

DOI: <https://doi.org/10.17816/RF105029>

Изменение содержания фенольных соединений в полуфабрикатах из цикория салатного Эндивий в процессе низкотемпературной обработки

В.С. Колодязная, Е.И. Кипрушкина, О.Н. Румянцева, Д.Ю. Миронова

Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Актуальность исследований изменения содержания моно- и димерных фенольных соединений и их суммы при замораживании и хранении полуфабрикатов обусловлена тем, что разновидности Эндивия, цикория салатного, обладающие множеством полезных элементов, применимы для лечебного и диетического питания.

Цель – изучить кинетику реакций окисления и гидролиза фенольных соединений трех сортов цикория салатного в процессе замораживания и хранения.

Материалы и методы. Общее содержание фенольных соединений, сумму фенолкарбоновых кислот и флавоноидов в свежих овощах и полуфабрикатах из салатного цикория отечественных сортов Кружево и Эльвира, а также итальянского сорта Корнетто К-56 определяли методом спектрофотометрии в свежем салате после сбора урожая, затем – после гомогенизации, замораживания, и периодически – в процессе низкотемпературного хранения.

Результаты. Выявлены кинетические зависимости изменения содержания фенольных соединений от продолжительности хранения полуфабрикатов из цикория салатного сортов Кружево, Эльвира, Корнетто К-56 в замороженном состоянии. Рассчитаны константы скорости реакции (псевдопервого порядка) изменения содержания исследуемых веществ в процессе хранения полуфабрикатов из цикория салатного. Установлено, что для снижения потерь клеточного сока при дефростации для сохранения количества фенольных соединений при хранении полуфабрикатов из салатного цикория рекомендуется на стадии гомогенизации добавлять пектин в количестве 3,0% от массы гомогенизированного цикория исследуемых сортов.

Выводы. Показано, что в процессе хранения цикория салатного максимально сохраняются фенольные соединения и снижаются потери клеточного сока: в сортах Эльвира и Кружево – в течение 180 сут, в сорте Корнетто К-56 – 150 сут. Замороженный полуфабрикат из гомогенизированного цикория салатного исследуемых сортов рекомендуется использовать в технологиях здорового питания, в частности при производстве низкокалорийных напитков, хлебобулочных и кондитерских изделий.

Ключевые слова: салатный цикорий Эндивий, замораживание, холодильное хранение, дефростация, фенольные соединения, кинетика реакций, потеря клеточного сока, функциональные продукты

Для цитирования:

Колодязная В.С., Кипрушкина Е.И., Румянцева О.Н., Миронова Д.Ю. Изменение содержания фенольных соединений в полуфабрикатах из цикория салатного Эндивий в процессе низкотемпературной обработки // *Холодильная техника*. 2022. Т. 111, № 1. С. 29–36.
DOI: <https://doi.org/10.17816/RF105029>

DOI: <https://doi.org/10.17816/RF105029>

Change in the content of phenolic compounds in semi-finished products from endive *Cichorium endivia* during low-temperature processing

Valentina S. Kolodyaznaya, Elena I. Kiprushkina, Olga N. Rumiantseva, Daria Yu. Mironova

ITMO University, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Research on changes in the content of monomeric and dimeric phenolic compounds and their amount during freezing and storage of semi-finished products is relevant because the varieties of endive *Cichorium endivia*, which have many useful elements, are applicable for medical and dietary nutrition.

AIM: This article aimed to analyze the kinetics of the oxidation and hydrolysis reactions of phenolic compounds of three varieties of endive during freezing and storage.

MATERIALS AND METHODS: The total content of phenolic compounds and the amount of phenolcarboxylic acids and flavonoids in fresh vegetables and semi-finished products from Russian varieties Kruzhevo and Elvira endive, as well as the Italian variety Kornetto K-56, were determined by spectrophotometry in fresh endive after harvesting, then after homogenization, freezing, and periodically in the process of low-temperature storage.

RESULTS: Kinetic dependencies of changes in the content of phenolic compounds on the duration of storage of semi-finished products from endive varieties Kruzhevo, Elvira, and Kornetto K-56 in a frozen state were revealed. The constants of the reaction rate (pseudo-first order) of the change in the content of the studied substances during storage of endive semi-finished products were calculated. To reduce the loss of cell sap during defrosting to maintain the amount of phenolic compounds during storage of endive semi-finished products, adding pectin in the homogenization stage at an amount of 3.0% by weight of the homogenized endive of the varieties under study is recommended.

CONCLUSIONS: During storage of endive, phenolic compounds are preserved to the maximum, and cell sap losses are reduced within 180 days in the Elvira and Kruzhevo varieties, and within 150 days in the Kornetto K-56 variety. The frozen semi-finished product from homogenized endive of the studied varieties is recommended for use in healthy nutrition technologies, particularly in the production of low-calorie drinks and bakery and confectionery products.

Keywords: endive *Cichorium endivia*, freezing, cold storage, defrosting, phenolic compounds, reaction kinetics, cell sap loss, functional products

To cite this article:

Kolodyaznaya VS, Kiprushkina EI, Rumiantseva ON, Mironova DY. Changes in the content of phenolic compounds in semi-finished products of chicory endive in the process of low temperature treatment. *Refrigeration Technology*. 2022;111(1):29–36. DOI: <https://doi.org/10.17816/RF105029>

ВВЕДЕНИЕ

В пищевом рационе современного человека важная роль отводится зеленым культурам, которые отличаются высоким содержанием биологически активных веществ [1–5].

В почвенно-климатических условиях Северо-Западного региона Российской Федерации, в том числе в Ленинградской области выращиваются различные сорта цикория салатного (лат. *Cichorium endivia*) – селекционного продукта дикорастущего цикория, многолетнего растения из семейства Астровые (*Asteraceae*). В сельском хозяйстве выращивают три сорта салатного цикория – Эндивий, Эскарриол и Витлуф: они различаются по урожайности, химическому составу и биологической ценности [6, 7]. Как ценная овощная культура салатный цикорий пользуется заслуженным признанием со времен Древней Греции и Рима. Этот салат популярен в ряде европейских стран, например во Франции, Бельгии, Нидерландах, где его выращивают в зимний период и импортируют в другие страны. В Российской Федерации промышленное значение имеет салатный цикорий Эндивий. Наличие гликозида интибина, макро- и микроэлементов калия, кальция, железа, марганца, меди, кобальта, магния, бария, алюминия, цинка, а также ряда витаминов (С, В1, В2, В6, РР, К) позволяет использовать эту разновидность салатного цикория для лечебного и диетического питания [6–12].

Продукты из салатного цикория рекомендуются людям, страдающим сахарным диабетом, от проблем с пищеварением, при малокровии, при диспепсии, заболеваниях печени, селезенки, почек, для улучшения состава крови и как средство, успокаивающее нервную систему.

Во многих зеленых культурах, в том числе в цикории салатном, содержатся различные по структуре фенольные соединения, благотворно влияющие на здоровье человека, оказывая антиоксидантное, антиканцерогенное и кардиопротекторное действие [6–15]. Из мономерных соединений важное значение имеют фенолкарбоновые кислоты (ФКК), в частности оксibenзойные, п-кумаровая, кофейная, хлорогеновая. Димерные соединения (флавоноиды) $C_6-C_3-C_6$ – самая обширная и распространенная группа фенольных соединений (ФС). Многочисленное семейство флавоноидов делится на 10 структурных групп, в зависимости от строения трехуглеродного мостика и степени его окисленности, что влияет на их антиоксидантные свойства. Из флавоноидов эффективными антиоксидантами являются рутин, кверцетин, кверцетрин, кемпферол-7-гликозид и мирицетин. К ФС относится также обширная группа полимерных соединений (конденсированные дубильные вещества, лигнин, меланины, гуминовые кислоты). Они не растворимы в воде, не гидролизуются ферментами и не обладают Р-витаминной активностью [15, 16].

Зеленные культуры отличаются высоким содержанием свободной и слабосвязанной влаги и непригодны к длительному хранению в охлажденном состоянии [7, 17]. Для увеличения продолжительности хранения традиционно применяют сушку, что приводит к значительным потерям биологически активных веществ, в том числе фенольных соединений. Эффективность длительного хранения зеленых культур, снижение их потерь от фитопатологических и физиологических заболеваний, максимальное сохранение БАВ зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются сортовые особенности, агротехника выращивания, температурный и влажностный режимы [9, 10, 17].

Замораживание позволяет максимально сохранить пищевую ценность растительных продуктов [9, 13, 18].

В настоящее время нет исследований влияния замораживания и продолжительности хранения салатного цикория различных сортов на изменение содержания фенольных соединений.

Цель настоящей работы – изучить кинетику реакций окисления и гидролиза моно- и димерных фенольных соединений цикория салатного эндивий различных сортов в процессе замораживания и хранения, а также рекомендовать низкотемпературную технологию производства полуфабрикатов из исследуемых сортов с максимальным сохранением фенольных соединений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования выбраны отечественные сорта салатного цикория – Кружево и Эльвира, а также итальянский сорт Корнетто К-56. Сумму фенольных соединений, содержание фенолкарбоновых кислот и флавоноидов определяли в свежем салатном цикории, после гомогенизации и замораживания полуфабрикатов, а также в процессе их хранения. В контрольных и опытных образцах определяли потерю клеточного сока при размораживании [19]. В работе выполнялись задачи выявить кинетические зависимости изменения содержания фенольных соединений от продолжительности хранения замороженных полуфабрикатов из цикория салатного, а также рассчитать константы скорости реакции (псевдопервого порядка) изменения содержания исследуемых веществ в процессе хранения.

Сорта выращены в коллекционном саду Павловской опытной станции ВИР Россельхозакадемии. Урожай собран в начале октября 2019 г.

Сорт Корнетто К-56: растения скороспелые, рано образуют цветоносные побеги и приступают к цветению. Край листа зубчатый, слабоволнистый. Куст средней высоты, раскидистый, с боковыми побегами, отходящими под углом в стороны. Сорт Кружево: растения позднеспелые. Прикорневые розетки крупные, с многочисленными листьями, средней плотности. Листья с удлинённой

пластинкой, рассеченной на крупные, симметрично расположенные доли. Край зубчатый, слабо- и средневолнистый. Окраска зеленая. Сорт Эльвира: с многочисленными темно-зелеными удлинёнными листьями розетки. Прикорневая розетка средней величины или крупная. Листья с широкой листовой пластинкой. Край листа зубчатый или двоякозубчатый, волнистый. Окраска зеленая [6].

Листья цикория салатного измельчали на гомогенизаторе со скоростью 800 об/мин в течение 30 с до пастообразного состояния, добавляя в качестве криопротектора и влагоудерживающего агента пектин в количестве, %: 1,0 (опыт 1), 2,0 (опыт 2), 2,5 (опыт 3) и 3,0 (опыт 4). Затем каждый образец помещали в полимерный контейнер по 200 г. Образцы замораживали при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ в условиях естественной конвекции до среднеобъемной температуры $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ и хранили при указанной температуре в течение 8 мес. Исследуемые образцы

размораживали при температуре $(4\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$ в условиях естественной конвекции до $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В свежем салатном цикории, после гомогенизации и замораживания полуфабрикатов, а также в процессе их хранения определяли сумму фенольных соединений, фенолкарбоновых кислот и флавоноидов по методике, изложенной в [19]. В свежем салате определяли влажность методом высушивания до постоянной массы при температуре $105\text{ }^{\circ}\text{C}$. В контрольных и опытных образцах сразу после замораживания определяли потерю клеточного сока при размораживании [19].

Эксперименты повторяли 2–5 раз, данные обрабатывали методами математической статистики с доверительной вероятностью 95% с использованием стандартных компьютерных программ. В таблицах 1–4 и на рисунке приведены средние арифметические значения исследуемых показателей в пересчете на сырую массу.

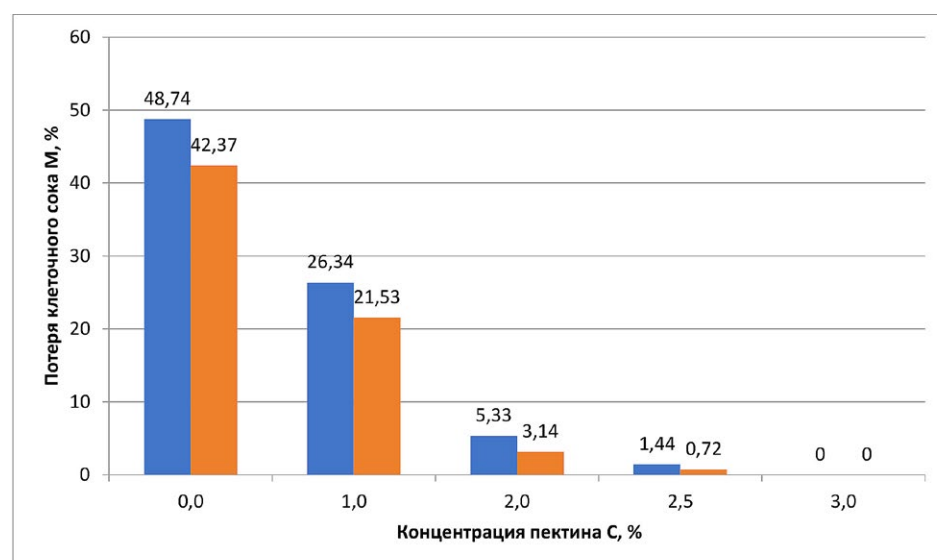


Рисунок. Зависимость изменения потери клеточного сока в процессе размораживания полуфабрикатов из цикория салатного сортов Крузево и Корнетто-56 от массовой доли пектина.

Figure. Dependence of the change in the loss of cell sap in the process of defrosting semi-finished products from endive varieties Kruzhevo and Kornetto K-56 on the mass fraction of pectin.

Таблица 1. Изменение содержания суммы фенольных соединений при хранении замороженных полуфабрикатов, %

Table 1. Change in the content of the total phenolic compounds during storage of frozen semi-finished products, %

Сорт	До замораживания	После замораживания	Продолжительность хранения, сут			
			60	120	180	210
Крузево						
Контроль	1,43±0,12	1,30±0,11	1,27±0,10	1,24±0,09	1,20±0,09	0,76±0,04
Опыт		1,37±0,11	1,32±0,10	1,30±0,10	1,26±0,09	1,07±0,07
Эльвира						
Контроль	1,27±0,10	1,15±0,08	1,12±0,06	1,08±0,07	1,03±0,07	0,67±0,03
Опыт		1,22±0,10	1,18±0,08	1,14±0,08	1,11±0,08	0,96±0,08
Корнетто К-56						
Контроль	1,18±0,09	1,07±0,08	1,04±0,05	1,00±0,05	0,94±0,04	0,56±0,03
Опыт		1,14±0,09	1,12±0,09	1,08±0,06	1,0±0,05	0,94±0,05

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влажность цикория салатного после сбора урожая сортов Кружево, Эльвира и Корнетто К-56 составила, %: $93,62 \pm 0,58$; $88,12 \pm 0,44$; и $91,87 \pm 0,46$ соответственно. Высокое содержание свободной и слабосвязанной влаги в исследуемых сортах приводит к значительной потере клеточного сока при размораживании и, как следствие, к снижению содержания биологически активных веществ, в частности фенольных соединений.

Потери клеточного сока при размораживании контрольных образцов полуфабрикатов из цикория салатного сортов Эльвира, Кружево и Корнетто К-56 составили, %: $43,64 \pm 0,70$; $39,47 \pm 0,29$ и $41,36 \pm 0,21$ соответственно (рисунок). Добавление в гомогенную массу салатного цикория при приготовлении полуфабрикатов в качестве структурообразователя пектина (высокомолекулярного соединения, состоящего в основном из остатков галактуроновой кислоты, связанных α -1-4-гликозидной связью), позволяет существенно снизить потери клеточного сока в процессе размораживания (см. рисунок).

В работе использовался низкоэтерифицированный пектин, степень метилирования 40...45 %, что позволяет поглощать воду независимо от кислотности среды и количества сахара.

Как иллюстрирует рисунок, потери клеточного сока при размораживании цикория салатного зависят от массовой доли пектина: они значительно снижаются при концентрации (2,0–2,5)% и отсутствуют при увеличении его содержания до 3,0% (в сортах Кружево и Эльвира одни и те же значения потери клеточного сока).

В дальнейших исследованиях содержание исследуемых фракций фенольных соединений определяли в контрольных (без пектина) и опытных образцах, содержащих 3,0% пектина, как непосредственно после замораживания полуфабрикатов, так и в процессе их хранения в замороженном состоянии.

В таблицах 1–3 приведены данные по изменению содержания суммы фенольных соединений (Σ ФС), флавоноидов (Σ ФЛ) и фенолкарбоновых кислот (Σ ФКК) в полуфабрикатах из исследуемых сортов цикория салатного при замораживании и в процессе хранения в замороженном состоянии.

Таблица 2. Изменение содержания суммы флавоноидов при хранении замороженного полуфабриката, мг/100 г

Table 2. Change in the content of the total flavonoids during storage of a frozen semi-finished product, mg/100 g

Сорт	До замораживания	После замораживания	Продолжительность хранения, сут			
			60	120	180	210
Кружево						
Контроль	624 ± 26	496 ± 19	480 ± 19	460 ± 19	415 ± 17	360 ± 15
Опыт		587 ± 24	568 ± 22	563 ± 21	527 ± 19	494 ± 17
Эльвира						
Контроль	567 ± 23	448 ± 17	418 ± 16	404 ± 16	366 ± 16	297 ± 9
Опыт		522 ± 22	544 ± 21	508 ± 20	476 ± 19	423 ± 16
Корнетто К-56						
Контроль	514 ± 21	382 ± 15	374 ± 15	353 ± 14	316 ± 12	264 ± 10
Опыт		485 ± 19	478 ± 18	463 ± 18	436 ± 16	383 ± 15

Таблица 3. Изменение содержания фенолкарбоновых кислот при замораживании и хранении полуфабриката, мг/100 г

Table 3. Change in the content of phenolcarboxylic acids during freezing and storage of the semi-finished product, mg/100 g

Сорт	До замораживания	После замораживания	Продолжительность хранения, сут			
			60	120	180	210
Кружево						
Контроль	384 ± 14	297 ± 12	292 ± 11	274 ± 11	226 ± 9	167 ± 6
Опыт		356 ± 14	352 ± 14	342 ± 12	307 ± 11	238 ± 8
Эльвира						
Контроль	324 ± 13	246 ± 9	241 ± 9	224 ± 9	200 ± 8	158 ± 5
Опыт		304 ± 12	296 ± 11	283 ± 11	260 ± 11	208 ± 8

Таблица 4. Константы скорости реакций псевдопервого порядка превращения фенольных соединений цикория салатного при замораживании и хранении

Table 4. Rate constants of pseudo-first-order reactions for the transformation of phenolic compounds in endive during freezing and storage

Условия хранения	K_3	t , период суток						
		0–120		120–180		180–210		
	$\Sigma\Phi\text{Л}$	$\Sigma\Phi\text{КК}$	$\Sigma\Phi\text{Л}$	$\Sigma\Phi\text{КК}$	$\Sigma\Phi\text{Л}$	$\Sigma\Phi\text{КК}$	$\Sigma\Phi\text{Л}$	$\Sigma\Phi\text{КК}$
Кружево								
Контроль	0,459	0,513	0,062	0,067	0,17	0,32	0,47	1,12
Опыт	0,122	0,151	0,034	0,033	0,11	0,18	0,21	0,84
Эльвира								
Контроль	0,471	0,550	0,086	0,078	0,16	0,18	0,70	0,78
Опыт	0,165	0,127	0,023	0,059	0,10	0,14	0,39	0,74
Корнетто К-56								
Контроль	0,593	0,615	0,065	0,078	0,18	0,27	0,59	1,23
Опыт	0,116	0,174	0,038	0,052	0,10	0,16	0,43	0,92

Как следует из представленных данных, сорта отличаются по содержанию $\Sigma\text{ФС}$, $\Sigma\text{ФЛ}$ и $\Sigma\text{ФКК}$. Максимальным содержанием этих соединений отличается сорт Кружево, минимальным – сорт Корнетто К-56. Значительные изменения ФС отмечены на стадии замораживания и в контрольных, и в опытных образцах. Однако в процессе хранения в течение 180 сут количество исследуемых ФС изменяется незначительно, а при дальнейшем хранении, особенно после 180 сут существенно уменьшается. Данные изменения, возможно, объясняются повышением активности фермента фенолоксидазы и, как следствие, окислением ФС . Однако процесс окисления протекает с различной скоростью в зависимости от структуры ФС , что подтверждается значениями констант скорости реакций окисления ФС .

Константы скорости реакций окисления ФС псевдопервого порядка в процессе хранения цикория салатного сорта Кружево составили: для $\Sigma\text{ФКК}$ и $\Sigma\text{ФЛ}$ – 0,064; 0,017; сорта Эльвира – 0,047; 0,034; сорта Корнетто К-56 – 0,049; 0,006 соответственно. Анализ значений констант показывает, что во всех сортах самая высокая скорость окисления характерна для фенолкарбоновых кислот.

Как следует из табл. 1, $\Sigma\text{ФС}$ в процессе замораживания сортов Кружево, Эльвира и Корнетто К-56 уменьшается на 9,1; 9,3 и 9,4%, а в процессе хранения в течение 7 мес. в замороженном состоянии изменяется незначительно, уменьшаясь на 8,7; 10,5 и 12,2% соответственно.

В таблицах 2–3 показано изменение содержания $\Sigma\text{ФЛ}$ и $\Sigma\text{ФКК}$ в свежих полуфабрикатах, после замораживания и в период хранения до 210 сут (с интервалом 60 сут).

В табл. 4 приведены данные по константам скорости реакции псевдопервого порядка превращения

фенольных соединений цикория салатного сортов Кружево, Эльвира и Корнетто К-56 в свежем виде, а также при замораживании и хранении.

Таким образом, в процессе хранения полуфабрикатов из исследуемых сортов цикория салатного в замороженном состоянии сохраняются различные по структуре ФС , принадлежащие к моно- и димерным соединениям.

ВЫВОДЫ

В работе выявлены кинетические зависимости изменения содержания фенольных соединений от продолжительности хранения замороженных полуфабрикатов, изготовленных из цикория салатного сортов Кружево, Эльвира, Корнетто.

Рассчитаны константы скорости реакции (псевдопервого порядка) изменения содержания исследуемых веществ в процессе хранения.

Для снижения потерь клеточного сока при размораживании полуфабрикатов и для сохранения содержания фенольных соединений при хранении рекомендуется на стадии гомогенизации добавлять пектин в количестве 3,0% от массы гомогенизированного цикория салатного исследуемых сортов.

Показано, что в процессе хранения замороженных полуфабрикатов цикория салатного максимально сохраняются фенольные соединения и снижаются потери клеточного сока в сортах Эльвира и Кружево в течение 180 сут, в сорте Корнетто К-56 – 150 сут.

Замороженный полуфабрикат из гомогенизированного цикория салатного исследуемых сортов

рекомендуется использовать в технологии производства низкокалорийных напитков, хлебобулочных и кондитерских изделий для обеспечения населения Российской Федерации функциональными продуктами питания, способствующими укреплению здоровья человека и долголетию, в том числе за счет высокого содержания фенольных соединений.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Финансирование. Статья не имеет спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с подготовкой и публикацией статьи.

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

ADDITIONAL INFORMATION

Competing interests. The author declares no any transparent and potential conflict of interests in relation to this article publication.

Funding source. Article is not sponsored.

Contribution of authors. All authors made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К. Овощи – продукты и сырье для функционального питания // Вопросы питания. 2017. № 3. С. 121–127. doi: 10.24411/0042-8833-2017-00054
2. Кипрушкина Е.И., Колодязная В.С., Филиппов В.И. и др. Значение фактора питания в формировании кишечного микробиома // Вестник Международной академии холода. 2020. № 2. С. 52–59. doi: 10.17586/1606-4313-2020-19-2-52-59
3. Shelenga T.V., Kerv Y.A., Perchuk I.N. et al. The Potential of Small Grains Crops in Enhancing Biofortification Breeding Strategies for Human Health Benefit // Agronomy. 2021. Vol. 11. 17 p. doi: 10.3390/agronomy11071420
4. Fernandes I., Oliveira J., Pinho A. et al. The Role of Nutraceutical Containing Polyphenols in Diabetes Prevention // Metabolites. 2022. Vol. 12, N 2. 28 p. doi: 10.3390/metabo12020184
5. Spinelli S., Prescott J., Pierguidi L. et al. Phenol-Rich Food Acceptability: The Influence of Variations in Sweetness Optima and Sensory-Liking Patterns. Nutrients, 2021;13(3):866. doi: 10.3390/nu13030866
6. Шевченко Ю.П., Харченко В.А., Ушакова И.Т. и др. Цикорий салатный – витлуф // Овощи России. 2016. № 2 (31). С. 64–67.
7. Клементьев Д.А., Колодяжная В.С. Биологически активные вещества цикория салатного и кинетика их изменения при холодильном хранении // Холодильная техника. 2019. № 6. С. 46–51.
8. Сайбель О.Л. Изучение фенольных соединений травы цикория обыкновенного (*Cichorium Intybus* L.) // Химический журнал. 2016. № 1. С. 53–58.
9. Моисеев Д.В. Антимикробная активность растительного сырья, содержащего фенольные соединения, в зависимости от типа упаковки и температурных режимов хранения // Вестник ВГМУ. 2014. № 5. С. 130–136.
10. Хайруллина З.А., Канарский А.В., Шуваева Г.П. Сравнительная оценка антиоксидантной активности продуктов из цикория // Вестник ВГУИТ. 2016. № 1. С. 203–206.
11. Хайруллина З.А. Канарский А.В. Фитохимический состав продуктов из цикория (*Cichorium Intybus* L.) // Вестник Международной академии холода. 2016. № 2. С. 21–25.
12. Гинс М.С., Шевченко Ю.П., Колесников М.П. Фракционный состав полифенолов цикорного салата витлуф этиолированных растений и выращенных при освещении // Овощи России. 2009. № 1. С. 31–32. doi: 10.18619/2072-9146-2009-1-31-32
13. Perović J., Tumbas Šaponjac V., Kojić et al. Chicory (*Cichorium intybus* L.) as a food ingredient – Nutritional composition, bioactivity, safety, and health claims: A review // Food Chemistry. 2021. Vol. 30, N 336. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127676
14. Perović J., Tumbas Šaponjac V., Kojić J. et al. Polyphenolic profile of green/red spotted Italian *Cichorium intybus* salads by RP-HPLC-PDA-ESI-MSn // Journal of Food Composition and Analysis. 2017. N 63. P. 189–197. doi: 10.1016/j.jfca.2017.08.010
15. Мамедов Э.Р., Солодченко Е.Г., Токбаева А.А. и др. Влияние ферментативной обработки мезги на содержание фенольных веществ в вишневых натуральных и спиртованных соках и их стабильность // Вестник Международной академии холода. 2020. № 3. С. 52–57
16. Fam V.W., Charoenwoodhipong P., Sivamani R.K. et al. Plant-Based Foods for Skin Health: A Narrative Review // Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2022. Vol. 122, N 3. P. 614–629. doi: 10.1016/j.jand.2021.10.024
17. Ahmad Mohammad Salamatullah, Khizar Hayat, Fohad Mabood Husain et al. Effects of Different Solvents Extractions on Total Polyphenol Content, HPLC Analysis, Antioxidant Capacity, and Antimicrobial Properties of Peppers (Red, Yellow, and Green (*Capsicum annum* L.)) // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2022. Article ID 7372101. 11 p. doi: 10.1155/2022/7372101
18. Гусейнова Б.М., Асабутаев И.Х., Даудова Т.И. Оценка пригодности абрикосов к шоковой заморозке по физико-технологическим показателям качества // Вестник Международной академии холода. 2021. № 1. С. 74–83. doi: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-74-83
19. Базарнова Ю.Г. Методы исследования свойств сырья и пищевой продукции. СПб.: НИУ ИТМО. 2012. 76 с.

REFERENCES

1. Pivovarov VF, Pyshnaja ON, Gurkina LK. Ovoshhi – produkty i syr'e dlja funkcional'nogo pitaniya. *Voprosy pitaniya*. 2017;(3): 121–127. (In Russ.). doi: 10.24411/0042-8833-2017-00054
2. Kiprushkina EI, Kolodjaznaja VS, Filippov VI, et al. Znachenie faktora pitaniya v formirovanii kishechnogo mikrobioma. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda*. 2020;(2):52–59. (In Russ.). doi: 10.17586/1606-4313-2020-19-2-52-59
3. Shelenga TV, Kerv YA, Perchuk IN, et al. The Potential of Small Grains Crops in Enhancing Biofortification Breeding Strategies for Human Health Benefit. *Agronomy*. 2021;11:1420. doi: 10.3390/agronomy11071420
4. Fernandes I, Oliveira J, Pinho A, et al. The Role of Nutraceutical Containing Polyphenols in Diabetes Prevention. *Metabolites*. 2022;12(2):184. doi: 10.3390/metabo12020184
5. Spinelli S, Prescott J, Pierguidi L, et al. Phenol-Rich Food Acceptability: The Influence of Variations in Sweetness Optima and Sensory-Liking Patterns. *Nutrients*. 2021;13(3):866. doi: 10.3390/nu13030866
6. Shevchenko JuP, Harchenko VA, Ushakova IT, et al. Cikorij salatnyj – vitluf. *Ovoshhi Rossii*. 2016;(31):64–67. (In Russ.).
7. Klement'ev DA, Kolodjaznaja VS. Biologicheski aktivnye veshhestva cikorija salatnogo i kinetika ih izmenenija pri holodil'nom hranenii. *Refrigeration Technology*. 2019;6:46–51. (In Russ.). doi: 10.17816/RF104209
8. Sajbel' OL. Izuchenie fenol'nyh soedinenij travy cikorija obyknovennogo (Cichorium Intybus L.). *Himicheskij zhurnal*. 2016;(1):53–58. (In Russ.).
9. Moiseev DV. Antimikrobnaja aktivnost' rastitel'nogo syr'ja, sodержashhego fenol'nye soedinenija, v zavisimosti ot tipa upakovki i temperaturnyh rezhimov hranenija. *Vestnik VGMU*. 2014;(5): 130–136. (In Russ.).
10. Hajrullina ZA, Kanarskij AV, Shuvaeva GP. Sravnitel'naja ocenka antioksidantnoj aktivnosti produktov iz cikorija. *Vestnik VGUIT*. 2016;(1):203–206. (In Russ.).
11. Hajrullina ZA, Kanarskij AV. Fitohimicheskij sostav produktov iz cikorija (Cichorium Intybus L.). *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda*. 2016;(2):21–25. (In Russ.).
12. Gins MS, Shevchenko JuP, Kolesnikov MP. Frakcionnyj sostav polifenolov cikornogo salata vitluf jetiolirovannyh rastenij i vyrashhenij pri osveshhenii. *Ovoshhi Rossii*. 2009;(1):31–32. (In Russ.). doi: 10.18619/2072-9146-2009-1-31-32
13. Perović J, Tumbas Šaponjac V, Kojić, et al. Chicory (Cichorium intybus L.) as a food ingredient – Nutritional composition, bioactivity, safety, and health claims: A review. *Food Chemistry*. 2021;30(336):127676. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127676
14. Perović J, Tumbas Šaponjac V, Kojić J, et al. Polyphenolic profile of green/red spotted Italian Cichorium intybus salads by RP-HPLC-PDA-ESI-MSn. *J. of Food Composition and Analysis*. 2017;(63): 189–197. doi: 10.1016/j.jfca.2017.08.010
15. Mamedov JeP, Solodchenko EG, Tokbaeva AA, et al. Vlijanie fermentativnoj obrabotki mezgi na sodержanie fenol'nyh veshhestv v vishnevyyh natural'nyh i spirtovannyh sokah i ih stabil'nost'. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda*. 2020;(3):52–57. (In Russ.).
16. Fam VW, Charoenwoodhipong P, Sivamani RK, et al. Plant-Based Foods for Skin Health: A Narrative Review. *J. of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2022;122(3):614–629. doi: 10.1016/j.jand.2021.10.024
17. Ahmad Mohammad Salamatullah, Khizar Hayat, Fohad Mabood Husain, et al. Effects of Different Solvents Extractions on Total Polyphenol Content, HPLC Analysis, Antioxidant Capacity, and Antimicrobial Properties of Peppers (Red, Yellow, and Green (Capsicum annum L.). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. January 19, 2022. Article ID 7372101. doi: 10.1155/2022/7372101
18. Gusejnova BM, Asabutaev IH, Daudova TI. Ocenka prigodnosti abrikosov k shokovoj zamorozke po fiziko-tehnologicheskimi pokazateljam kachestva. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda*. 2021;(1):74–83. doi: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-74-83
19. Bazarnova JuG. Metody issledovaniya svojstv syr'ja i pishhevoj produkcii. Saint Petersburg: NIU ITMO; 2012. 76 p.

ОБ АВТОРАХ

Колодязная Валентина Степановна, д.т.н., профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6339-4583>;
eLibrary SPIN: 1446-2732;
e-mail: kvs_holod@mail.ru

Кипрушкина Елена Ивановна, д.т.н., доцент;
eLibrary SPIN: 4424-6265;
e-mail: eikiprushkina@itmo.ru

***Румянцева Ольга Николаевна**, к.т.н.;
адрес: 197101, Кронверкский пр., 49, Санкт-Петербург, Россия;
eLibrary SPIN: 5293-4639;
e-mail: rumiantseva@itmo.ru

Миронова Дарья Юрьевна, к.т.н., доцент;
eLibrary SPIN: 9182-8188;
e-mail: mironova@itmo.ru

*Автор для переписки

AUTHOR'S INFO

Valentina S. Kolodyaznaya, Dr. Sci. (Engin.), Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6339-4583>;
eLibrary SPIN: 1446-2732;
e-mail: kvs_holod@mail.ru

Elena I. Kiprushkina, Dr. Sci. (Engin.), Associate Professor;
eLibrary SPIN: 4424-6265;
e-mail: eikiprushkina@itmo.ru

***Olga N. Rumiantseva**,
address: 49, Kronverksky pr., Saint Petersburg, Russia;
eLibrary SPIN: 5293-4639;
e-mail: rumiantseva@itmo.ru

Daria Yu. Mironova,
eLibrary SPIN: 9182-8188;
e-mail: mironova@itmo.ru

*Corresponding author