Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

УДК 641.546.1

Разработка лабораторной установки для замораживания мяса, рыбы и фруктов

Анисимова К.В., Протопопова К.А., Спиридонов А.Б., Ипатова А.Ф., Степанова Т.О.

Удмуртский государственный аграрный университет

Аннотация

Наиболее прогрессивным способом хранения продукции является сублимационная сушка. Сырье для сублимационной сушки должно подвергаться замораживанию, в связи с этим качество замороженного сырья должно быть высоким. Однако многие продукты после заморозки и при последующем размораживании теряют свои полезные свойства. Это обусловлено образованием крупных кристаллов льда, которые повреждают ткани продукта. Образование максимального количества центров кристаллизации позволяет максимально сберечь ценные вещества и предотвращает рост микроорганизмов, вызывающих порчу продуктов. Благодаря этому появляется возможность увеличить сроки хранения продуктов и получить сублимированный продукт высокого качества. Процесс замораживания продукта состоит из трех этапов: охлаждение от +20 до 0°С, переходный этап от 0 до −5°С и замораживание от −5 до −18°С. На этапе от +20 до 0°С продукт охлаждается, происходит снижение его температуры равное количеству отданного тепла. При снижении температуры от 0 до −5°С охлаждаемый продукт переходит из жидкой фазы в твердую. Отбор тепла происходит сильнее, но температура снижается незначительно, а происходит кристаллизация 70% фракций продукта. Это начальная стадия замораживания. На последнем этапе продукт замораживается от −5 до −18°С, что является окончательным домораживанием.

Ключевые слова: ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА, САМОЗАМОРАЖИВАНИЕ, КРИОГЕННОЕ ЗАМОРАЖИВАНИЕ, ШОКОВАЯ ЗАМОРОЗКА, ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, УЛЬТРАЗВУК

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Введение

Наиболее прогрессивным способом хранения продукции является сублимационная сушка. Сырье для сублимационной сушки должно подвергаться замораживанию, в связи с этим качество замороженного сырья должно быть высоким. Однако многие продукты после заморозки и при последующем размораживании теряют свои полезные свойства. Это обусловлено образованием крупных кристаллов льда, которые повреждают ткани продукта [1].

Образование максимального количества центров кристаллизации позволяет максимально сберечь ценные вещества и предотвращает рост микроорганизмов вызывающих порчу продуктов. Благодаря этому появляется возможность увеличить сроки хранения продуктов и получить сублимированный продукт высокого качества [2].

Целью исследования является разработка лабораторной установки для исследования вакуумного, криогенного и конвективного замораживания.

Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводились в ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА совместно с ООО «Концерн SDA» в рамках хоздоговорной темы № 57/21 Исследование интенсификации процесса замораживания пищевых продуктов» от 30 ноября 2021 г.

Объектами исследования являлись процессы замораживания мяса, рыбы и фруктов.

Заморозка осуществлялась серией однофакторных экспериментов в трехкратной повторности в два этапа для оценки перспективности использования каждого метода замораживания. На первом этапе проводились предварительные замеры параметров замораживания – температура в толще продукта и время кристаллизации.

После предварительной оценки результаты уточнялись на втором этапе. Контроль температуры в толще продукта осуществлялся термопарой. Оценка качества замороженной продукции производилась по органолептическим характеристикам размороженного сырья, по количеству выделившегося сока.

Анализ и обсуждение результатов

Исследования проводились на лабораторной лиофильной установке, разработанной и изготовленной ООО «Концерн SDA» (рис. 1), которая позволяет провести такие

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

процессы как вакуумное самозамораживание, конвективное и криогенное замораживание. В каждом случае в диапазоне температур от 0 градусов до минус 5 включался ультразвуковой генератор, настроенный на частоту 40 Гц при 220 Вт [3].

При конвективном замораживании процесс осуществлялся за счет циркуляции холодного воздуха, создаваемого вентилятором 2.В основе данного процесса лежит метод отбора тепла у продукта путем понижения температуры окружающей среды до минус 30°С. По достижению в продукте температуры минус 18 ^{0}С процесс прекращался [4].

Рис. 1. Внешний вид лабораторной установки для замораживания

При вакуумном самозамораживании из камеры откачивался воздух вакуумным насосом 8 (рис. 2) до 53 Па. В процессе постепенного увеличения вакуума материал охлаждался и самозамораживался вследствие затраты теплоты на интенсивное испарение. В этот период из материала испаряется 10-15% всей влаги без подвода теплоты за счет выделения теплоты плавления льда при замерзании воды. Образование кристаллов льда происходит постепенно, путем углубления зоны кристаллизации. Окончание самозамораживания определяется для каждого материала при достижении температуры в

центре частицы минус 18 °С [5–7]. Продолжительность самозамораживания составляет 10–15 мин. При повышении длительности процесса возможно образование слишком крупных кристаллов льда, которые могут разрушить клетки ткани и тем самым качество продукта [8].

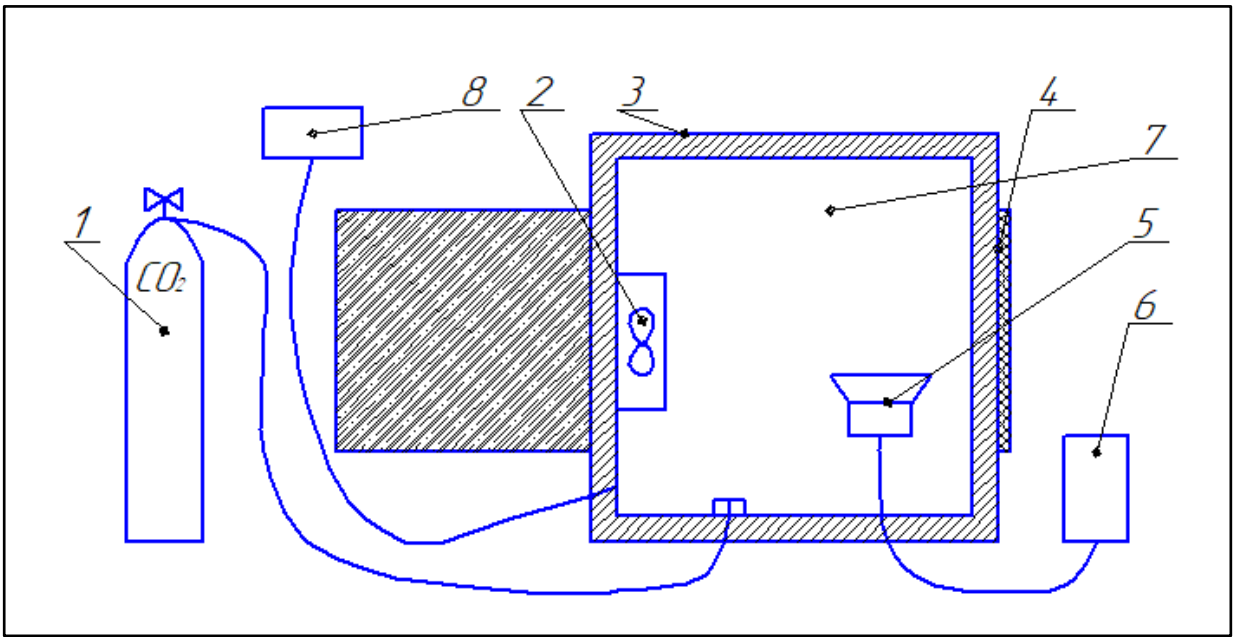

Рис. 2. Схема лабораторной установки

Примечание: 1 - баллон с углекислым газом; 2 – вентилятор; 3 – корпус камеры криогенного замораживания; 4 – крышка; 5 - пьезоэлектрический излучатель ЛУК-0,05/100-О; 6 - ультразвуковой генератор; 7 - рабочая камера; 8 - вакуумный насосVacuum Pump 6 CFM.

При вакуумном самозамораживании из камеры откачивался воздух вакуумным насосом 8 (рис. 2) до 53 Па. В процессе постепенного увеличения вакуума материал охлаждался и самозамораживался вследствие затраты теплоты на интенсивное испарение. В этот период из материала испаряется 10–15% всей влаги без подвода теплоты за счет выделения теплоты плавления льда при замерзании воды. Образование кристаллов льда происходит постепенно, путем углубления зоны кристаллизации. Окончание самозамораживания определяется для каждого материала при достижении температуры в центре частицы минус 18 °С [5-7]. Продолжительность самозамораживания составляет 10–15 мин. При повышении длительности процесса возможно образование слишком крупных кристаллов льда, которые могут разрушить клетки ткани и тем самым качество продукта [8].

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Криогенное замораживание осуществляется в среде углекислого газа. Из баллона 1 по газопроводу двуокись углерода поступает в криогенную камеру, где происходит контактное замораживание сырья в течение 15 мин. Затем вентиль баллона 1 закрывается, поступление CO_2 в камеру прекращается. В камере происходит падение давления, что свидетельствует о дальнейшем протекании процесса образования твёрдых кристаллических веществ, напоминающих по внешнему виду спрессованный снег. Неупорядоченное кристаллообразование мешает правильному росту кристаллов обычного льда, в результате не улетучиваются ароматические вещества, лучше сохраняется структура и химический состав продуктов. После стабилизации давления в камере процесс считается завершенным [9].

Оценка перспективности использования методов замораживания производилась по скорости замораживания и по органолептическим характеристикам размороженного сырья.

На рис. 3 показана кинетика замораживания дольки апельсина.

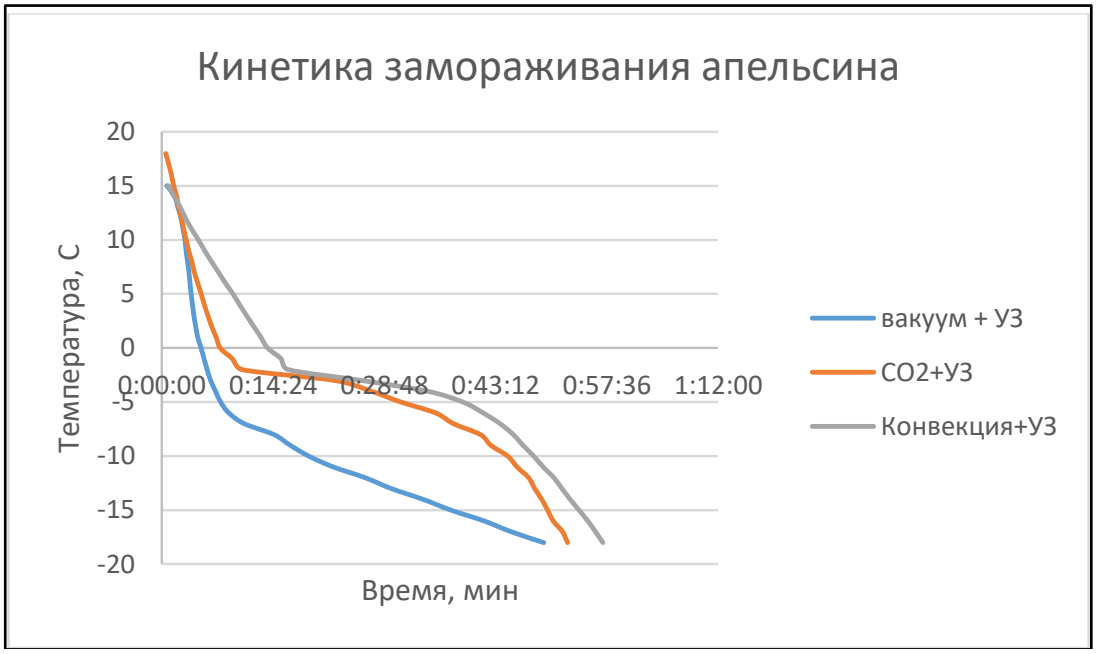

Рис. 3. Кинетика замораживания апельсина

По результатам графиков видно, что самой быстрой является заморозка в вакууме, она составляет 49 минут. Более длительная конвективная заморозка – 57 мин.

На рис. 4 показана кинетика замораживания куриной грудки.

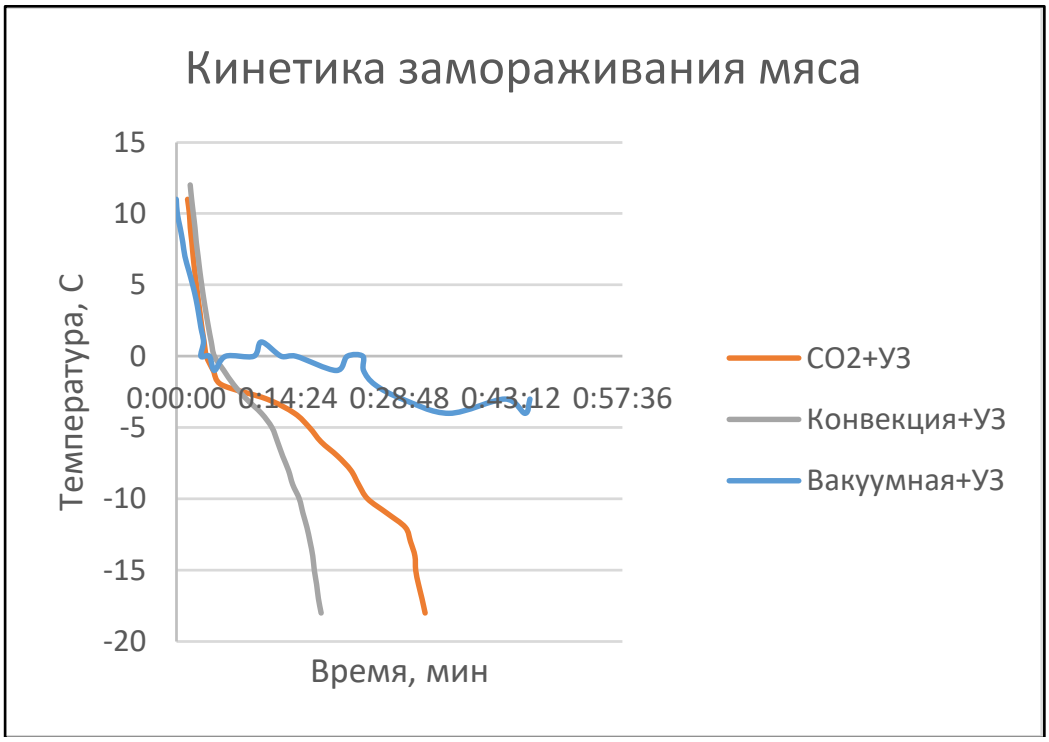

Рис. 4. Кинетика замораживания мяса курицы

При конвективном замораживании время процесса составляет 17 мин. Скорость заморозки криогенным способом в 2 раза выше, чем конвективный способ. При вакуумной заморозке температура – 18 ^{0}С не достигнута.

На рис. 5 показана кинетика замораживания сёмги охлаждённой.

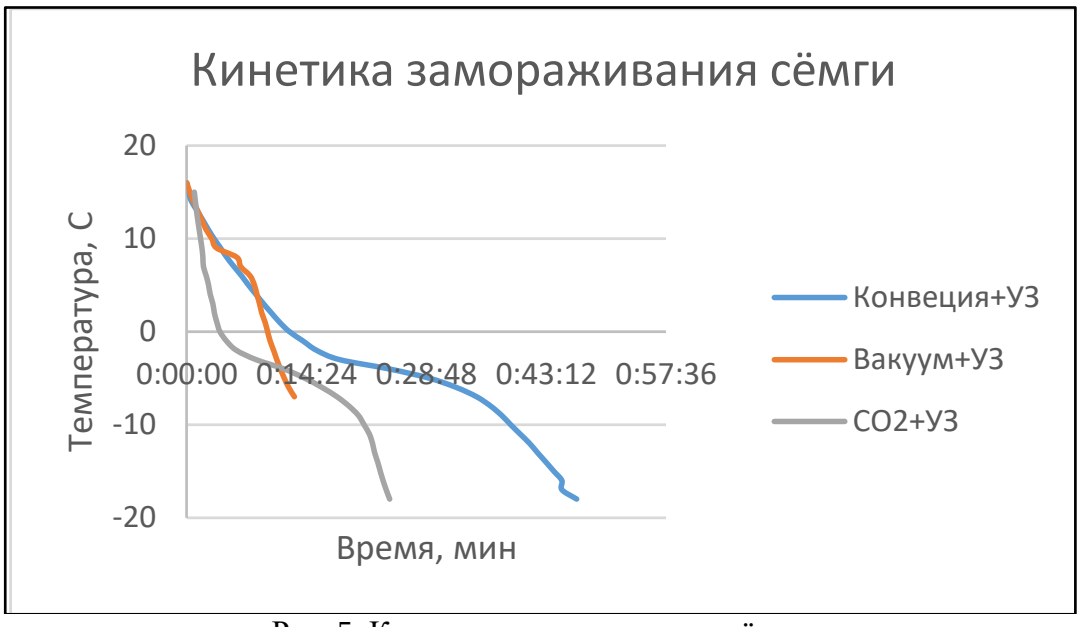

Рис. 5. Кинетика замораживания сёмги

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Анализируя графики видно, что максимальная скорость заморозки наблюдается для криогенного способа, при замораживании в вакууме температура в центре продукта не достигает – 18 ^{0}С.

Заключение

С учетом органолептической оценки выявлено, что наиболее подходящим способом для замораживания апельсина является криогенное замораживание, так как имеет относительно высокую скорость замораживания и полное отсутствие выделившегося сока в размороженном продукте.

При конвективном способе заморозки апельсина выявлена потеря массы, что объясняется вымораживанием влаги в продукте. Влага, содержащаяся в продукте, остается на стенках морозильной камеры.

Во время проведения эксперимента в вакууме наблюдалось бурление сока на поверхности апельсина, в размороженном продукте выделялся сок.

Для мяса птицы наиболее перспективным способом замораживания является криогенное замораживание. Скорость заморозки криогенным способом в 2 раза выше, чем конвективный способ, а также получены наилучшие значения по органолептической оценке. При вакуумном способе температура – 18 ^{0}С не достигнута, мясо сильно заветрилось, корочка подсыхания явно выражена, кроме того при вакуумной заморозке с ультразвуком наблюдалось отделение влаги, которая мешала равномерному замораживанию продукта.

Для рыбы наиболее подходящим способом также является криогенное замораживание. Данный способ характеризуется высокой скоростью заморозки и органолептическими показателями. Конвективный способ реализуется медленнее, но качество продукта сохраняется на высоком уровне. Вакуумная заморозка с использованием ультразвука не подходит, поскольку мясо рыбы сильно заветривается, после размораживания мясо приобретает бледно-розовый цвет.

Список использованных источников:

1. Анисимова К.В., Рахматуллина Л.Р. Замораживание пищевых продуктов с использованием ультразвука // Научное обеспечение инженерно-технической системы

АПК: проблемы и перспективы/ Мат-лы нац. науч.-техн. конф., посвящ. 60-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин, агроинж. фак-та, 90-летию д. х. н., проф., заслуж. деятеля науки Удм. Респ. Г. А. Кораблева и 85-летию к. т. н., проф., заслуж. работника сельского хозяйства Удм. Респ., почет. работника высш. проф. обр-я РФ Б.Д. Зонова. - ФГБОУ ВО ИжГСХА. – 2020. - С. 249–251.

2. Спиридонов А.Б., Шумилова И.Ш., Анисимова К.В. и др. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Мин-во с.-в. РФ - ИжГСХА. - 2019. - С. 183–187.

3. Литвинюк Н.Ю., Воробьева Л.С., Ильин А.П. и др. Моделирование процесса криогенного замораживания плодов рябины обыкновенной // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2011. - № 5. - С.– 22.

4. Kiurchev V., Verkholantseva O., Yeremenko F., Al-Nadzhar S. Engineering for rural development. 19. Сер. "19th international scientific conference engineering for rural development, proceedings" – 2020. – P. 997-1002. - URL: Research and changes in berries using technology of freezing during storage

5. Рощина Е.В., Григорьева Р.З., Баранец С.Ю. и др. Шоковая заморозка булочных изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья на предприятиях общественного питания // Техника и технология пищевых производств. - 2020. - № 3. - С. 439–449.

6. Struchaiev N., Postol Y., Stopin Y., et al. Determination of the duration of spherical-shaped berries freezing under the conditions stationary heat flow // Modern development paths of agricultural production: trends and innovations. - Springer International Publishing - 2019. - P. 405–414.

7. Маматов Ш.М., Эргашева З.К., Арипов М.М. Изучение режимов шоковой заморозки сельхозпродуктов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. - 2018. - № 6. - С. 27–29.

8. Сидоренко Т.А. Криогенное замораживание ягод, плодов и овощей // Пищевая и перерабатывающая промышленность. - 2006. - №3. - С. 867.

9. Korotkiy I.A. Analysis of theenergy efficiency of the fast freezing of black currant berries// Food sandraw materials. - 2014. - No. 2. - P. 3–14.

Цитирование:

Анисимова К.В., Протопопова К.А., Спиридонов А.Б., Ипатова А.Ф., Степанова Т.О. Разработка лабораторной установки для замораживания мяса, рыбы и фруктов [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st_114.pdf.