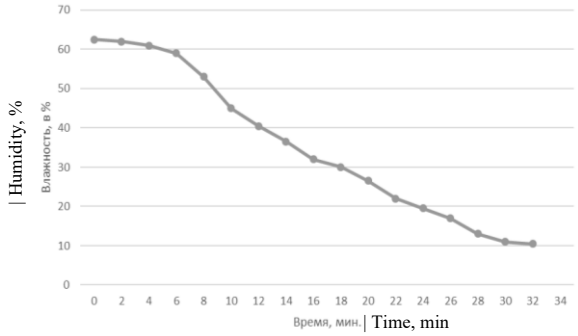


Рисунок 2. Динамика изменения влажности рафината в процессе сушки при мощности СВЧ 540 Вт

Figure 2. Dynamics of changes in raffinate moisture content during drying at a microwave power of 540 W

Таким образом, оптимальными параметрами для СВЧ сушки рафината цикория следует признать следующие: мощность СВЧ излучения 540 Вт, продолжительность – 32 мин. При этом остаточная влажность приближается 10%, при которых невозможно развитие на готовом продукте патогенной микрофлоры и обеспечивается его длительное хранение.

Технологическая схема получения пищевой клетчатки из корнеплодов цикория включала в себя следующие операции: сепарация рафината с отделением твёрдой фракции с возвращением в технологический процесс полученного на этом этапе диффузного сока, микроволновая сушка твердой фракции при установленных параметрах, измельчение на ножевой дробилке, фасовка.

Готовый продукт имел вид однородного порошка светло-коричневого цвета с размером частиц 0,3–0,5 мм. Вкус нейтральный, с легким горьковатым привкусом, обусловленный наличием остаточного содержания интибина. Аромат слабовыраженных, характерный для исходного сырья.

Полученный продукт анализировали по основным показателям, определяющим ее потребительских характеристики (остаточная влажность, массовая доля клетчатки, белков, жиров) по методикам, указанным выше. Результаты их определения и статистическая обработка полученных данных представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Химический состав пищевой клетчатки, полученной из рафината цикория, %

Table 4.

Chemical composition of dietary fiber obtained from chicory raffinate, %

Показатель Indicator	Среднее значение, $\bar{x}$ The average value, $\bar{x}$	Дисперсия, S^2 Variance, S^2	Стандартное отклонение, S Standard deviation, S	Коэффициент вариации, V Coefficient of variation, V	Относительная ошибка выборочной средней $S_{\bar{x}}$ Relative error of the sample mean $S_{\bar{x}}$
Сухое вещество Dry matter	89,0 ± 0,62	1,9	1,4	1,6	0,7
Клетчатка | Fiber	77,6 ± 0,61	1,9	1,4	1,8	0,7
Белки | Proteins	3,6 ± 0,11	0,1	0,3	8,3	3,05
Жиры |Fats	0,14 ± 0,02	0,0	-	-	14,2

На основании проведенных исследований было установлено, что при массовой доле сухих веществ в готовом продукте 89% содержание сухой клетчатки составляет 77,6%, или 87,2% от общего содержания сухих веществ. За счет концентрирования нерастворимых в воде белков при высушивании рафината их концентрация в конечном продукте возрастает до 3,6%. Также были выявлен жир в следовых количествах.

Таким образом, полученный продукт может быть использован для обогащения клетчаткой различных видов продуктов питания, в том числе и хлебобулочных изделиях, сочетаемость которых с продуктами переработки цикория доказана ранее проведенными работами [17], а также может реализовываться как пищевая добавка пребиотического действия.

Для получения экстракта и готового продукта авторами была разработана и запатентована установка, принцип действия которой заключается в активации процесса экстракции и сушке рафината с использованием СВЧ энергии [18].

Заключение

На основании проведенной научно-исследовательской работы можно сделать следующие выводы:

1. Цикорий сорта Ярославский 1 является ценным сырьем переработки вследствие высокого содержания в корнеплодах нативного инулина (до 18%) и цилиндрической формы корнеплода, оптимальной для его механизированной уборки.

2. Получение пищевой клетчатки является оптимальным способом использования рафината, образующегося после отделения диффузного сока из измельченных корнеплодов цикория корневого.

3. Установлены оптимальные параметры СВЧ сушки рафината из цикория Они имеют следующий вид: мощность СВЧ – 540 Вт, продолжительность 32 мин. Остаточная влажность высушиваемого продукта обеспечивает его стойкость при хранении и устойчивость к микробной порче.

4. Готовый продукт содержит 77,6% сырой клетчатки, что составляет 87,2% от общего содержания в нем сухих веществ, 3,6% белков и следовое количество жиров. По своим органолептическим характеристикам его можно использовать для обогащения клетчаткой различных видов продуктов питания, а также реализовывать как пищевую добавку пребиотического действия «Растительная клетчатка».

Литература

1 Мартышкин А.А., Калиничев Е.А. Использование инновационных компонентов при производстве функциональных мясных продуктов // Высокоэффективные технологии в агропромышленном комплексе. 2022. С. 132–136.

2 Косанов С.У., Ибраимова А.И., Турдумаматов С.Т., Акбарова С.Ж. Обоснование технологии производства снековой продукции из плодов дыни // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 5-2 (119). С. 57–61.

3 Коннова О.И., Арабова З.М., Алексанян И.Ю., Нугманов А.Х.-Х., Бакин И.А., Мустафина А.С. Перспективы повышения эффективности процессов экстракции каротиноидов из побочных продуктов переработки биологического сырья // Современная наука и инновации. 2023. № 4 (44). С. 152–159.

4 Евсеева С.С., Андреева Е.В., Нугманов А.Х.-Х., Алексанян И.Ю. Определение параметров плодоовощных сырьевых материалов для рациональной организации экстракции природных красителей // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020. № 3. С. 150–159.

5 Поладашвили Р.О., Галстян Н.В. Пищевые волокна – важная составляющая сбалансированного здорового питания // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 68-2. С. 68–71.

6 Кичигина Е.Ю. Значение пищевых волокон в питании человека // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития. 2020. С. 94–97.

7 Есимова Л.Б., Котельникова Ю.А., Кореневская П.А., Грикшас С.А. Обоснование использования пищевой клетчатки в производстве мясных продуктов // Научные основы развития АПК: сборник научных трудов по материалам XXII Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Томск, 15 мая 2020 г.). Томск: Издательский центр «Золотой колос», 2020. С. 20–23.

8 Гаврилова Н.Б., Туманова И.А., Семенова Е.А., Федорова О.С. Современная биотехнология производства молочного десерта с функциональными ингредиентами // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2024. Т. 86. № 1. С. 70–83.

9 Бекболатова М.Б., Шаймерденова Д.А., Чаканова Ж.М., Жалелов Е.М., Байгарин Е.Ж. Обогащение хлеба тонкодисперсными порошками отрубей зерновых культур // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2023. Т. 11. № 1. С. 65–76.

10 Тютиков А.С., Журавлев Р.А. Перспективы использования овсяной клетчатки с целью обогащения мучных кондитерских изделий // Инновации в индустрии питания и сервисе: электронный сборник материалов V Международной научно-практической конференции (Краснодар, 11 ноября 2022 г.). Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2023. С. 504–506.

11 Полянина Т.Ю., Вьютнова О.М., Смирнова И.В., Новикова И.А. Золотой корешок // Известия ФНЦО. 2020. № 3–4. С. 100–104. doi: 10.18619/2658-4832-2020-3-4-100-104.

12 Гаспарян Ш.В., Масловский С.А., Замятина М.Е., Корнев А.В., Рыбина С.Д. Использование цикория обыкновенного в качестве сырья для производства маринованной продукции // Агро-инновации. 2019. № 2 (2). С. 38–47.

13 Rambaud C., Croy M., Choque E. The great diversity of products from Cichorium intybus L. culture: how to valorize chicory byproducts: a review // Discover Plants. 2025. V. 2. № 1. P. 107.

14 Бызов В.А. Системный анализ состояния и перспективы развития производства инулина (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 6. С. 757–776.

15 Нугманов А.Х.-Х., Бакин И.А., Мустафина А.С., Шаповалова П.Н. Исследование технологических методов экстракции инулина из корней обыкновенного цикория (Cichorium intybus L.) // Хранение и переработка сельхозсырья. 2024. № 4. С. 33–44. doi: 10.36107/spfp.2024.4.597.

16 Бызов В.А., Костюченко М.Н., Соловьева А.А., Иванов Д.С. Системный анализ технологии производства корне- и клубнеплодов для переработки на инулин // АгроЭкоИнженерия. 2023. № 3 (116). С. 66–84.

17 Бегеулов М.Ш., Масловский С.А., Корнев А.В., Рыбина С.Д. Использование продуктов переработки корнеплодов цикория в хлебопечении // Хлебопродукты. 2021. № 1. С. 36–39.

18 Пат. 2840780 C1 Рос. Федерация. Устройство для получения растительных экстрактов и гидролатов под воздействием СВЧ-энергии / Нугманов А.Х.-Х., Бакин И.А., Журавлев А.В. и др.; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; заявл. 07.05.2024; опубл. 28.05.2025.

19 Akram H., Zafar H., Abbasi B.H. The chicory root (Cichorium intybus var. sativum) frontier: pioneering biotechnological advancements // Phytochemistry Reviews. 2025. V. 24. P. 5659–5683. doi: 10.1007/s11101-025-10085-x.

20 Puhlmann M.L. Back to the chicory roots: Dietary fibers rediscovered to benefit human health: диссертация. Wageningen University and Research, 2024. 185 p.

21 Omary L., Belzer C., de Clercq N.C., Aydin Ö., Prodan A., Levin E., Bergman J.J.H.M., Gerdes V.E.A., de Vos W.M., Nieuwdorp M. Intrinsic chicory root fibers modulate colonic microbial butyrate-producing pathways and improve insulin sensitivity in individuals with obesity // Cell Reports Medicine. 2025. V. 6. № 7. P. 102237. doi: 10.1016/j.xcrm.2025.102237.

22 Puhlmann M.-L., Jokela R., van Dongen K.C.W., van den Bosch T.P.P., van Baarlen P., Smidt H., Wells J.M., de Vos W.M. Dried chicory root improves bowel function, benefits intestinal microbial trophic chains and increases faecal and circulating short chain fatty acids in subjects at risk for type 2 diabetes // Gut Microbiome. 2022. V. 3. P. e4. doi: 10.1017/gmb.2022.4.

References

1. Martyshkin A.A., Kalinichev E.A. The use of innovative components in the production of functional meat products. High-efficiency technologies in the agro-industrial complex. 2022. pp. 132–136. (in Russian)

2. Kosanov S.U., Ibraimova A.I., Turdumamatov S.T., Akbarova S.Zh. Justification of the technology for the production of snack products from melon fruits. International Research Journal. 2022. no. 5-2 (119). pp. 57–61. (in Russian)

3. Konnova O.I., Arabova Z.M., Aleksanyan I.Yu., Nugmanov A.Kh.-Kh., Bakin I.A., Mustafina A.S. Prospects for increasing the efficiency of carotenoid extraction processes from by-products of biological raw material processing. Modern Science and Innovations. 2023. no. 4 (44). pp. 152–159. (in Russian)

4. Evseeva S.S., Andreeva E.V., Nugmanov A.Kh.-Kh., Aleksanyan I.Yu. Determination of parameters of fruit and vegetable raw materials for rational organization of extraction of natural dyes. Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. 2020. no. 3. pp. 150–159. (in Russian)

5. Poladashvili R.O., Galstyan N.V. Dietary fiber – an important component of a balanced healthy diet. Trends in the development of science and education. 2020. no. 68-2. pp. 68–71. (in Russian)

6. Kichigina E.Yu. The importance of dietary fiber in human nutrition. Agro-industrial complex: problems and development prospects. 2020. pp. 94–97. (in Russian)

7. Yesimova L.B., Kotelnikova Yu.A., Korenevskaya P.A., Grikshas S.A. Justification of the use of dietary fiber in the production of meat products. Scientific foundations for the development of agro-industrial complex: collection of scientific papers based on the materials of the XXII All-Russian (National) scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists with international participation (Tomsk, May 15, 2020). Tomsk: Publishing Center "Golden Ear", 2020. pp. 20–23. (in Russian)

8. Gavrilova N.B., Tumanova I.A., Semenova E.A., Fedorova O.S. Modern biotechnology for the production of dairy dessert with functional ingredients. Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. 2024. vol. 86. no. 1. pp. 70–83. (in Russian)

9. Bekbolatova M.B., Shaimerdenova D.A., Chakanova Zh.M., Zhalelov E.M., Baigarin E.Zh. Enrichment of bread with finely dispersed powders of cereal bran. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2023. vol. 11. no. 1. pp. 65–76. (in Russian)

10. Tyutikov A.S., Zhuravlev R.A. Prospects for the use of oat fiber for the enrichment of flour confectionery products. Innovations in the food industry and service: electronic collection of materials of the V International Scientific and Practical Conference (Krasnodar, November 11, 2022). Krasnodar: Kuban State Technological University, 2023. pp. 504–506. (in Russian)

11. Polyanina T.Yu., Vyutnova O.M., Smirnova I.V., Novikova I.A. Golden root. Proceedings of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing. 2020. no. 3–4. pp. 100–104. doi: 10.18619/2658-4832-2020-3-4-100-104 (in Russian)

12. Gasparyan Sh.V., Maslovsky S.A., Zamyatina M.E., Kornev A.V., Rybina S.D. The use of common chicory as a raw material for the production of pickled products. Agro-innovations. 2019. no. 2 (2). pp. 38–47. (in Russian)

13. Rambaud C., Croy M., Choque E. The great diversity of products from Cichorium intybus L. culture: how to valorize chicory byproducts: a review. Discover Plants. 2025. vol. 2. no. 1. p. 107.

14. Byzov V.A. Systematic analysis of the state and prospects for the development of inulin production (review). Agrarian Science of the Euro-North-East. 2022. vol. 23. no. 6. pp. 757–776. (in Russian)

15. Nugmanov A.Kh.-Kh., Bakin I.A., Mustafina A.S., Shapovalova P.N. Research of technological methods for extracting inulin from the roots of common chicory (Cichorium intybus L.). Storage and Processing of Farm Products. 2024. no. 4. pp. 33–44. doi: 10.36107/spfp.2024.4.597 (in Russian)

16. Byzov V.A., Kostiuchenko M.N., Solovyova A.A., Ivanov D.S. Systematic analysis of the technology for the production of root and tuber crops for processing into inulin. AgroEcoEngineering. 2023. no. 3 (116). pp. 66–84. (in Russian)

17. Beguelov M.Sh., Maslovsky S.A., Kornev A.V., Rybina S.D. The use of chicory root processing products in baking. Bread Products. 2021. no. 1. pp. 36–39. (in Russian)

18. Nugmanov A.Kh.-Kh., Bakin I.A., Zhuravlev A.V. et al. Device for obtaining plant extracts and hydrolates under the influence of microwave energy. Patent RF, no. 2840780 C1, 2025.

19. Akram H., Zafar H., Abbasi B.H. The chicory root (Cichorium intybus var. sativum) frontier: pioneering biotechnological advancements. Phytochemistry Reviews. 2025. vol. 24. pp. 5659–5683. doi: 10.1007/s11101-025-10085-x

20. Puhlmann M.L. Back to the chicory roots: Dietary fibers rediscovered to benefit human health: dissertation. Wageningen: Wageningen University and Research, 2024. 185 p.

21.Omary L., Belzer C., de Clercq N.C., Aydin Ö., Prodan A., Levin E., Bergman J.J.H.M., Gerdes V.E.A., de Vos W.M., Nieuwdorp M. Intrinsic chicory root fibers modulate colonic microbial butyrate-producing pathways and improve insulin sensitivity in individuals with obesity. Cell Reports Medicine. 2025. vol. 6. no. 7. p. 102237. doi: 10.1016/j.xcrm.2025.102237

22.Puhlmann M.-L., Jokela R., van Dongen K.C.W., van den Bosch T.P.P., van Baarlen P., Smidt H., Wells J.M., de Vos W.M. Dried chicory root improves bowel function, benefits intestinal microbial trophic chains and increases faecal and circulating short chain fatty acids in subjects at risk for type 2 diabetes. Gut Microbiome. 2022. vol. 3. p. e4. doi: 10.1017/gmb.2022.4

Сведения об авторах

Полина Н. Шаповалова преподаватель, кафедра технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, shapovalova@rgau-msha.ru
https://orcid.org/0009-0001-7406-7668

Альберт Х.-Х. Нугманов д.т.н., профессор, профессор, кафедра технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, nugmanov@rgau-msha.ru
https://orcid.org/0000-0002-4093-9982

Сергей А. Масловский к.с.-х.н., доцент, в.н.с., отдел научно-информационного обеспечения Инновационного развития АПК, РОСИНФОРМАГРОТЕХ, ул. Лесная, 60, Московская обл., Пушкинский р-н, 141261, Россия, smaslowskij@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0001-9183-6564

Павел Д. Осмоловский к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, pavel.osmolovsku@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1131-1552

Арина А. Одинцова преподаватель, кафедра управления качеством и товароведения продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127434, Россия, odintsowaarina@rgau-msha.ru
https://orcid.org/0000-0002-8033-7820

Information about authors

Polina N. Shapovalova lecturer, department of technology of storage and processing of fruit and vegetable and crop products, Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, Russia, shapovalova@rgau-msha.ru
https://orcid.org/0009-0001-7406-7668

Albert H.-H. Nugmanov Dr. Sci. (Engin.), professor, professor, department of technology of storage and processing of fruit and vegetable and crop products, Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, Russia, nugmanov@rgau-msha.ru
https://orcid.org/0000-0002-4093-9982

Sergey A. Maslowskij Cand. Sci. (Agric.), associate professor, l.r., department of scientific and information support for the innovative development of the agroindustrial complex, ROSINFORMAGROTECH, 60 Lesnaya St., Moscow Region, Pushkinsky District, 141261, Russia, smaslowskij@rambler.ru
https://orcid.org/0000-0001-9183-6564

Pavel D. Osmolovskiy Cand. Sci. (Agric.), associate professor, department of technology of storage and processing of fruit and vegetable and crop products, Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, Russia, pavel.osmolovsku@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1131-1552

Arina A. Odintsova lecturer, department of quality management and commodity science of products, Russian State Agrarian University – Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127434, Russia, odintsowaarina@rgau-msha.ru
https://orcid.org/0000-0002-8033-7820

Вклад авторов

проведение экспериментальных исследований и обработка полученных данных

Contribution

conducting experimental studies and processing the data obtained

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/07/2025	**После редакции** 18/08/2025	**Принята в печать** 10/09/2025

Received 01/07/2025	**Accepted in revised** 18/08/2025	**Accepted** 10/09/2025