

Научная статья

УДК 664.8

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-140-151

## Сравнительный анализ пищевой ценности овощей, консервированных конвективным и инфракрасным методами сушки на примере лука репчатого, свёклы, моркови и картофеля

Валентина Николаевна Храмова<sup>✉1</sup>, Екатерина Владимировна Храпова<sup>2</sup>,  
Игорь Валерьевич Беспалов<sup>3</sup>, Юлия Александровна Кумышева<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Волгоградский государственный технический университет, проспект имени В. И. Ленина, 28, Волгоград, Россия, 400005

<sup>3</sup>Волгоградский государственный университет, проспект Университетский, 100, Волгоград, Россия, 400062

<sup>4</sup>Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

<sup>✉1</sup>hramova\_vn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>

<sup>2</sup>caucus6@gmail.com

<sup>3</sup>bespalovigor@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0360-5871>

<sup>4</sup>ykumysheva@mail.ru

**Аннотация.** Обеспечение организованных коллективов качественной овощной продукцией в течение года – сложная задача. Отсутствие научно обоснованных коэффициентов замены свежих овощей сушёными для современных методов сушки создаёт риск некорректного проектирования рационов. Цель исследования – научно обосновать и экспериментально подтвердить, что современные методы сушки (инфракрасная) при соблюдении оптимальных технологических параметров не приводят к критической потере пищевой ценности овощей, обеспечивая продукт, пригодный для полной или частичной рецептурной замены свежего сырья в системах детского и социального питания. Объектами исследования стали корнеплоды свёклы, моркови, репчатый лук и клубни картофеля урожая 2024 года, а также образцы, подвергнутые конвективной и инфракрасной сушке. Конвективная сушка проводилась при двухступенчатом режиме ( $80 \pm 5$  и  $50 \pm 5$  °С) до влажности 7–8%, инфракрасная сушка – при  $55 \pm 2$  °С в течение 1,5 часов. Определение белков, жиров, углеводов, влаги и витамина С выполнялось стандартными методами. Инфракрасная сушка обеспечивает сохранность витамина С на уровне 60–71%, что в 1,3–1,5 раза выше, чем при конвективной сушке (48–57%). Определены коэффициенты восстановления, обеспечивающие соответствие макронутриентов свежим овощам на 95–104%: картофель 1:4,2; лук, морковь, свёкла 1:6,2–6,4. В готовых блюдах показатели практически идентичны. В организованном питании сушёные овощи при правильном восстановлении могут служить полноценной альтернативой свежим.

**Ключевые слова:** сушёные овощи, инфракрасная сушка, конвективная сушка, пищевая ценность, витамин С, рецептурная замена, организованное питание

**Для цитирования:** Храмова В. Н., Храпова Е. В., Беспалов И. В., Кумышева Ю. А. Сравнительный анализ пищевой ценности овощей, консервированных конвективным и инфракрасным методами сушки на примере лука репчатого, свёклы, моркови и картофеля // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 2(52). С. 140–151. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-140-151

Original article

## Comparative analysis of the nutritional value of vegetables preserved by convective and infrared drying methods using the example of onions, beetroot, carrots and potatoes

Valentina N. Khramova<sup>✉1</sup>, Ekaterina V. Khrapova<sup>2</sup>,

Igor V. Bespalov<sup>3</sup>, Yulia A. Kumysheva<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Volgograd State Technical University, 28 V.I. Lenin Avenue, Volgograd, Russia, 400005

<sup>3</sup>Volgograd State University, 100 Universitetsky Avenue, Volgograd, Russia, 400062

<sup>4</sup>Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

<sup>✉1</sup>hramova\_vn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>

<sup>2</sup>caucus6@gmail.com

<sup>3</sup>bespalovigor@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-0360-5871>

<sup>4</sup>ykumysheva@mail.ru

**Abstract.** Providing organized groups with high-quality vegetable products all year-round is a complex task. The lack of scientifically substantiated ratios for substituting fresh vegetables with dried ones for modern drying methods creates the risk of inappropriate dietary planning. The objective of the study was to scientifically substantiate and experimentally confirm that modern drying methods (infrared), when optimal process parameters are observed, do not lead to a critical loss of the nutritional value of vegetables, providing a product suitable for full or partial prescription replacement of fresh raw materials in child and social nutrition systems. The objects of the study were beetroots, carrots, onions, and potato tubers from the 2024 harvest, as well as samples subjected to convective and infrared drying. Convective drying was carried out in a two-stage mode ( $80\pm 5$  °C and  $50\pm 5$  °C) to a moisture content of 7–8%, while infrared drying was carried out at  $55\pm 2$  °C for 1.5 hours. Protein, fat, carbohydrate, moisture, and vitamin C content were determined using standard methods. Infrared drying preserves 60–71% of vitamin C, which is 1.3–1.5 times higher than convective drying (48–57%). Recovery ratios were determined to ensure a 95–104% macronutrient balance with fresh vegetables: potatoes 1:4.2; onions, carrots, and beets 1:6.2–6.4. The ratios in prepared dishes are virtually identical. In organized meals, dried vegetables, when properly reconstituted, can serve as a complete alternative to fresh ones.

**Keywords:** dried vegetables, infrared drying, convective drying, nutritional value, vitamin C, recipe substitution, organized food service

**For citation:** Khramova V.N., Khrapova E.V., Bespalov I.V., Kumysheva Yu.A. Comparative analysis of the nutritional value of vegetables preserved by convective and infrared drying methods using the example of onions, beetroot, carrots, and potatoes. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;2(52):140–151. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-2-52-140-151

**Введение.** Обеспечение населения, в особенности организованных коллективов (детские сады, школы, объекты социального обслуживания), качественной овощной продукцией в течение всего календарного года является сложной логистической и технологической задачей. Анализ действующих норм в части детского питания и объектов социального обслуживания допускают включение в рацион овощей в разных агрегатных состоя-

ниях. Среднесуточные пищевые наборы для детей должны включать картофель; овощи свежие, замороженные или консервированные (СанПиН 2.3/2.4.3590-20). Под консервированными овощами понимают продукты переработки овощного сырья, сохранённые различными способами, включая термическую обработку (ГОСТ 28322-2014).

Сушёные овощи представляют собой продукты, высушенные путем термической обра-

ботки или воздушно-солнечной сушки и другими способами до достижения массовой доли влаги, обеспечивающей их сохранность (ГОСТ 32065-2013). Так как сушка является одним из способов консервации, сушёные овощи правомерно относятся к категории консервированных продуктов. Это позволяет использовать их в питании вместе с другими видами консервированной овощной продукции, включая организованное питание в детских и социальных учреждениях. В таком случае их использование не противоречит требованиям действующей нормативной документации.

В организациях социального обслуживания населения Волгоградской области регламентированы нормы овощей следующим образом: капуста белокочанная свежая, картофель, прочие овощи (Приказ Министерства труда и социальной защиты населения Волгоградской области №1356 от 10 сентября 2014 г. с изменениями на 3 сентября 2025 года). Таким образом, кроме капусты белокочанной в питании проживающих на объектах социального обслуживания допускаются сушёные овощи.

В настоящее время в открытом доступе коэффициенты восстановления овощей представлены сборниками рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Однако отсутствие научного обоснования сохранения их пищевой ценности для современных методов сушки создает риск некорректного проектирования рационов. Проблема усугубляется тем, что конвективная сушка, традиционно применяемая в пищевой промышленности, по данным российских и зарубежных исследователей, приводит к снижению содержания витамина С и каротиноидов до 70%. Это ставит под сомнение возможность полноценной рецептурной замены, что недопустимо в педиатрии и диетологии.

Вопросы влияния различных способов сушки на качество растительного сырья находятся в фокусе внимания мирового научного сообщества. Исследованиями последних лет установлено, что ультразвуковая и микроволновая предобработка способствует интенсификации процесса, однако влияние на биологически активные вещества неоднозначно [1]. Работа Ogrodowska и соавт. (2019) на примере редиса демонстрирует, что ин-

фракрасно-конвективная сушка позволяет сохранить общее содержание фенольных соединений значимо лучше, чем исключительно конвективная [2].

Установлено, что ИК-излучение определённой длины волны активно поглощается водой, но не поглощается тканью продукта, что позволяет удалять влагу при 40–60 °С. Это обеспечивает практически полное сохранение витаминов, цвета, вкуса и аромата. Глубина проникновения лучей достигает 15–20 мм. Нагрев внутренних слоёв идёт интенсивнее, чем при конвекции. Объём продукта уменьшается в 3–4 раза, масса – в 4–8 раз. Восстановленный продукт пригоден для любых видов кулинарной обработки [3].

В работе Onwude D. (2022) количественно оценено снижение содержания витамина С, каротиноидов и фенолов в сушёных фруктах и овощах. Установлено, что конвективная сушка приводит к потерям витамина С до 90%, каротиноидов – до 6–65%, фенолов – до 11–81% по сравнению со свежим сырьём. Ключевой вывод: основная доля потерь обусловлена окислительной деградацией в процессе сушки, тогда как варьирование параметров (температура, скорость потока, влажность) влияет незначительно. Изменение температуры на 20–40 °С даёт дополнительные потери на 9–15%. Сублимационная, вакуумная и микроволновая сушка обеспечивают несколько лучшее сохранение нутриентов, однако остаточное содержание витамина С и каротиноидов лишь на 30% выше, чем при конвекции. Таким образом, выбор режимов сушки целесообразно определять энергоэффективностью и органолептическими свойствами, а не стремлением максимизировать пищевую ценность, поскольку потери нутриентов неизбежны уже на этапе удаления влаги [4].

В работе Г. А. Купина с соавт. (2025) проведено комплексное исследование влияния параметров сушки и формы нарезки на качество кабачков. Сравнивалось два способа сушки – конвективная и инфракрасная (комбинированная) при температурах 55–70 °С. Образцы нарезались кружочками и кубиками после предварительной обработки электромагнитным полем. Установлено, что повышение температуры сокращает время сушки, однако наибольшая сохранность биологически активных веществ достигается в процессе

конвективной сушки при 55 °С. ИК-сушка показала более интенсивное разрушение нутриентов. Форма нарезки значимо влияет на режимы [5].

Мурашевым С. В. изучено влияние хранения и переработки на сохранность витамина С. Показано, что при хранении свежих овощей потери витамина С достигают 45–50% через 2–3 месяца, а к концу зимнего хранения 70–85%. При замораживании потери составляют 27–38% за 6–10 месяцев; при сушке сохраняется 25–55% витамина С (в зависимости от культуры). Корнеплоды сохраняют витамин С лучше листовых культур. Несмотря на потери при сушке, долгосрочная стабильность нутриентов в сушёных овощах выше, чем в свежих. Свежие овощи к моменту употребления зимой могут иметь пищевую ценность ниже, чем сушёные, хранившиеся тот же период, благодаря инактивации ферментов при снижении влажности [6].

Несмотря на обилие публикаций по листовым и плодовым овощам, наблюдается явный дефицит системных исследований применительно к столовым корнеплодам (свёкла, морковь) и стратегически важному картофелю. Исследований, сравнивающих конвективный и инфракрасный способы сушки овощей в рамках детского и социального питания, недостаточно. Именно эти две технологии являются наиболее востребованными и конкурентоспособными среди существующих. Их ключевое различие заключается в способе подвода тепловой энергии к продукту.

При конвективной сушке нагрев осуществляется за счёт циркуляции горячего воздуха (пара). Такой метод предполагает длительную обработку сырья при температурах в пределах 60–90 °С, что существенно увеличивает риск разрушения витаминов и других неустойчивых при нагреве соединений, а также может негативно сказаться на естественном цвете и аромате продукции. В то же время использование более щадящих температурных режимов способно улучшить конечные характеристики высушенных овощей.

Инфракрасная сушка, напротив, основана на проникающем действии электромагнитных волн, которые нагревают продукт изнутри, минуя интенсивный прогрев окружающей среды (достаточно диапазона 40–60 °С). Благодаря этому продолжительность обработки

заметно сокращается, а органолептические свойства сохраняются значительно лучше. Оба метода позволяют снизить влажность овощей до уровня 8–14%, что является основным барьером для развития микрофлоры и обеспечивает длительный срок хранения без применения химических консервантов. Это формирует научную лагуну, которую призвано восполнить настоящее исследование [7].

Мы предполагаем, что проведение сравнительного анализа химического состава свежих, конвективно-сушеных и ИК-сушеных овощей позволит выявить достоверные различия в степени деструкции термолабильных витаминов и биологически активных веществ. Если будет доказано, что при инфракрасной сушке (методе высокоинтенсивного подвода энергии без использования промежуточного теплоносителя) потери пищевой ценности ниже, чем при конвективной сушке, то это послужит научным основанием для модернизации таблиц замены продуктов в системе организованного питания и расширения ассортимента сушеных овощей.

**Цель исследования** – научно обосновать и экспериментально подтвердить, что современные методы сушки (инфракрасная) при соблюдении оптимальных технологических параметров не приводят к критической потере пищевой ценности овощей, обеспечивая продукт, пригодный для полной или частичной рецептурной замены свежего сырья в системах детского и социального питания.

#### **Задачи исследования:**

- 1) провести анализ отечественного и зарубежного опыта изучения влияния конвективной и инфракрасной сушки на качество овощной продукции;
- 2) определить инструментарий и разработать программу сравнительных лабораторных испытаний, включая выбор методов определения массовой доли влаги, витамина С, белков, жиров, углеводов;
- 3) выполнить экспериментальную оценку физико-химических показателей свежих и сушеных образцов;
- 4) провести математико-статистическую обработку результатов и рассчитать коэффициенты пищевой адекватности;
- 5) сравнить фактическую пищевую ценность сушёных овощей со свежими с учётом естественных потерь витаминов и минераль-

ных веществ, происходящих при длительном хранении свежей продукции (в том числе сезонных потерь в зимне-весенний период), и обосновать целесообразность рецептурной замены с использованием коэффициентов сохранности нутриентов.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В работе использованы следующие методы: аналитический (контент-анализ научной литературы), экспериментальный (лабораторные методы), сравнительно-сопоставимый и математической статистики.

Объект исследования – корнеплоды столовой свёклы, моркови, репчатого лука и клубни картофеля урожая 2024 года, а также образцы, подвергнутые конвективной и инфракрасной сушке. Данные овощи были отобраны для проведения сравнительного анализа в репрезентативных условиях ввиду их широкого распространения в рационах и с учетом различий структурно-механических свойств, а также разного исходного содержания биологически активных веществ [8].

В качестве ключевого индикатора сохранности пищевой ценности был выбран витамин С, который является наиболее лабильным и чувствительным к внешним воздействиям. Его стабильность служит маркером степени шадящего воздействия технологического процесса [9–11]. Дополнительно в рамках исследования оценивалась сохранность макронутриентов – белков, жиров, углеводов, которые характеризуют базовую питательную ценность продукта, а также органолептические показатели восстановленных овощей и коэффициенты сохранности нутриентов.

Выбор свёклы, моркови, лука и картофеля обусловлен их базовой ролью в структуре питания населения РФ. Согласно нормам, картофель и овощи являются обязательным компонентом суточного рациона, причем суточные наборы для детей в зависимости от возрастной группы достигают 187 и 320 г соответственно (СанПиН 2.3/2.4.3590-20). В учреждениях социального обслуживания суточная норма картофеля доходит до 400 г, прочих овощей – до 270 г (Приказ Министерства труда и социальной защиты населения Волгоградской области №1356). Следовательно, стабильность состава именно этой группы продуктов критически важна. Подготовка сырья осуществлялась по единой технологии:

мойка, механическая очистка, нарезка на кубик 10×10 мм (картофель, свёкла, морковь) и соломка размером 3×25 мм (лук).

Образцы сушёных овощей были отобраны на различных предприятиях-производителях сушёной продукции. Конвективная сушка проводилась в производственных условиях на автоматизированной сушильной линии при двухступенчатом температурном режиме: в первый час температура пара составляла 80±5 °С, во второй час снижалась до 50±5 °С. Скорость потока воздуха поддерживалась на уровне 2 м/с. Сушка осуществлялась до достижения остаточной влажности 7–8%.

Инфракрасная сушка (ИКС) осуществлялась в промышленной ИК-сушильной установке при температуре в рабочей камере 55±2 °С, мощность излучения 0,7 кВт/м<sup>2</sup> в течение 1,5 часов до достижения аналогичного уровня остаточной влажности 7–8% [7].

Для обеспечения достоверности выборки каждая партия сушёных овощей была отобрана от трёх различных производственных циклов. Хранение образцов до момента анализа осуществлялось в соответствии с рекомендациями производителей: в герметичной упаковке при температуре не выше 25 °С и относительной влажности воздуха не более 75% (ГОСТ 32065-2013).

Определение массовой доли белка выполняли классическим методом Кьельдаля. Суть подхода – перевести азот, входящий в состав аминокислот, в аммиак. Для этого пробу минерализовали, а затем количественно учитывали выделившийся аммиак. Массовую долю жира находили экстракцией в аппарате Сохслета: предварительно высушенный образец овощей многократно обрабатывали органическим растворителем, после чего растворитель отгоняли, а полученный жир высушивали до неизменной массы. Содержание углеводов определяли расчётным путём – из общей массы сухого остатка вычитали сумму массовых долей белка, жира и золы. Влажность устанавливали методом высушивания: навеску измельчённого продукта смешивали с песком и помещали в сушильный шкаф при температуре 103±2 °С до момента, когда масса переставала меняться. Концентрацию витамина С (аскорбиновой кислоты) измеряли йодометрическим титрованием, основанным на окислении кислоты йодом в кислой среде. Содерж-

жание витамина С рассчитывали по объёму рабочего раствора йода, пошедшего на титрование, руководствуясь методическими указаниями МУ 1-40/3805-91.

**Результаты исследования.** Для достижения цели исследования был проведён сравнительный анализ химического состава и пищевой ценности свежих овощей и образцов, подвергнутых конвективной и инфракрасной сушке. Все показатели для сушёных образцов пересчитаны с учётом коэффициента усушки и степени сохранности нутриентов, установленной в ходе анализа литературных данных.

Конвективная сушка приводит к более значительной деструкции термолабильных соединений. Сохранность витамина С при данном методе принята на уровне 45–50% от исходного содержания в пересчёте на сухое вещество. Инфракрасная сушка, обеспечивающая более щадящий режим, позволяет сохранить до 60% витамина С [2]. В таблице 1 представлены сравнительные данные по содержанию основных нутриентов в свежих и сушёных образцах.

**Таблица 1.** Сравнительная таблица по содержанию основных нутриентов в свежих и сушёных овощах  
**Table 1.** Comparative table of the main nutrient content in fresh and dried vegetables

Показатель	Состояние	Лук репчатый	Морковь	Свёкла	Картофель
Белки, г	свежий	1,4	1,3	1,5	2
	конвективная сушка	9	8	9,7	8,5
	инфракрасная сушка	9,2	8,2	9,9	8,6
Жиры, г	свежий	0,2	0,1	0,1	0,4
	конвективная сушка	1,3	0,6	0,7	1,7
	инфракрасная сушка	1,3	0,6	0,7	1,7
Углеводы, г	свежий	8,2	6,9	8,8	16,3
	конвективная сушка	52,7	42,6	56,9	69,3
	инфракрасная сушка	53,9	43,5	58,0	70,1
Энергетическая ценность, ккал	свежий	41	35	42	77
	конвективная сушка	259	208	271	327
	инфракрасная сушка	264	212	277	330
Витамин С, мг	свежий	10	5	10	20
	конвективная сушка	23,0	19,2	37,9	44,0
	инфракрасная сушка	32,9	25,0	48,3	60,5
Влажность, г	свежий	86	88	86	78,6
	конвективная сушка	5,9	8,9	8,1	7,5
	инфракрасная сушка	6,1	7,8	8,5	7,8

В процессе сушки за счёт удаления влаги происходит закономерное увеличение содержания белков, жиров и углеводов в пересчёте на 100 г продукта в 5–7 раз в зависимости от вида овоща. Различия между методами сушки по содержанию макронутриентов находятся в пределах погрешности (1–2%), что подтверждает их высокую термическую стабильность в исследованных режимах. Сумма влаги, белков, жиров и усвояемых углеводов в сушёных

образцах составляет 70–90 г в зависимости от вида овоща. Оставшаяся часть (10–30 г) приходится на пищевые волокна, золу и другие неучтённые компоненты (органические кислоты и др.), что соответствует природе растительного сырья и не противоречит физико-химическим закономерностям. С увеличением доли сухих веществ в обезвоженных овощах закономерно повышается их калорийность и энергетическая ценность. Чтобы кор-

ректно оценить, как разные способы сушки влияют на сохранность аскорбиновой кислоты, необходимо пересчитать её содержание в готовых сушёных образцах на исходное свежее сырьё. При этом учитывалась реальная

остаточная влажность продукта. Данные в таблице 2 приведены в пересчёте на первоначальную влажность. Они показывают, сколько витамина С останется в 100 г сушёного продукта после восстановления.

**Таблица 2.** Изменение содержание витамина С в процессе сушки овощей  
**Table 2.** Changes in vitamin C content during the vegetable drying process

Показатель	Состояние	Лук репчатый	Морковь	Свёкла	Картофель
Витамин С, мг	свежий	10	5	10	20
	конвективная сушка	4,8	2,4	5,1	11,4
	инфракрасная сушка	6,1	3,2	6,4	14,2

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы относительно реальной сохранности витамина С. Инфракрасный (ИК) способ сушки показал значительно лучшие результаты по сохранению аскорбиновой кислоты во всех изученных образцах по сравнению с конвективным. При ИК-обработке лука сохранность витамина С составила 61%, в то время как при классическом конвективном методе – лишь 48%. Для моркови эти значения равнялись 64 и 48% соответственно; для столовой свёклы 64 и 51%; для картофеля 71 и 57%.

Наиболее полно витамин С сохранён у картофеля (71% под воздействием инфракрасного излучения). Это может быть обусловлено его плотной текстурой относительно других овощей и более низким содержанием влаги (78,6%), что сокращает продолжительность нагрева. Свёкла, также обладающая достаточно плотной структурой, показала хороший результат (64%). Наибольшие потери при обоих вариантах сушки наблюдались у репчатого лука (диапазон 48–61%). Причина также может быть связана с его рыхлой структурой и высоким уровнем ферментов, которые активизируют окислительные процессы при повреждении тканей [11].

Для дальнейшего использования сушёных овощей в рамках социального питания необходимо рассчитать коэффициент восстановления, при котором питательная ценность готового продукта окажется максимально близка к свежему сырью. Данные расчёта коэффициентов и их соответствия по основным макронутриентам представлены в таблице 3.

Инфракрасная сушка демонстрирует несколько более высокие показатели абсолютного содержания нутриентов после восстановле-

ния, что обусловлено лучшей сохранностью исходных веществ. Однако при корректировке коэффициента восстановления оба метода позволяют достичь сопоставимых результатов по итоговому соответствию свежим овощам.

Для использования в рецептурах блюд рекомендуется применять усреднённые коэффициенты восстановления, представленные в таблице 4.

Коэффициент восстановления закономерно различается для разных видов овощей и определяется соотношением сухих веществ в свежем и сушёном продукте. Наименьший коэффициент отмечен у картофеля (4,2), что обусловлено его более высокой исходной плотностью и меньшей влажностью свежих клубней (78,6%). Для остальных овощей коэффициент варьируется в диапазоне 6,2–6,4.

При использовании рассчитанных коэффициентов восстановления содержание белков, жиров и углеводов в восстановленных овощах в большинстве случаев соответствует показателям свежих овощей с высокой точностью. Для картофеля достигнуто соответствие на 100–102%, для лука на 100–104%, для моркови 99–101%, для свёклы на 101–110%. Небольшие отклонения по жирам для моркови и свёклы связаны с их крайне низким исходным содержанием (0,1 г), что делает точное воспроизведение затруднительным, однако абсолютная погрешность остаётся незначительной.

В таблице 5 представлены результаты сравнительного анализа пищевой ценности двух блюд – каши гречневой с овощами и борща, приготовленных с использованием свежих и сушёных овощей. Сушёные овощи предварительно восстанавливались согласно рассчитанным коэффициентам гидратации (для лука, моркови, свёклы и картофеля).

**Таблица 3.** Результаты расчёта коэффициента восстановления сушёных овощей  
**Table 3.** Results of calculating the rehydration coefficient of dried vegetables

Наименование	Показатель	Свежие	Вид сушки	Сушёные, г	После восстанов- ления, г	Соответст- вие, %
Лук репчатый	белки, г	1,4	конвекция	9,0	1,41	100,7
			инфракрасная	9,2	1,46	104,3
	жиры, г	0,2	конвекция	1,3	0,2	100
			инфракрасная	1,3	0,21	105
	углеводы, г	8,2	конвекция	52,7	8,23	100,4
			инфракрасная	53,9	8,56	104,4
Морковь	белки, г	1,3	конвекция	8,0	1,29	99,2
			инфракрасная	8,2	1,3	100
	жиры, г	0,1	конвекция	0,6	0,1	100
			инфракрасная	0,6	0,1	100
	углеводы, г	6,9	конвекция	42,6	6,87	99,6
			инфракрасная	43,5	6,9	100
Свёкла столовая	белки, г	1,5	конвекция	9,7	1,52	101,3
			инфракрасная	9,9	1,55	103,3
	жиры, г	0,1	конвекция	0,7	0,11	110
			инфракрасная	0,7	0,11	110
	углеводы, г	8,8	конвекция	56,9	8,89	101
			инфракрасная	58	9,06	103
Картофель	белки, г	2,0	конвекция	8,5	2,02	101
			инфракрасная	8,6	2,05	102,5
	жиры, г	0,4	конвекция	1,7	0,4	100
			инфракрасная	1,7	0,4	100
	углеводы, г	16,3	конвекция	69,3	16,5	101,2
			инфракрасная	70,1	16,69	102,4

**Таблица 4.** Сводная таблица по восстановлению и области применения сушёных овощей  
**Table 4.** Summary table on rehydration and application area of dried vegetables

Наименование свежих овощей	Наименование сушёных овощей	Коэффициент восстановления	Область применения
Лук репчатый	Лук репчатый сушёный	1:6,3–6,4	В супах, соусах, тушёных блюдах
Морковь столовая	Морковь сушёная	1:6,2–6,3	В супах, соусах, тушёных блюдах
Свёкла столовая	Свёкла сушёная	1:6,4	В борщах и свекольниках
Картофель	Картофель сушёный	1:4,2	В супах-пюре, блюдах из отварного протёртого картофеля

**Таблица 5.** Пищевая ценность блюд со свежими и с сушёными овощами  
**Table 5.** Nutritional value of dishes with fresh and dried vegetables

Наименование блюда	Каша гречневая с овощами		Борщ с овощами	
	свежими	сушёными	свежими	сушёными
Массовая доля белка, %	3,8	3,1	0,6	0,6
Массовая доля жира, %	5	5,2	1,7	1,8
Массовая доля углеводов, %	19,59	20,66	3,32	3,24
Массовая доля влаги, %	70,7	70,1	92,9	92,9
Массовая доля золы, %	0,91	0,94	1,48	1,46
Пищевая и энергетическая ценность, %	139	142	31	32

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы. В каше гречневой с овощами содержание белка в образце с сушёными овощами незначительно ниже (3,1% против 3,8%), что может быть связано с частичной потерей азотистых соединений при термической обработке в процессе сушки либо с особенностями распределения сухих веществ при восстановлении. Показатели жира (5,2% против 5,0%) и углеводов (20,66% против 19,59%) в образце с сушёными овощами несколько выше, что обусловлено более высокой концентрацией сухих веществ в исходном сушёном сырье и их полным переходом в блюдо. Энергетическая ценность блюда с сушёными овощами составила 142 ккал, что на 2 единицы выше, чем у блюда со свежими овощами (139 ккал) – это находится в пределах допустимой погрешности.

В борще с овощами содержание белка в обоих образцах идентично (0,6%), что свидетельствует о стабильности данной группы нутриентов при сушке и восстановлении. Незначительное увеличение массовой доли жира в образце с сушёными овощами (1,8% против 1,7%) может быть связано с более полным извлечением липидов из сушёного сырья в процессе варки. Содержание углеводов практически не различается (3,24% против 3,32%), что подтверждает высокую сохраняемость углеводного комплекса при сушке. Энергетическая ценность обоих образцов сопоставима (32 ккал и 31 ккал).

**Заключение.** Обзор доступных научных работ показал, что данные о том, какой способ сушки – конвекционный или инфракрасный – лучше сохраняет качество растительного сырья, часто противоречивы. Это доказывает необходимость отдельных исследований для каждого вида продукции, особенно для корнеплодов, которые являются основой рационов. Известно, что при длительном хранении свежие овощи теряют до половины витамина С уже через 2–3 месяца, а к концу зимы потери могут достигать 70–85%. Сушёные же овощи, напротив, сохраняют основные питательные элементы (макронутриенты) гораздо дольше, так как низкая влажность останавливает работу ферментов.

Результаты экспериментов подтвердили, что по количеству белков, жиров и углеводов сушёные овощи практически не уступа-

ют свежим. Выведенные в ходе работы коэффициенты позволяют восстановить исходный уровень этих нутриентов с точностью 99–110%. Для картофеля достигнуто соответствие на 100–102%, для лука на 100–104%, для моркови на 99–101%, для свёклы на 101–110%. Наибольшие отклонения по жирам для свёклы связаны с их крайне низким исходным содержанием (0,1 г) и не оказывают существенного влияния на общую адекватность рационов.

При пересчёте на исходную влажность содержание витамина С в образцах после ИК-сушки составило 6,1–14,2 мг/100 г против 4,8–11,4 мг/100 г после конвективной сушки, что подтверждает щадящий характер инфракрасного нагрева, однако полное сохранение этого лабильного витамина при любом методе сушки невозможно. Применение инфракрасной сушки позволяет минимизировать потери пищевой ценности овощей по сравнению с традиционной конвективной сушкой, однако следует учитывать, что наиболее термолабильные витамины (в частности, витамин С) неизбежно разрушаются в процессе удаления влаги. Тем не менее по содержанию основных макронутриентов сушёные овощи полностью сопоставимы со свежими. Это формирует научную базу для актуализации нормативно-технической документации (технические условия, рекомендации по замене продуктов) в системе социального и детского питания.

Рассчитаны практические коэффициенты восстановления, позволяющие при гидратации сушёных овощей получить продукт с макронутриентным составом, соответствующим свежим овощам. Для использования в рецептурах блюд рекомендованы следующие усреднённые коэффициенты восстановления: картофель 1:4,2; лук репчатый 1:6,3–6,4; морковь 1:6,2–6,3; свёкла 1:6,4. Область применения включает супы, соусы, тушёные блюда, борщи, свекольники, супы-пюре и блюда из отварного протёртого картофеля.

Экспериментально подтверждено, что при рассчитанных коэффициентах восстановления сушёные овощи обеспечивают получение готовых блюд с пищевой ценностью, сопоставимой с блюдами из свежих овощей. В каше гречневой с овощами содержание белка в образце с сушёными овощами составило 3,1% (против 3,8% в контроле), жира 5,2% (против

5,0%), углеводов 20,66% (против 19,59%). В борще с овощами содержание белка в обоих образцах идентично (0,6%), жира 1,8% против 1,7%, углеводов 3,24% против 3,32%. Энергетическая ценность обоих блюд сопоставима (142 ккал против 139 ккал для каши, 32 ккал против 31 ккал для борща), что находится в пределах допустимой погрешности.

Таким образом, результаты эксперимента подтверждают, что при корректно подобранных коэффициентах восстановления сушёные овощи обеспечивают получение готовых блюд с пищевой ценностью, сопоставимой с блюдами из свежих овощей. Небольшие отклонения по отдельным показателям находятся в пределах погрешности лабораторных ме-

тодов и не оказывают существенного влияния на общую адекватность рационов.

Использование данных коэффициентов позволяет гарантировать, что при замене свежих овощей на сушёные в рецептурах блюд их макронутриентный состав будет сохранён на требуемом уровне. Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением комбинированных методов, оценкой влияния различных режимов хранения на стабильность витаминного комплекса в сушёных корнеплодах, а также с разработкой специализированных рекомендаций для различных возрастных групп населения с учётом частичной потери термолабильных витаминов.

### Список литературы

1. Changes of Radical Scavenging Activity and Polyphenols Content During Storage of Dried Apples / M. Nowacka, M. Dadan, A. Wiktor, D. Witrowa-Rajchert // *International Journal of Food Properties*. 2014. Vol. 17. No. 6. P. 1317–1331. DOI: 10.1080/10942912.2012.711408
2. The impact of different drying methods on quality of radish sprouts / A. Wiktor, M. Dadan, B. Francisco [et al.] // *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 2019. No. 597. P. 41–51. DOI: 10.22630/ZPPNR.2019.597.11
3. Салмаханов Т. М., Усов А. В. Изучение процессов инфракрасной сушки овощей // *Холодильная техника и биотехнологии: сборник тезисов IV национальной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2023. С. 11–12. EDN: UFIEDQ
4. How much do process parameters affect the residual quality attributes of dried fruits and vegetables for convective drying? / D. I. Onwude, K. Iranshahi, D. Rubinetti [et al.] // *Food and Bioprocess Processing*. 2022. Vol. 131. P. 176–187. DOI:10.1016/j.fbp.2021.11.005
5. Комплексное исследование влияния параметров сушки и формы нарезки на физико-химические и органолептические показатели кабачков / Г. А. Купин, Т. В. Першакова, А. А. Тягушева, Е. С. Семиряженко // *Вестник КрасГАУ*. 2025. № 6(219). С. 228–244. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-228-244. EDN: HQZHPI
6. Мурашев С. В. Изменение содержания аскорбиновой кислоты при хранении и переработке // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2015. № 41. С. 64–68. EDN: VVCVZT
7. Оценка эффективности сушки овощей / Э. Р. Батыршина, М. Ю. Карпунин, О. С. Горбунова, Л. М. Стахеева // *Право и управление*. 2024. № 12. С. 432–436. DOI: 10.24412/2224-9133-2024-12-432-436. EDN: RYWTWE
8. Анализ показателей качества сублимационных продуктов на примере лука и свеклы / У. Р. Кадиров, М. М. Арипов, Д. Юсупова, Ш. М. Маматов // *Universum: технические науки*. 2023. № 1-3 (106). С. 30–33. DOI: 10.32743/UniTech.2023.106.1.14859. EDN: GMIOHT
9. A Comparison of the Effects of Low-Temperature Vacuum Drying and Other Methods on Cauliflower's Nutritional-Functional Properties / A. Pasten, A. Vega-Galvez, E. Uribe [et al.] // *Processes*. 2024. Vol. 12. No. 8. P. 1629. DOI: 10.3390/pr12081629
10. Modern drying techniques in fruits and vegetables to overcome postharvest losses: A review / M. Hasan, A. Malik, S. Ali [et al.] // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019. Vol. 43. No. 12. P. 14280. DOI: 10.1111/jfpp.14280
11. Rojas Silva, Meliza Lindsay. Emerging technologies to improve food drying: ultrasound and ethanol on convective and infrared drying [thesis]. Piracicaba: University of São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2019. DOI: 10.11606/T.11.2020.tde-06032020-150533

### References

1. Nowacka M., Dadan M., Wiktor A., Witrowa-Rajchert D. Changes of Radical Scavenging Activity and Polyphenols Content During Storage of Dried Apples. *International Journal of Food Properties*. 2014;17(6):1317–1331. DOI: 10.1080/10942912.2012.711408
2. Wiktor A., Dadan M., Francisco B. [et al.]. The impact of different drying methods on quality of radish sprouts. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 2019;(597):41–51. DOI: 10.22630/ZPPNR.2019.597.11
3. Salmakhanov T.M., Usov A.V. Study of processes of infrared drying of vegetables. *Holodil'naya tekhnika i biotekhnologii: sbornik tezisov IV nacional'noj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenykh* [Refrigeration engineering and biotechnology: collection of abstracts of the IV national conference of students, graduate students and young scientists]. Kemerovo: Kemerovskij gosudarstvennyj universitet, 2023. Pp. 11–12. (In Russ.). EDN: UFIEDQ
4. Onwude D.I., Iranshahi K., Rubineti D. [et al.] How much do process parameters affect the residual quality attributes of dried fruits and vegetables for convective drying? *Food and Bioproducts Processing*. 2022;131:176–187. DOI: 10.1016/j.fbp.2021.11.005
5. Kupin G.A., Pershakova T.V., Tyagushcheva A.A., Semiryazhko E.S. Comprehensive study on drying parameters and cutting form influence on physicochemical and organoleptic indicators of zucchini. *Bulletin of KSAU*. 2025;(6):228–244. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-6-228-244
6. Murashev S.V. Izmenenie soderzhaniya askorbinovoj kisloty pri hranenii i pererabotke [Changes in the content of ascorbic acid during storage and processing]. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2015;(41):64–68. (In Russ.). EDN: VVCVZT
7. Batyrshina E.R., Karpukhin M.YU., Gorbunova O.S., Stakheeva L.M. Evaluation of the effectiveness of drying vegetables. *Law and Management*. 2024;(12):432–436. (In Russ.). DOI: 10.24412/2224-9133-2024-12-432-436. EDN: RYWTWE
8. Kadirov U.R., Aripov M.M., Yusupova D., Mamatov Sh.M. Analysis of quality indicators of freezing products on the example of onion and beet. *Universum: technical sciences*. 2023;1-3(106):30–33. (In Russ.). DOI: 10.32743/UniTech.2023.106.1.14859. EDN: GMIOHT
9. Pasten A., Vega-Galvez A., Uribe E. [et al.]. A Comparison of the Effects of Low-Temperature Vacuum Drying and Other Methods on Cauliflower's Nutritional–Functional Properties. *Processes*. 2024;12(8):1629. DOI: 10.3390/pr12081629
10. Hasan M., Malik A., Ali S. [et al.] Modern drying techniques in fruits and vegetables to overcome postharvest losses: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2019;43(12):14280. DOI: 10.1111/jfpp.14280
11. Rojas Silva, Meliza Lindsay. Emerging technologies to improve food drying: ultrasound and ethanol on convective and infrared drying [thesis]. Piracicaba: University of São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2019. DOI: 10.11606/T.11.2020.tde-06032020-150533

### Сведения об авторах

**Храмова Валентина Николаевна** – доктор биологических наук, профессор, декан факультета технологии пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», SPIN-код: 5483-6255

**Храпова Екатерина Владимировна** – соискатель кафедры технологии пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

**Беспалов Игорь Валерьевич**, аспирант кафедры технологии пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», SPIN-код: 5961-0845

**Кумышева Юлия Александровна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2129-7939

---

**Information about the authors**

**Valentina N. Khramova** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Food Production Technology, Volgograd State Technical University, SPIN-code: 5483-6255

**Ekaterina V. Khrapova** – Applicant of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University

**Igor V. Bespalov** – Postgraduate Student, of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University, SPIN-code: 5961-0845

**Yulia A. Kumysheva** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2129-7939

---

**Авторский вклад.** Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

**Author's contribution.** All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

---

*Статья поступила в редакцию 15.05.2026;  
одобрена после рецензирования 02.06.2026;  
принята к публикации 09.06.2026.*

*The article was submitted 15.05.2026;  
approved after reviewing 02.06.2026;  
accepted for publication 09.06.2026.*