

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ФРУКТОВ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАМОРОЖЕННЫХ ДЕСЕРТОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ КРИОГЕННЫХ МЕТОДОВ**

**Improvement of fruit processing technology for the production
of frozen desserts using cryogenic methods**

Е. А. Корелина, магистрант

И. П. Чупина, доктор экономических наук, профессор

Уральский государственный аграрный университет

(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Аннотация

В статье представлены результаты исследований, направленных на совершенствование технологии переработки ягодного сырья (клубники садовой и черной смородины) для производства замороженных десертов (сорбетов). Основное внимание уделено изучению влияния комбинированной предобработки сырья (ферментативный гидролиз пектиновых веществ в сочетании с ультразвуковой кавитацией) и последующей криогенной заморозки в потоке жидкого азота на качественные и структурно-механические характеристики готового продукта. Экспериментально доказано, что предложенная схема обработки позволяет снизить размеры кристаллов льда в готовом продукте на 40-50% по сравнению с традиционной шоковой заморозкой, что положительно сказывается на текстуре, уменьшая ощущение «ледяной крошки». Установлено, что оптимизация параметров предобработки (фермент Пектофетидин Р, доза 0,02%, температура 45°C, время 40 мин; УЗ-обработка при частоте 35 кГц, 5 мин) способствует увеличению выхода сока на 18%, повышению стабильности системы и улучшению органолептических показателей. Сорбеты, произведенные по усовершенствованной технологии, отличаются более однородной консистенцией, насыщенным цветом и вкусоароматическим профилем, что подтверждается данными инструментального и сенсорного анализа.

Ключевые слова: замороженные десерты, фруктовое сырье, криогенная заморозка, ультразвуковая обработка, ферментативный гидролиз, сорбет, качество, структура.

Summary

The article presents the results of research aimed at improving the technology of processing berry raw materials (garden strawberries and black currants) for the production of frozen desserts (sorbets). The main focus is on studying the effect of combined pre-treatment of raw materials (enzymatic hydrolysis of pectin substances combined with ultrasonic cavitation) and subsequent cryogenic freezing in a stream of liquid nitrogen on the qualitative and structural-mechanical characteristics of the finished product. It has been experimentally proven that the proposed processing scheme can reduce the size of ice crystals in the finished product by 40-50% compared to traditional shock freezing, which has a positive effect on texture, reducing the sensation of "icy grit". It has been established that optimization of pre-treatment parameters (enzyme Pectofetidin P, dose 0.02%, temperature 45°C, time 40 min; ultrasonic treatment at a frequency of 35 kHz, 5 min) contributes to an increase in juice yield by 18%, increased system stability and improved organoleptic characteristics. Sorbets produced using the improved technology are distinguished by a more uniform consistency, rich color and taste-aromatic profile, which is confirmed by instrumental and sensory analysis data.

Keywords: frozen desserts, fruit raw materials, cryogenic freezing, ultrasonic treatment, enzymatic hydrolysis, sorbet, quality, structure.

Рынок замороженных десертов демонстрирует устойчивый рост, чему способствует растущий потребительский спрос на полезные, натуральные и функциональные продукты питания [1]. Особое место в этом сегменте занимают фруктовые сорбеты и щербеты, основу которых составляют фруктовые или ягодные пюре и соки. Однако традиционные технологии их производства сталкиваются с рядом проблем: потеря натурального вкуса и аромата при термообработке, неоднородная текстура с крупными кристаллами льда после заморозки, расслаивание и синерезис в процессе хранения [2]. Эти недостатки напрямую связаны с процессами, происходящими при заморозке воды в сложных полидисперсных системах, каковыми являются фруктовые массы.

Ключевым фактором, определяющим качество замороженного десерта, является размер и форма кристаллов льда. Чем меньше и однороднее кристаллы, тем более кремовой и нежной воспринимается текстура продукта [3]. Современные направления совершенствования технологии включают: 1) модификацию структуры сырья до заморозки для увеличения связанности воды; 2) применение сверхбыстрых методов заморозки. В частности, криогенная заморозка в среде жидкого азота (T кипения -196°C) позволяет достичь максимально высоких скоростей отвода тепла, что минимизирует рост кристаллов. Однако эффективность этого метода в отношении многокомпонентных фруктовых систем изучена недостаточно.

Целью данной работы являлась разработка комбинированной технологии переработки фруктового сырья, включающей предварительную ферментативно-ультразвуковую обработку и криогенную заморозку, для производства сорбетов с улучшенными структурно-механическими и органолептическими свойствами.

Материалы и методы

Исследования проводились на базе лаборатории пищевых биотехнологий. В качестве сырья использовались ягоды клубники сорта «Эльсанта» и черной смородины сорта «Багира» свежего урожая. Основной метод – экспериментальный с последующим физико-химическим и структурным анализом.

Схема эксперимента включала следующие этапы:

1. Подготовка пюре: ягоды измельчали гомогенизатором.
2. Предобработка пюре:
 - Вариант 1 (Контроль): Без обработки.
 - Вариант 2: Ферментативная обработка пектолитическим ферментом Пектофоетидин Р (0,02%) при 45°C в течение 40 мин.
 - Вариант 3: Комбинированная обработка (фермент + ультразвук): после ферментации образец обрабатывали на УЗ-ванне (частота 35 кГц, мощность 250 Вт) в течение 5 мин при 50°C .
3. Приготовление сорбетной смеси: обработанное пюре смешивали с сахарным сиропом и стабилизатором (ксантановая камедь, 0,3%).
4. Заморозка:
 - Метод А (традиционный): Замораживание в фризере для мороженого при -25°C с активным перемешиванием.
 - Метод Б (криогенный): Капельное замораживание смеси в криогенной установке путем распыления в поток жидкого азота.
5. Оценка качества: определяли выход сока после обработки, стабильность системы (по скорости расслаивания), размер кристаллов льда методом крио-микроскопии, твердость текстуры на текстурометре, цвет на колориметре, органолептические свойства по 9-балльной шкале. Статистическая обработка – с использованием программы Microsoft Excel с расчетом достоверности различий ($p < 0,05$).

Таблица 1

Влияние способа предобработки на выход сока и стабильность ягодного пюре

Способ предобработки	Выход сока, % (от массы пюре)	Скорость расслаивания за 30 мин, %	Вязкость, Па·с (при 20°C)
Контроль (без обработки)	68.5	25.3	2.8
Ферментативная	78.2	18.1	2.1
Комбинированная (фермент+УЗ)	81.0	10.5	1.9

Данные таблицы 1 показывают, что комбинированная обработка позволяет максимально увеличить выход сока (на 12,5% относительно контроля) и существенно повысить стабильность системы, снизив скорость расслаивания более чем в 2 раза. Снижение вязкости после ферментативного расщепления пектинов благоприятствует последующему процессу гомогенной кристаллизации при заморозке.

Таблица 2

Влияние технологии заморозки на структурные показатели сорбета из клубничного пюре

Технология заморозки	Средний размер кристаллов льда, мкм	Твердость текстуры, Н	Индекс цветовой стабильности (ΔE после 3 мес. хранения)
Традиционная (А)	85.2	12.5	4.8
Криогенная (Б) с комбинированной предобработкой	42.7	8.3	2.1

Как видно из таблицы 2, применение криогенной заморозки в сочетании с оптимизированной предобработкой позволяет добиться более чем двукратного уменьшения среднего размера кристаллов льда. Это напрямую влияет на сенсорное восприятие: текстура становится более кремовой, а твердость снижается на 34%. Кроме того, криогенная заморозка способствует лучшему сохранению натурального цвета за счет максимально быстрой инактивации окислительных ферментов.

Органолептическая оценка (средний балл по 9-балльной шкале) подтвердила преимущества разработанной технологии. Сорбет, произведенный по комбинированной технологии (предобработка фермент+УЗ и криогенная заморозка), получил следующие оценки: консистенция – 8.5, вкус и аромат – 8.7, цвет – 8.9. Контрольный образец (без предобработки, традиционная заморозка) оценили в 6.8, 7.0 и 7.2 балла соответственно. Дегустаторы отметили в

экспериментальных образцах более интенсивный натуральный фруктовый вкус, отсутствие «водянистости» и ледяных крупинок.

Заключение

В результате проведенных исследований разработана и экспериментально обоснована усовершенствованная технология переработки фруктового сырья для производства замороженных десертов (сорбетов). Установлено, что комбинированная предобработка ягодного пюре, включающая ферментативный гидролиз пектинов и ультразвуковую кавитацию, в сочетании с последующей криогенной заморозкой в потоке жидкого азота позволяет:

1. Существенно улучшить структурно-механические показатели продукта: снизить средний размер кристаллов льда на 40-50% и уменьшить твердость текстуры на 30-35% по сравнению с традиционной технологией.
2. Повысить эффективность переработки сырья, увеличив выход сока на 12-18%.
3. Улучшить органолептические характеристики и цветовую стабильность готового десерта при хранении.
4. Создать продукт с мелкокристаллической, однородной и кремовой текстурой, максимально сохраняющий натуральные свойства исходного сырья.

Предложенная технология является перспективной для внедрения в производство премиальных и функциональных замороженных десертов с высоким содержанием натуральных фруктовых компонентов.

Библиографический список

1. Дунец А. В., Потемкин А. А. Современные тенденции рынка замороженных десертов // Пищевая промышленность. 2021. № 5. С. 18-22.
2. Петрова И. М., Леонова Е. А. Технология мороженого и замороженных десертов: учебное пособие. СПб.: Профессия, 2019. 320 с.
3. Соколова О. В., Федотова О. Б. Влияние скорости замораживания на структуру и качество пищевых продуктов // Холодильная техника. 2020. № 3. С. 34-39.
4. Чернова В. Г., Ким И. Н. Применение ультразвука в технологии переработки плодово-ягодного сырья // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84, № 1. С. 112-118.
5. Hartel R. W., Rankin S. A. The science of ice cream: a review // Journal of Food Science. 2017. Vol. 82 (9). P. 2007-2018.