

Холодильные технологии в обеспечении продовольственной безопасности: научная школа профессора Колодязной Валентины Степановны (памяти ученого и педагога)

Е.И. Кипрушкина¹, О.Н. Румянцева², Бараненко Д.А.²

¹ Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена памяти ученого и педагога, д.т.н., проф. Валентины Степановны Колодязной (1937–2023).

Сохранение качества пищевых систем, определяющего пищевую ценность и безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов, снижения потерь при хранении, увеличение сроков годности с применением искусственного холода — одна из основных задач современных пищевых технологий.

В настоящей статье представлен обзор многолетних исследований научной школы профессора В.С. Колодязной по применению холодильных технологий в обеспечении продовольственной безопасности. В проектах, реализованных под руководством Валентины Степановны Колодязной, наряду с разработкой рецептур пищевых продуктов для здорового питания, обосновывались технологические параметры производства и хранения, создавались новые виды упаковок и нанопокрывтий с барьерными свойствами, позволяющих сохранять пищевые системы в течение длительного времени при обеспечении высоких показателей качества и безопасности. В научно-исследовательских работах решалась одна из актуальных народнохозяйственных проблем, связанная со снижением потерь от микробиальной порчи продовольственного сырья, разрабатывались технологии замораживания и низкотемпературного хранения, предлагались методы биоконтроля на основе исследования микробных сообществ, внедрялись технологии комплексного использования всех видов сырья — не только основного, но и побочного.

В статье приведены результаты ряда исследований, проведенных под руководством В.С. Колодязной. Было показано, что скорость роста санитарно-показательных микроорганизмов значительно замедляется при хранении мелкокусковых полуфабрикатов из телятины с различными покрытиями: растворами органических кислот и желатина и хитозана, альгината натрия и хитозана, гуаровой камеди и хитозана в различных соотношениях и в полиэтиленовой упаковке.

Приведены результаты исследований по разработке биофунгицидных препаратов, определению набора биоконтрольных агентов для создания биопрепаратов по снижению патогенной нагрузки растительной продукции при хранении в условиях низких положительных температур. Оценка антагонистической активности в отношении фитопатогенных микроорганизмов плодовоовощной продукции выявила, что у ряда штаммов псевдомонад (RF13H, RF14J, RM14B, RF12C) выражен биоконтроль и адаптивность, характеризующийся метаболитной и защитной активностью.

Под научным руководством В.С. Колодязной изучались различные способы процесса замораживания растительных продуктов в воздушной среде, жидких хладоносителях и парокapельной азотной среде при различных температурах. Представлены результаты по частичной дегидратации методом микроволнового вакуумного обезвоживания и замораживанию ягод земляники садовой, черной смородины, аронии.

Выпускники научной школы В.С. Колодязной продолжают работу как в научно-исследовательских и образовательных организациях, так и в крупных российских и зарубежных промышленных компаниях.

Ключевые слова: Научная школа; В.С. Колодязная; биоконтроль; полипептидно-полисахаридное покрытие; дегидрозамораживание.

Как цитировать:

Кипрушкина Е.И., Румянцева О.Н., Бараненко Д.А. Холодильные технологии в обеспечении продовольственной безопасности: научная школа профессора Колодязной Валентины Степановны (памяти ученого и педагога) // Холодильная техника. 2025. Т. 114, № 1. С. XX–XX. DOI: 10.17816/RF677098 EDN: NCUCBJ

DOI: <https://doi.org/10.17816/RF123456>

EDN: NCUCBJ

Refrigeration Technologies Ensuring Food Security: Scientific School of Professor Valentina S. Kolodyaznaya. In Memory of Scientist and Teacher

Elena I. Kiprushkina¹, Olga N. Rumiantceva², Denis A. Baranenko²

¹ Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University), Saint Petersburg, Russian Federation

² ITMO University, Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

The paper is dedicated to the memory of the scientist and teacher, Doctor of Engineering, Professor Valentina S. Kolodyaznaya (1937–2023).

Preservation of quality, nutritional value, reduction of storage losses, increasing the shelf life of raw materials and food products by refrigeration is one of the main tasks of contemporary food technologies.

The article presents a review of long-term researches of Prof. Kolodyaznaya's scientific school on the use of refrigeration technologies to provide food security. The projects supervised by Valentina Kolodyaznaya involved designing of recipes for healthy food products, demonstrated the feasibility of process and storage parameters, created new types of packaging and barrier nanocoatings, allowing to preserve food products for a long time and ensure their high quality and safety. The research papers addressed a pressing national economic problem of reducing losses associated with microbial spoilage of food ingredients, developed freezing and low-temperature storage technologies, proposed biocontrol methods based on the study of microbial communities, and introduced technologies for comprehensive use of all types of both basic and side ingredients. The paper presents an overview of some studies led by Valentina S. Kolodyaznaya. It is shown that the growth rate of indicator bacteria is much lower during storage of small-piece semi-finished veal products with different coatings, including solutions of organic acids and gelatin and chitosan; sodium alginate and chitosan guar and chitosan in different ratios and in polyethylene packaging.

The paper presents the studies of biofungicides, a set of biocontrol agents used to develop biopreparations reducing the pathogen load on plants during storage at low positive temperatures. Evaluation of antagonistic activity against phytopathogenic microorganisms of fruits and vegetables revealed that some pseudomonad strains (RF13H, RF14J, RM14B, RF12C) have biocontrol and adaptive properties characterised by metabolic and protective activity.

Various methods of freezing plants in air medium, liquid coolants, and vapour nitrogen medium at different temperatures were studied under the supervision of Professor Kolodyaznaya, including studies of partial dehydration by microwave vacuum dehydration and freezing of garden strawberries, blackcurrants, and chokeberries.

Graduates of Kolodyaznaya scientific school continue to work both in research and educational centres and large Russian and foreign industrial companies.

Keywords: scientific school; Valentina S. Kolodyaznaya; biocontrol; polypeptide-polysaccharide coating; dehydrofreezing.

To cite this article:

Kiprushkina EI, Rumiantceva ON, Baranenko DA. Refrigeration Technologies Ensuring Food Security: Scientific School of Professor Valentina S. Kolodyaznaya. In Memory of Scientist and Teacher. *Refrigeration Technology*. 2025; 114(1): XX–XX. DOI: 10.17816/RF677098 EDN: NCUCBJ

ОСНОВНОЙ ТЕКСТ СТАТЬИ

Научная школа профессора Колодязной В.С. в области низкотемпературных и пищевых технологий внесена в «Реестр ведущих научных и научно-педагогических школ г. Санкт-Петербурга», широко известна как в Российской Федерации, так и за рубежом.



Д.т.н., проф. Колодязная
Валентина Степановна
(1937–2023)
Dr. Sci. (Tech.), Professor
Kolodyaznaya Valentina
Stepanovna (1937–2023)

Реализация национального проекта «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности» Российской Федерации ставит задачу достижения технической и технологической независимости сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности, что невозможно без научно-обоснованного подхода к развитию холодильных пищевых технологий.

Сохранение качества, пищевой ценности, снижения потерь при хранении, увеличения сроков годности пищевых продуктов и продовольственного сырья — одна из основных задач современных пищевых технологий. Для продления сроков годности необходимы надежные способы, средства и технологические решения, обеспечивающие пролонгированную защиту пищевых продуктов и продовольственного сырья от поражения плесневыми грибами, дрожжами и другими нежелательными микроорганизмами, не нарушающие при этом традиционных технологических процессов производства [1].

В проектах, реализованных под руководством Валентины Степановны Колодязной, наряду с разработкой рецептур пищевых продуктов для здорового питания, обосновывались технологические параметры производства и хранения, создавались новые виды упаковок и нанопокровов с барьерными свойствами, позволяющих сохранять пищевые системы в течение длительного времени при обеспечении высоких показателей качества и безопасности, решалась одна из актуальных народно-хозяйственных проблем, связанная со снижением потерь от микробной порчи продовольственного сырья, разрабатывались технологии замораживания и низкотемпературного хранения, предлагались методы биоконтроля на основе исследования микробных сообществ, внедрялись технологии комплексного использования всех видов сырья — не только основного, но и побочного.

Особое место в исследованиях В.С. Колодязной занимали теоретические и экспериментальные исследования по применению искусственного холода в пищевых

отраслях по следующим направлениям:

- развитие знаний в области питания и изучение продовольственных потерь по всей цепочке производства растительной продукции;
- исследование защитных механизмов, физиолого-биохимических и физико-химических процессов, протекающих при охлаждении и хранении растительной продукции с применением искусственного холода, биологических средств защиты. При хранении охлажденной сельскохозяйственной продукции более эффективное увеличение ее стойкости достигается не только снижением температуры хранения, но и применением дополнительных к холоду физико-химических и биологических средств защиты;
- технология хранения картофеля с использованием эндафитных микробных препаратов;
- тестирование микроорганизмов *in vivo* на широком спектре возбудителей патогенеза плодоовощной продукции в условиях постурожайных технологий холодильного хранения при комплексной оценке антагонистической активности выделенных штаммов и коллекционных культур;
- исследование и обоснование технологических режимов пролонгированного хранения плодоовощной продукции с применением газо-селективных трековых мембран для создания газовых сред с пониженной концентрацией кислорода и повышенной диоксида углерода в условиях низких положительных температур. Для хранения плодов в контролируемой атмосфере предложены мембраны различных типов, изготовленные из полимерных и тканевых материалов. Они отличаются газопроницаемостью, адгезионными свойствами, прочностью и эксплуатационными характеристиками;
- выбор высокоэффективных ингибиторов роста психрофильной микрофлоры с определением кинетических моделей роста психрофильных микроорганизмов при ингибировании барьерными факторами в процессе хранения пищевых продуктов животного происхождения в условиях близ криоскопических температур;
- разработка экологически безопасных маркировочных наклеек (стикеров) для плодоовощной продукции, совмещающих в себе как основную функцию этих наклеек, так и способность защищать продукцию от порчи при хранении и транспортировке;
- изучение устойчивости биологически активных добавок при хранении и технологичности их использования в производстве функциональных продуктов питания;
- разработка технических решений и технологий низкотемпературной обработки и хранения биологических объектов.

Научная школа профессора Колодязной В.С. входит в число ведущих научных школ в области пищевых технологий в ряду научных школ Головкина Н.А., Чижова Г.Б., Остроумова Л.Б., Тишина В.Б., Василица И.М.,

Грищенко А.Д., Маслова А.М., Забодаловой Л.А., Мезеновой О.Я., Мелединой Т.В. и др.

Ученики В.С. Колодязной продолжают научные исследования по применению в пищевых отраслях бактерий-антагонистов, полисахаридов, в том числе хитозана и альгинатов, полипептидов, фенольных соединений, разработке низкотемпературных технологий хранения пищевого сырья и технологий функциональных и специализированных продуктов на основе глубокой переработки продовольственного сырья.

По результатам современных исследований в области пищевой технологии и микробиологии большое внимание уделяется гомеостазу микроорганизмов. Например, поддержание определенного уровня pH в узких пределах является обязательным условием и характерной особенностью жизнедеятельности биологических организмов — как высших, так и низших, то есть если их внутреннее равновесие нарушается из-за воздействия консервирующих (барьерных) факторов, то они теряют способность размножаться или даже погибают, прежде чем их гомеостаз будет восстановлен. Таким образом, увеличение сроков хранения может достигаться путем временного или полного блокирования гомеостаза содержащихся в пищевом продукте микроорганизмов.

В современной технологии хранения ставится задача добиваться такого эффекта, чтобы барьерные факторы в продукте воздействовали на разные составляющие внутри микробной клетки (клеточная мембрана, ДНК, ферментные системы, pH, активность воды, Eh) и нарушали различными способами гомеостаз присутствующих в продукте микроорганизмов.

Под руководством профессора Колодязной В.С. проводились исследования, где объектами применения нанотехнологии в пищевых продуктах являлись съедобные

пленки и покрытия, используемые для увеличения сроков хранения и модификации свойств поверхности продукта. Наноламинатные пленки, благодаря наличию нескольких слоёв, обладающих разными свойствами, могут быть паро- и газопроницаемыми, антимикробными, снижающими потери массы продукта. На итоговые свойства наноламинатов влияют количество нанесенных слоёв, их последовательность, условия приготовления составов для покрытий.

На рис. 1 показаны кинетические кривые роста микрофлоры в зависимости от продолжительности хранения мяса и условий холодильной обработки.

Использование различных антимикробных средств при консервировании конкретных видов пищевых продуктов имеет определенные преимущества, поскольку микробиологическая стабильность может достигаться за счет комбинирования воздействия различных факторов на невысоком уровне. На практике — это означает, что более эффективно использовать различные бактериостатические компоненты в небольших количествах, чем только один компонент в большом количестве, так как различные вещества воздействуют на разные составляющие внутри клетки и обеспечивают появление синергического эффекта.

При хранении продуктов в условиях мягкого действия небольших доз различных дополнительных к холоду средств достигается наиболее эффективная и экономичная защита. Так, исследованиями проводимыми к.т.н. Д.А. Бараненко под руководством Валентины Степановны Колодязной показано [2], что скорость роста санитарно-показательных микроорганизмов — мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных (КМАФАнМ) значительно замедляется при хранении мелкокусковых полуфабрикатов из телятины и кролика,

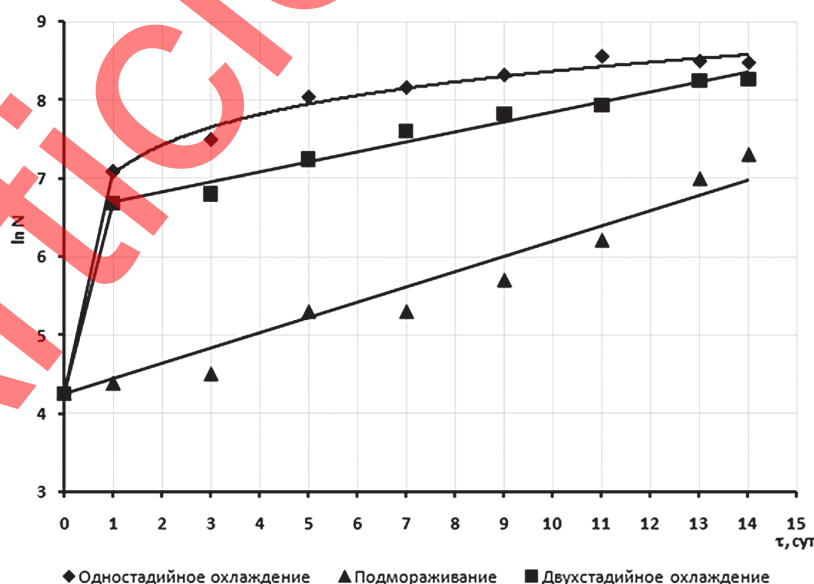


Рис. 1. Кинетические кривые роста микрофлоры охлажденного мяса при холодильном хранении телятины [2].

Fig. 1. Kinetic curves of microbial growth in chilled meat during refrigerated storage of veal [2].

варёных и копченых колбас, копчено-вареной свиной грудинки с различными покрытиями: растворами органических кислот и желатина и хитозана (Жел-Хит), альгината натрия и хитозана (Альг-Хит), гуаровой камеди и хитозана (Гуар-Хит) в различных соотношениях и в полиэтиленовой упаковке.

Выявлено, что покрытия во всех случаях уменьшали интенсивность развития микрофлоры по сравнению с контрольными образцами. Наибольший бактериостатический эффект от применения покрытий отмечался у образцов с использованием полипептидно-полисахаридного покрытия. В полисахаридных покрытиях на основе альгината натрия и хитозана и гуаровой камеди и хитозана, отмечено улучшение микробиологических показателей при увеличении доли хитозана в смеси (рис. 2).

Также было выявлено влияние замораживания на содержание свободных аминокислот и общий аминокислотный состав телятины [3]. Во многом изменения аминокислотного состава связаны с потерями влаги при холодильной обработке. Показана зависимость между изменением содержания аминокислот и типом структуры ее боковой цепи. Установлено, что процесс замораживания телятины при температурах -24°C и -35°C снижает аминокислотный скор всех незаменимых аминокислот, хотя и в разной степени. Медианное снижение аминокислотного сора на 10 % произошло после замораживания при -24°C (минимальное снижение на 2% и максимальное на 26%). После замораживания при -35°C медианное снижение аминокислотного сора составило 7% (минимум — 1%, максимум — 18%). В охлажденной телятине единственной лимитирующей аминокислотой оказался лейцин с аминокислотным скором 0,81. В телятине после замораживания было две лимитирующие аминокислоты — лейцин и гистидин. Их баллы

после замораживания при -24°C составили 0,79 и 0,88, при -35°C — 0,80 и 0,97, соответственно.

Одно из направлений научных исследований, возглавляемых Валентиной Степановной и продолженное д.т.н. Кипрушкиной Е.И., получило активное развитие по использованию биотехнологии в сельском хозяйстве, ориентированное на постурожайные биотехнологии хранения растительной продукции: разработка биофунгицидных препаратов, определение набора биоконтрольных агентов для создания биопрепаратов по снижению патогенной нагрузки растительной продукции при хранении в условиях низких положительных температур. Температуры холодильного хранения обосновывают необходимость поиска адаптированных штаммов, способных проявлять антагонистическую активность в условиях низких температур. Выбранный штамм будет эффективным средством биологической защиты, если он правильно подобран для конкретных условий [4].

При исследовании штаммов псевдомонад оценивали способность к психрофильному росту и развитию (в диапазоне температур $0-15^{\circ}\text{C}$), подавлению фитопатогенных микроорганизмов, продукции ауксиноподобных фитогормонов (индолил-3-уксусной, индолил-3-карбоновой, индолил-3-молочной кислот). Как было показано (рис. 3), штаммы псевдомонад различались по скорости роста при пониженных температурах: у большинства он существенно замедлялся при $6-7^{\circ}\text{C}$ и полностью подавлялся при 0°C . Однако в диапазоне $7-10^{\circ}\text{C}$ все штаммы в течение 7 сут культивирования на агаре R2A формировали колонии диаметром 3–4 мм. Рост штаммов RF13H и RM14B наблюдался в диапазоне положительных температур, близких к нулю (интервал $1-4^{\circ}\text{C}$): через 7 сут низкотемпературного роста бактерии формировали на поверхности питательной среды колонии диаметром 1–2 мм [5].

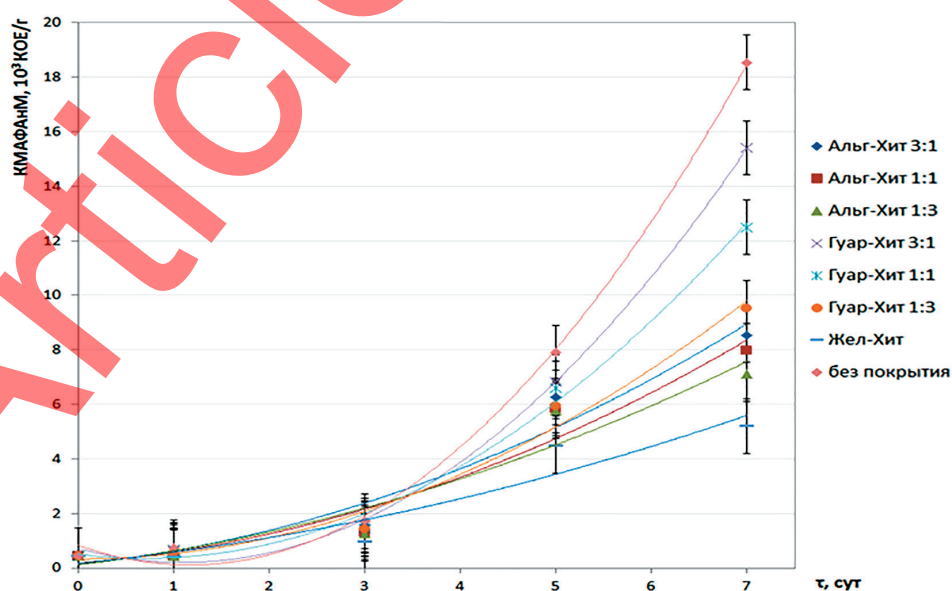


Рис. 2. Кинетическая кривая роста санитарно-показательных микроорганизмов при хранении телятины в охлажденном состоянии.
Fig. 2. Kinetic growth curve of indicator bacteria during storage of chilled veal.

Оценка антагонистической активности в отношении фитопатогенных микроорганизмов плодовоовощной продукции показала, что у ряда штаммов (RF13H, RF14J, RM14B, RF12C) выражен биоконтроль и адаптивность, характеризующийся метаболической и защитной активностью.

Особый интерес представляют эндофитные бактерии, обитающие в растительных тканях, что делает их менее зависимыми от внешних факторов. Эволюционно внедрившись в ткани растения, эндофиты с комплексом хозяйственно полезных признаков могут способствовать формированию длительной защиты макроорганизма от стрессовых факторов. Продолжаются исследования микробиома у разных объектов растительной продукции, показано, что биоразнообразие микроорганизмов часто зависит от сорта и фазы развития растения [7].

Под руководством В.С. Колодзяной была продолжена научная школа проф. Головкина Н.А. и проф. Чижова Г.Б. по исследованию влияния низких температур на изменения качества и пищевой ценности продуктов при холодильной обработке и хранении.

При хранении плодовоовощной продукции в свежем виде неизбежны потери за счет дыхания, испарения влаги, микробиальной порчи и прорастания, составляющие за 6–8 мес в среднем от 16 до 37% и зависящее от разных факторов. Кроме того, значительны потери при очистке растительных продуктов перед употреблением. Причем они тем больше, чем дольше хранился продукт в свежем виде [8]. Для увеличения сроков хранения, снижения потерь и лучшего сохранения их пищевой ценности широко применяют замораживание. Быстрое замораживание и последующее хранение при низкой температуре обеспечивают высокие показатели качества продовольственного сырья и пищевых продуктов: внешний вид, запах, цвет, консистенция, содержание углеводов, белков, жиров, витаминов и др.

Быстрое замораживание пищевых продуктов является наиболее прогрессивным методом их консервирования, позволяющим максимально сохранить их качество, пищевую и биологическую ценность в течение длительного времени.

В связи с сезонностью производства растительной продукции в Российской Федерации встает задача поиска сортов, устойчивых к замораживанию и методов предварительной обработки, замораживания и хранения.

Большое влияние на качество замороженных продуктов оказывает способ замораживания и достигаемая им скорость замораживания. Она зависит от ряда физиологических факторов, среди которых большее значение имеет температура, форма продукта, его поверхность, теплопроводность и др. Однако, решающую роль при замораживании играет качество сырья, особенно его способность переносить низкие температуры без значительных нарушений структуры тканей [9, 10].

Под руководством В.С. Колодзяной были проведены исследования по пригодности к замораживанию и длительному хранению более 100 сортов традиционных растительных культур, таких как морковь, перец, картофель, кабачки, яблоки, тыквы, сливы, жимолость, садовая земляника, так и корнеплодов скорцонеры и овсяного корня, стеблеплодов кольраби, актинидии коломикта, фиников и др. Например, был разработан новый метод, основанный на использовании низкотемпературного охлаждения, для снижения зараженности вредителями и насекомыми при сохранении пищевой ценности фиников при холодильном хранении [11]. Изучались гибель вредителя фиников *Apomyelois ceratoniae* при различных температурах и скорости дыхания фиников, содержание сахара, органических кислот, пектиновых веществ и органолептические характеристики. Установлено, что при -18°C личинка *A. ceratoniae* погибает в течение 2 ч, яйца и личинки — в течение 24 ч, соответственно. Таким образом, показано, что нет необходимости в использовании химикатов или облучения для предотвращения вредителей фиников. Физико-химические и органолептические свойства фиников были удовлетворительными в течение 360 сут при -18°C и в течение 180 сут при $+4^{\circ}\text{C}$. Низкотемпературное охлаждение и хранение при -18°C рекомендуется для фиников для предотвращения развития вредителей и потери качества.

Штамм	Рост при низких температурах, °C													Антагонизм				
	15	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	PS	CM	FS	AA	A3
<i>Pseudomonas</i> sp. RM13C														10	12	17	22	-
<i>Pseudomonas</i> sp. RF13H														12	10	22	27	+
<i>Pseudomonas</i> sp. RF14J														7	8	13	15	-
<i>Pseudomonas</i> sp. AF12F														12	10	10	12	-
<i>Pseudomonas</i> sp. AF24C														5	2	7	8	-
<i>Pseudomonas</i> sp. RM13D														10	12	15	17	-
<i>Pseudomonas</i> sp. RM11C														8	12	22	22	-
<i>Pseudomonas</i> sp. RM14B														14	17	17	12	+
<i>Pseudomonas</i> sp. RF12C														1	3	4	4	-
<i>Pseudomonas</i> sp. RF14H														1	2	2	5	-

Рис. 3 Адаптивность биоконтрольных штаммов бактерий к условиям холодильного хранения плодовоовощной продукции. Антагонизм: диаметр (мм) зон задержки роста патогенов *Pseudomonas solanacearum* (PS), *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (CM), *Fusarium solani* (FS), *Alternaria alternata* (AA) и продукция ауксинов (AU, наличие или отсутствие) [6].

Fig. 3. Adaptability of biocontrol bacterial strains to refrigerated storage conditions of fruits and vegetables. Antagonism: diameter (mm) of pathogen growth inhibition areas and auxin production (AU, Y/N) [6].

При сравнении различных способов замораживания первостепенное значение придается качеству и пищевой ценности замороженного растительного продукта, зависящие от многих факторов, и, прежде всего, от условий замораживания и холодильного хранения. Всесторонние исследования по холодильному консервированию растительного сырья позволили сделать вывод, что интенсификация процесса замораживания способствует лучшему сохранению вышеперечисленных качеств [12–14].

Наиболее распространенным и широко изученным является замораживание пищевых продуктов в воздушной среде. Низкотемпературная обработка в охлажденном воздухе может осуществляться либо естественной, либо искусственной конвекцией. Поскольку при замораживании естественной конвекцией скорость процесса довольно низка, то чаще используется замораживание в интенсивном потоке охлажденного воздуха.

В настоящее время существует несколько направлений в развитии и интенсификации процесса замораживания, как за счет снижения температуры замораживания, так и за счет увеличения скорости движения среды замораживания и использования сред с высокими теплоотводящими свойствами.

Под научным руководством В.С. Колодязной изучались различные способы процесса замораживания растительных продуктов в воздушной среде, жидких хладоносителях и парокапельной азотной среде при различных температурах (схема 1).

В исследованиях проводилась химико-технологическая оценка влияния различных способов замораживания на качество и пищевую ценность растительных продуктов в цикле «замораживание — хранение — переработка».

Исследование биохимических и физико-химических показателей качества проводили по содержанию следующих показателей: низкомолекулярные углеводы и органические кислоты, окислительно-восстановительные ферменты, аскорбиновая кислота, пектиновые вещества,

фенольные соединения, обратимость процесса замораживания и органолептическая оценка.

Научные исследования В.С. Колодязной по замораживанию и хранению растительных продуктов продолжены к.т.н. Румянцевой О.Н. Были получены результаты по частичной дегидратации методом микроволнового вакуумного обезвоживания и замораживанию ягод земляники садовой, черной смородины, аронии (Табл. 1).

Таблица 1. Зависимость изменения содержания аскорбиновой кислоты, пектиновых веществ и потерь клеточного сока от условий дегидратации и замораживания ягод

Table 1. Relationship between changes in the content of ascorbic acid, pectin substances, and cell juice loss and berries dehydration and freezing conditions

Вид ягод	$t_c, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$C_{ак}, \text{мг/100 г}$	$C_{пв}, \%$	$C_{пкс}, \%$
Земляника садовая Зенит	-24	39,6	517	5,1	5,8
	-36	39,6	592	5,8	4,7
	-24	61,2	466	3,0	2,6
	-36	61,2	526	4,2	1,8
Черная смородина Ленинградский великан	-24	19,2	1017	8,2	5,2
	-36	19,2	1080	8,7	4,4
	-24	40,1	940	7,1	2,6
	-36	40,1	996	7,7	2,1
Арония Чернушка	-24	30,0	324	5,2	7,0
	-36	30,0	397	5,7	5,4
	-24	50,6	264	4,3	2,0
	-36	50,6	288	4,8	1,2

По результатам оптимизации содержания аскорбиновой кислоты (Сак), пектиновых веществ (Спп) и потерь клеточного сока (Спкс) рекомендованы условия частичной дегидратации и температуры замораживания для исследуемых ягод. Диаграмма параметров оптимизации дегидратации и замораживания ягод аронии представлена на рис. 4.

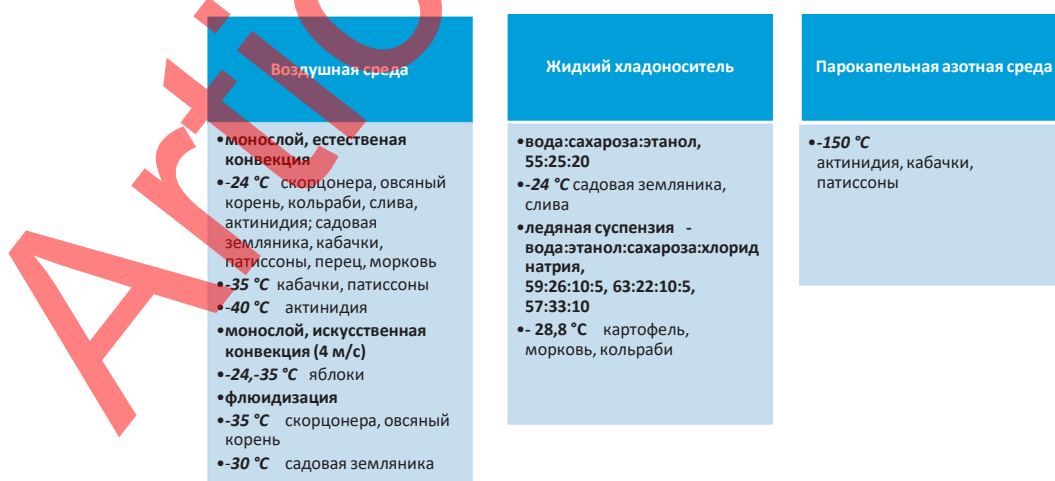


Схема 1. Способы и растительные объекты замораживания
Chart 1. Freezing methods and plant subjects to be frozen

По комплексу органолептических и физико-химических показателей качества и показателей безопасности научной школой Колодяжной В.С. рекомендованы сроки годности для замороженных растительных продуктов при различных способах замораживания [15].

В сфере приоритетного направления научной деятельности В.С. Колодяжной в области низкотемпературных и пищевых технологий защищено более 30 кандидатских и 4 докторских диссертаций. Проведены исследования в том числе по тематикам: токсиканты промысловых рыб Северо-Восточной Атлантики и влияние технологических режимов рыбообработки на их снижение; исследование процессов дозаривания и хранения томатов, обработанных биопрепаратами; исследование физиолого-биохимических процессов при хранении плодов авокадо, обработанных биопрепаратами; технология мясорастительных консервов эмульсионного типа для людей с высокой физической активностью; технология пресервов из замороженных морских рыб с применением лактатсодержащих пищевых добавок; научное обоснование и разработка технологий получения и холодильного консервирования фитопрепаратов и пищевых продуктов с биологически активными веществами дикорастущего сырья; разработка технологии применения биопрепаратов при холодильном хранении цитрусовых плодов клементинов и ортаник; разработка технологии холодильного хранения столовых сортов винограда с применением трековых мембран; биотехнология низкотемпературного хранения яблок осенних сортов с применением газоселективных трековых мембран;

факторы повышения биологической ценности оливкового масла холодного отжима при длительном хранении и др. [16–18].

Растущие запросы инженерной практики предъявляют новые требования к исследованиям, а исследования указывают новые пути в решении практических задач. В 2014 году на базе научной школы Колодяжной В.С. в Университете ИТМО был открыт международный научный центр «Биотехнологии третьего тысячелетия» (Bio3M), где за последние 10 лет были реализованы более двадцати крупных проектов в области пищевых биотехнологий, а их результаты опубликованы в более чем 50 научных статьях в самых престижных журналах Q1 баз Scopus и Web of Science, включая такие как, Food Chemistry, Food Hydrocolloids, Food Bioscience и др. Выпускники научной школы продолжают работу как в научно-исследовательских и образовательных организациях, так и в крупных российских и зарубежных промышленных компаниях.

Результаты исследований, проводимых В.С. Колодяжной, имеют высокую практическую значимость и внедрены в производства во многих компаниях, таких как ООО «НОРДЕНА», ПК «ИНГРЕДИЕНТ», ООО «Берри стайл» и др.

Профессиональная деятельность профессора В.С. Колодяжной навсегда останется в памяти как яркий пример служения науке и высшему образованию, а её личность навсегда будет примером выдающегося учёного, мудрого учителя и порядочного человека.

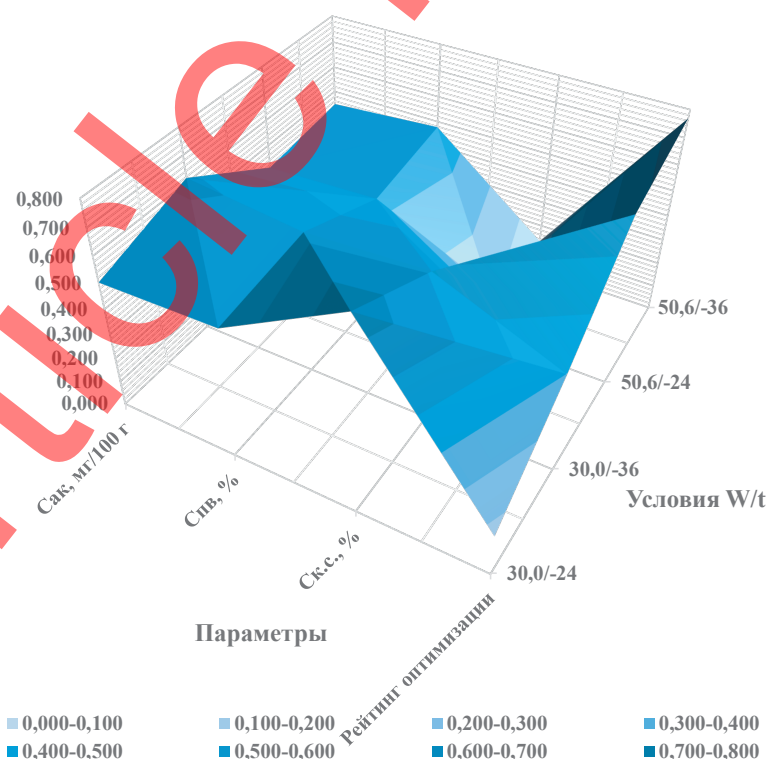


Рис. 4. Диаграмма параметров оптимизации дегидратации и замораживания ягод аронии.

Fig. 4. Diagram of dehydration and freezing optimization for chokeberries.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Е.И. Кипрушкина — написание текста и редактирование статьи, обзор литературы; О.Н. Румянцева — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи. Д.А. Бараненко — написание текста и редактирование. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

Источник финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два члена редакционной коллегии.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: Elena I. Kiprushkina: writing—original draft, writing—review & editing; O.N. Rummyantseva: investigation, formal analysis, writing—original draft; D.A. Baranenko: writing—original draft, writing—review & editing. All authors made substantial contributions to the conceptualization, investigation, and manuscript preparation, and reviewed and approved the final version prior to publication.

Ethics approval: Not applicable.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities or interests for the last three years related with for-profit or non-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: When creating this work, the authors did not use previously published information (text, illustrations, data).

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing is not applicable to this work, and no new data has been collected or created.

Generative AI: Generative AI technologies were not used for this article creation.

Provenance and peer-review: This work was submitted to the journal on its own initiative and reviewed according to the usual procedure. Two members of the editorial board participated in the review.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Kolodyaznaya VS, Rummyantseva ON, Kiprushkina EI. History and prospects for the development of refrigeration technology for food products. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. 2023;1:47-54. doi: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-47-54.
2. Baranenko DA, Kolodyaznaya VS, Zabelina NA. Effect of composition and properties of chitosan-based edible coatings on microflora of meat and meat products. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2013;12(2):149-157.
3. Baranenko D, Kolodyaznaya V, Broyko Y. Effect of cold treatment on the amino acid composition of veal. *Agronomy Research*. 2014;12(3):705-716.
4. Kolodyaznaya VS, Kiprushkina EI, Baranenko DA, Shestopalova IA. Artificial cold and hidden reserves of food industries. *Food industry*. 2018;4:42-46. EDN YWIDZE.
5. Shcherbakov AV, Shcherbakova EN, Mulina SA, et al. Psychrophilic endophytic pseudomonas as potential agents in biocontrol of phytopathogenic and putrefactive microorganisms during potato storage. *Agricultural Biology*. 2017;52(1):116-128. doi:10.15389/agrobology.2017.1.116rus
6. Kolodyaznaya VS, Kiprushkina EI, Shestopalova IA, Mishin SS. Biopreparation support of post-harvest technologies. *Actual biotechnology*. 2019;3(30):82-84.
7. Sergienko OI, Kiprushkina EI, Miniakhmetova AV, et al. Ecological and economic efficiency of using biological means of protection in the supply chain of plant products. *Scientific journal of NRU ITMO. Series: Economics and environmental management*. 2022;2:173-185. doi 10.17586/2310-1172-2022-16-2-173-185.
8. Kostiuk VA, Kolodyaznaya VS, Rummyantseva ON. Biological method based on track membranes to form controlled gaseous media for fruit cold storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;866(1). doi:10.1088/1755-1315/866/1/012013
9. Klementyev DA, Kolodyaznaya VS. Biologically active substances of salad chicory and the kinetics of their changes during refrigeration storage. *Refrigeration technology*. 2019;6:46-51. doi: https://doi.org/10.17816/RF104209
10. Kurbonova MK, Bulcran MS, Astrelina PS, Baranenko DA. The effect of ultrasound and microwave exposure on the process of freezing apples. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. 2023;1:78-84. doi: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-78-84
11. Lallouche A, Kolodyaznaya V, Boulkrane MS, Baranenko D. Low temperature refrigeration as an alternative anti-pest treatment of dates. *Environmental and Climate Technologies*. 2017;20(1):24-35. doi: 10.1515/ruect-2017-0008
12. Peregodova DA, Rummyantseva ON, Kolodyaznaya VS. Influence of refrigeration conditions on the quality of autumn apple varieties. *Bulletin of the International Academy of Cold*. 2016;2(59):15-20. doi: 10.21047/1606-4313-2016-15-2-15-20
13. Tun Aye, Baranov IV, Krylov VA, et al. Thermo-physical properties of avocado from Southeast Asia. *Bulletin of the International Academy of Cold*. 2020;2:60-64 doi: 10.17586/1606-4313-2020-19-2-60-64
14. Rummyantseva ON. Changes in the composition of pectin substances during freezing and storage of plant products. *Equipment and technology of food production*. 2024;54(3):495-507. doi: 10.21603/2074-9414-2024-3-2522
15. Rummyantseva O, Fikiin K, Kiprushkina E, et al. Quality Assessment of Dehydrofrozen Berries Produced by Microwave-Vacuum Dehydration and Subsequent Freezing. *Food Bioprocess Technol*. 2025. https://doi.org/10.1007/s11947-025-03835-4
16. Kolodyaznaya VS, Kiprushkina EI, Shestopalova IA, et al. Changes in the fatty acid composition of avocado fruit treated with preparations during storage. *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives*. 2019;24:75-83 doi: 10.15259/PCACD.24.006
17. Rogozina EA, Kolodyaznaya VS, Shestopalova IA, et al. Optimization of the proteolysis process of connective tissue proteins in ostrich meat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;866(1).
18. Kolodiaznaia VS, Alnakoud M, Kiprushkina EI, et al. Kinetics of hydrolysis reactions and triacylglycerols oxidation in olive oil during prolonged storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;866(1).

ОБ АВТОРАХ

*** Румянцева Ольга Николаевна,**

канд. техн. наук, доцент;
адрес: 191002, РФ, Санкт-Петербург, Ломоносова, 9, 1208;
ORCID: 0000-0003-2032-6617;
eLibrary SPIN: 5293-4639;
e-mail: rumiantseva@itmo.ru

Кипрушкина Елена Ивановна,

д-р техн. наук, доцент;
ORCID: 0000-0001-5350-4550;
eLibrary SPIN: 4424-6265;
e-mail: kipelena@yandex.ru

Бараненко Денис Александрович,

канд. техн. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-9284-4379;
eLibrary SPIN: 3995-7437;
e-mail: denis.baranenko@itmo.ru

AUTHOR'S INFO

*** Rumiantceva Olga Nikolaevna,**

Cand. Sci. (Tech.), Assistant Professor;
address: 191002, Russian Federation, St. Petersburg,
Lomonosova 9, 1208;
ORCID: 0000-0003-2032-6617;
eLibrary SPIN: 5293-4639;
e-mail: rumiantseva@itmo.ru

Kiprushkina Elena Ivanovna,

Dr. Sci. (Tech.), Assistant Professor;
ORCID: 0000-0001-5350-4550;
eLibrary SPIN: 4424-6265;
e-mail: kipelena@yandex.ru

Baranenko Denis Alexandrovich,

Cand. Sci. (Tech.), Assistant Professor;
ORCID: 0000-0002-9284-4379;
eLibrary SPIN: 3995-7437;
e-mail: denis.baranenko@itmo.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author