

Научная статья/Research article

УДК 633.52:664.641

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-10-286-296

Людмила Викторовна Сергеева

Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Запорожская область, Россия
sergeeva2565@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕМЕНИ ЛЬНА КАК КОМПОНЕНТА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Цель исследования – анализ физико-химических и органолептических показателей свежего, проросшего и проросшего высушенного в инфракрасной сушке семени льна, культивируемого в различных регионах Российской Федерации. Задачи: определение количественного содержания общей кислотности, свободных органических кислот, фенольных соединений в свежем, проросшем и сушеном семени льна различной региональной принадлежности; проведение органолептической оценки свежего, проросшего и сушеного семени льна. В результате исследования определено высокое сохранение полезных биологически активных веществ при использовании инфракрасной сушки в режиме сушения при 50 °С на примере фенольных соединений. Выявлена прямая пропорциональная зависимость между длиной проростка и содержанием фенольных веществ. Проведен корреляционный анализ, посредством которого получены уравнение прямолинейной корреляционной связи и коэффициент линейной корреляционной степени связи между содержанием фенольных соединений в свежем семени льна и содержанием фенольных соединений в высушенном проросшем в инфракрасной сушке при температуре 50 °С семени льна. Показатели сухих веществ и влажности разнятся между образцами в силу разных физических состояний объектов исследования. Свободные органические кислоты содержатся в свежем льне в небольшом количестве, которые впоследствии при прорастании не сохраняются, чему способствуют запущенные биохимические реакции, и, следовательно, не присутствуют в проросшем и высушенном проросшем семени. Проведенная дегустация оценила все опытные образцы наилучшими в своем качестве. Органолептическая оценка показателей опытных образцов позволяет рекомендовать к использованию проросшее и высушенное проросшее семя льна в пищевом производстве как сырьевой дополнительный ингредиент или как основное сырье в рецептурах продуктов питания.

Ключевые слова: семя льна, свежее семя льна, проросшее семя льна, сушеное семя льна, биологически активные вещества, фенольные соединения, сухие вещества

Для цитирования: Сергеева Л.В. Исследование физико-химических и органолептических показателей семени льна как компонента пищевых продуктов // Вестник КрасГАУ. 2025. № 10. С. 286–296. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-10-286-296.

Финансирование: работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по государственному заданию № 75-01613-23-02 на проведение научно-исследовательской работы по теме «Инновации в пищевой индустрии и сфере услуг» (FRRS-2023-0010).

Lyudmila Viktorovna Sergieieva

Melitopol State University, Melitopol, Zaporozhye Region, Russia
sergeeva2565@mail.ru

STUDY OF PHYSICOCHEMICAL AND ORGANOLEPTIC FLAXSEED PROPERTIES AS A FOOD COMPONENT

The aim of this study is to analyze the physicochemical and organoleptic properties of fresh, sprouted, and infrared-dried sprouted flaxseed grown in various regions of the Russian Federation. Objectives: to determine the quantitative content of total acidity, free organic acids, and phenolic compounds in fresh, sprout-

ed, and dried flaxseed from various regions; to conduct an organoleptic evaluation of fresh, sprouted, and dried flaxseed. The study demonstrated high retention of beneficial biologically active substances when using infrared drying at 50 °C, using phenolic compounds as an example. A direct proportional relationship was found between sprout length and phenolic content. A correlation analysis was conducted to obtain a linear correlation equation and a linear correlation coefficient between the phenolic compound content of fresh flaxseed and the phenolic compound content of dried, sprouted flaxseed dried in infrared at 50 °C. Dry matter and moisture contents varied between samples due to the different physical states of the test samples. Fresh flaxseed contains small amounts of free organic acids, which are not retained during germination due to the biochemical reactions involved. Consequently, they are not present in sprouted or dried sprouted flaxseed. A tasting rated all the test samples as having the highest quality. The organoleptic evaluation of the test samples allows us to recommend sprouted and dried sprouted flaxseed for use in food production as a raw material supplement or as the main raw material in food product formulations.

Keywords: flaxseed, fresh flaxseed, sprouted flaxseed, dried flaxseed, biologically active substances, phenolic compounds, dry matter.

For citation: Sergeeva LV. Study of physicochemical and organoleptic flaxseed properties as a food component. *Bulletin of KSAU*. 2025;(10):286-296. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-10-286-296.

Funding: this work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under State assignment № 75-01613-23-02 for research on "Innovations in the Food Industry and Services" (FRRS-2023-0010).

Введение. Семена льна на сегодня являются фортифицированными сырьевыми источниками растительного происхождения и обогатителями пищевых продуктов за счет содержания эссенциальных нутриентов и биологически активных веществ. Подобные качества формируют интерес к данному сырью в пищевой промышленности.

Современный образ жизни и экологическая обстановка определяют спрос на функциональные источники питания. Актуальным становится употребление продуктов питания с повышенной пищевой ценностью. Формирующиеся общественные потребности способствуют созданию инновационной продукции пищевой индустрии с основой из семени льна или обогащенной льняным семенем [1].

В последние годы территории по возделыванию и производству семян масличного льна (кудряша) в Российской Федерации расширили свои границы. По данным Росстата, в 2023 г. посевные площади составили 1 410,4 тыс. га, что на 32,6 % (на 683,1 тыс. га) меньше, чем в 2022 г. При этом общая динамика за последние 5 лет указывает на то, что площади выросли на 89,2 % (на 664,7 тыс. га), за 10 лет – в 2,9 раза (на 931,8 тыс. га) [2].

Установлено, что семена льна являются ценным и полезным пищевым сырьем. Структура содержания макро- и микроэлементов многогранна, что указывает на полезность использования семян льна как ингредиента в рецептуре пищевых продуктов и источника для использо-

вания в разработке биологически активных добавок [3].

Так, белки в семени льна представлены следующими аминокислотами: заменимыми (аланин, аргинин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, глицин, пролин, серин) и незаменимыми (гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, треонин, триптофан, валин, метионин, цистеин, фенилаланин, тирозин); жиры – определенными видами жирных кислот: α-линоленовая, линолевая, пальмитиновая, стеариновая, олеиновая [4].

Витамины исследованы и описаны в виде водорастворимых (аскорбиновая кислота (C), тиамин (B1), рибофлавин (B2), никотиновая кислота (B3), пантотеновая кислота, пиридоксин (B6), фолиевая кислота (B9)) и жирорастворимых (α-Токоферол, δ-Токоферол, γ-Токоферол).

Доминирующими элементами минерального состава льняного семени являются: калий, фосфор, магний и кальций, в незначительных количествах присутствуют натрий, железо, цинк, марганец и медь.

Преобладающими биологически активными веществами в льняном семени являются фенольные соединения, которые представлены как лигнаны, флавоноиды, фенольные кислоты. Содержание этих веществ в семенах может изменяться в зависимости от географического расположения, климатических условий, степени зрелости урожая и срока хранения семян [5].

На сегодня изучение фенольных соединений значимо во многих направлениях науки. В процессе текущих исследований выявляются новые

особенности этих природных ароматических биологически активных соединений и связанные с ними характеристики, которые обеспечат возможность их использования в неизвестных ранее аспектах.

Современные общественные тенденции здорового питания показывают все большую заинтересованность человека в природном и обогащенном продукте питания, употребление которого обеспечит возможность восполнить дефицит макро-, микроэлементов и витаминов. С начала XXI в. все чаще таким продуктом, именуемым также биогенным, представляются проростки, и предлагается для их приготовления разнообразное количество пищевого сырья и мини-оборудования для бытового использования.

Взаимодействие биологического тела и биогенного продукта формирует необходимость исследования использования пророщенных семян в питании человека на текущий момент. Технологии производства с использованием пророщенного сырья находят свое применение в разработках разных сегментов пищевой промышленности:

1. В.И. Акиншиным (1997 г.) получено тесто для производства хлеба из проросшего зерна, которое может включать в себя проросшее зерно, соль и воду. В составе теста допускается включение нешелушенного пророщенного зерна, пророщенного зерна с длиной ростка не менее 1 мм, измельченного пророщенного зерна [6].

2. О.А. Хоперской (1998 г.) представлено производство хлеба бездрожжевого типа на основе пророщенной пшеницы, которое осуществляется посредством соединения пшеничной муки с добавкой, получаемой из пророщенного зерна, а также иных компонентов, предписанных рецептурой. Пророщенное зерно подвергается измельчению до фракции 0,5–1,0 мм, до внесения в общую массу добавка предварительно смешивается с пшеничной мукой [7].

3. В.Р. Головачев (2005 г.) предложил способ получения крупы из пророщенного зерна, который реализуется в несколько этапов:

А. Предварительная обработка. Семена подвергаются промывке и замачиванию.

Б. Проращивание. Промытые и замоченные семена проращивают до достижения желаемой степени развития.

В. Дробление. Проросшие семена измельчают, получая грубую крупу.

Г. Сушка. Полученную крупу сушат в инкубаторе в течение 20–22 ч при температуре 38–40 °С с непрерывной циркуляцией воздуха [8].

4. А.А. Арсентьев (2009 г.) разработал способ консервации проростков пшеницы, включающий в себя отбор семян, их очистку водой, сушку и упаковку. До сушки семена проращиваются на поддонах в вакуумной сушильной установке при температуре не выше 25 °С. После появления ростков семена подвергаются сушке на тех же поддонах. Нагрев слоя ростков осуществляется посредством инфракрасных нагревательных элементов в три этапа:

1) температура нагревательных элементов поддерживается в диапазоне 70–100 °С до достижения температуры материала в пределах 20–28 °С;

2) температура нагревательных элементов понижается до 60–80 °С, что обеспечивает поддержание температуры материала в пределах 28–40 °С;

3) температура нагревательных элементов вновь снижается до 55–65 °С, обеспечивая поддержание температуры материала в пределах 40–48 °С [9].

5. Т.Н. Данильчук (2010 г.) создал способ получения крупы и муки из пророщенного ячменя посредством многоступенчатой обработки. Процесс начинается с тщательного промывания зерна, последующего замачивания и проращивания до появления белых ростков длиной не более 20 мм. Затем пророщенное зерно подвергается сушке при температуре не выше 40 °С до достижения влажности в пределах 8–10 %. После сушки зерно измельчается до фракции 1–2 мм, а полученная масса просеивается через сито для разделения муки и крупы [10].

6. Г.Д. Буракаевой (2012 г.) представлено функциональное пищевое изделие на основе зерновой смеси, в состав которого входят пророщенные, обжаренные и измельченные зерна пшеницы, ячменя, ржи и овса в количестве 85–95 % с использованием сушеных фруктов и ягод в пропорции 5–15 % для обогащения вкуса и полезных свойств продукта [11].

7. А.А. Буяковой с соавторами (2016 г.) предложен инновационный функциональный пищевой продукт. Представляет собой зерновую композицию, обогащенную сушеными плодами и ягодами. Отличительной особенностью продукта является использование в качестве основы пророщенных, обжаренных и измельченных зерен фасоли. Содержание сушеных плодов и

ягод варьируется от 5 до 15 %, при этом они также подвергаются измельчению. Процентное соотношение зерновой основы и добавок составляет 85–95 и 5–15 % соответственно [12].

8. В.С. Лишневецкий (2017 г.) разработал способ производства основы для теста из цельного гидролизованного пророщенного зерна пшеницы, который предусматривает использование смеси воды и пророщенного зерна в соотношении 1:1. Данная основа содержит все компоненты цельного пророщенного зерна – зародыш, росток и оболочка, – измельченные до размера 2–80 мкм, что обеспечит полное усвоение хлебобулочных изделий, изготовленных из тестовой заготовки на основе данного сырья, в желудочно-кишечном тракте человека [13].

9. А.Е. Жеребилов (2020 г.) предложил метод консервации пророщенных семян зерновых и зернобобовых культур, включающий в себя комплекс мероприятий: отбор, промывку водой, проращивание, дезинфекцию с использованием органических кислот на двух этапах (первый – исходное зерно, второй – зерно с проростками), сушку инфракрасным излучением при атмосферном давлении и фасовку. Данный метод отличается использованием однократной сушки инфракрасными элементами и одновременным измельчением-обезвоживанием с помощью активационной сушки при поддержании постоянной температуры теплоносителя в пределах 35–40 °C [14].

Проведенный анализ технологических разработок с использованием пророщенных семян указывает на то, что данная сфера всегда остается во внимании пищевых технологов, это связано с развитием алиментарных заболеваний, связанных в большей степени с дефицитом макро- и микронутриентов в потребляемой пище.

Таким образом, семя льна благодаря как макро- и микронутриентному составу, так и содержанию биологически активных соединений, которые в них присутствуют, а также возможно-

сти их проращивания с целью увеличения пищевой ценности и использования созданного естественно обогащенного пищевого сырья может быть ценным сырьевым источником в пищевой промышленности нашей страны. Ввиду этих фактов необходимо обратить внимание на поиск инновационных решений применения этого сырья для расширения ассортимента предлагаемых продуктов питания.

Целью исследования – анализ физико-химических и органолептических показателей свежего, проросшего и проросшего высушенного в инфракрасной сушке семени льна, культивируемого в различных регионах России.

Задачи: определение количественного содержания общей кислотности, свободных органических кислот, фенольных соединений в свежем, проросшем и сушеном семени льна различной региональной принадлежности; проведение органолептической оценки свежего, проросшего и сушеного семени льна.

Объекты и методы. Объектами исследований стали: свежее семя льна (подготовленное для хранения); проросшее семя льна (при длине проростков 6–10 мм); проросшее высушенное семя льна с использованием инфракрасной сушки (далее – сушеное).

Материалами для исследования служили образцы семени льна, возделываемого в разных регионах России. За образцы были взяты семена льна, выращенного на Кубани (образец 1), в Крыму (образец 2), на Алтае (образец 3) и в Новороссии (образец 4).

Проросшее семя льна получали способом промывания в воде с перманганатом калия, распределяя семя льна слоем до 1 см в пищевых лотках, в специально оборудованном боксе с помощью обеспечения температурного режима и влагоподдачи орошаемым способом через определенные промежутки времени.

Внешний вид полученного проросшего семени льна представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Внешний вид полученного проросшего семени льна
Appearance of the resulting grown flax seed

Обзор научно-практической литературы указывает на то, что оптимальная температура сушения в инфракрасной сушке с сохранением максимального количества нутриентов составляет 50 °С. Это определило выбор температуры сушения проросшего льна [15].

Внешний вид приготовленного сушеного семени льна представлен на рисунке 2.

Обобщение и группирование литературных данных проводилось с использованием методов анализа, синтеза и систематизации информации из источников баз данных учебной, патентной и научной литературы. Физико-химические и органолептические показатели анализировали с

помощью общепринятых химических методов и нормативных документов в 3 повторностях:

- термогравиметрический – для определения влажности и сухого вещества;
- титриметрический – органических свободных кислот;
- ГОСТ Р 51434-99 – общей кислотности;
- спектрометрический метод с применением реактива Фолина – Чокальтеу – для измерения оптической плотности растворов при длине волны 765 нм и применении в качестве стандарта галловой кислоты [16] фенольных соединений;
- ГОСТ ISO 6658-2016 и ГОСТ ISO 13299-2015 – для определения органолептических показателей.



Рис. 2. Внешний вид приготовленного сушеного семени льна
Appearance of cooked dried flax seed

Результаты и их обсуждение. Сухие вещества характеризуют оставшиеся после удаления влаги из пищевого сырья путем применения сушки сухие остатки.

Влажность является показателем количественного или процентного содержания влаги в пищевом сырье.

Кислотность является показателем качества продовольственного сырья, определяющего степень его свежести. Под общей кислотностью подразумевается содержание в сырье всех кислот и их кислых солей. Свободные органические кислоты в сырье представлены в виде кислых и средних солей: муравьиная, яблочная, уксусная, щавелевая, лимонная, молочная, винная, бензойная. Они обуславливают вкусовые качества продуктов.

Фенольные соединения относят к физиологически активным веществам, обладающим бактерицидными свойствами, проявляющим Р-витаминную активность, имеющим сильные антиоксидантные свойства.

Все вышеописанные физико-химические показатели свежего, проросшего и сушеного семени льна представлены в таблице 1. В результате анализа показателей таблицы 1 можно сделать вывод, что показатели сухих веществ и

влажности представляют разные числовые значения в зависимости от физических состояний объектов исследования. Показатель общей кислотности указывает на свежесть семени льна исследуемых объектов. Свободные органические кислоты содержатся в свежем семени льна в небольшом количестве, которые вследствие прорастания, а следовательно, в проросшем и сушеном семени льна, не сохраняются, на что влияют запущенные биохимические реакции. Количественное содержание фенольных соединений в семени льна указывает на их высокую концентрацию в 100 г изучаемых объектов. При этом в проросшем семени отмечается их наибольшее число.

Ввиду последних описанных полученных фактов целесообразно провести корреляционный анализ, который является методом количественной оценки взаимозависимостей между двумя явлениями, т. е. между содержанием фенольных соединений в свежем и сушеном семени льна, высушенном при температуре 50 °С в инфракрасной сушке, или влияния исходного содержания фенольных соединений при сборе урожая на содержание фенольных соединений в сушеном из проросшего семени льна.

Физико-химические показатели свежего, пророщенного и сушеного семени льна
Physico-chemical parameters of fresh, sprouted and dried flax seed

Показатель	Исследуемые региональные образцы			
	Кубань (образец 1)	Крым (образец 2)	Алтай (образец 3)	Новороссия (образец 4)
Свежее				
Сухие вещества, %	95,0±0,1	94,8±0,1	94,8±0,1	93,8±0,1
Влажность, %	5,0±0,1	5,2±0,1	5,2±0,1	6,2±0,1
Общая кислотность, град.	2,69±0,01	2,81±0,01	2,15±0,01	2,97±0,01
Свободные органические кислоты, %	0,48±0,01	0,33±0,01	0,67±0,01	0,83±0,01
Фенольные соединения, мг/100 г	1891	1005	3420	1390
Пророщенное				
Сухие вещества, %	53,0±0,1	50,4±0,1	51,6±0,1	52,4±0,1
Влажность, %	47,0±0,1	49,6±0,1	48,4±0,1	47,6±0,1
Общая кислотность, град.	1,21±0,01	1,32±0,01	1,16±0,01	1,43±0,01
Свободные органические кислоты, %	–	–	–	–
Фенольные соединения, мг/100 г	6528	4256	7328	5486
Сушеное				
Сухие вещества, %	95,4±0,1	95,8±0,1	96,4±0,1	95,8±0,1
Влажность, %	4,6±0,1	4,2±0,1	3,6±0,1	4,2±0,1
Общая кислотность, град.	1,43±0,01	1,32±0,01	1,28±0,01	1,76±0,01
Свободные органические кислоты, %	–	–	–	–
Фенольные соединения, мг/100 г	5342	3057	6357	4128

Для этого выбран анализ прямолинейной зависимости, который отображается и определяется с помощью следующего уравнения:

$$y = a_0 + a_1 x, \quad (1)$$

где y – теоретические значения результативного признака (содержание фенольных соединений в сушеном семени льна); a_0 – начало отсчета; a_1 – коэффициент регрессии (показывает, на сколько единиц изменяется результативный признак при изменении факторного признака на единицу); x – значение факторного признака (содержание фенольных соединений в свежем семени льна, мг/100 г).

Неизвестные параметры a_0 и a_1 находят из системы уравнений:

$$\begin{cases} \sum y = n a_0 + a_1 \sum x \\ \sum yx = a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 \end{cases}, \quad (2)$$

где n – количество опытных образцов.

Решив данную систему уравнений, с помощью данных таблицы 2 получено следующее уравнение корреляционной связи между содержанием фенольных соединений в свежем и сушеном семени льна, мг/100 г:

$$y = 2274,34 + 1,27x. \quad (3)$$

Посредством полученного уравнения коэффициент регрессии свидетельствует, что с увеличением фенольных соединений на 1 мг/100 г в свежем семени льна содержание фенольных соединений в сушеном семени льна увеличивается на 1,27 мг/100 г.

Таблица 2

Исходные и расчетные данные для вычисления параметров уровня связи между содержанием фенольных соединений, мг/100 г, в свежем семени льна и содержанием фенольных соединений, мг/100 г, в сушеном семени льна
Initial and calculated data for calculating the parameters of the relationship between the content of phenolic compounds, mg/100 g, in fresh flax seed and the content of phenolic compounds, mg/100 g, in dried flax seed

Образец	Факторный признак	Результативный признак	Расчетные величины		
			x^2	y^2	$x*y$
1	5342	5342	28 536 964	28 536 964	28 536 964
2	3057	3057	9 345 249	9 345 249	9 345 249
3	6357	6357	40 411 449	40 411 449	40 411 449
4	4128	4128	17 040 384	17 040 384	17 040 384
Итого	18 884	18 884	95 334 046	95 334 046	95 334 046
Среднее значение	4721	4721	4 553 601,5	23 833 512	10 163 217

Задачей корреляционного анализа является определение плотности связи между коррелирующими величинами. Количественным показателем плотности прямолинейной связи является линейный коэффициент парной корреляции, который вычисляют по формуле

$$r = \frac{\overline{x*y} - \bar{x}*\bar{y}}{G_x * G_y}, \quad (4)$$

где r – линейный коэффициент корреляции; G_x – среднее квадратичное отклонение факторного признака (содержание фенольных соединений в свежем семени льна, мг/100 г); G_y – среднее квадратичное отклонение результативного признака (содержание фенольных соединений в сушеном семени льна, мг/100 г).

Используя данные таблицы 2 и вышеприведенную формулу, получен коэффициент линейной корреляционной зависимости, который равен 0,9362.

Таким образом, можно сделать вывод, что в исследуемых образцах степень связи между содержанием фенольных соединений в свежем семени и сушеном семени льна, мг/100 г, сильная.

Во время проведения лабораторных исследований выявлена прямая пропорциональная зависимость между длиной проростка и содержанием фенольных веществ, что отображено на рисунке 3.

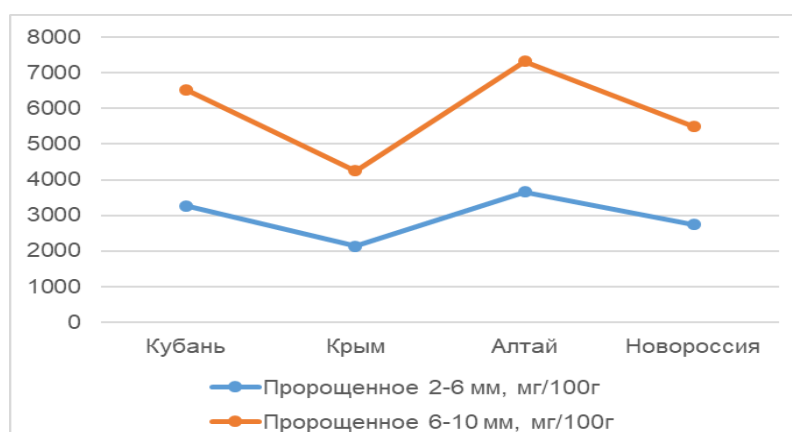


Рис. 3. Зависимость между длиной проростков и содержанием фенольных соединений в 100 г проросшего семени льна

Relationship Between Sprout Length and Phenolic Compound Content in 100 g of sprouted flax seed

Осуществлена органолептическая оценка качества объектов по образцам исследования семени льна ввиду возможности использования созданных сырьевых образцов как инновационного пищевого сырья. Итоги органолептической оценки свежего, проросшего и сушеного сырья представлены в таблице 3.

Проведенная дегустация оценила все опытные образцы как наилучшие в своем качестве. Полученные максимальные баллы при органолептической оценке дают возможность проросшие и сушеные семена льна предложить использовать как сырьевые компоненты в пищевой промышленности.

Таблица 3

Оценка органолептических показателей объектов исследования семени льна
Assessment of organoleptic parameters of flax seed research objects

Сырье, образцы		Внешний вид	Цвет	Запах	Вкус
Свежее	Образец 1	Соответствует данному виду продукции	Светло-коричневый	Характерный насыщенный запах	Свойственный семенам льна, без постороннего привкуса и горечи
	Образец 2				
	Образец 3				
	Образец 4				
Проросшее	Образец 1	Соответствует данному виду продукции	Бело-светло-коричневый	Присущий ферментативный для прорастающего семени	Характерный сладковатый вкус для прорастающего семени
	Образец 2				
	Образец 3				
	Образец 4				
Сушеное	Образец 1	Соответствует данному виду продукции	Светло-коричневый	Умеренный травянистый запах	Сладкий вкус с очень легкой приятной горчинкой
	Образец 2				
	Образец 3				
	Образец 4				

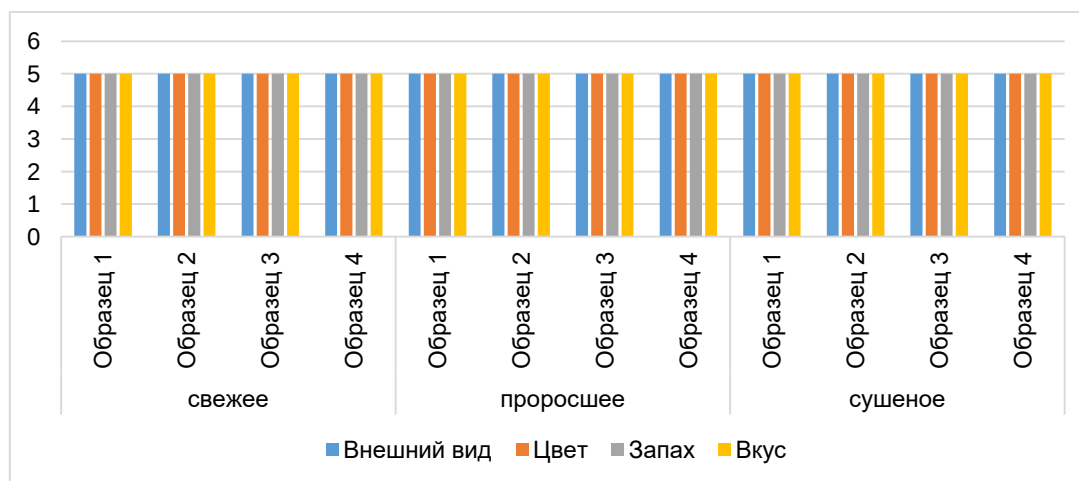


Рис. 4. Дегустационная оценка свежего, проросшего и сушеного семени льна
Tasting evaluation of fresh, sprouted and dried flax seed

Закключение. Экспериментальные исследования доказывают высокое сохранение полезных биологически активных веществ при использовании инфракрасной сушки в режиме сушения при температуре 50 °С на примере фенольных соединений. Выявлена существующая прямая пропорциональная зависимость между длиной проростка и содержанием фенольных веществ.

Проведен корреляционный анализ, посредством которого получены:

– уравнение прямолинейной корреляционной связи между содержанием фенольных соединений в свежем и сушеном семени льна, мг/100 г, в котором коэффициент регрессии показывает увеличение содержания фенольных соединений в сушеном семени льна на 1,27 мг/100 г при

увеличении фенольных соединений на 1 мг/100 г в свежем семени льна;

– коэффициент линейной корреляционной зависимости, который равен 0,9362, что свидетельствует о сильной степени связи между содержанием фенольных соединений в свежем и сушеном семени льна, мг/100 г.

Показатели сухих веществ и влажности разнятся между образцами в силу разных физических состояний объектов исследования. Свободные органические кислоты содержатся в свежем семени льна в небольшом количестве, которые вследствие прорастания не сохраняются, чему способствуют запущенные биохимические реакции, и, следовательно, не присутствуют в проросшем и высушенном семени льна.

Проведенная дегустация оценила все опытные образцы как наилучшие в своем качестве. Органолептическая оценка показателей опытных образцов позволяет рекомендовать к использованию проросшее и сушеное семя льна в пищевом производстве как сырьевой дополнительный ингредиент или как основное сырье в рецептурах продуктов питания.

Исходя из вышеописанных выводов, возникает необходимость в дальнейшем провести ряд исследований на содержание фенольных соединений при разных температурах сушения инфракрасным способом в диапазоне 40–70 °C (с шагом 10 °C), а также более детально изучить структуру фенольных соединений в проросшем и высушенном семени льна.

Список источников

1. Зайцева Л.А., Гончарова А.А., Миневич И.Э. Повышение питательной ценности семян льна в процессе кратковременного проращивания // Вестник КрасГАУ. 2021. № 6. С. 156–162. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-6-156-162.
2. Басова Н.В., Новиков Э.В. Анализ производства лубяных культур в России за период импортозамещения // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 2 (3). С. 54–63. DOI: 10.54016/SVITOK.2023.67.29.007.
3. Маслинская М.Е., Савельев Н.С., Сосновская А.А. Лен масличный как сырье для производства биологически активных добавок // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2022. № 1 (15). С. 21–30. DOI: 10.47612/2073-4794-2022-15-1(55)-21-30.
4. Миневич И.Э. Функциональная значимость семян льна и практика их использования в пищевых технологиях // Health, Food & Biotechnology. 2019. № 1 (2). Р. 97–120. DOI: 10.36107/hfb.2019.i2.s224.4.
5. Поморова Ю.Ю., Овсепян С.К., Серова Ю.М. Химико-биологические свойства и потенциальная ценность семян масличного льна (обзор) // Масличные культуры. 2023. Вып. 1 (193). С. 73–84.
6. Акиншин В.И. Состав теста для производства хлеба из проросшего зерна. Патент РФ на изобретение № 2092058. 10.10.1997. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2092058C1/ru>. Ссылка активна на 28.09.2025.
7. Хоперская О.А., Богданова М.Е., Огудин В.Л., Блинова Н.А. Способ производства бездрожжевого хлеба из пророщенного зерна пшеницы. Патент РФ на изобретение № 2101959. 20.01.1998. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2101959C1/ru>. Ссылка активна на 28.09.2025.
8. Головачев В.Р., Чурекова Л.С. Способ получения крупы из пророщенного зерна. Патент РФ на изобретение № 2265372. 10.12.2005. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2265372C2/ru>. Ссылка активна на 28.09.2025.
9. Арсентьев А.А., Иванов Б.В., Блинов В.М., Сташкова Н.О. Способ консервации проростков семян пшеницы. Патент РФ на изобретение № 2412615. 27.02.2011. Доступно по: <https://free-patent.ru/patents/2412615>. Ссылка активна на 28.09.2025.
10. Данильчук Т.Н. Способ получения крупы и муки из пророщенного ячменя. Патент РФ на изобретение № 2392831. 27.06.2010. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2392831C1/ru>. Ссылка активна на 28.09.2025.

11. Буракаева Г.Д., Буракаев И.Д. Пищевой функциональный продукт «Талкан» из пророщенного зерна и способ его производства. Патент РФ на изобретение № 2463809. 20.10.2012. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2463809C2/ru>. Ссылка активна на 28.09.2025.
12. Буюкова А.А., Вебер А.Л., Казыдуб Н.Г., Стаурская Н.В. Пищевой функциональный продукт из пророщенного зерна. Патент РФ на изобретение № 2599569. 10.10.2016. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2599569C1/ru>. Ссылка активна на 28.09.2025.
13. Лишневский В.С. Способ производства основы для изготовления теста из цельного гидролизованного пророщенного зерна пшеницы и состав тестовой заготовки, полученный указанным способом. Патент РФ на изобретение № 2627560. 08.08.2017. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2627560C1/ru>. Ссылка активна на 28.09.2025.
14. Жеребилов А.Е., Зинченко В.Е., Скуратов С.В., Галиева Н.Р. Способ консервации пророщенных семян зерновых и зернобобовых культур. Патент РФ на изобретение № 2714266. 13.02.2020. Доступно по: <https://patents.google.com/patent/RU2714266C1/ru>. Ссылка активна на 28.09.2025.
15. Сергеева Л.В. Основные аспекты использования инфракрасной сушки в пищевой промышленности. В сб.: V Международная научно-практическая конференция «Инновационные направления интеграции науки, образования и производства». Феодосия, Керчь: КГМТУ, 2024. С. 242–245.
16. Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent // *Methods in Enzymology*. 1999. Vol. 299. P. 152–178.

References

1. Zajceva LA, Goncharova AA, Minevich IE. Increasing the nutritioalalue of flax seeds during shortterm germination. *Bulletin of KSAU*. 2021;(6):15-162. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2021-6-156-162.
2. Basova NV, Novikov EV. Analysis of the production of bast crops in Russia for the period of import substitution. *Technical Crops. Scientific Agricultural Journal*. 2023;2(3):54-63. (In Russ.). DOI: 10.54016/SVITOK.2023.67.29.007.
3. Maslinskaya ME, Savel'ev NS, Sosnovskaya AA. Linseed as a raw material for the production of biologically active additives. *Food Industry: Science and Technology*. 2022;1005(1):21-30. (In Russ.). DOI: 10.47612/2073-4794-2022-15-1(55)-21-30.
4. Minevich IE. Functional significance of flax seeds and the practice of their use in food technologies. *Health, Food & Biotechnology*. 2019;1(2):97-120. (In Russ.). DOI:10.36107/hfb.2019. i2.s224.4.
5. Pomorova YuYu, Ovsepyan SK, Serova YuM. Chemical and biological properties and potential value of oilseed flax seeds (review). *Oilseed Crops*. 2023;1(193):73-84.
6. Akinshin VI. Sostav testa dlya proizvodstva khleba iz prorosshego zerna. Patent RUS № 2092058. 10.10.1997. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2092058C1/ru>. Accessed: 28.09.2025. (In Russ.).
7. Khoperskaya OA, Bogdanova ME, Ogudin VL, Blinova NA. Sposob proizvodstva bezdrozhzhevogo khleba iz proroshchennogo zerna pshenitsy. Patent RUS № 2101959. 20.01.1998. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2101959C1/ru>. Accessed: 28.09.2025. (In Russ.).
8. Golovachev VR, Churekova LS. Sposob polucheniya krupy iz prorashchennogo zerna. Patent RUS № 2265372. 10.12.2005. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2265372C2/ru>. Accessed: 28.09.2025. (In Russ.).
9. Arsentyev AA, Ivanov BV, Blinov VM, Stashkova NO. Sposob konservatsii prorostkov semyan pshenitsy. Patent RUS № 2412615. 27.02.2011. Available at: <https://freepatent.ru/patents/2412615>. Accessed: 28.09.2025. (In Russ.).
10. Danilchuk TN. Sposob polucheniya krupy i muki iz prorashchennogo yachmenya. Patent RUS № 2392831. 27.06.2010. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2392831C1/ru>. Accessed: 28.09.2025. (In Russ.).

11. Burakaeva GD, Burakaev ID. Pishchevoi funktsionalnyi produkt "Talkan" iz proroshchennogo zerna i sposob ego proizvodstva. Patent RUS № 2463809. 20.10.2012. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2463809C2/ru>. Accessed: 28.09.2025. (In Russ.).
12. Buyakova AA, Veber AL, Kazydub NG, Staurskaya NV. Pishchevoi funktsionalnyi produkt iz proroshchennogo zerna. Patent RUS № 2599569. 10.10.2016. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2599569C1/ru>. Accessed: 28.09.2025. (In Russ.).
13. Lishnevskii VS. Sposob proizvodstva osnovy dlya izgotovleniya testa iz tsel'nogo gidrolizovannogo proroshchennogo zerna pshenitsy i sostav testovoi zagotovki, poluchennyi ukazannym sposobom. Patent RUS № 2627560. 08.08.2017. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2627560C1/ru>. Accessed: 28.09.2025. (In Russ.).
14. Zherebilov AE, Zinchenko VE, Skuratov SV, Galieva NR. Sposob konservatsii proroshchennykh semyan zernovykh i zernobobovykh kultur. Patent RUS № 2714266. 13.02.2020. Available at: <https://patents.google.com/patent/RU2714266C1/ru>. Accessed: 28.09.2025. (In Russ.).
15. Sergeeva LV. The main aspects of using infrared drying in the food industry. In: *V Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Innovacionnye napravleniya integracii nauki, obrazovaniya i proizvodstva»*. Feodosia; Kerch: KGMTU; 2024. P. 242–245 (In Russ.).
16. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*. 1999;299:152-178.

Статья принята к публикации 05.09.2025 / The article accepted for publication 05.09.2025.

Информация об авторах:

Людмила Викторовна Сергеева, старший преподаватель кафедры технологии и оборудования пищевых производств

Information about the authors:

Lyudmila Viktorovna Sergieieva, Senior Lecturer at the Department of Food Production Technology and Equipment

