

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ТЕХНОЛОГІЇ  
ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ХАРЧУВАННЯ

**СЕМЕНЮК ДМИТРО ПАВЛОВИЧ**

УДК 658.511.5: 641.856

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ  
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ М'ЯКОГО  
МОРОЗИВА, ЗБАГАЧЕНОГО МОЛОЧНИМ БІЛКОМ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних  
та фармацевтичних виробництв

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2001

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківській державній академії технології та організації харчування Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
**САФОНОВ Валентин Васильович**,  
Харківська державна академія технології  
та організації харчування, завідувач кафедри  
холодильної та торговельної техніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент  
**МИРОНЧУК Валерій Григорович**,  
Український державний університет  
харчових технологій,  
завідувач кафедри технологічного  
обладнання харчових виробництв

кандидат технічних наук, доцент  
**КІПТЕЛЯ Людмила Василівна**,  
Харківська державна академія  
технології та організації харчування,  
професор кафедри процесів, апаратів та  
автоматизації харчових виробництв

Провідна установа: Інститут технічної теплофізики НАН України,  
секція тепломасообміну Вченої ради ІТТФ,  
м. Київ

Захист відбудеться “ 1 ” листопада 2001 року о 15<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.088.01 Харківської державної академії технології та організації харчування за адресою: 61051, м. Харків, вул. Клочківська, 333.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківської державної академії технології та організації харчування за адресою: 61051, м. Харків, вул. Клочківська, 333.

Автореферат розісланий “ 27 ” вересня 2001 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Михайлов В.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Незмінно високим попитом у споживачів користується м'яке морозиво, виробництво якого зростає високими темпами на підприємствах громадського харчування і торгівлі. Ці підприємства, особливо в сфері малого бізнесу, який розвивається досить швидко, мають велику потребу в енергоекономічних, надійних, екологічно безпечних апаратах для заморожування багатокомпонентних харчових сумішей – фризерах, переважно невисокої продуктивності (5...10 кг/год). Поряд з цим, відповідно до вимог сучасної теорії раціонального харчування, для підвищення харчової цінності продукту є доцільним ввести в рецептури м'якого морозива певну кількість молочного білка, що покращує його органолептичні показники, зокрема, консистенцію. Поліпшені показники енергоекономічності апаратів для приготування м'якого морозива, відповідно до сучасних екологічних уявлень, сприятимуть зменшенню внеску від їхньої експлуатації в ефект глобального потепління клімату; екологічна безпека морозильних апаратів забезпечується також переведенням холодильних агрегатів, що їх обслуговують, на використання озонобезпечних холодоагентів відповідно до Монреальського протоколу країн – учасниць ЮНЕП від 1987 р. Розробка фризерів із поліпшеними техніко-економічними й екологічними показниками, спеціально призначених для приготування м'якого морозива, збагаченого молочним білком, є актуальною науково-технічною проблемою, оскільки широкомасштабне впровадження їх на підприємствах торгівлі і харчування дасть значний економічний та соціальний ефект, сприятиме стабілізації екологічної обстановки.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано відповідно до планів держбюджетних робіт ХДАТОХ на замовлення Міністерства освіти і науки України (тема №4 - 98 - 2000Б “Розробка та дослідження апаратів для одержання м'якого морозива, копченої риби та термостатування готових блюд”).

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є дослідження особливостей процесу фризирования та створення прогресивного обладнання з поліпшеними показниками енергоекономічності та екологічної безпеки для приготування м'якого морозива з підвищеним вмістом молочного білка.

Виходячи з мети дисертаційної роботи, було сформульовано такі задачі досліджень:

- розробити методику та експериментальний стенд для дослідження процесу фризирования сумішей з підвищеним вмістом білка, зокрема, для визначення впливу вмісту білка на збитість продукту та його опір таненню;
- дослідити основні реологічні характеристики обраних харчових сумішей для м'якого морозива з підвищеним вмістом білка;

- вивчити вплив реологічних властивостей харчової суміші на питоме зусилля, що розвивається лопатками робочого вала фризера в процесі заморожування вихідної суміші;
- спроектувати і виготовити експериментальний зразок удосконаленого фризера і провести його дослідження в лабораторних умовах;
- провести дослідження характеристик процесу фризирования продукту з традиційним і підвищеним вмістом молочного білка;
- розробити заходи щодо удосконалення окремих вузлів обладнання для приготування м'якого морозива, збагаченого молочним білком;
- обґрунтувати вибір раціональної рецептури вихідних сумішей для приготування м'якого морозива, а також ефективних методів дослідження їх реологічних властивостей;
- оцінити якість готового продукту, збагаченого молочним білком;
- здійснити комплекс заходів щодо практичного впровадження результатів досліджень;
- оцінити економічний і соціальний ефект практичного впровадження удосконаленого фризера.

*Об'єкт дослідження.* Процес приготування м'якого морозива, збагаченого молочним білком.

*Предмет дослідження.* Експериментальні зразки вдосконаленого обладнання для приготування м'якого морозива, збагаченого молочним білком.

*Методи дослідження.* Для вимірювання реологічних характеристик сумішей для приготування м'якого морозива, параметрів готового продукту застосовувались стандартні методики, при вимірюванні крутного моменту – нестандартна методика, математична обробка результатів вимірювань з використанням ПЕОМ.

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

- встановлено, що при збільшенні вмісту молочного білка, густина сумішей для приготування морозива і граничне зусилля зсуву підвищуються за нелінійним законом;
- визначено, що з підвищенням кількості молочного білка максимальна збитість м'якого морозива зростає, при цьому знайдено раціональну тривалість фризирования;
- встановлено зростання крутного моменту на робочих лопатках фризера при збільшенні в м'якому морозиві вмісту молочного білка, при цьому визначено раціональний інтервал частоти обертання шнек-мішалки;
- обґрунтовано доцільність конструктивних заходів з вдосконалення устаткування для приготування м'якого морозива, збагаченого молочним білком.

#### **Практичне значення одержаних результатів:**

- створено новий енергоекономічний фризер для приготування м'якого морозива з підвищеним вмістом молочного білка;

- удосконалено основні вузли фризера: шнек-мішалку, випускний пристрій, аератор;
- запропоновано нестандартний метод вимірювання крутного моменту на валу фризера;
- запропонована раціональна рецептура м'якого морозива з підвищеним вмістом молочного білка і підтверджена висока якість продукту, приготовленого за даною рецептурою на удосконаленому обладнанні.

*Реалізація результатів роботи.* Проведено впровадження результатів дисертаційної роботи в акціонерній компанії відкритого типу “Онікс”, м. Харків (акт впровадження від 20 жовтня 2000 р.).

**Особистий внесок здобувача** в отриманні наукових результатів, які викладено в дисертації, полягає в: розробці нових рецептур м'якого морозива, збагаченого молочним білком; проведенні експериментальних досліджень реологічних властивостей харчових сумішей з підвищеним вмістом молочного білка, а також технологічних і органолептичних показників готового продукту; реалізації алгоритму розрахунку удосконаленого фризера з поліпшеними показниками енергоекономічності й екологічної безпеки; проведенні випробовувань експериментального зразка нового апарата; математичній обробці результатів досліджень і підготовці їх до публікації; практичному впровадженні дослідного зразка нового апарата.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертації обговорено та схвалено на професорсько-викладацьких науково-практичних конференціях Харківської державної академії технології та організації харчування (1996...2001р.р.), Республіканській науково-практичній конференції “Стан і проблеми розвитку торгівлі і харчування в Україні” (Харків, 1997р.), Міжнародній науково-практичній конференції “Наукові і практичні аспекти переробки м'яса і м'ясопродуктів” (Харків, 2001р.), а також на нарадах фахівців, присвячених питанням розробки прогресивних фризерів (Харків, 1996...2000р.р.).

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 11 наукових праць, у тому числі: статей у наукових фахових виданнях, що затверджені ВАК України – 4; деклараційних патентів на винаходи – 3; тез доповідей на наукових конференціях – 2.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 141 найменування, у тому числі 26 іноземних, і додатків. Роботу викладено на 132 сторінках, вона містить 36 рисунків, 17 таблиць і 6 додатків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, подано відомості про наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

**У першому розділі** “Аналіз сучасного рівня виробництва м’якого морозива” проаналізовано особливості процесу приготування м’якого морозива при різному хімічному складі, розглянуті прилади для дослідження реологічних характеристик харчових продуктів. Аналіз технічного рівня сучасних апаратів для приготування м’якого морозива дозволив зробити висновок про необхідність вдосконалення існуючих фризерів. Було визначено напрямок удосконалення апаратів для приготування м’якого морозива, їх основних вузлів та необхідність проведення експериментальних досліджень вдосконаленого апарата.

**У другому розділі** “Об’єкти та методики дослідження” наведені рецептури вихідних сумішей для приготування м’якого морозива, які використовувались при порівняльних дослідженнях. Представлена методика реологічних досліджень сумішей для м’якого морозива, збагаченого молочним білком.

Для проведення експериментальних досліджень процесу фризювання вихідних сумішей і одержання даних, що необхідні при проектуванні апарата, був створений експериментальний стенд (рис. 1).

Рис. 1. Експериментальний стенд для дослідження процесу фризювання: 1 – робочий циліндр; 2 – шнек-мішалка; 3 – холодоагент; 4 – приймальний бункер; 5 – нагнітаючий трубопровід; 6 – зворотний трубопровід; 7 – терморегулюючий вентиль; 8 – терморегулятор; 9 – холодильний агрегат; 10 – термопари

Наведено методики вимірювання реологічних характеристик сумішей для приготування морозива, збагаченого молочним білком, крутного моменту на валу фризера, а також приведені рецептури сумішей, що досліджуються.

Методика досліджень передбачає також дослідження властивостей готового продукту – збитості, опору таненню, а також органолептичних показників якості.

Математична обробка результатів експериментальних досліджень здійснювалася сучасними статистичними методами за допомогою ПЕОМ з використанням пакету програм Mathcad.

У третьому розділі “Результати експериментальних досліджень” наведено результати дослідження реологічних властивостей досліджуваних сумішей, крутного моменту на валу фризера, зміни температури в процесі фризирования, а також властивостей готового продукту. Показано, що при введенні в рецептуру морозива молочного білка в різноманітних концентраціях форма кривих плинності зберігається, але при збільшенні швидкості зсуву ( $\dot{\gamma}$ ), відбувається збільшення граничної напруги зсуву  $\theta$  у тим більшій мірі, чим вища концентрація білка (рис. 2).

Повні реологічні криві (рис. 3) свідчать про істотне підвищення в’язкості ( $\eta$ ) та темпу руйнування структури сумішей для приготування м’якого морозива при збільшенні вмісту в них молочного білка. Найбільша в’язкість практично незруйнованої структури для суміші, приготовленої за традиційною рецептурою, складає близько 2 Па·с, для суміші з вмістом білка 5% – 6 Па·с, для суміші з вмістом білка 7% – 24 Па·с.

Таким чином, при заміні в рецептурі сухого знежиреного молока молочним білком консистенція продукту стає більш щільною. Структурно-механічні властивості, що характеризують густину сумішей, залежать від кількості білка, введеного в суміш: при цьому більш щільною є суміш, що містить більшу кількість білка.

Рис. 2. Зсувні характеристики сумішей для приготування м’якого морозива з різним вмістом молочного білка:  $\times$  – традиційна рецептура;  $+$  – вміст білка 5%;  $\diamond$  – вміст білка 7%

Дослідження, проведені з сумішами, які мають різний вміст молочного білка,

довели недосконалість гвинтової шнек-мішалки, що використовується в більшості фрізерів. Результати цих досліджень показали необхідність розробки удосконаленої шнек-мішалки. Така шнек-мішалка була запропонована в роботі. Подальші дослідження проводилися як із застосуванням традиційної, так і удосконаленої шнек-мішалки.

Рис. 3. Повні реологічні криві для сумішей з різним вмістом молочного білка: × – традиційна рецептура; + – вміст білка 5%; ◇ – вміст білка 7%

Проведення досліджень крутного моменту на валу фрізера продиктовано необхідністю правильного вибору потужності електродвигуна приводу вала мішалки. Практика показує, що найчастіше при проектуванні і виробництві фрізерів двигун вибирався з явно завищеною потужністю; це негативно позначалося на енергоекономічності таких апаратів.

Результати вимірів крутного моменту на валу фрізера для традиційної (гвинтової) шнек-мішалки показані на рис. 4. Отримані залежності свідчать, що початковий крутний момент декілька відрізняється для сумішей з різним вмістом білка. Як видно з отриманих раніше результатів досліджень, вихідні суміші, приготовлені за різними рецептурами, мають неоднакову в'язкість. Саме цим і можна пояснити різний початковий крутний момент для сумішей із неоднаковим вмістом молочного білка. Крутний момент на початку процесу фрізерування зростає не дуже інтенсивно,

Рис. 4. Залежності крутного моменту ( $T$ ) від часу фрізерування ( $\tau$ ) при використанні традиційної шнек-мішалки для сумішей з різним вмістом молочного білка: × – традиційна рецептура; + – вміст білка 5%; ◇ – вміст білка 7%

туту процесу фрізерування зростає не дуже інтенсивно,



що пояснюється виходом фризера на робочий режим. Надалі крутний момент починає різко зростати і досягає 10 Н·м для сумішей з вмістом молочного білка 7%.

Аналогічні виміри проводилися і при застосуванні удосконаленої шнек-мішалки, результати

яких показані на рис. 5. Початковий крутний момент на залежностях збільшився у зв'язку з тим, що в удосконаленій шнек-мішалці лопатки ковзають по поверхні робочих циліндрів, збільшуючи тим самим крутний момент на валу електродвигуна приводу. З продовженням фризирования крутний момент росте більш інтенсивно, чим у випадку з гвинтовою шнек-мішалкою. Це пояснюється тим, що в міру зниження температури вихідної суміші лопатки шнек-мішалки починають зрізати прошарок суміші, який намерзає на пове-

Рис. 5. Залежності крутного моменту від часу фризирования при використанні удосконаленої шнек-мішалки для сумішей з різним вмістом молочного білка: × – традиційна рецептура; + – вміст білка 5%; ◇ – вміст білка 7%

рхні циліндра, що призводить до збільшення крутного моменту. Крутний момент зріс від 10 до 20 Н·м у процесі фризирования суміші з вмістом молочного білка 7%. Більш високий крутний момент було враховано при виборі двигуна приводу, холодильного агрегату, а також при розрахунку клиноремної передачі.

Дослідження процесу заморожування проводилися при приготуванні м'якого морозива з вихідної суміші на експериментальному стенді. При заморожуванні морозива із різноманітних сумішей було зроблено висновок, що склад суміші істотно не впливає на температурний режим процесу заморожування, тому результати представлені тільки однією залежністю (рис. 6). На графіку можна відмітити три характерні ділянки. Спочатку температура продукту змінюється порівняно повільно, що відповідає охолодженню загальної маси суміші. При досягненні криоскопічної температури відбувається прискорення процесу охолодження. На заключній стадії здійснюється доморожування продукту до заданої кінцевої температури, причому цей процес відбувається більш повільними темпами. Подальше продовження заморожування не призводить до значної зміни кінцевої температури продукту, що в принципі і не доцільно, оскільки кінцева температура для м'якого морозива знаходиться в межах  $-5\dots-7^{\circ}\text{C}$ .

Рис. 6. Графік зміни температури продукту в процесі заморожування

удосконаленої шнек-мішалки, яка б дозволяла одержувати морозиво із збитістю 65...85% з сумішей, що мають різноманітну початкову густину.

Було досліджено зміну збитості в залежності від швидкості обертання традиційної і удосконаленої шнек-мішалки для сумішей, збагачених молочним білком. За результатами отриманих даних побудовано залежності збитості (S) від частоти обертання вала шнек-мішалки (n) для контрольної суміші (рис. 7) та для сумішей із різноманітним вмістом молочного білка (рис. 8. 9).

При використанні удосконаленої шнек-мішалки збитість контрольної суміші становить

майже 70%. При цьому інтервал зміни швидкості обертання шнек-мішалки, при якому збитість має високі значення, розширюється до  $(250...600) \cdot 60^{-1} \text{ c}^{-1}$ . Для контрольної суміші криві зміни збитості поведуться аналогічно для різних шнек-мішалок, хоча збитість м'якого морозива при застосуванні удосконаленої шнек-мішалки збільшується більш ніж на 10%. Збитість м'якого морозива, збагаченого молочним білком, досягає 82%, а

Рис. 7. Залежності збитості від швидкості обертання шнек-мішалки для контрольної суміші:  $\diamond$  – традиційна шнек-мішалка;  $\times$  – удосконалена шнек-мішалка

При дослідженні збитості м'якого морозива було відмічено, що при збиванні сумішей для приготування морозива з низькою густиною відбувається руйнування вже збитої структури і показник збитості падає до 35...45%. При приготуванні морозива із сумішей, збагачених молочним білком, традиційна шнек-мішалка ніби “перевертає” суміш, при цьому морозиво має збитість близько 40...50%. Тому виникла необхідність у застосуванні

при застосуванні гвинтової шнек-мішалки – 72...75%.

Встановлено, що при використанні сумішей із вмістом молочного білка 7% інтервал допустимих значень обертів шнек-мішалки становить близько  $(300...550) \cdot 60^{-1} \text{ c}^{-1}$ . На отриманих залежностях можна виділити діапазон зміни частоти обертання шнек-мішалки, в якому збитість морозива більше 80%. Частоту обертання шнек-мішалки рекомендується вибирати в межах  $(300...550) \cdot 60^{-1} \text{ c}^{-1}$ .

Рис. 8. Залежності збитості від швидкості обертання шнек-мішалки для суміші з вмістом молочного білка 5%:  $\diamond$  – традиційна шнек-мішалка;  $\times$  – удосконалена шнек-мішалка

При швидкостях обертання, менших за  $300 \cdot 60^{-1} \text{ c}^{-1}$ , не відбувається достатнього насичення суміші повітрям, це стосується як традиційної, так і вдосконаленої мішалки. Для традиційної шнек-мішалки характерно руйнування вже збитої структури морозива при частоті обертання більшій, ніж  $550 \cdot 60^{-1} \text{ c}^{-1}$ . В той же час при використанні удосконаленої шнек-мішалки руйнування збитої структури морозива не відбувається.

Рис. 9. Залежності збитості від швидкості обертання шнек-мішалки для суміші з вмістом молочного білка 7%:  $\diamond$  – традиційна шнек-мішалка;  $\times$  – удосконалена шнек-мішалка

Дослідження динаміки збитості морозива в процесі фризювання (рис. 10) проводилися при використанні удосконаленої шнек-мішалки. Встановлено, що найбільшій збитості досліджувані

суміші досягають через 210...240 с. При продовженні фризювання відбувається деяке зниження збитості, що можна пояснити гасінням уже збитої структури. Тим самим установлена раціональна тривалість процесу фризювання сумішей, збагачених молочним білком.

Для контролю однорідності і стабільності структури готового продукту була проведена серія експериментів по визначенню опору таненню (рис. 11).

Як видно з отриманих залежностей, морозиво, виготовлене за рецептурою з підвищеним вмістом молочного білка, має більшу стійкість до танення. При цьому спостерігається збільшення опору таненню при збільшенні концентрації молочного білка в складі вихідної

Рис. 10. Динаміка збитості в процесі фризеравання для різних рецептур морозива: × – традиційної; + – з вмістом молочного білка 5%; ◊ – з вмістом молочного білка 7%

суміші. Таким чином, введення молочного білка в суміш для приготування м'якого морозива сприяє одержанню більш однорідної і стабільної структури готового продукту.

У четвертому розділі “Розробка експериментального зразка апарата для приготування м'якого морозива, збагаченого молочним білком” наведено будову експериментального зразка та

його технічну характеристику.

Розрахунок режиму роботи і основних параметрів фризера проводився на основі формул теорії теплопередачі. Основні результати розрахунків представлені в табл. 1. Експериментальний фризер відрізняється від більшості фризерів застосуванням ознобезпечного холодильного агента СУВА R134А, і при продуктивності 8 кг/год питома витрата еле-

Рис. 11. Залежності, що характеризують опір таненню для різних рецептур морозива: × – традиційної; + – з вмістом молочного білка 5%; ◊ – з вмістом молочного білка 7%

ктроенергії на одиницю готової продукції становить 0,15 (кВт·год)/кг, що знаходиться на рівні кращих із існуючих фризерів.

Таблиця 1

## Основні параметри удосконаленого фризера

Параметр	Одиниця вимірювання	Значення
Продуктивність	кг/год	8
Маса порції	кг	0,25
Час приготування однієї порції	с	240
Марка холодильного агрегату	–	BF 103-A 55Y
Холодопродуктивність холодильного агрегату	Вт	1050
Марка холодильного агента	–	СУВА R134A
Температура кипіння холодоагенту	°C	–20
Потужність двигуна приводу	Вт	600
Питома витрата електроенергії на одиницю продукту	(кВт·год)/кг	0,15

Для створення високоефективного обладнання для приготування м'якого морозива, збагаченого молочним білком, виникла необхідність в удосконаленні основних вузлів фризера. На рис. 12 показано удосконалену шнек-мішалку, яка відрізняється тим, що завдяки встановленню робочих лопаток на пружини на внутрішній поверхні робочого циліндра не утворюється наморозений прошарок суміші. Результати випробувань показали, що вона забезпечує високу збитість кінцевого

Рис. 12. Будова удосконаленої шнек-мішалки: 1 - вал; 2 - робочі лопатки; 3 – подаючі лопатки; 4 - штифт; 5 - пружини; 6 - допоміжні лопатки; 7 - фігурна вставка

продукту. Запропоновано вдосконалений аератор, який автоматично регулює співвідношення суміші і повітря, завдяки чому апарат працює з максимальною продуктивністю. Такий ефект досягається встановленням окремої трубки для засмоктування повітря в робочий циліндр, що гарантує подачу повітря в кількості, необхідній для збивання суміші, при видачі кожної порції кінцевого продукту. Крім того, розмір отвору для подачі суміші регулюється поворотом внутрішньої частини аератора. Такий аератор, як показали дослідження, гарантує відмінне збивання суміші.

Удосконалений ручний випускний пристрій, призначений для двоциліндрових фризерів, дозволяє видавати морозиво як із кожного циліндра по черзі, так і з двох циліндрів одночасно.

**У п'ятому розділі** “Практична реалізація результатів досліджень” отримані експериментальні дані по органолептичній оцінці готового продукту, виготовленого на даному фризери.

Розроблено технічні умови та інструкцію з експлуатації на фризери для виробництва м'якого морозива, збагаченого молочним білком.

Надано рекомендації щодо раціональної експлуатації фризера на підприємствах торгівлі і громадського харчування для забезпечення його тривалої безвідмовної роботи.

Виготовлено експериментальний зразок удосконаленого фризера, який успішно пройшов виробничу апробацію на акціонерній компанії відкритого типу “Онiкс”, м. Харків. Економічний ефект від впровадження удосконаленого фризера для приготування м'якого морозива з підвищеним вмістом молочного білка полягає в досягненні економії енергії за рахунок раціонального добору електродвигуна приводу шнек-мішалки. Екологічне значення полягає в тому, що зменшення витрат електроенергії зумовлює зменшення викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу на теплових електростанціях і відповідно призводить до послаблення ефекту глобального потепління клімату.

Зроблено висновок про доцільність широкомасштабного впровадження даного фризера на підприємствах нашої країни. Застосування цього фризера дозволить більш повно задовольнити зростаючий попит населення України в м'якому морозиві, збагаченому молочним білком.

## **ВИСНОВКИ**

1. На підставі проведеного аналізу сучасного рівня виробництва м'якого морозива відзначено відсутність апаратів для заморожування харчових сумішей, збагачених молочним білком. Проведені дослідження показали неможливість виробництва даного виду морозива на існуючих апаратах. Більшість апаратів працює на екологічно небезпечних холодоносіях. З урахуванням цього виявлені та обґрунтовані напрямки досліджень, спрямованих на розробку енергоекономічного та екологічно безпечного апарата, що забезпечує приготування зазначеного морозива.

2. Створено спеціальний експериментальний стенд для реалізації процесу приготування м'якого морозива з підвищеним вмістом молочного білка. Точність і достовірність результатів ви-

мірів забезпечуються розробленою методикою експериментів, застосуванням сучасного вимірювального обладнання та апробованих методів математичної обробки експериментальних даних із застосуванням ПЕОМ. Обґрунтовано рецептури досліджуваних сумішей.

3. Дослідження реологічних властивостей вихідних сумішей для виробництва м'якого морозива, збагаченого молочним білком, показали, що суміші з різноманітним відсотковим вмістом молочного білка відрізняються за в'язкістю та темпом руйнування структури. Найбільша в'язкість практично незруйнованої структури для суміші, приготовленої за традиційною рецептурою, складає близько 2 Па·с, для суміші з вмістом молочного білка 5% – 6 Па·с, для суміші з вмістом молочного білка 7% – 24 Па·с. Ця обставина була врахована при розробці апарата, що реалізує процес фризеравання сумішей, які мають більш щільну консистенцією, в порівнянні з сумішами, виготовленими за традиційною рецептурою.

4. Вимірювання крутного моменту показало його зростання від 10 до 20 Н·м у процесі фризеравання суміші з вмістом молочного білка 7%. Визначений діапазон оптимальних обертів шнек-мішалки, який для отримання високої збитості готового продукту складає  $(300...550) \cdot 60^{-1} \text{ с}^{-1}$ . Рациональна тривалість процесу фризеравання складає 210...240 с.

5. Експериментально показано, що склад вихідної суміші для приготування м'якого морозива істотно не впливає на температурний режим процесу заморожування.

6. Встановлено позитивний вплив удосконаленої шнек-мішалки на збитість м'якого морозива, збагаченого молочним білком. Удосконалена шнек-мішалка дозволяє отримувати морозиво більш високої збитості – до 82%, ніж при застосуванні гвинтової шнек-мішалки – 72...75%. Розроблена конструкція удосконаленого випускного пристрою, який дозволяє видавати морозиво як із кожного циліндра по черзі, так і з двох циліндрів одночасно, та не вносить негативних змін в показники якості готового морозива. Застосування удосконаленого аератора дозволить автоматично регулювати необхідну кількість повітря в робочому циліндрі.

7. Встановлено значення технічних характеристик фризера для одержання м'якого морозива, збагаченого молочним білком. Розроблено, виготовлено та випробувано експериментальний зразок удосконаленого апарата, продуктивністю 8 кг/год при встановленій потужності приводного електродвигуна 600Вт і холодопродуктивності агрегату 1050 Вт.

8. Проведено комплекс заходів щодо впровадження результатів досліджень у практику підприємств, що займаються виробництвом і реалізацією м'якого морозива. Встановлено високі показники якості продукту, приготовленого за допомогою розробленого апарата. Для фризера нової конструкції розроблені технічні умови та інструкція з експлуатації. Отримано позитивні відзиви з місць виробничої апробації апарата. Оцінено економічний, соціальний і екологічний ефекти практичного впровадження нового апарата. Підтверджено висновок про доцільність широкомасштаб-

ного промислового випуску фризера для виробництва і реалізації м'якого морозива, збагаченого молочним білком, та здійснено випробування в промислових умовах.

### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Семенюк Д.П., Сафонов В.В. Удосконалення апаратів для заморожування в динаміці харчових сумішей з підвищеним вмістом молочного білка // Придніпровський науковий вісник: Сер. "Машинобудування". – 1997. – № 53(64). – С. 14.
2. Методика теплового расчета усовершенствованного фризера / В.А. Куценко, П.Л. Пахомов, В.В. Сафонов, Д.П. Семенюк // Придніпровський науковий вісник: Сер. "Технічні науки". – 1998. – № 72(139). – С. 15–19.
3. Семенюк Д.П., Пахомов П.П., Сафонов В.В. Совершенствование устройства для выдачи мороженого в современных фризерах // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічна обґрунтованість у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. пр. – Харків: ХДАТОХ, 1998. – Ч. 1. – С. 70–73.
4. Сафонов В.В., Семенюк Д.П., Сомов А.С. О методах тепловых расчетов аппаратов для замораживания молочно-белковых и фруктово-ягодных смесей // Нові технології та удосконалення процесів харчових виробництв: Зб. наук. пр. – Харків: ХДАТОХ, 1999. – С. 158–162.
5. Семенюк Д.П., Попов Л.Н. Реологические исследования смесей для приготовления мороженого // Нові технології та удосконалення процесів харчових виробництв: Зб. наук. пр. – Харків: ХДАТОХ, 1999. – С. 222–226.
6. Семенюк Д.П. О некоторых особенностях устройств для выдачи мягкого мороженого // Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництва: Зб. наук. пр. – Харків: ХДАТОХ, 2000. – Ч. 2. – С. 28–31.
7. Пат. 29809 А Україна, МКВ А23G 9/22. Пристрій для заморожування багатокомпонентних сумішей / Пахомов П.Л., Сафонов В.В., Куценко В.А., Семенюк Д.П. (Україна) – №97073577; Заявл. 04.07.97; Опубл. 15.11.00; Бюл. №6-П. – 3 с.
8. Пат. 30320 А Україна, МКВ А23G 9/02. Композиція рецептурних інгредієнтів для виготовлення вершкового морозива / Козлов В.М., Сафонов В.В., Семенюк Д.П. (Україна) – №98021004; Заявл. 26.02.98; Опубл. 15.11.00; Бюл. №6-П. – 3 с.
9. Пат. 36988 А Україна, МКВ А23G 9/04. Пристрій для видачі морозива з двоциліндрового фризера / Семенюк Д.П. (Україна) – №2000031292; Заявл. 06.03.00; Опубл. 16.04.01; Бюл. № 3. – 3 с.



10. Сафонов В.В., Пахомов П.Л., Семенюк Д.П., Землянко Ю.В. Розробка апарата для заморожування сумішей з підвищеною кількістю молочних білків // Праці наук.-практ. конф. “Стан і проблеми розвитку торгівлі й харчування в Україні”. – Харків: ХДАТОХ. – 1997. – С. 54–55.

11. Семенюк Д.П., Сафонов В.В. Совершенствование конструкций аппаратов полупериодического действия замораживания пищевых смесей // Труды междунар. науч.-практ. конф. “Научные и практические аспекты переработки мяса и мясопродуктов”. – Харьков: ХГАТОП. – 2001. – С. 156–157.

## АНОТАЦІЯ

**Семенюк Д.П.** Дослідження процесу та вдосконалення обладнання для приготування м'якого морозива, збагаченого молочним білком. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Харківська державна академія технології та організації харчування Міністерства освіти і науки України, Харків, 2001.

Дисертацію присвячено питанням дослідження процесу фризеравання та вдосконалення обладнання для виробництва м'якого морозива, збагаченого молочним білком. Встановлено, що навантаження на основні вузли зазначеного обладнання суттєво залежить від реологічних властивостей вихідних сумішей. З урахуванням цього обґрунтовано напрямки вдосконалення вузлів: аератора, шнек-мішалки, вихідного пристрою. На базі результатів досліджень розроблено фризера для приготування м'якого морозива, збагаченого молочним білком, з поліпшеними показниками продуктивності, енергоекономічності та екологічної чистоти. Запропоновано алгоритм розрахунку основних параметрів режиму роботи холодильного агрегату фризера з метою встановлення раціональних значень цих параметрів. Доведено високу якість кінцевого продукту, виробленого на вдосконаленому обладнанні при обраному режимі фризеравання. Основні результати роботи знайшли промислове впровадження на підприємствах, які виробляють обладнання для харчової та переробної галузей виробництва.

Ключові слова: м'яке морозиво, збагачене молочним білком, фризера, вдосконалення вузлів, режим фризеравання.

## АННОТАЦИЯ

**Семенюк Д.П.** Исследование процесса и усовершенствование оборудования для приготовления мягкого мороженого, обогащенного молочным белком. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Харьковская государственная академия технологии и организации питания Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2001.

Диссертация посвящена вопросам исследования процесса фризирования и усовершенствования оборудования для приготовления мягкого мороженого, обогащенного молочным белком.

Разработан экспериментальный стенд, при помощи которого исследован процесс приготовления мягкого мороженого, обогащенного молочным белком. Для обеспечения точности и достоверности результатов измерений была разработана методика экспериментов, применялась современная измерительная техника. При обработке экспериментальных данных применялись апробированные методы математической обработки экспериментальных данных с применением ПЭВМ. Были обоснованы рецептуры исследуемых смесей.

Проведены экспериментальные исследования реологических свойств исходных смесей для производства мягкого мороженого, обогащенного молочным белком. Отмечено, что смеси с различным процентным содержанием молочного белка отличаются по вязкости. Наибольшая вязкость практически неразрушенной структуры возрастает с 2 Па·с для смеси, приготовленной по традиционной рецептуре, до 24 Па·с для смеси с содержанием молочного белка 7%. При разработке аппарата, реализующего процесс фризирования смесей, обладающих более плотной консистенцией в сравнении с традиционными, было учтено, что нагрузка на основные узлы фризера зависит от реологических характеристик исходных смесей..

При измерении крутящего момента установлено возрастание этой величины от 5,5 до 10 Н·м в процессе фризирования смеси с содержанием белка 5% и от 10 до 20 Н·м в процессе фризирования смеси с содержанием белка 7%. Определен диапазон рациональных оборотов шнека-мешалки  $(300...550) \cdot 60^{-1} \text{ с}^{-1}$ , при котором обеспечивается высокая взбитость готового продукта. Рациональная продолжительность фризирования составила при этом 210...240 с.

На основе полученных значений технических характеристик фризера для получения мягкого мороженого, обогащенного молочным белком, разработан усовершенствованный аппарат и его основные узлы: выпускное устройство, аэратор, шнек-мешалка. Усовершенствованный шнек-мешалка лишен многих недостатков, присущих традиционной мешалке. Благодаря установке рабочих лопаток на пружинах обеспечивается плотность прилегания к внутренней поверхности рабочего цилиндра, вследствие чего не образуется намораживаемый слой смеси. Шнек-мешалка обеспечивает высокую взбитость готового продукта при различных плотностях исходных смесей. Усовершенствованный шнек-мешалка позволяет получать мороженое более высокой взбитости – до 82%, чем при применении традиционного шнека – 72...75%. Разработана конструкция нового выпускного устройства, предназначенного для двухцилиндрового фризера. При помощи этого

выпускного устройства можно осуществлять выдачу мороженого как из каждого цилиндра поочередно, так и из обоих цилиндров одновременно. Установлено, что выпускное устройство не оказывает негативного воздействия на показатели качества готового мороженого. Данное устройство удобно в обращении, простое в обслуживании и может быть использовано для любого двухцилиндрового фризера. Усовершенствованный аэратор благодаря установке отдельной трубы для засоса воздуха гарантирует подачу воздуха в цилиндры в необходимом количестве, что обеспечивается регулируемым отверстием. На основании полученных экспериментальных данных был изготовлен и испытан экспериментальный образец нового аппарата производительностью 8 кг/ч при установленной мощности приводного электродвигателя 600Вт и холодопроизводительности агрегата 1050 Вт, который обладает улучшенными показателями энергоэкономичности и экологической чистоты.

На усовершенствованный аппарат разработаны технические условия и инструкция по эксплуатации. Получены положительные отзывы с мест производственной апробации, оценены экономический, социальный и экологический эффекты его практического внедрения. Разработанный аппарат обеспечивает приготовление мягкого мороженого, обладающего высокими показателями качества. Предложен промышленный выпуск фризера для производства и реализации мягкого мороженого, обогащенного молочным белком, а также внедрение его в сеть предприятий питания и торговли Украины.

Основные результаты работы нашли промышленное внедрение на предприятии, изготавливающем оборудование для пищевой и перерабатывающей отраслей промышленности.

Ключевые слова: мягкое мороженое, обогащенное молочным белком, фризер, усовершенствование узлов, режим фризирования.

## ANNOTATION

Semenjuk D.P. Research of process and improvement of equipment for the production of soft ice-cream enriched by milk protein. – Manuscript.

Thesis for a candidate's degree by speciality 05.18.12 – processes and equipment for food, microbiological and pharmaceutical production. – Kharkiv State Academy of Food Technology and Management Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2001.

The dissertation is devoted to the topics of research of freezing process and improvement of equipment that is used for the production of soft ice-cream enriched by milk protein. There is established that the load on basic assemblies of said equipment depends essentially on the rheological properties of initial mixtures, and with regard for it the improvement of assemblies – aerator, worm-mixer, discharge mechanism – is grounded. On the base of research results the freezer for production of soft ice-cream en-

riched by milk protein is elaborated with improved indices of productivity, ergoeconomy and ecological purity. The algorithm for calculation of basic parameters of freezer cooling machine work conditions is proposed with the purpose of stating the rational values of these parameters. The high quality of ultimate product that is prepared in improved equipment by selected freezing conditions is shown. The basic results of the work have found an industrial utility at the enterprises that produce an equipment for food and processing branches of industry.

Key words: soft ice-cream, enriched by milk protein, freezer, improvement of assemblies, freezing conditions.

---

Підп. до друку 12.09.2001. Формат 60x84 1/16. Папір газ.

Друк. офс. Обл.-вид. арк 1.0. Умов. друк. арк. 1,2. Умов. фарб. -відб. 1,2.

Тираж 100 прим. Замов. №329

---

ДОД ХДАТОХ, вул. Клочківська, 333, 61051, Харків – 51.