ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2396
https://elibrary.ru/ODDAMN

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Изучение качества полуфабриката из ядер семян *Pinus sibirica*

В. Б. Мазалевский*, О. В. Голуб, Г. П. Чекрыга, Е. В. Бородай, О. К. Мотовилов

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Краснообск, Россия

Поступила в редакцию: 11.04.2022
Принята после рецензирования: 13.05.2022
Принята к публикации: 07.06.2022

**В. Б. Мазалевский: mazalevskij@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-5870-2350*
О. В. Голуб: https://orcid.org/0000-0003-2561-9953
Г. П. Чекрыга: https://orcid.org/0000-0002-3756-1798
Е. В. Бородай: https://orcid.org/0000-0003-4350-085X
О. К. Мотовилов: https://orcid.org/0000-0003-2298-3549

© В. Б. Мазалевский, О. В. Голуб, Г. П. Чекрыга, Е. В. Бородай, О. К. Мотовилов, 2022

Аннотация.
Ядра кедрового ореха и продукты их переработки пользуются популярностью в пищевой промышленности благодаря специфическим органолептическим характеристикам и высокой пищевой ценности. Цель работы – исследовать влияние механоакустической обработки на формирование характеристик качества полуфабриката из ядер семян *Pinus sibirica* Du Tour.
Объектом исследования являлся полуфабрикат из ядер кедрового ореха. Технология выработки полуфабриката включала подготовку сырья, механоакустическую обработку смеси ядер и воды при температуре 63–67 °C в течение 20 мин при интенсивности воздействия 100–500 Вт/кг, фасование, охлаждение и хранение. Готовый полуфабрикат хранили в полимерных банках при температурах 2–6 и –18–22 °C. В работе применяли общепринятые и стандартные методы исследования.
Полуфабрикат из ядер кедрового ореха, полученный при помощи механоакустического гомогенизатора, представлял собой светло-кремовую пюреобразную и текучую однородную массу с хорошо выраженным запахом и вкусом кедрового ореха. Нутриентный состав полуфабриката близок к исходному сырью (в среднем, %: белок – 7,4, жир – 22,6, сахара – 1,4, клетчатка – 1,4, зола – 1,03). После механоакустической обработки в полуфабрикате, по сравнению с исходным сырьем, отмечено сокращение КМАФАМ на три порядка и дрожжей в 6 раз, а также гибель неспорообразующих бактерий группы кишечных палочек. В результате проведенных исследований органолептических, физико-химических и микробиологических показателей установили сроки годности полуфабриката: при температуре 2–6 °C – 14 суток, –18–22 °C – 24 месяца.
Применение механоакустического гомогенизатора при изготовлении полуфабриката из ядер кедрового ореха позволяет не только сократить количество технологических операций, но и обеспечить его качественные характеристики на протяжении длительного срока хранения. Полуфабрикат из ядер семян *P. sibirica*, полученный с использованием механоакустического гомогенизатора, обладает большим потенциалом для изготовления пищевых продуктов.

Ключевые слова. Сосна кедровая сибирская, орех, ореховая масса, механоакустическая обработка, пищевая ценность, безопасность, хранение

Для цитирования: Изучение качества полуфабриката из ядер семян *Pinus sibirica* / В. Б. Мазалевский [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 4. С. 665–674. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2396

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2396
https://elibrary.ru/ODDAMN

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

Quality Analysis of Semi-Finished Product from *Pinus sibirica* Kernels

Viktor B. Mazalevskiy*, Olga V. Golub, Galina P. Chekryga, Elena V. Boroday, Oleg K. Motovilov

Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia

Received: 11.04.2022
Revised: 13.05.2022
Accepted: 07.06.2022

**Viktor B. Mazalevskiy: mazalevskij@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-5870-2350*
Olga V. Golub: https://orcid.org/0000-0003-2561-9953
Galina P. Chekryga: https://orcid.org/0000-0002-3756-1798
Elena V. Boroday: https://orcid.org/0000-0003-4350-085X
Oleg K. Motovilov: https://orcid.org/0000-0003-2298-3549

© V.B. Mazalevskiy, O.V. Golub, G.P. Chekryga, E.V. Boroday, O.K. Motovilov, 2022

Abstract.
Cedar-pine nut kernels are tasty and nutritious, which makes them a popular raw material. This research featured the effect of mechano-acoustic treatment on the quality of a novel semi-finished product from *Pinus sibirica* kernels.
The production technology included the following stages. A mix of kernels and water underwent mechano-acoustic treatment (100–500 W/kg) at 63–67°C for 20 min. After that, the mix was packaged, cooled, and stored in plastic jars at 2–6 and –18–22°C. The study relied on conventional and standard research methods.
The resulting light-cream homogeneous mass had a characteristic aroma and taste of cedar-pine nuts. Its nutrient composition was close to the original raw material: protein – 7.4%, fat – 22.6%, sugar – 1.4%, fiber – 1.4%, ash – 1.03%. However, the quantity of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms decreased by three orders of magnitude and that of yeast decreased by six times. In addition, the semi-finished product contained no non-spore-forming *Escherichia coli*. A set of sensory, physico-chemical, and microbiological tests revealed the shelf life of 14 days at 2–6°C and 24 months at –18–22°C. The mechano-acoustic homogenizer made it possible to obtain a high-quality semi-finished product from *Pinus sibirica* nut kernels with a simple production technology, long shelf life, and great commercial potential.

Keywords. Siberian cedar pine, nut, nut mass, mechano-acoustic processing, nutritional value, safety, storage

For citation: Mazalevskiy VB, Golub OV, Chekryga GP, Boroday EV, Motovilov OK. Quality Analysis of Semi-Finished Product from *Pinus sibirica* Kernels. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(4):665–674. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2396

Введение

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour, кедровая сосна, сибирский кедр) относится к группе сосны белой из семейства *Pinaceae*, роду *Pinus*, подроду *Strobus*, произрастает на территории Западной и Восточной Сибири и представляет собой уникальное растение, имеющее промышленное значение за счет коры, древесины, живицы, хвои, семян и т. д. [1–3].

Многие части сосны кедровой сибирской используются при изготовлении различных продуктов питания общего и специального назначения, поскольку содержат нутриенты, оказывающие благоприятное воздействие на организм человека [4–8]. Учеными Сибирского федерального университета и Красноярского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук доказано, что эфирное масло из ветвей *P. sibirica* обладает антимикробной в отношении штаммов условно-патогенных бактерий (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* 209p, *Micrococcus luteus*, *Acinetobacter baumanii*, *Candida albicans*) и антирадикальной активностями [9]. А. Ю. Просеков с соавторами доказали, что масло из ядер семян обладает высокой антимикробной активностью, выраженными пребиотическим и антиоксидантным действиями, независимо от способа прессования (холодное или горячее) [10]. Шведскими и испан-

скими учеными разработан продукт, обладающий заживляющим действием хронических язв полости рта, желудка и двенадцатиперстной кишки за счет смолы *P. sibirica*, содержащей дитерпены [11].

Человек использует в питании семена (орехи) *P. sibirica* из-за их оригинальных характеристик, высокой пищевой ценности и хранимоспособности, в том числе транспортабельности. При изготовлении продуктов питания используются как сами ядра, так и продукты их переработки.

Химический состав ядер семян *P. sibirica* отличается широкой вариабельностью в зависимости от множества факторов (место произрастания, время сбора и т. д.). Следовательно, продукты из них или с их использованием способны поставлять в организм человека разное количество нативных нутриентов. Учеными Калининградского государственного технического университета и научно-исследовательской и консультационной лаборатории UBF (Германия) проведены исследования химического состава ядер семян *P. sibirica*, собранных в Бурятии и Горном Алтае. В результате было установлено, что они содержат биологически активные соединения в большом количестве. В процессе хранения количество витамина Е и моно- и полиненасыщенных жирных кислот уменьшается, а насыщенных жирных кислот увеличивается, как и перекисное число жира. Также образуются трансжирные кислоты и летучие вещества за счет деструкции моно- и полиненасыщенных жирных кислот. Ядра семян *P. sibirica* целесообразно хранить в шишках или в вакуумной упаковке [12].

О. О. Бабич с соавторами доказали, что ядра семян *P. sibirica*, произрастающей в Кемеровской области, по содержанию белка сопоставимы с ядрами хвойных деревьев из Республики Тыва и Дальневосточного региона и превосходят китайскую продукцию, по содержанию жира – сопоставимы с продукцией Дальневосточного региона и Китая и превосходят тувинскую [13].

Из ядер семян *P. sibirica* вырабатывается широкий ассортимент пищевой продукции, поскольку они содержат липиды – фосфолипиды, моно- и диацилглицерины, стеролы, каротиноиды, тритерпеновый спирт, свободные жирные кислоты, триацилглицерины; белки – незаменимые (лизин, лейцин, валин и др.) и заменимые аминокислоты (аргинин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты и др.); углеводный комплекс – гидролизуемые сахара (сахароза, глюкоза, фруктоза), крахмал и пищевые волокна (петозан и клетчатка); биологически активные вещества – витамины (группы В, токоферолы и др.) и минеральные вещества (фосфор, калий и др.) [14–16]. Л. С. Дышлюк с соавторами из семян *P. sibirica*, произрастающей в Кузбассе, получили обезжиренную муку, жмых, масло и пасту, которые затем использовали для выработки функциональных продуктов питания (мороженого, плавленых сырков, творожных продуктов и майонеза) [17]. Б. А. Идырышев с соавторами установили путем проведения органолептических, физико-химических и микробиологических исследований, что жмых из ядер семян *P. sibirica*, являющегося побочным продуктом при получении масла способом холодного прессования, в количестве 10 % целесообразно использовать при изготовлении мясосодержащих полуфабрикатов [18].

Сибирским федеральным научным центром агробиотехнологий Российской академии наук на протяжении многих лет проводятся исследования по переработке семян *P. sibirica* в пищевые продукты, обладающие оригинальными органолептическими характеристиками и повышенной пищевой ценностью. В результате получены патенты на способ получения пастообразного концентрата из ядра кедрового ореха (патент РФ № 2563697, заяв. 06.11.2013, опубл. 20.09.2015), пищевой продукт из ядер кедровых орехов в виде седиментационно-устойчивой смеси (патент РФ № 2595382, заяв. 22.04.2015, опубл. 27.08.2016), сливочный сыр с кедровым концентратом (патент РФ № 2742472, заяв. 04.06.2019, опубл. 23.06.2020) и композицию йогурта с кедровым наполнителем (патент РФ № 2757735, заяв. 10.12.2020, опубл. 21.10.2021) [19, 20].

Однако в недостаточном объеме проведены работы, направленные на исследование влияния технологии переработки семян *P. sibirica*, в том числе за счет использования современного оборудования, на качественные характеристики продукции. Следовательно, данное теоретическое и практическое направление необходимо развивать.

На основании вышесказанного сформулирована цель настоящего исследования – исследовать характеристики качества полуфабриката из ядер семян *P. sibirica*, полученного с использованием механоакустического гомогенизатора, и обосновать срок его годности.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – полуфабрикат из ядер кедрового ореха (семян сосны кедровой сибирской *Pinus sibirica* Du Tour), полученный методом механоакустической обработки. В рамках данной работы полуфабрикат из ядер кедрового ореха представляет собой продукт, изготовленный из ядер кедрового ореха (массовая доля не менее 35,0 %) и питьевой воды, обладающий пластичной мажущейся консистенцией.

Производство полуфабриката из ядер кедрового ореха осуществляли путем проведения следующих технологических операций: подготовка сырья (инспекция, просеивание); механоакустическая обработка смеси (ядра кедрового ореха:вода – 1,0:1,5) в МАГ-50: одновременно происходили процессы измельчения, гомогенизации, дезодорации

и пастеризации с эффектом стерилизации при температуре 63–67 °С в течение 20 мин при интенсивности воздействия 100–500 Вт/кг; фасование; охлаждение до температуры 16–20 °С; хранение. Фасовка полуфабриката из ядер кедрового ореха осуществлялась в банки (вместимостью 0,9 дм^3) с крышками из полипропилена, неокрашенные, соответствующие требованиям ГОСТ 33756-2016.

Хранение полуфабриката из ядер кедрового ореха осуществляли при следующих температурах: 2–6 °С в течение 19 суток и –18–22 °С в течение 28 месяцев. Срок хранения выбирался с учетом требований МУК 4.2.1847-04.

В исследуемых образцах полуфабриката из ядер кедрового ореха определяли массовую долю влаги, жира, белка, сахаров, клетчатки и золы (нерастворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10 %) по методам, регламентируемым ГОСТ 5900-2014, ГОСТ 31902-2012, ГОСТ 34551-2019, ГОСТ 5903-68 и ГОСТ 5901-2014 соответственно; активную кислотность – согласно ГОСТ 5898-87; содержание (или наличие) плесеней и дрожжей, мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, патогенных микроорганизмов (в т. ч. сальмонелл), бактерий группы кишечных палочек – согласно ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 31659-2012 и ГОСТ 31747-2012 соответственно. Описательную характеристику органолептических показателей полуфабриката из ядер кедрового ореха осуществляли по ГОСТ 5897-90 и ГОСТ 34080-2017, оценку – балльным методом [21]. Исследование микроструктуры проводилось с использованием микроскопа Carl Zeiss Stereo Discovery V8 (Германия) с камерой Axio Cam ICc 5 (Германия) и программным обеспечением ZEN2, а также цифрового фотоаппарата Canon Power Shot SX430 IS (Япония). Перед проведением исследований полуфабрикат из ядер кедрового ореха, хранящийся при температуре –10–18 °С, размораживался.

В процессе работы использовано следующее оборудование: паровой стерилизатор ВК-75 (Россия), аппарат Кьельдаля (Россия), весы аналитические OHAUS (Япония), водяная баня LOIP LB-163 (Россия), гомогенизатор HG-15F-Set (Корея), магнитная мешалка Biosan MSH-300 (Латвия), микроскоп Микромед 2 (Россия), настольный измеритель pH Ohaus Starter 2100 (Китай), плита программируемая ПЛП-03 НПП «Томьаналит» (Россия), стерилизатор паровой ВК-0701 (Россия), термостат MIR-262 Sanyo (Япония), холодильник Medicool Sanyo (Япония), центрифуга Termo SL 40R (Германия), шкаф сушильный ШС-80 (Россия), муфельная печь SNOL (Литва), прилавок морозильный Aucma BD-560 (Китай) и механоакустический гомогенизатор «МАГ-50» (ЗАО «Катализаторная компания», Новосибирск, Россия).

Результаты испытаний статистически обрабатывались с помощью MS Excel.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что по внешнему виду и цвету полуфабрикат из ядер кедрового ореха представлял собой однородную массу светло-кремового цвета (рис. 1). Запах и вкус полуфабриката хорошо выраженные, характерные для ядер кедрового ореха, сладковатые, с приятной маслянистостью и без посторонних оттенков. Оценка за показатели «внешний вид», «цвет», «запах» и «вкус» высокая – 0,48, 0,50, 1,00 и 1,44 баллов соответственно (max 0,50, 0,50, 1,00 и 1,50 баллов соответственно).

Консистенция полуфабриката из ядер кедрового ореха пюреобразная, текучая. Полуфабрикат на момент выработки по данному показателю получил максимальные 1,50 балла. В структуре полуфабриката из ядер кедрового ореха (рис. 2) видны округлые образования жира, диаметр которых находится в пределах 10–15 мкм. Согласно данным таблицы 1 в исследуемом полуфабрикате содержалось не менее 22,0 % жира.

Оригинальные органолептические характеристики полуфабриката из ядер кедрового ореха обусловлены содержащимися в нем пищевыми веществами. Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что основные нутриенты (белки, жиры, сахара, клетчатка, минеральные вещества), обуславливающие химический состав ядер кедрового ореха, практически полностью переходят в полуфабрикат. Незначительные

Рисунок 1. Полуфабрикат из ядра кедрового ореха

Figure 1. Semi-finished product from Pinus sibirica nut kernels

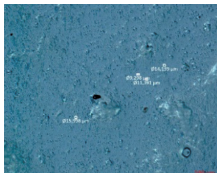

Рисунок 2. Микроструктура полуфабриката из ядра кедрового ореха

Figure 2. Microstructure of the semi-finished product from Pinus sibirica nut kernels

Таблица 1. Химический состав ядра кедрового ореха и полуфабриката из него (n = 3)

Table 1. Chemical composition of the Pinus sibirica nut kernels and semi-finished product from it (n = 3)

Показатель	Ядро	Полуфабрикат
Массовая доля влаги, %	6,90 ± 0,40	61,20 ± 0,60
Массовая доля белка, %	18,60 ± 0,30	7,40 ± 0,10
Массовая доля жира, %	56,60 ± 0,70	22,60 ± 0,60
Массовая доля сахаров, %	3,60 ± 0,40	1,40 ± 0,10
Массовая доля клетчатки, %	3,50 ± 0,30	1,40 ± 0,10
Массовая доля золы, нерастворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10 %, %	2,44 ± 0,24	1,03 ± 0,10
Активная кислотность, ед. pH	6,50 ± 0,10	6,50 ± 0,10

Таблица 2. Микробиологические показатели ядра кедрового ореха и полуфабриката из него

Table 2. Microbiological indicators of the *Pinus sibirica* nut kernels and semi-finished product from it

Показатель	Ядро	Полуфабрикат
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	$6{,}04\times10^4$	6,39×10
Бактерии группы кишечных палочек, ед./0,01 г	Не обнаружены	Не обнаружены
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, ед./25 г	Не обнаружены	Не обнаружены
Плесени, КОЕ/г	9,54×10	Нет роста
Дрожжи, КОЕ/г	5,9×10	0,91×10

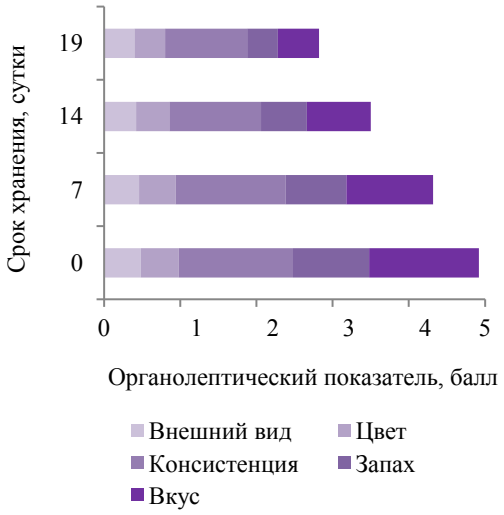

Рисунок 3. Органолептическая оценка полуфабриката из ядер кедрового ореха в процессе хранения

Figure 3. Sensory evaluation of the semi-finished product from *Pinus sibirica* nut kernels

отклонения в их содержании находятся в пределах ошибки опыта. Сухие вещества полуфабриката из ядер кедрового ореха содержат не менее 7,2 % белков, 1,3 % сахаров и клетчатки, 0,93 % золы (нерастворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10 %). Изменений в значениях активной кислотности в результате механоакустической обработки не выявлено.

Семена сосны кедровой сибирской могут быть контаминированы микроорганизмами в процессе заготовки, переработки, транспортировки, хранения и т. д. При тестировании микробиоты ядер кедрового ореха установлено количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, а также обнаружены неспорообразубщие бактерии группы кишечных палочек и микроорганизмы порчи (плесневые грибы и дрожжи). Не выявлены патогенные микроорганизмы рода *Salmonella* (табл. 2).

Процесс кавитации, возникающий при механоакустической обработке полуфабриката из ядер кедрового ореха, вызывает снижение на три порядка количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, более чем в 6 раз – присутствие дрожжей. После механоакустической обработки полуфабриката из ядер кедрового ореха не выявлены неспорообразующие бактерии группы кишечных палочек, бактерии рода *Salmonella* и плесневые грибы.

Полуфабрикаты из ядер кедрового ореха могут быть использованы при изготовлении различных продуктов питания предприятиями, обладающими техническими возможностями. Были проведены исследования по установлению сроков годности разработанного полуфабриката из ядер кедрового ореха при различных температурных режимах хранения: 2–6 и –18–22 °С. На рисунках 3–7 и таблицах 3–5 представлены результаты изменений органолептических, химических и микробиологических показателей полуфабриката из ядер кедрового ореха в процессе хранения.

Рисунок 4. Полуфабрикат из ядра кедрового ореха после 14 суток хранения

Figure 4. Semi-finished product from *Pinus sibirica* nut kernels on storage day 14

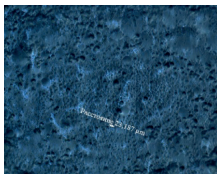

Рисунок 5. Микроструктура полуфабриката из ядра кедрового ореха после 14 суток хранения

Figure 5. Microstructure of the semi-finished product from *Pinus sibirica* nut kernels on storage day 14

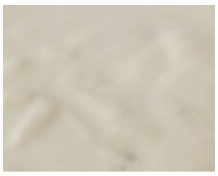

Рисунок 6. Полуфабрикат из ядра кедрового ореха после 24 месяцев хранения

Figure 6. Semi-finished product from *Pinus sibirica* nut kernels after 24 months of storage

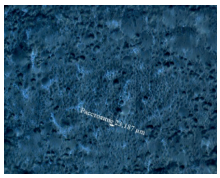

Рисунок 7. Микроструктура полуфабриката из ядра кедрового ореха после 24 месяцев хранения

Figure 7. Microstructure of the semi-finished product from *Pinus sibirica* nut kernels after 24 months of storage

Из данных рисунков 1, 3 и 4 видно, что на протяжении первой недели хранения полуфабриката из ядер кедрового ореха органолептические показатели практически не изменились. В течение следующей недели хранения отмечены изменения консистенции (некоторая тягучесть), запаха и вкуса (потеря гармоничности и насыщенности): оценка снизилась с 1,44 до 1,20 баллов, с 0,8 до 0,6 баллов, с 1,14 до 0,84 баллов соответственно. Через 14 суток хранения показатели «внешний вид» и «цвет» потеряли всего по 0,04 балла. По истечении 19 суток хранения внешний вид и цвет полуфабриката потеряли однородность и привлекательность – скидка составила 0,02 и 0,04 баллов соответственно. Консистенция стала излишне тягучей, появилась крупитчатость – скидка составила 0,12 балла. Запах стал пустым с легкими оттенками кислоты – скидка составила 0,20 баллов. Вкус стал несбалансированным, а в послевкусии обнаружены тона прогорклости – скидка составила 0,30 баллов. Категории качества полуфабриката из ядер кедрового ореха в процессе исследуемого периода хранения изменялись следующим образом: «отличная» – на момент изготовления и через 7 суток хранения (4,92 и 4,32 балла соответственно); «хорошая» – через 2 недели хранения (3,50 баллов); «удовлетворительная» – через 19 суток хранения (2,82 балла).

Микроструктура полуфабриката из ядер кедрового ореха после 14 суток хранения характеризовалась наличием частиц размерами 10–25 мкм, а также округлых пространств, достигающих 125 мкм (рис. 5), которые могут представлять собой объединенные капли жира, чего не было в полуфабрикате после изготовления (рис. 2). В структуре полуфабриката из ядер кедрового ореха по истечении 14 суток хранения заметна тенденция к укрупнению частиц, что может быть обусловлено их агломерацией и/или набуханием.

Данные таблицы 3 и рисунка 6 свидетельствуют о том, что внешний вид и цвет полуфабриката из ядер кедрового ореха в замороженном состоянии теряли свою привлекательность: смерзшаяся однородная светло-кремовая масса с ровной гладкой поверхностью. Скидка к 28 месяцу хранения при температуре –18–22 °С составила 0,04 балла, по сравнению с началом хранения, из-за незначительных повреждений поверхности и изменений однородности окраски. В размороженном состоянии внешний вид полуфабриката через 12 месяцев хранения практически не отличался от первоначального, представляя собой однородную массу – скидка составила 0,02 балла. Отмечены изменения внешнего вида полуфабриката из ядер кедрового ореха в размороженном состоянии: появлялось незначительное отслаивание жидкости через 24 месяца хранения, усиливающееся через 28 месяцев (скидка составила 0,04 и 0,12 баллов соответственно). Цвет размороженного полуфабриката в процессе хранения стал менее привлекательным и однородным – скидка через 12, 24 и 28 месяцев составила 0,02, 0,04 и 0,10 баллов соответственно. Консистенция размороженного полуфабриката из ядер кедрового

Таблица 3. Органолептическая оценка полуфабриката из ядер кедрового ореха в процессе хранения при температуре –18–22 °С, балл (n = 5)

Table 3. Sensory evaluation of the semi-finished product from *Pinus sibirica* nut kernels during storage at of –18–22°C, points (n = 5)

Срок хранения, месяц	Показатели полуфабриката из ядер кедрового ореха						
	Замороженного		Размороженного				
	Внешний вид	Цвет	Внешний вид	Цвет	Консистенция	Запах	Вкус
0	0,46 ± 0,05	0,48 ± 0,04	0,44 ± 0,05	0,46 ± 0,05	1,44 ± 0,12	1,00 ± 0,00	1,44 ± 0,12
12	0,46 ± 0,05	0,48 ± 0,04	0,42 ± 0,04	0,44 ± 0,05	1,32 ± 0,15	0,96 ± 0,08	1,32 ± 0,15
24	0,44 ± 0,05	0,46 ± 0,05	0,40 ± 0,00	0,42 ± 0,04	1,14 ± 0,12	0,84 ± 0,08	1,20 ± 0,00
28	0,42 ± 0,04	0,44 ± 0,05	0,32 ± 0,04	0,36 ± 0,05	0,84 ± 0,12	0,68 ± 0,10	1,02 ± 0,15

Таблица 4. Химический состав полуфабриката из ядер кедрового ореха в процессе хранения

Table 4. Chemical composition of the semi-finished product from *Pinus sibirica* nut kernels during storage

Срок хранения	Массовая доля, %						Активная кислотность, ед. pH
	Влаги	Белка	Жира	Сахаров	Клетчатки	Золы, нерастворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10 %	
Хранение при 2–6 °С							
7 суток	60,6 ± 0,4	7,6 ± 0,1	23,0 ± 0,5	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,03 ± 0,10	6,5 ± 0,1
14 суток	59,8 ± 0,5	7,7 ± 0,1	23,5 ± 0,7	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,04 ± 0,11	6,3 ± 0,1
19 суток	59,1 ± 0,6	7,8 ± 0,1	24,0 ± 0,5	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,05 ± 0,11	6,1 ± 0,1
Хранение при –18–22 °С							
12 месяцев	60,4 ± 0,5	7,6 ± 0,1	23,1 ± 0,4	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,04 ± 0,11	6,4 ± 0,1
24 месяца	59,6 ± 0,5	7,7 ± 0,1	23,6 ± 0,4	1,9 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,04 ± 0,10	6,2 ± 0,1
28 месяцев	58,9 ± 0,4	7,8 ± 0,1	24,2 ± 0,6	2,4 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,06 ± 0,10	6,0 ± 0,1

ореха в процессе хранения также претерпевала изменения. Она стала более густой, но сохранила свою текучесть, а также появлялась крупитчатость – через 12, 4 и 28 месяцев хранения скидка составила 0,12, 0,30 и 0,60 баллов соответственно. В процессе хранения происходили изменения запаха полуфабриката: он терял свою сбалансированность и становился пустым, а в конце хранения появлялись оттенки прогорклости – скидка через 12, 24 и 28 месяцев составила 0,04, 0,16 и 0,32 баллов соответственно. Вкус полуфабриката из ядер кедрового ореха в процессе хранения терял сбалансированность, а также появлялись ощущение излишней сладости и привкус кислоты с тонами «прогорклого жира» в послевкусии – через 12, 24 и 28 месяцев хранения скидка составила 0,12, 0,24 и 0,42 баллов соответственно.

Микроструктура размороженного полуфабриката из ядер кедрового ореха после 24 месяцев хранения в замороженном состоянии (рис. 7) показывает, что в процессе хранения или размораживания происходило объединение капель жира. В результате этого обнаружены растекшиеся округлые образования диметром до 200 мкм и округлые частицы ядер размерами 10–30 мкм, что продолжило тенденцию, выявленную при анализе рисунков 2 и 5. Кристаллы льда могли оказать повреждающее действие на оболочки капель жира и способствовать интенсификации их агрегации при размораживании.

В результате проведенных исследований установлено, что в процессе хранения полуфабриката из ядер кедрового ореха при температуре 2–6 °С увеличивалось количество сухих веществ: в первые 7 суток на 1,6 %, в последующую неделю еще на 2,1 %, в следующие 4 суток еще на 1,8 %. Количественное изменение сухих веществ в первую неделю хранения обусловлено увеличением на 1,1 % белков, 0,2 % жиров, 5,5 % сахаров и клетчатки. Однако количество минеральных веществ уменьшилось на 1,6 %. Аналогичную тенденцию отмечали в последующие 12 суток хранения по отношению к жирам, сахарам и минеральным веществам. Количество белка и клетчатки в данный период снизилось через 14 суток хранения на 0,7 и 2,1 % соответственно, еще через 4 суток на 0,4 и 1,8 %. Активная кислотность в процессе хранения при температуре 2–6 °С уменьшалась с 7 по 14 сутки и с 14 по 19 на 0,2 ед. pH соответственно (табл. 4).

Аналогичная тенденция в отношении изменений сухих веществ, в том числе белков, жиров, сахаров, клетчатки и золы, отмечена в отношении полуфабриката из ядер кедрового ореха, хранение которого осуществлялось при температуре –18–22 °С (табл. 4). Количество сухих веществ через 12, 24 и

Таблица 5. Микробиологические показатели полуфабриката из ядер кедрового ореха в процессе хранения

Table 5. Microbiological indicators of the semi-finished product from *Pinus sibirica* nut kernels during storage

Срок хранения	Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	Бактерии группы кишечных палочек	Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы	Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
Требования ТР ТС 021/2011	Не более 5×10^4	Не допускаются в 0,01 г продукта	Не допускаются в 25 г продукта	Не более 50	Не более 100
Хранение при 2–6 °С					
7 суток	$2{,}41\times10^2$	Не обнаружены	Не обнаружены	Нет роста	$3{,}18\times10$
14 суток	$6{,}81\times10^4$	Не обнаружены	Не обнаружены	$0{,}91\times10$	$1{,}77\times10^2$
19 суток	$1{,}09\times10^5$	Обнаружены	Не обнаружены	$3{,}18\times10$	$3{,}96\times10^2$
Хранение при –18–22 °С					
12 месяцев	$4{,}09\times10$	Не обнаружены	Не обнаружены	Нет роста	Нет роста
24 месяца	$1{,}27\times10$	Не обнаружены	Не обнаружены	Нет роста	Нет роста
28 месяцев	Нет роста	Не обнаружены	Не обнаружены	Нет роста	Нет роста

28 месяцев хранения увеличилось на 2,1, 4,1 и 6,7 % соответственно. В первые 12 месяцев хранения содержание белков и клетчатки увеличилось на 0,6 и 5,0 %, в следующие 12 месяцев оно уменьшилось еще на 0,7 и 2,1 %, а еще через 4 месяца на 1,1 и 2,5 % соответственно. Содержание жиров и сахаров через 12 месяцев хранения увеличилось на 0,2 и 12,0 %, через 24 месяца еще на 0,1 и 18,3 %, еще через 4 месяца на 0,1 и 30,4 % соответственно. Сохранность минеральных веществ в первые 12 месяцев хранения составила 98,9 %, в последующие 12 месяцев – 97,0 %, через 28 месяцев – 96,5 %. При хранении в замороженном состоянии полуфабриката из ядер кедрового ореха активная кислотность снижалась через 12 месяцев хранения на 0,1 ед. pH, еще через 12 месяцев на 0,2 ед. pH. К концу исследуемого срока хранения она составила 6,0 ед. pH.

Остаточная микробиота полученного полуфабриката из ядер кедрового ореха и ее дальнейшее развитие в процессе хранения связана с факторами, оказывающими наиболее заметное влияние. К ним относятся влажность, температура, кислотность среды и др. В охлажденных пищевых продуктах развитие микроорганизмов замедляется, но не прекращается. В этот период большинство микроорганизмов впадает в состояние анабиоза («скрытой жизни»), сохраняя свою жизнеспособность, и при благоприятных условиях продолжает свое развитие. Наличие влаги и относительно приемлемой температуры в продукте, поддерживающей обмен веществ для нормального осмотического давления в микробной клетке, способствует жизнедеятельности некоторых видов мезофильных и психрофильных видов микроорганизмов.

На 7 сутки хранения при температуре 2–6 °С в микробиоте полуфабриката из ядер кедрового ореха произошло повышение на порядок содержания мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, более чем в 3 раза увеличилось присутствие дрожжей (табл. 5). Не выявлены неспорообразующие бактерии группы кишечных палочек, патогенные бактерии рода *Salmonella* и микроорганизмы порчи – плесневые грибы. На 14 сутки хранения полуфабриката из ядер кедрового ореха присутствие мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов увеличилось на 2 порядка и составило $6{,}81\times10^4$ КОЕ/г, на порядок произошло увеличение дрожжей, выявлены плесневые грибы. Развитие дрожжей сопровождалось увеличением кислотности среды, которая, с одной стороны, препятствовала развитию гнилостных бактерий, т. к. для большинства из них наиболее благоприятна нейтральная или слабощелочная среда, а с другой – являлась эссенциальным элементом для развития плесневых грибов. На 19 сутки хранения количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов увеличилось на порядок, были обнаружены бактерии группы кишечных палочек, в 2 раза увеличилась численность дрожжей и в 3,5 раза численность плесневых грибов. Это превышало допустимые требования перечисленных микроорганизмов и не отвечало безопасности использования продукта.

При замораживании пищевой продукции большая часть воды переходит в твердое состояние (лед), что повышает концентрацию растворенных веществ в микробной клетке и вызывает повышение осмотического давления. Таким образом, причиной гибели микроорганизмов при замораживании является нарушение обмена веществ в клетке. Замораживание приводит к быстрому отмиранию значительной части микроорганизмов, но не всех, а также сохраняется много микроорганизмов – психрофилов, которые замедляют свое развитие. После 12 месяцев хранения при температуре –18–22 °С

в микробиоте полуфабриката из ядер кедрового ореха наблюдали снижение в 1,5 раза санитарно-значимого показателя безопасности использования (количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов), не выявлены неспорообразующие бактерии группы кишечных палочек и патогенные бактерии рода *Salmonella*, а также микроорганизмы порчи (плесневые грибы и дрожжи). Дальнейшее тестирование микробиоты по установленным срокам хранения показало снижение присутствия микроорганизмов через 24 месяца до полной гибели через 28 месяцев.

Выводы

На основании проведенных исследований характеристик качества (органолептических, физико-химических и микробиологических) полуфабриката из ядер кедрового ореха установлено, что:

– для изготовления целесообразно использовать механоакустический гомогенизатор, который позволяет сократить количество технологических операций (измельчение, гомогенизацию, дезодорацию и пастеризацию с эффектом стерилизации) и получить полуфабрикат, отличающийся оригинальными органолептическими характеристиками и высокой пищевой ценностью и отвечающий микробиологической безопасности использования;

– срок годности в упаковке из полипропилена при температуре 2–6 °С составляет 14 суток, –18–22 °С – 24 месяца.

Полуфабрикат из ядер кедрового ореха, полученный с использованием механоакустического гомогенизатора, может быть использован для изготовления различной пищевой продукции (кондитерских и хлебобулочных изделий, молочных и мясных продуктов и пр.), в том числе для здорового питания.

Критерии авторства

В. Б. Мазалевский руководил работой. Все авторы принимали участие в исследованиях, обработке данных и написании текста.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

V.B. Mazalevskiy supervised the research. All the authors took equal parts in research, data processing, and writing.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interests regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Goroshkevich SN. Weather conditionality of Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) seeding. Russian Forestry Journal. 2021;380(2):56–69. (In Russ.). https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-2-56-69

2. Sedel′nikova TS, Pimenov AV, Wang X. More Siberian stone pine forests: Development of Russian-Chinese cooperation in study *Pinus sibirica* Du Tour. Siberian Journal of Forest Science. 2018;(2):81–86. (In Russ.). [Седельникова Т. С., Пименов А. В., Ван С. Больше кедровых лесов: развитие российско-китайского сотрудничества по исследованию *Pinus sibirica* Du Tour // Сибирский лесной журнал. 2018. № 2. С. 81–86.].

3. Debkov N. Accelerated formation of Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour) stands: A case study from Siberia. Journal of Forest Science. 2019;65(8):291–300. https://doi.org/10.17221/48/2019-JFS

4. Egorova EYu, Mitrofanov RYu, Bakhtin GYu. Carbohydrates, minerals, and fats of the amniotic membrane of cedar-pine nuts. Chemistry of Plant Raw Materials. 2006;(3):33–37. (In Russ.). [Егорова Е. Ю., Митрофанов Р. Ю., Бахтин Г. Ю. Состав углеводов, минеральных элементов и жиров околоплодной оболочки кедрового ореха // Химия растительного сырья. 2006. № 3. С. 33–37.].

5. Zabrodina SV, Goncharov DA, Efremov AA. Scientific approaches to the complex processing of non-wood products of Siberian cedar pine. Bulletin of KSAU. 2006;(10):318–327. (In Russ.). [Забродина С. В., Гончаров Д. А., Ефремов А. А. Научные подходы к комплексной переработке недревесной продукции сосны сибирской (кедра) // Вестник КрасГАУ. 2006. № 10. С. 318–327.].

6. Khanturgaev AG, Khamagaeva IS, Kotova TI. Studying quality characteristics of functional food bioproducts using secondary raw materials of pine nut processing. ESSUTM Bulletin. 2019;73(2):20–28. (In Russ.). [Хантургаев А. Г., Хамагаева И. С., Котова Т. И. Изучение качественных характеристик биопродуктов функционального питания с использованием вторичного сырья переработки кедрового ореха // Вестник ВСГУТУ. 2019. Т. 73. № 2. С. 20–28.].

7. Rogachev AD, Salakhutdinov NF. Chemical composition of *Pinus sibirica* (Pinaceae). Chemistry and Biodiversity. 2015;12(1):1–53. https://doi.org/10.1002/cbdv.201300195

8. Zhang H, Zhang Z. Advances in edible pine nut trees (Pinus spp.) breeding strategies. In: Al-Khayri JM, Jain SM, Johnson DV, editors. Advances in plant breeding strategies: Nut and beverage crops. Cham: Springer; 2019. pp. 301–351. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23112-5_9

9. Efremov AA, Zykova ID, Senashova VA, Grodnitckaya ID, Pashenova NV. Antimicrobial and antiradical activities of individual fractions of *Pinus sibirica* Du Tour and *Abies sibirica* Ledeb. growing in Siberia. Russian Journal of Bioorganic Chemistry. 2021;47(7):1439–1444. https://doi.org/10.1134/S1068162021070062

10. Prosekov AYu, Dyshlyuk LS, Milent'eva IS, Pavsky VA, Ivanova SA, Garmashov SYu. 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. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-136-143

11. Carrión-Prieto P, Martín-Gil J, Fernández-Coppel IA, Ruis-Potosme NM, Martin-Ramos P. Physico-chemical studies of Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour) derived chewing gum. Trends in Phytochemical Research. 2018:2(2);119–124.

12. Nekrasova YuO, Mezenova OYa, Myorzel` Y-T, Kyun S. Biopotential of seeds of Siberian cedar pine and its changes during storage. KSTU News. 2020;(56):119–130. (In Russ.) [Биопотенциал семян кедровой сосны сибирской и его изменения в процессе хранения / Ю. О. Некрасова [и др.] // Известия КГТУ. 2020. № 56. С. 119–130.].

13. Babich OO, Milent'eva IS, Ivanova SA, Pavskya VA, Kashirskikh EV, Yang Y. The potential of pine nut as a component of sport nutrition. Foods and Raw Materials. 2017;5(2):170–177. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-170-177

14. Matveeva RN, Bratilova NP, Butorova OF, Karpukhina IV, Shcherba YuE. Variability of Siberian stone pine in terms of yield and amino acid profile. Conifers of the Boreal Area. 2016;34(1–2):69–71. (In Russ.). [Изменчивость сосны кедровой сибирской по урожайности и содержанию в семенах аминокислот / Р. Н. Матвеева [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2016. Т. 34. № 1–2. С. 69–71.].

15. Matveeva RN, Bratilova NP, Kubrina SM, Shcherba YuE. Concentration of trace elements in seeds and needles of Siberian pine of various geographic origin. Russian Journal of Forest Science. 2019;(6):567–572. (In Russ.). https://doi.org/10.1134/S0024114819060056

16. 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

17. Dyshluk LS, Sukhikh SA, Ivanova SA, Smirnova IA, Subbotina MA, Pozdnyakova AV, *et al.* Prospects for using pine nut products in the dairy industry. Foods and Raw Materials. 2018;6(2):264–280. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-264-280

18. Idyryshev BA, Nurgazezova AN, Rebezov MB, Kasymov SK, Miftakhutdinov AV, Atambaeva ZhM. Qualitative indicators of a semi-finished product of chopped meat-containing pine nuts with cake (*Pinus sibirica* seeds). Agro-Industrial Complex of Russia. 2022;29(1):83–89. (In Russ.). [Качественные показатели полуфабриката рубленого мясосодержащего со жмыхом кедрового ореха (семян *Pinus sibirica*) / Б. А. Идырышев [и др.]. // АПК России. 2022. Т. 29. № 1. С. 83–89.].

19. Avanesyan EI, Motovilov OK, Nitsievskaya KN. The technology development of paste-like concentrate on the basis of the cedar nut-kernels. Bulletin of KSAU. 2014;95(8):210–213. (In Russ.). [Аванесян Е. И., Мотовилов О. К., Нициевская К. Н. Разработка технологии пастообразного концентрата на основе ядра кедрового ореха // Вестник КрасГАУ. 2014. Т. 95. № 8. С. 210–213.].

20. Mazalevskiy VB, Nitsievskaya KN, Motovilov AK. Developing foodstuffs from pine nut kernels. Siberian Herald of Agricultural Science. 2015;247(6):76–81. (In Russ.). [Мазалевский В. Б., Нициевская К. Н., Мотовилов О. К. Методические подходы к созданию продуктов из ядра кедрового ореха // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. Т. 247. № 6. С. 76–81.].

21. Glebova SYu, Golub OV, Zavorokhina NV. Development of a scoring scale for the organoleptic evaluation of the quality of vegetable sauces. Food Industry. 2018;(2):20–23. (In Russ.). [Глебова С. Ю., Голуб О. В., Заворохина Н. В. Разработка балльной шкалы органолептической оценки качества овощных соусов // Пищевая промышленность. 2018. № 2. С. 20–23.].