

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2026-3-2655>
<https://elibrary.ru/CJGWZH>

Оригинальная статья
<https://fptt.ru>

Режимы прессования кедрового ореха, обеспечивающие качество и биологическую ценность масла



В. А. Потураев^{ID}, Е. С. Миллер^{ID}, Т. А. Ларичев^{ID},
О. Г. Альтшулер^{ID}, И. С. Миленьева*^{ID}

Кемеровский государственный университет^{ROR}, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию: 07.05.2026

Принята после рецензирования: 17.07.2026

Принята к публикации: 01.09.2026

*e-mail: irazumnikova@mail.ru

© В. А. Потураев, Е. С. Миллер, Т. А. Ларичев,

О. Г. Альтшулер, И. С. Миленьева, 2026



Аннотация.

Семена сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica*) являются перспективным растительным сырьем благодаря высокому содержанию полиненасыщенных жирных кислот, токоферолов, фитостеролов и минеральных веществ. Масло из кедровых орехов обладает антиоксидантными, противовоспалительными и кардиопротекторными свойствами, что определяет его ценность как компонента функционального питания. Однако технологические режимы его получения часто выбираются эмпирически, без системного учета влияния на биологически активные компоненты. Цель исследования – обосновать рациональные технологические параметры холодного и горячего прессования кедрового масла и оценить их влияние на ключевые показатели качества и биологическую ценность получаемого продукта.

Объект исследования – очищенное ядро кедрового ореха урожая 2024 г. (ООО «Кедр Экспорт», Кемерово, Россия), соответствующее ГОСТ 31852–2012. В рамках эксперимента изучали влияние температуры (10–35 °С для холодного прессования, 60–85 °С для горячего), давления (20–200 кг/см²) и продолжительности (5–40 мин) на выход липидов, содержание витамина Е, фосфора, калия и магния, а также на стандартные показатели качества (влажность, кислотное, перекисное и йодное числа). Для анализа использовали гравиметрический метод, высокоэффективную жидкостную хроматографию и атомно-эмиссионную спектроскопию с индуктивно связанной плазмой. Все измерения выполняли в трехкратной повторности, статистическую обработку проводили по критерию Стьюдента ($p \leq 0,05$).

Установлены рациональные режимы: для холодного прессования – 20 °С, 160 кг/см², 20 мин; для горячего – 75 °С, 140 кг/см², 20 мин. Масло холодного прессования характеризовалось более высоким содержанием витамина Е, фосфора, калия и магния, меньшей влажностью и более низкими значениями перекисного и кислотного чисел, что свидетельствует о лучшей сохранности биологически активных компонентов. Горячее прессование обеспечило существенно больший выход липидов при незначительном снижении указанных показателей. Оба образца превосходили коммерческий аналог по содержанию ключевых нутриентов.

Разработанные режимы обеспечивают получение кедрового масла повышенного качества. Холодное прессование предпочтительно для максимального сохранения биологически активных веществ, горячее – для увеличения выхода продукта.

Ключевые слова. *Pinus sibirica*, холодное прессование, горячее прессование, оптимизация параметров, выход масла, токоферолы, фосфор, биологически активные вещества, качество растительного масла

Для цитирования: Потураев В. А., Миллер Е. С., Ларичев Т. А., Альтшулер О. Г., Миленьева И. С. Режимы прессования кедрового ореха, обеспечивающие качество и биологическую ценность масла. Техника и технология пищевых производств. 2026. Т. 56. № 3. С. 543–555. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2026-3-2655>

Technological Modes for Pine Nut Oil: Preserving Quality and Biological Value



Vyacheslav A. Poturaev^{ID}, Ekaterina S. Miller^{ID},
Timothy A. Larichev^{ID}, Olga G. Altshuler^{ID}, Irina S. Milentyeva*^{ID}

Kemerovo State University^{ROR}, Kemerovo, Russia

Received: 07.05.2026
Revised: 17.07.2026
Accepted: 01.09.2026

*e-mail: irazumnikova@mail.ru
© V.A. Poturaev, E.S. Miller, T.A. Larichev, O.G. Altshuler,
I.S. Milentyeva, 2026



Abstract.

Siberian cedar pine (*Pinus sibirica*) seeds are rich in polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, and minerals. Pine nut oil possesses antioxidant, anti-inflammatory, and cardioprotective properties, making it a valuable functional food component. However, production methods are often chosen empirically without considering their impact on biologically active components. This study substantiates rational process parameters for the cold and hot pressing of Siberian pine nut oil and evaluates their impact on key quality indicators and the biological value of the finished product.

The research featured Siberian pine nut kernels harvested in 2024 (Kedr Export LLC, Kemerovo, Russia) complying with State Standard GOST 31852–2012. The experiment examined the effects of temperature (10–35°C for cold pressing, 60–85°C for hot pressing), pressure (20–200 kg/cm²), and processing time (5–40 min) on the yield of lipids, vitamin E, phosphorus, potassium, and magnesium, as well as standard quality parameters (moisture, acidity, peroxide, and iodine values). The analytical methods included gravimetric analysis, high-performance liquid chromatography, and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. All measurements were performed in triplicate and subjected to statistical analysis using Student's *t*-test ($p \leq 0.05$). The optimal conditions were established as follows: cold pressing – 20°C, 160 kg/cm², 20 min; hot pressing – 75°C, 140 kg/cm², 20 min. Cold-pressed oil demonstrated higher levels of vitamin E, phosphorus, potassium, and magnesium, alongside a lower moisture content and lower peroxide and acidity values, indicating better preservation of bioactive components. Hot pressing provided a significantly higher lipid yield with a slight decrease in these parameters. Both samples exceeded their commercial counterparts in key nutrient content.

The developed methods ensured the production of high-quality cedar oil. Cold pressing demonstrated more effective preservation of bioactive substances, while hot pressing increased the yield.

Keywords. *Pinus sibirica*, cold pressing, hot pressing, parameter optimization, oil yield, tocopherols, phosphorus, biologically active substances, quality of vegetable oil

For citation: Poturaev VA, Miller ES, Larichev TA, Altshuler OG, Milentyeva IS. Technological Modes for Pine Nut Oil: Preserving Quality and Biological Value. Food Processing: Techniques and Technology. 2026;56(3):543–555. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2026-3-2655>

Введение

В настоящее время потребители уделяют все больше внимания поддержанию здоровья и повышению качества жизни, что в условиях современного образа жизни является важнейшим аспектом питания. Производство функциональных продуктов питания и их компонентов представляет собой одно из актуальных направлений развития пищевой промышленности [1–3]. Основной интерес сосредоточен на изучении как традиционных, так и нетрадиционных видов сырья с целью получения не только питательных, но и биологически активных веществ [3–7]. В числе перспективных видов нетрадиционного пищевого сырья – семена сосны кедровой сибирской – кедровые орехи [8, 9].

Продукты переработки кедровых орехов могут рассматриваться как перспективный ингредиент для функционального питания благодаря высокому содержанию полиненасыщенных жирных кислот, токоферолов, фитостеролов, минеральных компонентов и других биологически активных веществ. Регулярное включение кедровых орехов и продуктов их переработки в рацион питания обеспечивает повышение пищевой ценности рациона, поставляя в организм незаменимые нутриенты и антиоксиданты. Исследования показывают, что биологически активные компоненты кедрового ореха, в частности пиноленовая кислота, обладают противовоспалительными, противоревматическими и анорексигенными свойствами [10]. Кроме того, установлено, что масло кедрового ореха проявляет

антибактериальную, противогрибковую, противовирусную, антисептическую, отхаркивающую, желчегонную, мочегонную, антигипертензивную и антихолестериновую активность [11]. Данное масло отличается мощным антиоксидантным эффектом, защищает организм от действия свободных радикалов за счет содержащихся в нем токоферолов, фитостеролов, полиненасыщенных жирных кислот, которые способствуют снижению интенсивности свободнорадикального окисления липидов [12]. Продукты переработки кедрового сырья характеризуются высокой пищевой ценностью и содержанием комплекса биологически активных веществ, включая полиненасыщенные жирные кислоты, витамины, минеральные компоненты и полифенольные соединения, что обуславливает перспективность их использования при создании функциональных пищевых продуктов [13]. Биологически активные вещества, входящие в состав кедрового масла, прежде всего пиноленовая кислота, проявляют противовоспалительные свойства, способствуют снижению окислительного стресса и оказывают благоприятное влияние на сердечно-сосудистую систему благодаря улучшению липидного обмена и уменьшению выраженности воспалительного процесса [14]. Перспективность данного сырья обусловлена высокой продуктивностью вида, возобновляемостью биоресурсов, а также высокой пищевой ценностью семян.

Ядра кедрового ореха содержат от 60 до 70 % липидов, от 13 до 20 % белков, от 13 до 18 % углеводов. В состав липидов входят насыщенные (до 5 %), мононенасыщенные (до 19 %) и полиненасыщенные (до 34 %) жирные кислоты. Белок ядер кедровых орехов содержит 17 из 23 важнейших аминокислот, включая девять незаменимых. В химическом составе кедровых орехов присутствуют жиры (кедровое масло), азотистые вещества (представленные преимущественно белками), углеводы (крахмал и сахара), а также органические кислоты и дубильные вещества [15, 16].

Наибольшая биологическая активность кедрового масла обусловлена высоким содержанием тиамина (витамин B₁) и токоферола (витамин E). По этим показателям кедровое масло значительно превосходит большинство известных пищевых продуктов, содержащих указанные витамины.

Таким образом, ядра кедрового ореха и кедровое масло представляют собой ценнейшие высококачественные пищевые продукты, включающие помимо глицеридов незаменимых жирных кислот значительное количество биологически активных веществ. Добавление этого продукта в рацион человека необходимо для поддержания полноценной жизнедеятельности организма.

Производство кедрового масла характеризуется несколькими последовательными стадиями: подготовкой сырья, получением ядер кедровых орехов и извлечением масла. На этапе подготовки сырья осуществляется сбор шишек, извлечение орехов, очистка от при-

месей, сортировка и сушка. Качество подготовки орехов перед переработкой оказывает существенное влияние на сохранность липидного комплекса и качественные характеристики получаемого масла [12, 17].

После подготовки сырья проводится обрушивание ореха с отделением ядра. Качество полученного ядра, его влажность и степень механического повреждения выступают важными факторами, определяющими эффективность последующего извлечения масла [18]. Для получения кедрового масла применяют механическое прессование и экстракционные методы. Наиболее распространенным способом является холодное прессование, которое позволяет сохранить значительную часть токоферолов и фитостеролов, а также обеспечивает минимизацию деградации полиненасыщенных жирных кислот [12].

В. Н. Невзоров и др. [19] применили технологию двухэтапного холодного прессования, при которой выход масла составил 27,87 %. Основной задачей авторы ставили подбор пресса для извлечения масла, т. к. вид прессующего устройства влияет на выход масла. Следует отметить, что холодное прессование хоть и обеспечивает сохранение всех биологически активных веществ масла, но не позволяет в полной мере выделить все липиды из ядра кедрового ореха. Кроме того, масла, полученные методом холодного прессования, могут характеризоваться низкой эффективностью и иметь непостоянное качество, что делает их срок годности более коротким [17]. В отличие от этого, горячее прессование увеличивает выход масла за счет нагревания предварительно обработанного сырья. С физиолого-диетологической точки зрения, масла холодного прессования предпочтительнее рафинированных. Однако выход масла обычно составляет менее 70 %, что приводит к высокому остаточному содержанию масла в жмыхе, ограничивая их коммерческую целесообразность. При этом холодное прессование устраняет необходимость в энергоемкой обработке растворителями и значительно снижает воздействие на окружающую среду. Поэтому оно считается предпочтительным методом экстракции кедрового масла в регионах с ограниченными ресурсами [12].

Наряду с прессованием используются экстракция органическими растворителями, субкритическая экстракция, а также водно-ферментативные и ультразвуковые методы извлечения масла, обеспечивающие более высокий выход липидов [20]. В качестве растворителей применяют экстракционные бензины и гексан, которые отличаются токсичностью и требуют тщательного удаления из масла и шрота путем отгонки. А. Г. Хантургаев и др. [21] в роли альтернативы предложили экстракцию менее токсичным и более безопасным пищевым этиловым спиртом под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты. При этом выход кедрового масла составил 63–64 %. Однако при масштабировании данной технологии необходимо учитывать, что потребуются большие

объемы этилового спирта, что приведет к повышению себестоимости готовой продукции, а также потребует затрат на очистку масла от растворителя. Экстракция диэтиловым эфиром в аппарате Сокслета обеспечивает выход кедрового масла на уровне 60 %, но такой метод затратнее и предполагает использование токсичного растворителя [22].

Для более эффективной экстракции масла применяют электромагнитное поле СВЧ, представляющее собой излучение низкой энергии, соответствующее вращательной энергии молекул и недостаточной для разрыва химической связи. Излучение взаимодействует с компонентами системы и экстрагентом по механизмам дипольного вращения и ионной проводимости. В результате этого взаимодействия в системе протекают кооперативные процессы: быстрый объемный разогрев реакционной смеси, разрушение сферосом в клетках ядра и высвобождение липидов вследствие возникающих градиента температуры и избыточного давления, а также их растворение в экстрагенте [23]. Установлено, что повышение температуры технологического процесса способствует увеличению выхода масла, однако может сопровождаться изменением содержания отдельных термолабильных компонентов и снижением окислительной стабильности продукта [24].

Тем не менее технологические режимы получения кедрового масла, такие как температура, давление и продолжительность, зачастую выбираются эмпирически, без учета их совокупного влияния на выход и качество продукта. Существующие технологические инструкции не содержат строго обоснованных параметров, что приводит либо к недополучению масла, либо к разрушению термолабильных компонентов – витамина Е и каротиноидов – вследствие избыточного нагрева.

Обоснование выбора режимов прессования базируется на необходимости разрешения основного противоречия, характерного для производства растительных масел: между стремлением к максимальному извлечению липидов и требованием сохранения нативной биологической активности продукта [25]. С одной стороны, увеличение температуры и давления при прессовании способствует снижению вязкости масла, деструкции клеточных стенок и более полному высвобождению липидов из маслосодержащего материала, что закономерно повышает выход готового продукта. С другой стороны, интенсификация этих параметров инициирует нежелательные процессы, приводящие к снижению пищевой ценности масла. В частности, повышение температуры сопровождается ускорением окислительной деградации полиненасыщенных жирных кислот и значительными потерями термолабильных биологически активных соединений, среди которых ключевое место занимают токоферолы (витамин Е) и каротиноиды [12, 26].

Выбор холодного прессования в качестве одного из методов исследования обусловлен тем, что он при-

знаниям, обеспечивающей более высокую сохранность компонентов липидного комплекса. Отсутствие интенсивного теплового воздействия способствует снижению степени окислительной деградации полиненасыщенных жирных кислот, в т. ч. редко встречающейся пиноленовой кислоты, а также обеспечивает высокую сохранность токоферолов и фитостеролов, придающих маслу высокую антиоксидантную активность [27]. Однако, как отмечалось ранее, данный метод характеризуется невысоким выходом масла, что ограничивает его промышленную эффективность [12]. Следовательно, экспериментальный подбор рациональных параметров давления, продолжительности процесса и допустимого температурного порога в рамках холодного прессования является критически важной задачей для максимизации выхода продукта без ущерба для его качества.

В свою очередь, исследование режима горячего прессования обусловлено необходимостью изучения способов повышения экономической эффективности производства. Предварительная влаготепловая обработка и последующее прессование при повышенных температурах позволяют существенно увеличить степень извлечения липидов из ядра и приблизить выход масла к коммерчески целесообразным показателям. Однако, как свидетельствуют литературные данные, применение данного метода сопряжено с риском термической деструкции термолабильных компонентов, таких как фенолы и токоферолы [28]. В связи с этим основная задача эксперимента в рамках горячего прессования состоит в определении критических пороговых значений температуры и давления, превышение которых приводит к недопустимому снижению содержания витамина Е и каротиноидов, при одновременном обеспечении максимально высокого выхода.

Таким образом, систематическое изучение и сопоставление влияния температуры, давления и продолжительности процесса при холодном и горячем прессовании позволит установить закономерности изменения выхода и качественных характеристик кедрового масла и определить рациональные технологические режимы. Цель исследования – обосновать рациональные технологические параметры холодного и горячего прессования кедрового масла и оценить их влияние на ключевые показатели качества и биологическую ценность получаемого продукта.

Объекты и методы исследования

В качестве сырья использовали очищенное ядро кедрового ореха (*Pinus sibirica*) урожая 2024 г. (ООО «Кедр Экспорт», Кемерово, Россия). Качество и безопасность сырья подтверждены протоколом испытаний № 08/24 «Определение показателей качества образца кедрового ореха» от 22.11.2024 г., выполненных на базе лаборатории биотестирования природных нутрицевтиков ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Кемерово, Россия). Согласно протоколу:

массовая доля влаги – $2,53 \pm 0,23$ %; массовая доля белка – $22,65 \pm 0,31$ %; жирнокислотный профиль (основные): линолевая кислота – $46,22 \pm 2,31$ %, олеиновая – $24,31 \pm 1,22$ %, γ -линоленовая – $18,92 \pm 1,51$ %, пальмитиновая – $4,26 \pm 0,47$ %, стеариновая – $2,45 \pm 0,27$ %; содержание макро- и микроэлементов: калий – $780,00 \pm 195,00$ мг/100 г, магний – $230,00 \pm 46,00$ мг/100 г, фосфор – $450,00 \pm 112,50$ мг/100 г, кальций – $48,00 \pm 19,20$ мг/100 г, железо – $2,19 \pm 0,44$ мг/100 г, цинк – $4,60 \pm 1,15$ мг/100 г; водорастворимые витамины: В₁ – $11,20 \pm 1,62$ мг/100 г, В₃ (РР) – $11,16 \pm 1,86$ мг/100 г, В₆ – $1,32 \pm 0,19$ мг/100 г. Микробиологические показатели: КМАФАнМ – $(2 \pm 1) \times 10^1$ КОЕ/г, БГКП не обнаружены, дрожжи и плесени – $(5 \pm 2) \times 10^1$ КОЕ/г, что соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ГОСТ 31852-2012 «Орехи кедровые. Технические условия».

Известно, что влажность масличного сырья является критическим параметром, влияющим на эффективность извлечения масла. Чрезмерно низкая влажность (менее 5,5 %) может привести к перегреву прессующего оборудования и ухудшению показателей прессования¹, слишком высокая – к формированию устойчивой эмульсии «масло в воде», затрудняющей ее разделение [29]. Техническими регламентами для сходных масличных культур установлено, что оптимальная влажность ядра перед прессованием находится в диапазоне от 5,5–6,5 до 6,0–8,0 %² согласно ГОСТ 31852-2012 «Орехи кедровые очищенные. Технические условия», указанные диапазоны влажности соответствуют требованиям к качеству сырья, используемого для прессования. Поскольку исходная влажность ядра кедрового ореха (*P. sibirica*) согласно протоколу № 08/24 от 22.11.2024 г. составляла $2,53 \pm 0,23$ %, что ниже рекомендуемого диапазона, сырье подвергали кондиционированию. Для этого ядро кедрового ореха измельчали на лабораторной мельнице LM 3100 (Perten, Швеция) до $2,0 \pm 0,1$ мм. Измельченную массу помещали в герметичный полиэтиленовый пакет и методом распыления вносили рассчитанное количество дистиллированной воды для достижения целевой влажности $5,2 \pm 0,2$ % (из расчета 2,7 мл воды на 100 г сухого ядра). Увлажненную массу выдерживали при 4 °С в течение 24 ч с периодическим перемешиванием для равномерного распределения влаги. Данный диапазон влажности соответствует технологическим параметрам, указанным в патент-

ной литературе для переработки кедрового ореха³. Подготовленное сырье использовали для получения масла без дополнительной сушки.

Измельченное и кондиционированное ядро (влажность $5,2 \pm 0,2$ %) подвергали прессованию на автоматическом гидравлическом термопрессе РСАН (KINTEK, Китай) с усилием до 25 т. Пресс оснащен подогревательными плитами (диапазон нагрева до 300 °С) и программируемой системой управления, позволяющей точно поддерживать температуру (± 1 °С), давление и время выдержки. Для холодного прессования нагрев плит отключали. Температура при холодном прессовании находилась в пределах 10–35 °С, при горячем – от 60 до 85 °С с шагом 5 °С. Давление варьировали от 20 до 200 кг/см² с шагом 10 кг/см², продолжительность прессования – от 5 до 40 мин с шагом 10 мин. Масса загрузки – 100 ± 2 г. Очистку полученного масла от механических примесей проводили с использованием мембранной установки МФУ-Р-45-300 (ЗАО НПО «Элевар», Россия). После фильтрации масло отстаивали для удаления остаточного воздуха и направляли на промежуточное хранение.

Коммерческий образец для сравнения. В качестве референсного образца использовано кедровое масло холодного прессования «Эко-Сибирь» (Иркутск, Россия), приобретенное в розничной торговле (партия № 2311).

Выход масла (W , % к абсолютной сухой массе ядра) определяли гравиметрически согласно формуле (1), что соответствует общепринятой практике в масложировой промышленности^{4,5}:

$$W = \frac{m_{\text{масла}} \times 100 \times 100}{m_{\text{ядра}} \times (100 - W_{\text{исх}})} \quad (1)$$

где $m_{\text{масла}}$ – масса полученного масла, г; $m_{\text{ядра}}$ – масса навески сырья, г; $W_{\text{исх}}$ – влажность ядра после кондиционирования ($5,2 \pm 0,2$ %).

Содержание токоферола (витамина Е) определяли методом высокоскоростной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по ГОСТ ISO 9936-2024. Навеску масла ($1,00 \pm 0,01$ г) растворяли в гексане, доводили до 10 мл и фильтровали через мембранный фильтр с порами 0,45 мкм. Анализ проводили на ВЭЖХ-системе Shimadzu LC-20 (Shimadzu Corporation, Япония) с диодно-матричным детектором. Условия хроматографирования: колонка Phenomenex Luna C18 (Phenomenex, США) ($150,0 \times 4,6$ мм, 5 мкм), подвижная фаза – метанол:вода (96:4), скорость потока 1,2 мл/мин, детектирование при $\lambda = 292$ нм.

¹ Поставка технологического оборудования для прессования масличных семян методом предварительного прессования холодным способом производительностью 48–1152 тонн семян / сутки. URL: http://pressservis.com/wp-content/uploads/2017/12/ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ-ПРЕССОВАНИЕСРР_FS1010.pdf (дата обращения 11.06.2026).

² Технологический режим работы оборудования при однократном прессовании: техническая информация. URL: <http://press-oil.ru/blog-mansory-2/item/32-tehnologicheskij-rezhim-raboty-oborudovaniya.html> (дата обращения 11.06.2026).

³ Способ получения растительного масла и пищевого белкового продукта: патент 2198913 Рос. Федерация. № 2000129338 / Бахтин Ю. В., Мжелский А. Ф. заявл. 23.11.2000; опубл. 20.02.2003. 4 с. Бюл. № 5.

⁴ ОФС. 1.5.3.0014 «Определение содержания жирных масел в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения». Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. 2023. Т. 2. С. 2339–2342.

⁵ Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1989. 448 с.

Массовую долю влаги и летучих веществ определяли по ГОСТ 11812–2022 (метод высушивания в сушильном шкафу при 103 ± 2 °С до постоянной массы).

Содержание фосфора, калия и магния выявляли методом атомно-эмиссионной спектроскопией с индуктивно связанной плазмой на приборе ICPE-9820 (Shimadzu Corporation, Япония) по МУК 4.1.1482-03. Пробоподготовка: навеску масла (0,5 г) озоляли в муфельной печи при 450 °С, золу растворяли в 2 % HNO_3 (объем доводили до 10 мл). Длины волн: Р – 213,618 нм, К – 766,491 нм, Mg – 279,553 нм. Пределы количественного определения: 0,2 мг/100 г – для Р; 0,1 мг/100 г – для К и Mg.

Показатели качества кедрового масла устанавливали по стандартным методикам: йодное число – по ГОСТ 5475–69; кислотное число – по ГОСТ 31933–2012; число омыления – по ГОСТ 5478–2014; перекисное число – по ГОСТ 26593–85; плотность – согласно ГОСТ 18848–2019; показатель преломления – в соответствии с ГОСТ 5482–90; массовую долю нежировых примесей – по ГОСТ 5481–2014; массовую долю жира – по ГОСТ 10857–64; насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты – по ГОСТ 30418–96.

Все измерения проводили в трехкратной повторности. Данные представлены как среднее арифметическое $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm SD$). Статистическую обработку результатов выполняли с использованием критерия Стьюдента при доверительной вероятности $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Экспериментально выявлены рациональные параметры холодного и горячего прессования ядер кедрового ореха, при которых достигается наибольший выход липидов и сохраняется повышенное содержание витамина Е и фосфора.

На начальном этапе проводили подбор температурного режима прессования ядер кедрового ореха: для холодного прессования – в диапазоне 10–35 °С с шагом 5 °С, для горячего – 60–85 °С с шагом 5 °С. При этом остальные технологические параметры поддерживали постоянными: давление составляло 100 кг/см², продолжительность прессования – 30 мин. В числе показателей, характеризующих качество кедрового масла, использовали содержание витамина Е и фосфора, поскольку данные компоненты в значительной степени определяют его биологическую ценность. Зависимость выхода липидов от температурного режима прессования приведена в таблице 1.

При фиксированных давлении (100 кг/см²) и времени (30 мин) выход масла возрастал с повышением температуры для обоих методов. Максимальный выход при холодном прессовании ($38,0 \pm 0,1$ %) достигнут при 20–35 °С. При горячем прессовании выход стабилизировался на уровне $49,0 \pm 0,1$ % при 80–85 °С, однако оптимальной признана температура 75 °С (выход $47,8 \pm 0,3$ %) с учетом сохранения качества.

Таблица 1. Зависимость выхода масла от температуры прессования ядра кедрового ореха

Table 1. Effect of temperature mode on pine oil yield

Прессование	Температура, °С	Выход масла, % к абсолютно сухой массе
Холодное	10	$7,6 \pm 0,1$
	15	$18,8 \pm 0,6$
	20	$36,0 \pm 0,1$
	25	$37,7 \pm 0,2$
	30	$38,0 \pm 0,1$
	35	$38,0 \pm 0,2$
Горячее	60	$12,6 \pm 0,7$
	65	$22,3 \pm 0,1$
	70	$35,0 \pm 0,2$
	75	$47,8 \pm 0,3$
	80	$49,0 \pm 0,1$
	85	$49,0 \pm 0,2$

На рисунке 1 приведены результаты исследования влияния температурного режима прессования на физико-химические свойства кедрового масла.

Температура прессования существенно влияет на физико-химические показатели кедрового масла. С повышением температуры снижалась массовая доля влаги в масле: при 20 °С – 0,05 %; при 35 °С – 0,05 %; при 75 °С – 0,03 %.

Содержание витамина Е при холодном прессовании оставалось высоким – 76,5 мг/100 г, однако при горячем снижалось до 74,0 мг/100 г (75–85 °С). Содержание фосфора также несколько сокращалось при нагреве (с 877 до 855 мг/100 г).

Таким образом, рациональными температурными режимами приняты: для холодного прессования – 20 °С (максимальный выход без деструкции), для горячего прессования – 75 °С (высокий выход при сохранении качества).

В рамках следующего этапа исследования проводили подбор рациональной продолжительности прессования ядра кедрового ореха при фиксированных параметрах: температуре 20 °С – для холодного и 75 °С – для горячего прессования, а также давлении 100 кг/см². Время прессования варьировалось в интервале от 5 до 40 мин. Зависимость выхода липидов от продолжительности прессования ядра кедрового ореха представлена в таблице 2⁶.

Наиболее значительный прирост при холодном прессовании наблюдался при увеличении продолжительности с 10 до 20 мин: в этом диапазоне выход липидов возрастает с $17,8 \pm 0,3$ до $35,5 \pm 0,7$ %. Дальнейшее увеличение времени (30–40 мин) практически не влияет на выход липидов: показатели меняются с $35,8 \pm 1,1$ до $36,5 \pm 0,7$ %, что находится в пределах

⁶ Масло кедрового ореха. URL: <https://ecosibir.com/ru/catalog/maslo-keдрovogo-oreha/> (дата обращения 18.06.2026).

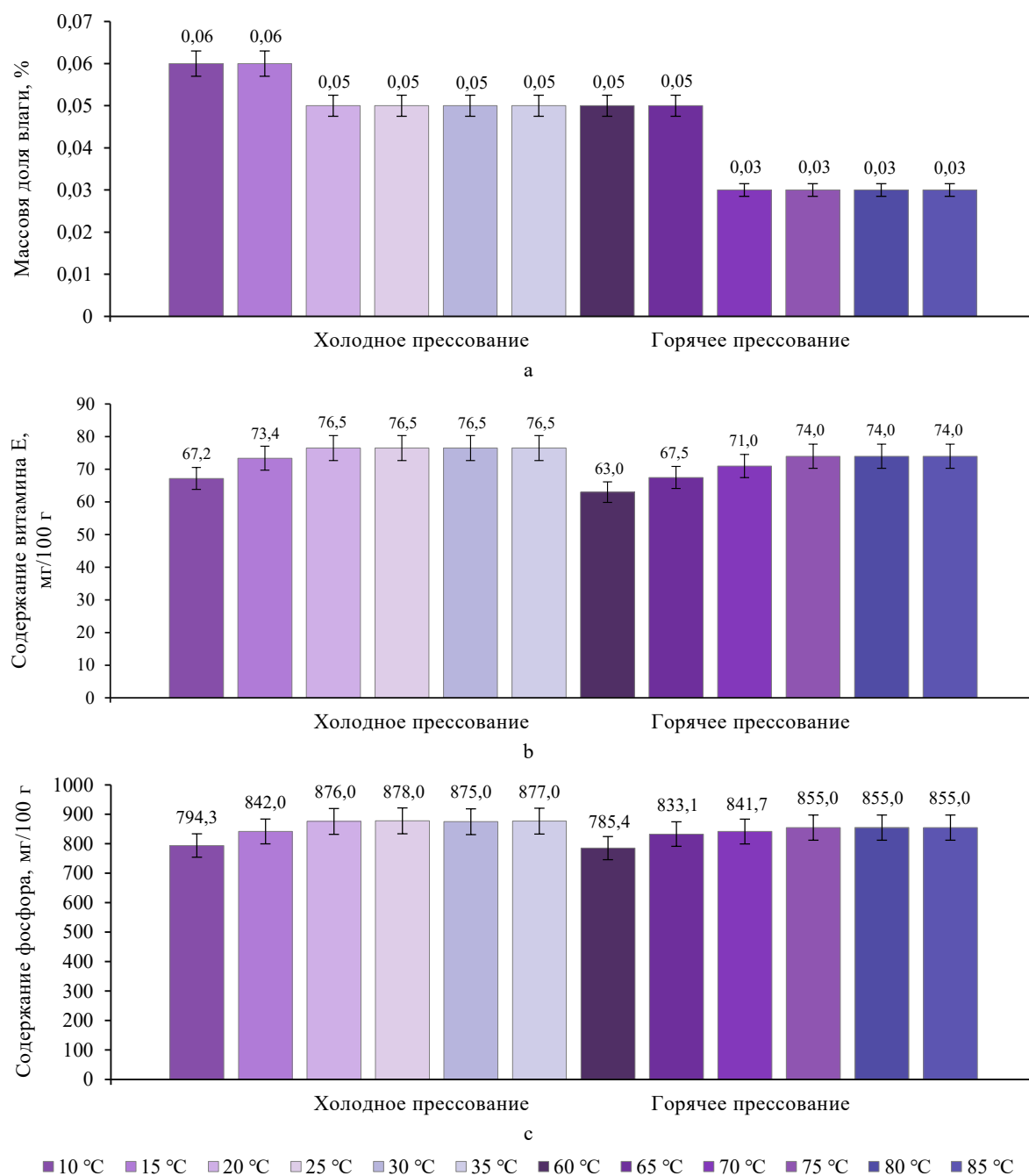


Рисунок 1. Физико-химическая характеристика кедрового масла в зависимости от температуры прессования: а – массовая доля влаги; б – содержание витамина Е; в – содержание фосфора

Figure 1. Effect of temperature mode on physico-chemical characteristics of pine nut oil: а – moisture; б – vitamin Е; and в – phosphorus

Таблица 2. Зависимость выхода масла от продолжительности прессования ядра кедрового ореха

Table 2. Effect of pressing time on pine nut oil yield

Продолжительность, мин	Выход масла, % к абсолютно сухой массе	
	Холодное прессование	Горячее прессование
5	15,0 ± 0,2	21,0 ± 0,3
10	17,8 ± 0,3	23,6 ± 0,4
20	35,5 ± 0,7	47,5 ± 0,7
30	35,8 ± 1,1	47,8 ± 0,7
40	36,5 ± 0,7	48,0 ± 0,7

погрешности измерений. Следовательно, рациональная продолжительность для холодного прессования составляет 20 мин. Более длительное прессование не даст значительного прироста выхода масла.

При горячем прессовании уже к 10 мин выход достигал $23,6 \pm 0,4$ %. Резкий рост фиксируется при увеличении времени до 20 мин: выход масла в этом случае – $47,5 \pm 0,7$ %. При дальнейшем увеличении продолжительности (30–40 мин) прирост минимален –

с $47,8 \pm 0,7$ до $48,0 \pm 0,7$ %. Оптимальная продолжительность для горячего прессования также определена как 20 мин. Увеличение времени свыше этого значения не приводит к существенному росту выхода масла.

Кроме того, установлена связь между продолжительностью прессования и физико-химическими показателями кедрового масла (рис. 2). Аналогичная закономерность наблюдалась для влажности, витамина Е и фосфора. Рациональный временной режим для мини-

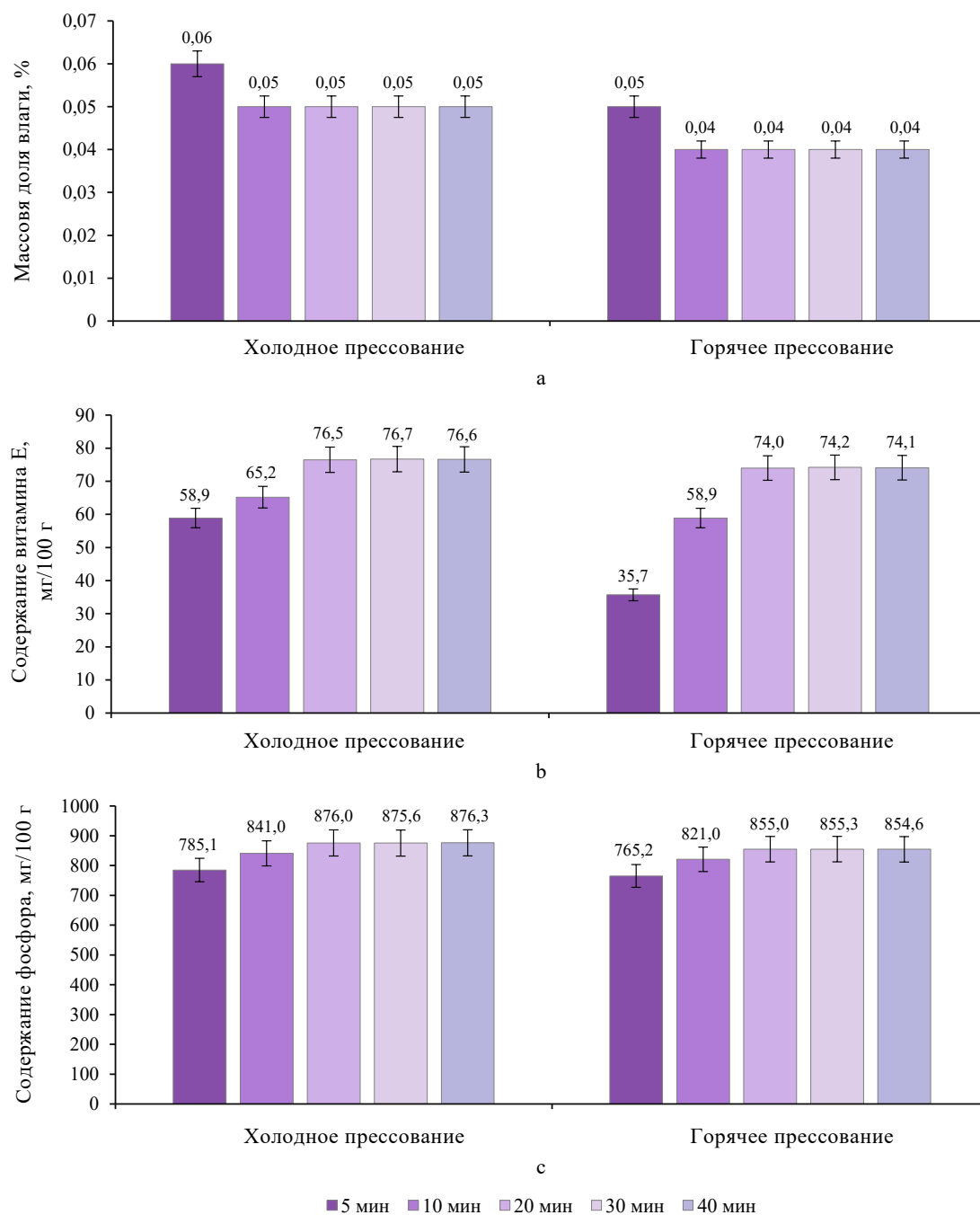


Рисунок 2. Физико-химические показатели кедрового масла в зависимости от продолжительности прессования: а – массовая доля влаги; б – содержание витамина Е; с – содержание фосфора

Figure 2. Effect of pressing time on physico-chemical parameters of pine nut oil: а – moisture; б – vitamin Е; and с – phosphorus

Таблица 3. Зависимость выхода масла от давления прессования ядра кедрового ореха

Table 3. Effect of pressure mode on pine nut oil yield

Давление, кг/см ²	Выход масла, % к абсолютно сухой массе	
	Холодное прессование	Горячее прессование
20	23,4 ± 0,5	27,8 ± 0,3
40	27,8 ± 0,3	34,5 ± 0,4
60	29,7 ± 0,6	39,5 ± 0,2
80	32,1 ± 0,7	44,5 ± 0,4
100	35,5 ± 0,1	47,5 ± 0,1
120	37,0 ± 0,2	52,3 ± 0,7
140	42,4 ± 0,1	57,3 ± 0,5
160	44,8 ± 0,9	57,1 ± 0,1
180	45,4 ± 0,5	57,5 ± 0,2
200	45,3 ± 0,2	57,2 ± 0,7

Таблица 4. Физико-химические показатели кедрового масла

Table 4. Physico-chemical parameters of pine nut oil

Показатель	Значение	
	Холодное прессование	Горячее прессование
Йодное число, г I ₂ /100 г	154,0 ± 7,7	158,0 ± 7,9
Кислотное число, мг КОН/г	0,9 ± 0,2	0,8 ± 0,2
Число омыления, мг КОН/г	190,0 ± 9,5	192,0 ± 9,6
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	0,020 ± 0,002	0,030 ± 0,003
Массовая доля нежировых примесей (отстой по массе), %	0,07 ± 0,10	0,09 ± 0,1
Перекисное число, ммоль О ₂ /кг	7,5 ± 0,4	8,7 ± 0,4
Показатель преломления при 40 °С	1,4685 ± 0,0734	1,4688 ± 0,0734
Плотность при 20 °С, г/м ³	0,919 ± 0,046	0,922 ± 0,046
Массовая доля жира, %, не менее	99,9 ± 5,0	99,9 ± 5,0
Массовая доля насыщенных жирных кислот от общей массы жирных кислот, %	7,5 ± 0,4	7,5 ± 0,4
Массовая доля ненасыщенных жирных кислот от общей массы жирных кислот, %	92,5 ± 4,6	92,5 ± 4,6
Содержание витамина Е, мг/100 г	78,0 ± 3,9	75,8 ± 3,8
Содержание фосфора, мг/100 г	887,5 ± 44,4	871,0 ± 43,6
Содержание калия, мг/100 г	694,0 ± 34,7	681,0 ± 34,0
Содержание магния, мг/100 г	622,0 ± 31,1	607,0 ± 30,3

мизации содержания влаги, сохранения витамина Е и фосфора – 20 мин. Дальнейшее увеличение времени (30–40 мин) практически не влияет на исследуемые показатели: все параметры достигают плато.

Давление – наиболее значимый фактор ($p < 0,001$). Эксперимент проводили при оптимальных параметрах: температура (20 °С – для холодного прессования, 75 °С – для горячего), время – 20 мин. Результаты зависимости выхода масла от давления прессования ядра кедрового ореха отражены в таблице 3.

Установлено, что рациональное давление при холодном прессовании кедрового масла составляет 160 кг/см² (выход – 44,8 ± 0,9 %), при горячем – 140 кг/см² (выход – 57,3 ± 0,5 %). Дальнейшее повышение давления сопровождается незначительным изменением выхода масла, что не компенсирует увеличение интенсивности процесса.

На заключительном этапе исследования оценено влияние давления прессования на физико-химические характеристики кедрового масла (рис. 3).

Содержание витамина и фосфора незначительно зависело от давления в диапазоне 120–200 кг/см². Оптимальное давление для минимизации потерь влаги – 120–140 кг/см². Дальнейшее его увеличение приводит лишь к незначительному изменению показателей.

На основании трехфакторных экспериментов определены рациональные режимы. Для метода холодного прессования оптимальны: температура 20 °С, давление 160 кг/см² и продолжительность 20 мин. Для горячего прессования – температура 75 °С, давление 140 кг/см² и продолжительность 20 мин.

Для полученного кедрового масла оценивали выход и показатели качества (табл. 4). В качестве критериев

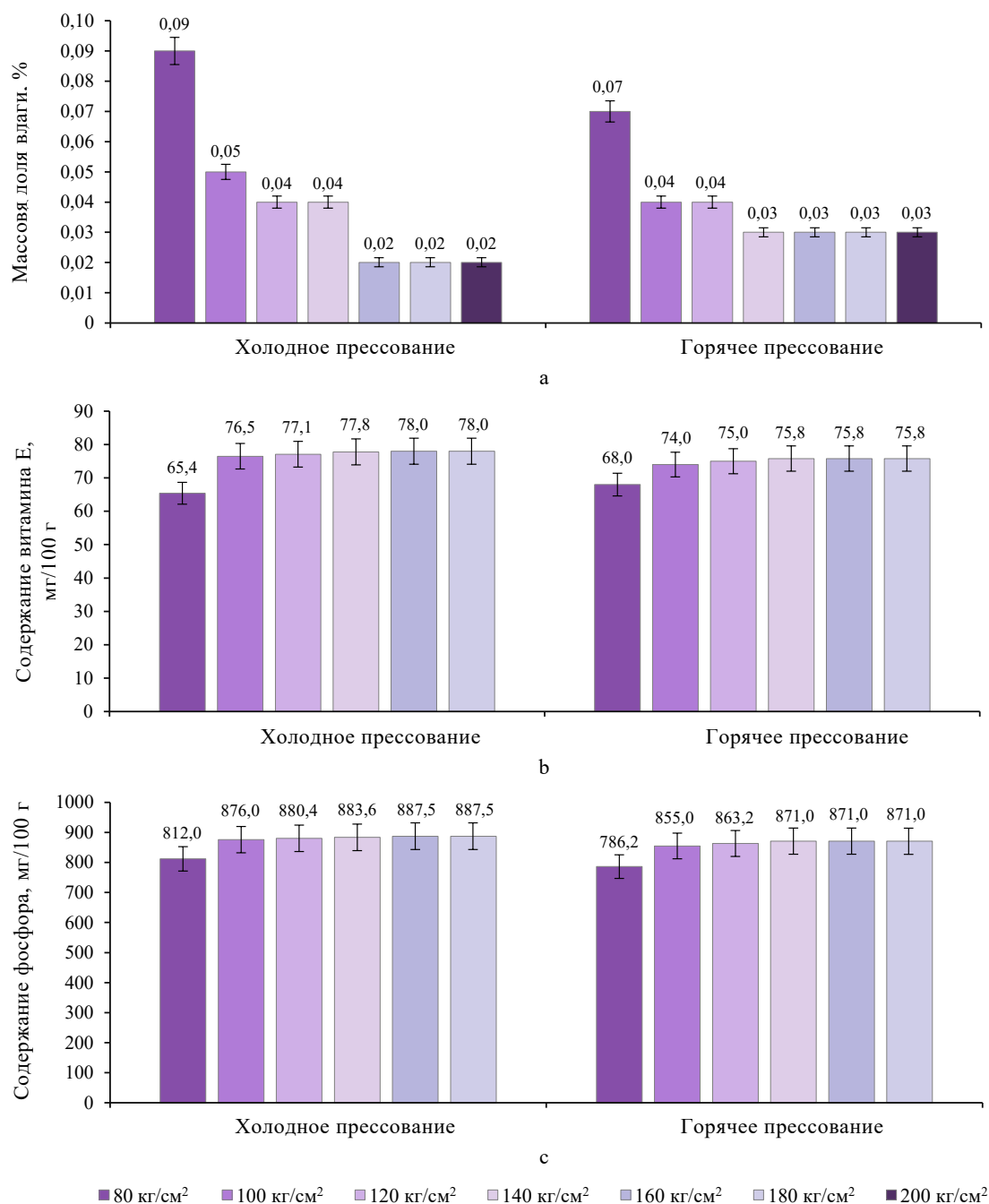


Рисунок 3. Физико-химические показатели кедрового масла в зависимости от давления прессования:
а – массовая доля влаги; б – содержание витамина Е; в – содержание фосфора

Figure 3. Effect of pressure mode on physico-chemical parameters of pine nut oil: а – moisture; б – vitamin Е; and в – phosphorus

выбраны: содержание витамина Е, фосфора, калия и магния, поскольку данные компоненты определяют биологическую ценность кедрового масла.

По содержанию витамина Е, фосфора, калия и магния кедровое масло, полученное методом холодного прессования, превосходит масло горячего прессования (различия составляют 2,8–9,3 % в зависимости от показателя), что обусловлено частичной деградацией термолабильных биоактивных соединений при

нагревании. Кроме того, холодное прессование обеспечивает более низкие значения массовой доли влаги, перекисного и кислотного числа, что свидетельствует о меньшей степени окислительных процессов и лучшей сохранности продукта. Показатели преломления, плотности, а также соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот для обоих образцов практически идентичны и соответствуют типичному профилю кедрового масла. Таким образом, холодное

Таблица 5. Физико-химические показатели коммерческого образца кедрового масла («Эко-Сибирь», Иркутск, Россия)

Table 5. Physico-chemical parameters of commercial pine nut oil (Eco-Siberia, Irkutsk, Russia)

Показатель	Значение
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	0,08
Массовая доля насыщенных жирных кислот от общей массы жирных кислот, %	11,19
Массовая доля ненасыщенных жирных кислот от общей массы жирных кислот, %	92,50
Содержание витамина Е, мг/100 г	55,00
Содержание фосфора, мг/100 г	840,00
Содержание калия, мг/100 г	650,00
Содержание магния, мг/100 г	552,00

прессование позволяет получить масло с более высокой биологической ценностью, тогда как горячее, уступая по качеству, обеспечивает существенно больший выход продукта (табл. 3). Тем не менее, оба образца характеризуются высокой биологической ценностью по сравнению с коммерческим аналогом (табл. 5)⁷.

Разработанные режимы холодного прессования позволяют получить масло с более высоким содержанием витамина Е – в 1,40 раза, фосфора – в 1,05 раза, калия – в 1,07 раза и магния – в 1,13 раза. Масло горячего прессования также превосходит коммерческий образец: по витамину Е – в 1,38 раза, фосфору – в 1,04 раза, калию – в 1,05 раза, магнию – в 1,10 раза, при этом обеспечивая более высокий выход продукта (57,3 % против 44,8 % у холодного прессования).

Выводы

В ходе исследования проведено экспериментальное обоснование рациональных технологических режимов холодного и горячего прессования ядра кедрового ореха (*Pinus sibirica*), обеспечивающих максимальный выход масла при сохранении его биологической ценности. На основании комплексного анализа влияния температуры, давления и продолжительности прессования на выход и физико-химические показатели масла установлены следующие основные результаты:

Экспериментально определены рациональные режимы получения кедрового масла: для холодного прессования – температура 20 °С, давление 160 кг/см², продолжительность 20 мин (выход масла 44,8 ± 0,9 %); для горячего прессования – температура 75 °С, давление 140 кг/см², продолжительность 20 мин (выход масла 57,3 ± 0,5 %).

Подтверждено, что нагревание выше 75 °С при горячем прессовании не приводит к значительному увеличению выхода масла, но сопровождается снижением содержания витамина Е, фосфора, калия и магния, что свидетельствует о частичной деградации термолабильных биологически активных соединений.

Давление является наиболее значимым фактором, влияющим на выход масла ($p < 0,001$). Оптимальное дав-

ление для холодного прессования составляет 160 кг/см², для горячего – 140 кг/см². Дальнейшее повышение давления до 200 кг/см² экономически нецелесообразно из-за незначительного прироста выхода при увеличении энергозатрат.

Продолжительность прессования свыше 20 мин не оказывает существенного влияния на выход и качество масла ($p > 0,05$), что позволяет рекомендовать данный временной интервал как оптимальный для обоих способов прессования.

Разработанный режим холодного прессования обеспечивает получение кедровое масло, превосходящее коммерческий образец «Эко-Сибирь» (Иркутск, Россия) по содержанию витамина Е – в 1,40 раза, фосфора – в 1,05 раза, калия – в 1,07 раза и магния – в 1,13 раза. Горячее прессование также дает значительное превосходство над аналогом при существенно большем выходе.

Результаты могут быть использованы при проектировании технологических линий для малых и средних предприятий по переработке дикоросов.

Критерии авторства

В. А. Потураев, Е. С. Миллер – методология и редактирование статьи. Т. А. Ларичев, О. Г. Альтшулер – формальный анализ. И. С. Милентьева – концептуализация и редактирование статьи. Все авторы одобрили финальную версию рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с публикацией данной статьи.

Contribution

V.A. Poturaev, E.S. Miller developed the methodology and edited the article. T.A. Larichev, O.G. Altshuler performed the formal analysis. I.S. Milentyeva conceptualized and edited the article. All authors approved the final version of the manuscript.

Conflict of interest

The authors declared no potential conflict of interest regarding the research, authorship, and/or publication of this article.

⁷ Масло кедрового ореха...

Список литературы / References

1. Австриевских А. Н., Вековцев А. А., Челнакова Н. Г., Позняковский В. М. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2005. 413 с. [Avstrieviskikh AN, Vekovtsev AA, Chelnakova NG, Poznyakovskiy VM. Healthy food products: New technologies, quality assurance, and application efficiency. Novosibirsk: Siberian University; 2005. 413 p. (In Russ.)]
2. Тыщенко Е. А., Титоренко Е. Ю., Рогалевская Н. В., Попова Д. Г. Формирование качественных характеристик специализированного продукта с использованием местного растительного сырья. Техника и технология пищевых производств. 2014. Т. 34. № 3. С. 84–90. [Tyshchenko EA, Titorenko EYu, Rogalevskaya NV, Popova DG. Quality characteristics of functional foods using local plant raw materials. Food Processing: Techniques and Technology. 2014;34(3):84–90. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/SNMHLX>
3. Babich O, Prosekov A, Noskova S, Sukhikh S, Dyshlyuk L, et al. In vivo study of the potential of the carbohydrate-mineral complex from pine nut shells as an ingredient of functional food products. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2019;18:100185. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2019.100185>
4. Vesnina AD, Milentyeva IS, Le VM, Fedorova AM, Altschuler OG, Prosekov AYU. Quercetin isolated from *Hedysarum neglectum* Ledeb. as a preventer of metabolic diseases. Foods and Raw Materials. 2025;13(1):192–201. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2025-1-633>
5. Babich O, Larina V, Krol O, Ulrikh E, Sukhikh S, Gureev MA, Prosekov A, Ivanova S. In vitro study of biological activity of *Tanacetum vulgare* extracts. Pharmaceutics. 2023;15(2):616. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15020616>
6. Asyakina L, Atuchin V, Drozdova M, Kozlova O, Prosekov A. Ex vivo and in vitro antiaging and antioxidant extract activity of the *Amelanchier ovalis* from Siberia. International Journal of Molecular Sciences. 2022;23(23):15156. <https://doi.org/10.3390/ijms232315156>
7. Salishcheva OV, Prosekov AYU. Antimicrobial activity of mono- and polynuclear platinum and palladium complexes. Foods and Raw Materials. 2020;8(2):298–311. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-2-298-311>
8. Rathod ML, Angadi BM, Bhavi IG. A review on optimization of process parameters of cold pressed oil extraction for high output and for enhanced quality and retained nutrients. Food and Humanity. 2025;5:100698. <https://doi.org/10.1016/j.fooHum.2025.100698>
9. Prosekov AYU, Dyshlyuk LS, Milentyeva IS, Pavsky VA, Ivanova SA, et al. Study of the biofunctional properties of cedar pine oil with the use of in vitro testing cultures. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):136–143. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-136-143>
10. Takala R, Ramji DP, Andrews R, Zhou Y, Farhat M, et al. Pinolenic acid exhibits anti-inflammatory and anti-atherogenic effects in peripheral blood-derived monocytes from patients with rheumatoid arthritis. Scientific Reports. 2022;12(1):8807. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12763-8>
11. Takala R, Ramji DP, Choy E. The beneficial effects of pine nuts and its major fatty acid, pinolenic acid, on inflammation and metabolic perturbations in inflammatory disorders. International Journal of Molecular Sciences. 2023;24(2):1171. <https://doi.org/10.3390/ijms24021171>
12. Zhu J, Li ZH, Wang Y, Mu ZH, Lv X, et al. A review on improving the oxidative stability of pine nut oil in extraction, storage, and encapsulation. Antioxidants. 2025;14(6):716. <https://doi.org/10.3390/antiox14060716>
13. Zhamsaranova SD, Shiretorova VG, Lebedeva SN, Erdyneeva SA, Tykheev AA, et al. By-products of *Pinus pumila* (Pall.) regel in adaptogenic functional foods. Foods and Raw Materials. 2027;15(1):155–170. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2027-1-700>
14. Baker EJ, Miles EA, Calder PC. A review of the functional effects of pine nut oil, pinolenic acid and its derivative eicosatrienoic acid and their potential health benefits. Progress in Lipid Research. 2021;82:101097. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2021.101097>
15. Subbotina MA, Dolgolyuk IV. Study of composition and biological value of pinon kernel of Siberian pine. Foods and Raw materials. 2015;3(1):56–61. <https://doi.org/10.12737/11238>
16. Santos OV, Freires SCV, Palheta HCDEO, Ferreira PHDEM. Impact of use of ultrasound-assisted extraction on the quality of Brazil nut oil (*Bertholletia excelsa* HBK). Separations. 2025;12(7):182. <https://doi.org/10.3390/separations12070182>
17. Incegul Y, Aksu M, Kiralan SS, Kiralan M, Ozkan G. Cold pressed pine (*Pinus koraiensis*) nut oil. In: Ramadan MF, editor. Cold pressed oils: Green technology, bioactive compounds, functionality, and applications. London: Academic Press; 2020. pp. 525–536. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00047-5>
18. Hamitbek AH, Kairbaeva AE. Experimental studies for the Development of special equipment for cleaning cedar nuts from the shell. Complex Use of Mineral Resources. 2025;333(2):34–40. <https://doi.org/10.31643/2025/6445.15>
19. Невзоров В. Н., Кох Ж. А., Мацкевич И. В., Холопов В. Н. Совершенствование технологии и оборудования производства кедрового масла. Хвойные бореальной зоны. 2022. Т. 40. № 5. С. 444–449. [Nevzorov VN, Koch ZhA, Matskevich IV, Kholopov VN. Improvement of technology and equipment cedar oil production. Conifers of the Boreal Area. 2022;40(5):444–449. (In Russ.)] <https://doi.org/10.53374/1993-0135-2022-5-444-449>

20. Kemerli-Kalbaran T, Ozdemir M. Multi-response optimization of oil extraction from pine nut (*Pinus pinea* L.) by response surface methodology: Extraction efficiency, physicochemical properties and antioxidant activity. LWT. 2019;103:34–43. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.067>
21. Хантургаев А. Г., Бадмацыренов Б. В., Ширеторова В. Г., Хантургаева Г. И. Получение кедрового масла из семян сосны сибирской экстракцией этиловым спиртом. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2003. № 1. С. 34–37. [Khanturgaev AG, Badmatsyrenov BV, Shiretorova VG, Khanturgaeva GI. Production of pine nut oil from Siberian cedar pine seeds using ethyl alcohol extraction. Proceedings of Higher Educational Institutions. Food Technology. 2003;(1):34–37. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/QCUTWZ>
22. Ефремов А. А. Перспективы малотоннажной переработки кедровых орехов в продукты пищевого и технического назначения. Химия растительного сырья. 1998. № 3. С. 83–86. [Efremov AA. Prospects for low-volume processing of pine nuts into food and technical products. Chemistry of Plant Raw Materials. 1998;(3):83–86. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/hyssit>
23. Kaseke T, Opara UL, Fawole OA. Novel seeds pretreatment techniques: Effect on oil quality and antioxidant properties: A review. Journal of Food Science and Technology. 2021;58(12):4451–4464. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-04981-1>
24. Lixia HOU, Cuicui LI, Jihong QIU. Comparison of the physicochemical characteristics of *Pinus koraiensis* L. nut oils from different extraction technologies. Grain & Oil Science and Technology. 2018;1(3):113–118. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1447.GOST.2018.18042>
25. Rathod ML, Angadi BM, Bhavi IG. A review on optimization of process parameters of cold pressed oil extraction for high output and for enhanced quality and retained nutrients. Food and Humanity. 2025;5:100698. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100698>
26. Nde DB, Foncha AC. Optimization methods for the extraction of vegetable oils: A review. Processes. 2020;8(2):209. <https://doi.org/10.3390/pr8020209>
27. Zhang Y, Zeng W, Liu YU, Wang X. Pine nut oil as a functional alternative to corn oil: Process selection, provenance profiling, and multi-omics evidence of lipid-lowering efficacy in Western-diet mice. Food Research International. 2025; 227:118175. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.118175>
28. Piravi-Vanak Z, Dadazadeh A, Azadmard-Damirchi S, Torbati M, Martinez F, *et al.* The effect of extraction by pressing at different temperatures on sesame oil quality characteristics. Foods. 2024;13(10):1472. <https://doi.org/10.3390/foods13101472>
29. Lazouk M-A, Savoie R, Kaddour A, Castello J, Lanoisellé J-L, *et al.* Oilseeds sorption isotherms, mechanical properties and pressing: Global view of water impact. Journal of Food Engineering. 2015;148:26–33. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.12.008>

Дополнительная информация об авторах / Additional information about the authors

Потураев Вячеслав Алексеевич / Vyacheslav A. Poturaev ORCID 0000-0001-9558-7497; eLIBRARY SPIN 3891-2755
Миллер Екатерина Сергеевна / Ekaterina S. Miller ORCID 0000-0002-7538-8076; eLIBRARY SPIN 3354-7356
Ларичев Тимофей Альбертович / Timothy A. Larichev ORCID 0000-0003-0166-2527; eLIBRARY SPIN 9005-9809
Альтшулер Ольга Генриховна / Olga G. Altshuler ORCID 0000-0001-7035-673X; eLIBRARY SPIN 8700-3836
Милентьева Ирина Сергеевна / Irina S. Milentyeva ORCID 0000-0002-3536-562X; eLIBRARY SPIN 8227-2844