

Научная статья/Research Article

УДК 661.97

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-200-208

Людмила Владимировна Лифенцева<sup>1</sup>, Евгений Николаевич Неверов<sup>2✉</sup>,  
Игорь Алексеевич Короткий<sup>3</sup>, Аркадий Дмитриевич Тюнин<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

<sup>1</sup>milka61-08@mail.ru

<sup>2</sup>neverov42@mail.ru

<sup>3</sup>krot69@mail.ru

<sup>4</sup>arkasha\_67@mail.ru

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКЕ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ГРИБОВ ШАМПИНЬОНОВ И ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

Цель исследования – изучение влияния различных параметров и низкотемпературных сред на продолжительность хранения и качественные показатели культивируемых грибов шампиньонов и вешенок обыкновенных. Объекты исследования – культивируемые грибы – шампиньоны (*Agaricus bisporus*) и вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*). Шампиньоны замораживали целиком, а вешенки обыкновенные – в виде сrostков. С целью построения термограмм замораживания-размораживания были проведены эксперименты при следующих условиях: –30 °С при естественной конвекции; –30 °С при вынужденной конвекции; –60 °С при естественной конвекции; в среде жидкого азота при температуре –195 °С. Термограммный анализ показал, что температурные режимы –30 °С (естественная конвекция), –60 °С (естественная конвекция) и –30 °С (вынужденная конвекция) не влияют на качество размороженного продукта сразу после замораживания. Замораживание в жидком азоте с температурой –195 °С не подходит для данных образцов продукции. Температурный режим хранения –30 °С в течение двух месяцев для грибов шампиньона можно рекомендовать технологам, так как после их размораживания явных изменений в органолептических показателях не было, а для грибов вешенки данный режим не подходит, у образцов грибов произошло существенное ухудшение органолептических показателей. При оценке размороженных грибов после хранения при температуре –60 °С в течение двух месяцев изменения органолептических показателей не выявлено. После проведенной органолептической оценки грибов можно рекомендовать наиболее рациональный режим замораживания в низкотемпературных камерах –30 °С (вынужденная конвекция) и –60 °С (естественная конвекция), а для хранения – температуру –60 °С, которая позволит сохранить высокое качество грибов.

**Ключевые слова:** грибы, температура, процесс замораживания, размораживание, органолептические показатели

**Для цитирования:** Определение оптимальных параметров замораживания при низкотемпературной обработке культивируемых грибов шампиньонов и вешенки обыкновенной / Л.В. Лифенцева [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 7. С. 200–208. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-200-208.

Ludmila Vladimirovna Lifentseva<sup>1</sup>, Evgeny Nikolaevich Neverov<sup>2✉</sup>, Igor Alekseevich Korotkiy<sup>3</sup>,  
Arkady Dmitrievich Tyunin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

<sup>1</sup>milka61-08@mail.ru

<sup>2</sup>neverov42@mail.ru

<sup>3</sup>krot69@mail.ru

<sup>4</sup>arkasha\_67@mail.ru

## DETERMINATION OF OPTIMAL FREEZING PARAMETERS DURING LOW-TEMPERATURE PROCESSING OF CULTIVATED MUSHROOMS, CHAMPIGNONS AND OYSTER MUSHROOMS

The purpose of research is to study the influence of various parameters and low-temperature environments on the duration of storage and quality indicators of cultivated mushrooms and oyster mushrooms. The objects of study are cultivated mushrooms - champignons (*Agaricus bisporus*) and oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). Champignons were frozen whole, and ordinary oyster mushrooms were frozen in the form of splices. In order to construct freeze-thaw thermograms, experiments were carried out under the following conditions:  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  with natural convection;  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  with forced convection;  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  with natural convection; in liquid nitrogen at a temperature of  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Thermogram analysis showed that temperature regimes of  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (natural convection),  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  (natural convection) and  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (forced convection) do not affect the quality of the thawed product immediately after freezing. Freezing in liquid nitrogen at  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$  is not suitable for these product samples. A storage temperature regime of  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  for two months for champignon mushrooms can be recommended to technologists, since after their defrosting there were no obvious changes in organoleptic indicators, and for oyster mushrooms this regime is not suitable, mushroom samples experienced a significant deterioration in organoleptic indicators. When assessing defrosted mushrooms after storage at a temperature of  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  for two months, no changes in organoleptic parameters were detected. After the organoleptic assessment of mushrooms, it is possible to recommend the most rational mode of freezing in low-temperature chambers  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (forced convection) and  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  (natural convection), and for storage – a temperature of  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , which will preserve the high quality of mushrooms.

**Keywords:** mushrooms, temperature, freezing process, defrosting, organoleptic indicators

**For citation:** Determination of optimal freezing parameters during low-temperature processing of cultivated mushrooms, champignons and oyster mushrooms / L.V. Lifentseva [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(7): 200–208. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-7-200-208.

**Введение.** Важными аспектами при переработке и заготовке растительного сырья является максимально возможное сохранение в неизменном состоянии полезных для человека составляющих: витаминов, микро- и макроэлементов, а также качественных органолептических показателей и целостность формы и структуры.

Одним из способов сохранения растительного сырья является применение различных технологий, основанных на процессе замораживания [1–3].

Для изготовления быстрозамороженной продукции высокого качества необходимо, чтобы исходное сырье имело высокую пищевую ценность (высокое содержание сухих веществ, сахаров, витаминов), хорошие органолептические, гигиенические показатели.

Микробиологические показатели не должны превышать установленных норм. Важно, чтобы сырье было однородным по сортности и степени зрелости. Также для замораживания нужно использовать только неповрежденное микроорганизмами сырье [4].

Основная задача холодильной технологии состоит в сохранении максимальной степени

исходных свойств продукта, обуславливающих его пищевую ценность.

Анализ проведенных исследований по холодильному консервированию растительного сырья показал, что интенсификация процесса замораживания способствует лучшему сохранению товарного вида и пищевой ценности продуктов [5].

В настоящее время интенсификация процесса замораживания осуществляется за счет понижения температуры охлаждающей среды, увеличения скорости движения среды, а также использования охлаждающих сред с высокими теплоотводящими свойствами. Существенным преимуществом замороженной продукции является сохранение цвета, запаха и внешнего вида продуктов после размораживания.

Так как существуют различные способы замораживания растительного сырья, то актуальным является исследование и сравнение воздействия этих процессов на потребительские показатели продукции. Поэтому исследование и изучение влияния низких температур на различные показатели замороженной и в дальнейшем размороженной продукции представляет большой практический и научный интерес [6–8].

Большой популярностью в последнее время имеют культивируемые грибы, такие как шампиньоны и вешенка обыкновенная, срок хранения которых в охлажденном состоянии небольшой, что не позволяет торговым сетям их широко реализовывать в таком состоянии [9, 10].

Существенно увеличить срок хранения грибов позволяет использование различных современных, а в некоторых случаях и инновационных способов замораживания.

Существует большое количество способов замораживания грибов. Наряду с прогрессивными и современными способами замораживания, к которым относят акустическое и шоковое, позволяющими сохранить после размораживания первоначальный внешний вид, вкус и полезные свойства грибной продукции, на предприятиях, перерабатывающих растительную продукцию, присутствует большое количество технологий, работающих по традиционным схемам, замораживание с использованием которых приводит к ухудшению качества размороженных грибов и требует модернизации, которая реализуется, как правило через практические исследования и теоретические обоснования этих процессов. Это позволяет более глубоко показать их влияние на объект исследования и в свою очередь дает наиболее рациональное использование этих процессов в производстве замороженных продуктов [11–13].

**Цель исследования** – изучение влияния различных параметров и низкотемпературных сред на продолжительность хранения и качественные показатели культивируемых грибов шампиньонов и вешенок обыкновенных.

**Объекты и методы.** Объектами исследования служили культивируемые грибы – шампиньон (*Agaricus bisporus*) и вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*). Для выполнения исследований использовались стандартные грибы, отобранные из партии грибов, предложенных торговой сетью [14].

Шампиньоны замораживали целыми, а вешенки обыкновенные – в виде сростков.

С целью построения термограмм замораживания-размораживания были проведены эксперименты при следующих условиях:

- –30 °С при естественной конвекции;
- –30 °С при вынужденной конвекции;

- –60 °С при естественной конвекции;
- в среде жидкого азота при температуре –195 °С.

Такие параметры обеспечивают быстрое льдообразование, в результате которого образуются мелкие кристаллы льда, не нарушающие целостность тканей продукта, а также сокращается продолжительность процесса замораживания по сравнению с рекомендованной температурой замораживания грибов –18 °С [4].

Эксперимент по замораживанию грибов при температуре –30 °С (естественная конвекция) проводили в холодильном лаге марки Libher med line. Замораживание при температуре –60 °С (естественная конвекция) проводили в низкотемпературном лаге Vestfrost solutions vt 78, замораживание при температуре –30 °С (вынужденная конвекция) проводили в универсальной стендовой лабораторной установке со скоростью движения воздуха 1 м/с. Режим для замораживания в среде жидкого азота создавали в термостатированной установке.

Образцы для экспериментов брали в количестве 0,5 кг примерно одинаковыми по форме и размерам.

Для определения органолептических характеристик грибов замороженные образцы при температурах –30...–60 °С укладывали в морозильные лари и хранили в течение двух месяцев.

Массу образцов до и после замораживания измеряли лабораторными электронными весами Acom jw-1-200 rs232c.

Температуры образцов на поверхности, в центре и на расстоянии (x) от поверхности до центра измеряли с помощью хромель-копелевых термопар.

Для фиксации температуры внутри образцов и температуры среды в камерах, а также для автоматизированного сбора данных в процессах замораживания и размораживания использовался измерительный комплекс.

**Результаты и их обсуждение.** В ходе проведения экспериментальных исследований получены термограммы замораживания-размораживания грибов при различных режимных параметрах и низкотемпературных средах. Результаты термограммного анализа замораживаемых грибов представлены в таблице 1.

**Результаты термограммного анализа образцов вешенка обыкновенная в виде сростков (1) и шампиньон (целый гриб) (2)**

Характеристика	Режим							
	–30 °С (естественная конвекция)		–60 °С (естественная конвекция)		–30 °С (вынужденная конвекция)		–195 °С среда жидкий азот	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Продолжительность замораживания до температуры в центре образца, мин*	Температура в центре, °С							
	–18		–18		–18		–18	
	56	69	46	38	11	29	22	70
Продолжительность размораживания до температуры в центре образца, мин	Температура в центре, °С							
	0		0		0		0	
	65	61	49	67	8	54	30	32
Масса образца до замораживания, кг	0,5							
Масса образца после замораживания, кг	0,48	0,48	0,49	0,48	0,49	0,48	0,49	0,47
Изменение массы, %	4,0	4,0	2,0	4,0	2,0	4,0	2,0	6,0

\*Для режима замораживания в среде жидкого азота время указано в секундах.

Анализ таблицы 1 показал, что продолжительность замораживания шампиньона до температуры –18 °С в центре образца при температуре в камере –30 °С (естественная конвекция) составляет 69 мин, при температуре –60 °С (естественная конвекция) – 38 мин, а при –30 °С (вынужденная конвекция) – 29 мин, соответственно снижение температуры до –60 °С и использование вынужденной конвекции в режиме –30 °С приводит к снижению продолжительности замораживания практически в два раза.

При замораживании шампиньона в жидком азоте продолжительность замораживания снижается в 25–59 раз относительно режимов предложенных выше.

Масса в процессе замораживания шампиньона уменьшилась от 1 до 3 % при всех используемых температурах замораживания в камере, включая азотную систему.

Продолжительность замораживания вешенки обыкновенной в виде сростков до –18 °С в центре при температуре среды в камере замораживания –30 °С (естественная конвекция) составила 56 мин, при –60 °С (естественная конвекция) – 46 мин, а при температуре –30 °С (вынужденная конвекция) – 11 мин.

Из анализа таблицы видно, что продолжительность замораживания вешенки в виде сростков уменьшилась в 4–5 раз при –30 °С (вынужденная конвекция) по сравнению с режимами

замораживания при –30 °С (естественная конвекция) и –60 °С (естественная конвекция).

При замораживании вешенки в жидком азоте продолжительность замораживания в 30–155 раз меньше, чем при всех предложенных режимах. Масса в процессе замораживания уменьшилась от 1 до 2 %, в зависимости от режима замораживания.

Применение данных температурных режимов и циркуляции воздуха в аппарате позволяет увеличить интенсивность процесса замораживания грибов, что в свою очередь приводит к сокращению времени замораживания.

Изменение массы исследуемых грибов после процесса замораживания незначительное.

В данном исследовании рассматривались качественные характеристики грибов сразу после замораживания, а также при длительном хранении в течение двух месяцев. Акцент был сделан на органолептические показатели, так как органолептические свойства продукта в большей степени, чем химический состав и пищевая ценность, влияют на потребительские свойства и спрос. Поэтому для проведенных исследований важным аспектом было проанализировать влияние различных режимов замораживания, а также состояние образцов после размораживания и хранения, именно на органолептические показатели: внешний вид, цвет, вкус, запах и консистенцию.

Размораживание проводили при температуре окружающей среды 20 °С до температуры 0 °С в центре продукта.

Результаты исследования органолептических показателей размороженных образцов грибов сразу после замораживания согласно [14, 15] представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Органолептические показатели размороженных образцов вешенки обыкновенной в виде сrostков (1) и шампиньон (целый гриб) (2)**

Показатель	Норма по ГОСТ Р 55465-2013 [14]	Результаты исследований							
		–30 °С (естественная конвекция)		–60 °С (естественная конвекция)		–30 °С (вынужденная конвекция)		–195 °С (жидкий азот)	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Внешний вид	В замороженном состоянии Грибы целые или резаные одного вида, однородные по размеру, без механических повреждений, без следов червоточин, без пятен и ожогов	Грибы целые, однородные по размеру, без механических повреждений, без пятен и ожогов		Грибы целые, однородные по размеру, без механических повреждений, без пятен и ожогов		Грибы целые, однородные по размеру, без механических повреждений, без пятен и ожогов		Целостность нарушена есть трещины, без пятен и ожогов	
Цвет	Однородный, свойственный соответствующим видам грибов в свежем или термически подготовленном виде	Однородный, свойственный соответствующим видам грибов в свежем или термически подготовленном виде		Однородный, свойственный соответствующим видам грибов в свежем или термически подготовленном виде		Однородный, свойственный соответствующим видам грибов в свежем или термически подготовленном виде		Однородный, свойственный соответствующим видам грибов в свежем или термически подготовленном виде	
Вкус и запах	В размороженном состоянии Хорошо выраженные, свойственные соответствующим видам грибов без посторонних привкуса и запаха	Хорошо выраженные, свойственные соответствующим видам грибов без посторонних привкуса и запаха		Хорошо выраженные, свойственные соответствующим видам грибов без посторонних привкуса и запаха		Хорошо выраженные, свойственные соответствующим видам грибов без посторонних привкуса и запаха		Хорошо выраженные, свойственные соответствующим видам грибов без посторонних привкуса и запаха	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Консистенция	Слегка размягченная, близкая к консистенции термически подготовленных грибов	Упругая		Упругая		Упругая		Рыхлая, мягкая, водянистая	

Анализ таблицы 2 показал, что после размораживания образцы вешенки обыкновенной в виде сростков и шампиньон (целый гриб) при использовании режимов замораживания  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (естественная конвекция),  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  (естественная конвекция) и  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (вынужденная конвекция) соответствовали всем показателям нормы по ГОСТ Р 55465-2013. Образцы грибов, замороженные в среде жидкого азота, после размораживания не соответствовали показателям нормы согласно ГОСТ Р 55465-2013 по внешнему виду и консистенции.

После размораживания грибов, замороженных в среде жидкого азота, видно, что они полностью утратили прочность, структура стала рыхлой, развалистой и мягкой, особенно у образца вешенки обыкновенной. Из чего можно сделать вывод, что замораживание в среде

жидкого азота не подходит для рассматриваемых образцов.

Для оценки органолептических показателей при длительном хранении и последующем их размораживании образцы помещали на два месяца в холодильные лари с температурами внутри  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Затем проводили органолептический анализ.

Органолептический анализ продукции общественного питания массового изготовления включает в себя рейтинговую оценку внешнего вида, текстуры (консистенции), запаха и вкуса с использованием балльной шкалы: 5 баллов – отличное качество, 4 балла – хорошее качество, 3 балла – удовлетворительное качество и 2 балла – неудовлетворительное качество [15].

Результаты исследования органолептических показателей образцов грибов после хранения представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Органолептические показатели размороженных образцов грибов после двух месяцев хранения, баллы**

Показатель	$-30\text{ }^{\circ}\text{C}$		$-60\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	Шампиньон (целый гриб)	Вешенка обыкновенная в виде сростков	Шампиньон (целый гриб)	Вешенка обыкновенная в виде сростков
Форма	5	3	5	5
Состояние поверхности	5	4	5	5
Вид на разрезе	5	3	5	5
Цвет	4	4	4	4
Запах и вкус	5	3	5	5
Текстура	5	3	5	4

Анализ таблицы 3 показывает, что по истечении двух месяцев хранения при температурах  $-30$  и  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  органолептические показатели образцов шампиньона не изменились после размораживания. Образец хорошо держал форму. В процессе термической обработки вкус и запах соответствовали свежему грибу.

Все органолептические показатели гриба вешенка обыкновенная в виде сростков при температуре хранения  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  после размораживания сильно изменились. Гриб плохо держал форму, текстура была мягкая, водянистая. В процессе термической обработки вкусовые качества гриба были плохие, образец был водянистым.

При температуре хранения  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  органолептические показатели гриба вешенка после размораживания практически не изменились. Образец хорошо держал форму, а текстура была плотная. В процессе термической обработки вкус и запах соответствовали свежему грибу.

**Заключение.** Термограммный анализ показал, что данные температурные режимы  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (естественная конвекция),  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  (естественная конвекция) и  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (вынужденная конвекция) не влияют на качество размороженного продукта сразу после замораживания.

Замораживание в жидком азоте с температурой  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$  не подходит для данных образцов продукции.

Температурный режим хранения  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение двух месяцев для грибов шампиньона можно рекомендовать технологом, так как после их размораживания явных изменений в органолептических показателях не было, а для грибов вешенки данный режим не подходит, у образцов грибов произошло существенное ухудшение органолептических показателей.

При оценке размороженных грибов после хранения при температуре  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение двух месяцев изменения органолептических показателей не выявлено.

Таким образом, после проведенной органолептической оценки грибов можно рекомендовать наиболее рациональный режим замораживания в низкотемпературных камерах  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (вынужденная конвекция) и  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  (естественная конвекция), а для хранения температуру  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , которая позволит сохранить высокое качество грибов.

#### Список источников

1. A multiplicative approach to optimize the consumer properties of quick-frozen semifinished products from cultivated champignons / N. Nesterenko [et al.] // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2022. № 16. P. 258–270. DOI:10.5219/1755.
2. Impact of postharvest preservation methods on nutritional value and bioactive properties of mushrooms / S. Marçal [et al.] // *Trends in Food Science and Technology*. 2021. № 110. P. 418–431. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.007.
3. Fallah-Joshaqani S., Hamdami N., Keramat J. Qualitative attributes of button mushroom (*agaricus bisporus*) frozen under high voltage electrostatic field // *Journal of Food Engineering*. 2021. 293. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2020.110384.
4. Дриль А.А., Маюрникова Л.А., Рождественская Л.Н. Перспективы разработки продукции общественного питания на основе культивируемых грибов вешенка обыкновенная // *Ползуновский вестник*. 2019. № 3. С. 71–81.
5. Gholami R., Ahmadi E., Farris S. Shelf life extension of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) by low temperatures conditioning, modified atmosphere, and nanocomposite packaging material // *Food Packaging and Shelf Life*. 2017. № 14. P. 88–95. DOI:10.1016/j.fpsl.2017.09.001.
6. Исследование процесса замораживания ягод облепихи в акустическом поле / И.А. Короткий [и др.] // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2022. № 2 (208). С. 89–93.
7. Исследование режимов замораживания растительной продукции диоксидом углерода / Е.Н. Неверов [и др.] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование*. 2021. № 1 (61). С. 326–337.
8. Неверов Е.Н., Лифенцева Л.В., Усов А.В. Определение процессных характеристик быстрого замораживания продуктов методом непрерывного и дискретного теплоотвода // *Техника и технология пищевых производств*. 2019. Т. 49, № 1. С. 104–112.
9. Вишневский, М.В. Лекарственные грибы. Большая энциклопедия. М.: Эксмо, 2014. С. 14.
10. Поленов А.Б. Большая энциклопедия грибника. Съедобные и несъедобные. Собираем и готовим. М.: Из-во АСТ, 2021. С. 113.
11. Балаболин Д. Революционная система акустической заморозки // *Империя Холода*. 2017. Август. С. 38–42.

12. Гинзбург В. Скоростное охлаждение и шоковая заморозка // Империя Холода. 2015. Январь. С. 25–29.
13. Балькова Л.И., Юрков Ю.А. Эффективность замораживания морепродуктов жидким и газообразным азотом // Вестник КамчатГТУ. 2004. № 3.1. С. 167–172.
14. ГОСТ Р 55465-2013. Технические условия. Грибы быстрозамороженные. М.: Стандартинформ, 2014. С. 4–15.
15. ГОСТ 31986-2012. Межгосударственный стандарт. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. М.: Стандартинформ, 2019. С. 7–11.
6. Issledovanie processa zamorazhivaniya yagod oblepihi v akusticheskom pole / I.A. Korotkij [i dr.] // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 2 (208). S. 89–93.
7. Issledovanie rezhimov zamorazhivaniya rastitel'noj produkcii dioksidom ugleroda / E.N. Neverov [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2021. № 1 (61). S. 326–337.
8. Neverov E.N., Lifenceva L.V., Usov A.V. Opredelenie processovyh harakteristik bistrogogo zamorazhivaniya produktov metodom nepreryvnogo i diskretnogo teplootvoda // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2019. T. 49, № 1. S. 104–112.
9. Vishnevskij, M.V. Lekarstvennye griby. Bol'shaya `enciklopediya. M.: `Eksmo, 2014. S. 14.
10. Polenov A.B. Bol'shaya `enciklopediya gribnika. S`edobnye i nes`edobnye. Sobiraem i gotovim. M.: Iz-vo AST, 2021. S. 113.
11. Balabolin D. Revolyucionnaya sistema akusticheskoy zamorozki // Imperiya Holoda. 2017. Avgust. S. 38–42.
12. Ginzburg V. Skorostnoe ohlazhdenie i shokovaya zamorozka // Imperiya Holoda. 2015. Yanvar'. S. 25–29.
13. Balykova L.I., Yurkov Yu.A. `Effektivnost' zamorazhivaniya moreproduktov zhidkim i gazoobraznym azotom // Vestnik KamchatGTU. 2004. № 3.1. S. 167–172.
14. GOST R 55465-2013. Tehnicheskie usloviya. Griby bystrozamorozhennye. M.: Standartinform, 2014. S. 4–15.
15. GOST 31986-2012. Mezhgosudarstvennyj standart. Metod organolepticheskoy ocenki kachestva produkcii obschestvennogo pitaniya. M.: Standartinform, 2019. S. 7–11.

### References

1. A multiplicative approach to optimize the consumer properties of quick-frozen semifinished products from cultivated champignons / N. Nesterenko [et al.] // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2022. № 16. P. 258–270. DOI:10.5219/1755.
2. Impact of postharvest preservation methods on nutritional value and bioactive properties of mushrooms / S. Marçal [et al.] // Trends in Food Science and Technology. 2021. № 110. P. 418–431. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.007.
3. Fallah-Joshaqani S., Hamdami N., Keramat J. Qualitative attributes of button mushroom (*agaricus bisporus*) frozen under high voltage electrostatic field // Journal of Food Engineering. 2021. 293. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2020.110384.
4. Dril' A.A., Mayurnikova L.A., Rozhdestvenskaya L.N. Perspektivy razrabotki produkcii obschestvennogo pitaniya na osnove kull'tiviruemyh gribov veshenka obyknovennaya // Polzunovskij vestnik. 2019. № 3. S. 71–81.
5. Gholami R., Ahmadi E., Farris S. Shelf life extension of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) by low temperatures conditioning, modified atmosphere, and nanocomposite packaging material // Food Packaging and Shelf Life. 2017. № 14. P. 88–95. DOI:10.1016/j.fpsl.2017.09.001.

Статья принята к публикации 07.06.2023 / The article accepted for publication 07.06.2023.



Информация об авторах:

**Людмила Владимировна Лифенцева**<sup>1</sup>, доцент кафедры теплохладотехники, кандидат технических наук, доцент

**Евгений Николаевич Неверов**<sup>2</sup>, заведующий кафедрой техносферной безопасности, доктор технических наук, профессор

**Игорь Алексеевич Короткий**<sup>3</sup>, заведующий кафедрой теплохладотехники, доктор технических наук, профессор

**Аркадий Дмитриевич Тюнин**<sup>4</sup>, старший преподаватель кафедры теплохладотехники

Information about the authors:

**Ludmila Vladimirovna Lifentseva**<sup>1</sup>, Associate Professor of the Department of Heat and Cool Engineering, Candidate of Technical Sciences, Docent

**Evgeny Nikolaevich Neverov**<sup>2</sup>, Head of the Department of Technosphere Safety, Doctor of Technical Sciences, Professor

**Igor Alekseevich Korotkiy**<sup>3</sup>, Head of the Department of Heat and Cool Engineering, Doctor of Technical Sciences, Professor

**Arkady Dmitrievich Tyunin**<sup>4</sup>, Senior Lecturer at the Department of Heat and Cool Engineering

