

УДК 641.4:664.8.037:664.149:634.7

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
СОРБЕТУ З ФЕЙХОА

*Калугіна І. М., к.т.н., доцент,  
доцент кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування,  
<https://orcid.org/0000-0002-3385-9722>  
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна*

<https://doi.org/10.31073/foodresources2024-22-09>

**Предмет.** Розширення асортименту заморожених десертів, а саме сорбетів підвищеної харчової цінності для закладів ресторанного господарства шляхом використання нової сировини – фейхоа з високим вмістом цінних нутрієнтів. Вивчення структурно-механічних властивостей модельних композицій сорбету з різним вмістом дієтичних добавок фейхоа для розуміння особливостей утворення консистенції, а отже удосконалення технологічних параметрів виробництва для отримання якісного готового продукту з високими технологічними та споживчими характеристиками. **Мета.** Метою роботи було дослідження структурно-механічних властивостей сорбетних мас з різним вмістом дієтичної добавки фейхоа для розробки технології сорбету з фейхоа для закладів ресторанного господарства. **Методи.** Дослідження реологічних властивостей сорбетних мас були проведені на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». Мікроструктуру зразків сорбету вивчали з використанням портативного мікроскопу «Celestron Deluxe» методом прямого визначення розмірів бульбашок та кристалів льоду за допомогою програми АМСар з подальшою фотографією в програмі Bandicam. **Результати.** Встановлено, що з додаванням добавок фейхоа у сорбетні маси збільшується їх ефективна в'язкість. Реограми та криві плинності сорбетних мас з фейхоа мають вид характерний для високов'язких харчових продуктів, структурованих (неньютонівських) рідин. Показано, що стандартні показники збитості сорбету (70...76%) досягаються при додаванні 35% фейхоа та під час фрезування за температури  $-4...-6^{\circ}\text{C}$ , тривалості збивання 6 хв і градієнті швидкості зсуву від 3 до  $4\text{ c}^{-1}$ . Аналіз мікроструктури зразків сорбетів доводить, що при дотриманні цих режимів технологічної обробки сорбет з добавкою фейхоа у кількості 35% набуває найбільш пишної, кремоподібної, тонко дисперсної консистенції з рівномірно розподіленими та однорідними за розмірами (50...60 мкм) повітряними бульбашками. **Сфера застосування результатів.** Отримані дані дозволили розробити технологію сорбету з фейхоа, яку можна рекомендувати до впровадження у виробництво закладів ресторанного господарства.

**Ключові слова:** сорбет, фейхоа, волоський горіх, структурно-механічні властивості, консистенція, мікроструктура, збитість, технологія, заклади ресторанного господарства.

STUDY OF THE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES  
OF FEIJOA SORBET

*Iryna Kalugina, PhD, Associate Professor,  
Associate Professor of Department of Restaurant and Healthy Food Technologies  
<https://orcid.org/0000-0002-3385-9722>  
Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine*

DOI

**Subject.** Expanding the assortment of frozen desserts, namely sorbets with increased nutritional value for restaurant establishments by using a new raw material – feijoa with a high content of valuable nutrients. Study of the structural and mechanical properties of model compositions of sorbet with different contents of feijoa dietary supplements to understand the peculiarities of consistency formation, and therefore to improve the technological parameters of production to obtain a high-quality finished product with high technological and consumer characteristics. **Purpose.** The aim of the work was to study the structural and mechanical properties of sorbet masses with different contents of the feijoa dietary supplement for the development of feijoa sorbet technology for restaurant establishments. **Methods.** Research on the rheological properties of sorbet masses was carried out on the Rheotest-2 rotary

viscometer. The microstructure of sorbet samples was studied using a portable microscope "Celestron Deluxe" by the method of direct determination of the sizes of bubbles and ice crystals using the AMSar program with further photography in the Bandicam program. **Results.** It was established that with the addition of feijoa additives to sorbet masses, their effective viscosity increases. The rheograms and flow curves of feijoa sorbet masses have the appearance typical for highly viscous food products, structured (non-Newtonian) fluids. It is shown that the standard indicators of sorbet whipping (70...76%) are achieved with the addition of 35% feijoa and during milling at a temperature of  $-4...-6^{\circ}\text{C}$ , a whipping duration of 6 min and a shear speed gradient from 3 to  $4\text{ s}^{-1}$ . Analysis of the microstructure of sorbet samples proves that if these technological processing regimes are followed, sorbet with feijoa additive in the amount of 35% acquires the most lush, creamy, finely dispersed consistency with air bubbles evenly distributed and uniform in size (50...60 microns). **Scope of results.** The obtained data made it possible to develop the technology of feijoa sorbet, which can be recommended for implementation in the production of restaurant establishments.

**Key words:** sorbet, feijoa, walnut, structural and mechanical properties, consistency, microstructure, whipping, technology, restaurant establishments.

**Постановка проблеми.** Стійкою популярністю серед відвідувачів закладів ресторанного господарства у багатьох країнах світу, в тому числі й Україні, користуються заморожені десерти власного виробництва – парфе, сорбет, граніта, м'яке морозиво, солодкий лід, афогато тощо. Великий попит на ці харчові продукти обумовлений їх гарними споживними властивостями, охолоджувальним ефектом, високою енергетичною цінністю та засвоюваністю. Однак ці десерти здебільшого незбалансовані за хімічним складом на вміст біологічно активних речовин. Для розширення асортименту заморожених десертів з підвищеною харчовою цінністю для закладів ресторанного господарства певний інтерес представляють сорбети на основі нетрадиційної плодово-ягідної сировини.

Сорбет – це заморожений десерт, який готують з плодово-ягідної сировини без використання молочних продуктів. Такі десерти, за рахунок високого вмісту в рецептурі ягід і плодів, багаті вітамінами, мінеральними речовинами, органічними кислотами і пектинами. При виробництві заморожених десертів підвищеної харчової цінності, в тому числі сорбетів, є доцільним використання місцевих і нетрадиційних видів сировини, збалансованих за вмістом біологічно-активних речовин.

Цінною сировиною за хімічним складом для розробки таких десертів як сорбети є ягоди фейхоа (Feijoa). За товарознавчою класифікацією фейхоа відноситься до групи субтропічних плодів. Завдяки тому, що фейхоа є одною з найбільш зимостійких субтропічних рослин і здатна без ушкоджень витримувати короточасні заморозки (до  $-15^{\circ}\text{C}$ ) – ця рослина успішно вирощується на відкритому ґрунті в південних областях України, таких як Одеська, Херсонська та Миколаївська [1].

Корисні властивості ягід фейхоа полягають у тому, що вони є джерелом йоду ( $80...89\text{ мкг}/100\text{ г}$ ) та його синергісту селену ( $30\text{ мкг}/100\text{ г}$ ) [2, 3]. Так, в  $100\text{ г}$  ягід фейхоа, міститься більше половини рекомендованої добової норми мікроелементної пари «йод і селен» (53,3 та 54,5%, відповідно) [1]. Крім йоду, ягоди фейхоа містять значну кількість біологічно-активних речовин, які забезпечують потужний оздоровчий ефект на організм людини: вітамін С ( $32...40\text{ мг}/100\text{ г}$ ), вітаміни групи В ( $\text{B}_1$ ,  $\text{B}_2$ ,  $\text{B}_5$ ,  $\text{B}_6$ ), вітамін РР; мінеральні елементи – фосфор, залізо, магній, калій, кальцій, натрій, марганець, мідь та цинк [4]. Характеризуються ягоди фейхоа великою кількістю пектину ( $1,5\text{--}2,5\text{ г}/100\text{ г}$ ) [5], який має властивість зв'язувати іони важких і радіоактивних металів, мають потужний антибактеріальний ефект [6]. Низька калорійність фейхоа (49 кКал) дозволяє віднести цей продукт до дієтичних [7]. До того ж, плоди фейхоа мають солодкий смак з пікантними пряними відтінками, тому розробка десертів на їх основі є логічною.

З огляду на вищезазначене, використання нової сировини – фейхоа з високим вмістом цінних нутрієнтів для виробництва дієтичної добавки та розробка технології

сорбету підвищеної харчової цінності з нею є актуальним завданням, яке потребує вирішення.

Під час розробки нових крафтових заморожених десертів, таких як сорбет з фейхоа постає питання дослідження їх технологічних властивостей для підвищення якості готового продукту, підбору оптимальних режимів приготування на сучасному устаткуванні для ефективного впровадження розроблених технологій у виробництво закладів ресторанного господарства.

Розвиток технології виробництва заморожених десертів, упровадження новітнього високотехнологічного устаткування, суворе дотримання вимог до якості продукції робить потребу дослідження структурно-механічних показників цих харчових продуктів нагальною.

Перспективним напрямом досліджень у розробці нового замороженого десерту – сорбету з фейхоа є вивчення структурно-механічних властивостей модельних композицій десертних мас з різним вмістом дієтичних добавок фейхоа, адже це є необхідним для розуміння особливостей утворення консистенції, а отже удосконалення технології виробництва для отримання якісного готового продукту з високими технологічними та споживчими характеристиками.

Метою роботи є дослідження структурно-механічних властивостей десертних мас з різним вмістом дієтичної добавки фейхоа для розробки технології сорбету з фейхоа для закладів ресторанного господарства.

**Матеріали і методи.** Для виробництва нових дієтичних добавок використовували ягоди фейхоа сорту «Андре», які відповідали вимогам ДСТУ 4640:2006 [8]. У розробці рецептурної композиції й технології сорбету з фейхоа в якості прототипу було обрано рецептуру солодкої страви № 10.48 «Щербет лимонний» [9], який готували з цукрового сиропу з додаванням лимонного соку та шафрану. Були розроблені рецептурні композиції сорбету, які містили пюре фейхоа з цукром у різному співвідношенні. Показники якості сорбету з фейхоа, відповідали вимогам ДСТУ 4734:2007 «Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, щербет, лід. Загальні технічні умови» [10]. Фризерування сорбету проводили у фризери періодичної дії Frigomat G20.

Дослідження структурно-механічних (реологічних) властивостей сорбетних мас були проведені на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». Ротаційний метод [11, 12] ґрунтується на вимірюванні в'язкості матеріалу, який поміщають між двома одновісними поверхнями й піддають деформації зсуву.

Дослідження мікроструктури зразків сорбету проводили з використанням портативного мікроскопу «Celestron Deluxe» методом прямого визначення розмірів повітряних бульбашок та кристалів льоду за допомогою програми АМСар з подальшою фотографією в програмі Vandicam. Фотозйомку вели в світлі при збільшенні в 700 разів [13].

Метод контролю збитості заморожених десертів заснований на вимірі маси фіксованого об'єму суміші до збивання та насичення киснем і того ж об'єму суміші, насиченої киснем після збивання та проведенні розрахунку збитості десерту [10].

**Результати та обговорення.** Ягоди фейхоа – це сезонний продукт, який збирається й реалізовується наприкінці жовтня – початку грудня. Планується сезонна заготівля напівфабрикатів із ягід фейхоа для подальшого використання закладами ресторанного господарства у технологіях страв протягом року.

Усі складові частини ягід фейхоа містять цінні біологічно-активні речовини. Так, у шкірці плоду містяться кахетіни і лейкоантоціани, ефірні олії, які є потужними антиоксидантами і імуномодуляторами та зменшують ризик виникнення онкологічних захворювань і перешкоджають старінню організму [14]. Тому, для їх збереження, для виробництва дієтичних добавок доцільно переробляти ягоди зі шкіркою.

Запропонований спосіб виробництва пюре фейхоа з цукром, який включає технологічні операції: перебирання ягід фейхоа, миття, очищення від зав'язі, інспектування, нарізання, протирання плодів із цукром на здвосній протиральній машині через сита з діаметрами 1,2 та 0,4 мм. Завдяки застосуванню здвосної протиральної машини маса проходить стадію фінішування з видаленням грубих частинок. Далі отриману масу розфасовують у скляну тару, закупорюють й маркують. Готове пюре фейхоа з цукром зберігають за температур  $3...5^{\circ}\text{C}$  на протязі 6 місяців. Цей спосіб дозволяє отримати пюре із суцільних ягід фейхоа зі шкіркою, а отже продукт з підвищеною харчовою цінністю, збільшити вихід готової продукції й одержати маловідходну технологію. Маса пюре з фейхоа з цукром не піддається тепловій обробці, що забезпечує максимальне збереження біологічно активних речовин, в тому числі нетермостійких сполук йоду.

Пюре фейхоа з цукром пропонується використовувати в якості дієтичної добавки в технології солодких страв та десертів підвищеної харчової цінності. Наявність пектину в добавці з фейхоа обумовлює її перспективність для виготовлення структурованих десертів, таких як сорбет.

Як основу для розробки композиції інгредієнтів сорбету з фейхоа прийняли рецептуру солодкої страви № 10.48 «Щербет лимонний». При приготуванні сорбету, із рецептури щербету виключали лимони та цукор, замінюючи ці інгредієнти на пюре фейхоа з цукром. Для підвищення харчової цінності нового десерту, в якості наповнювача використовували горіх волоський у кількості 8% до маси продукту. Для дослідження обрано чотири зразки: контрольний зразок – щербет лимонний; сорбети з різним вмістом фейхоа, а саме: 25%, 35% та 40% до маси продукту.

Для дослідження та визначення найбільш суттєвих причинно-наслідкових взаємозв'язків між чинниками (факторами) та наслідками які впливають на якість готового десерту – сорбету з фейхоа була побудована діаграма Ісікави (рис. 1).

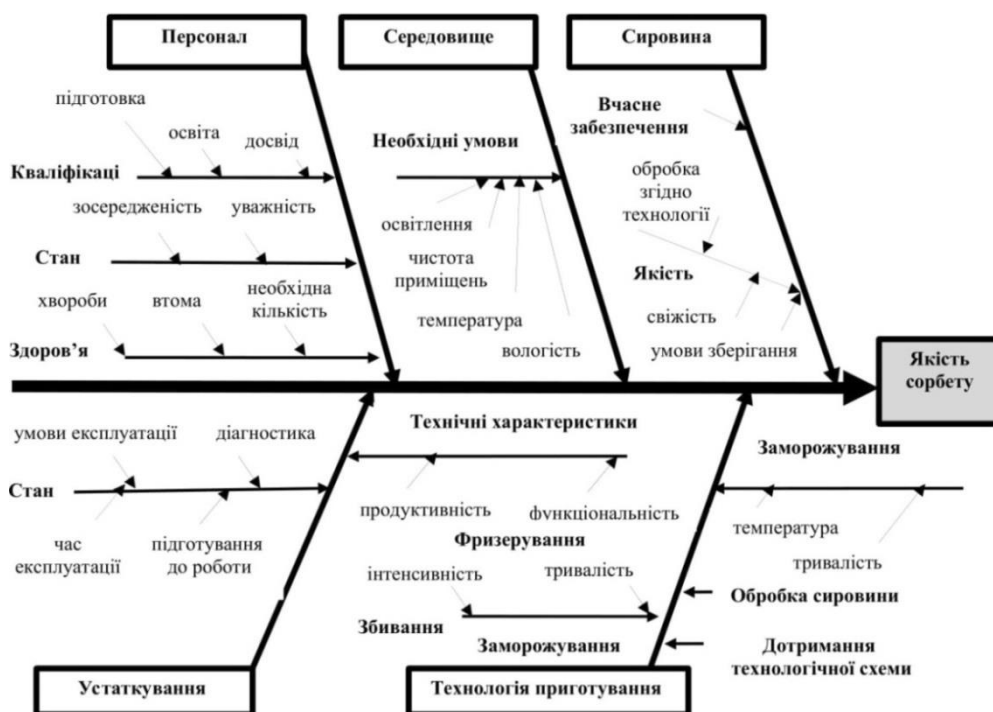


Рис. 1. Діаграма Ісікави «Якість сорбету з фейхоа»

У результаті аналізу причинно-наслідкової діаграми якості сорбету з фейхоа визначені фактори першого порядку, які впливають на формування якості нового десерту, а саме: організація праці персоналу, устаткування, якість сировини, технологія

виробництва. Серед факторів другого порядку, які впливають на технологію приготування та якість готової продукції особливу увагу необхідно приділяти такій стадії технологічного процесу, як фризериування. А саме процесам збивання та заморожування сорбету, які відбуваються на цій стадії, адже від них залежить формування основних споживчих показників цього десерту, таких як консистенція, а саме: її однорідність, пишність, дисперсність та рівномірність розподілення повітряної та твердої фаз – повітряних бульбашок, частинок сировини (фейхоа, горіху волоського) та кристалів льоду.

Фризериування – це процес збивання суміші та її одночасного часткового заморожування з метою формування кремоподібної та збільшеної в об'ємі маси. Фризериування – це складний фізико-хімічний, тепловий та механічний процес. Фризериування сорбету проводили у фризери періодичної дії Frigomat G20. Суміш для сорбету надходить у фризери за температури не вище 6°C, охолоджується до криоскопічної температури, потім при інтенсивному перемішуванні частково заморожується за температури -4...-6°C, внаслідок чого приблизно 40...60% води, що знаходиться у розчині, перетворюється у дрібні кристали льоду. Водночас суміш збивається мішалками та насичується дрібними бульбашками повітря, внаслідок чого початковий об'єм її збільшується. Температура сорбету на виході з фризери становила -4...-6°C.

Під час збивання харчових мас відбуваються деформаційні зміни в їх структурі. Найбільш повне уявлення про деформаційні зміни продукту в разі механічного впливу такого як збивання можна одержати за допомогою об'єктивних реологічних методів. Під час дослідження структурно-механічних (реологічних) характеристик дисперсних систем і розрахунку їх переміщення в робочих органах машин і приладів виходять із гіпотези суцільності середовища й безперервності розподілу деформації та фізичних властивостей. В'язкість – це міра опору руху шарів або частинок рідини один відносно одного. Додавання навіть невеликої за величиною напруги зсуву викликає плин істинно в'язких, ньютонівських рідин [11].

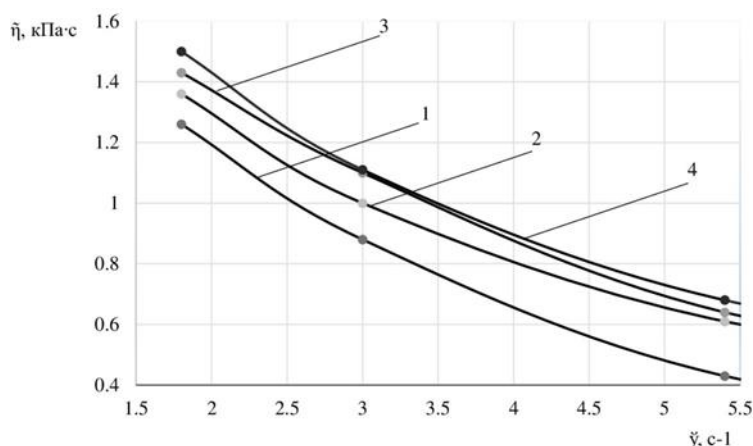
Важливим технологічним показником заморожених десертних мас є їх в'язкість, яка залежить від температури, вмісту вологи, дисперсності та міцності коагуляційних структурних утворень із твердих частинок.

В'язкість зразків сорбету визначали після стадії фризериування на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». Дані отримані за допомогою ротаційного віскозиметра дозволили побудувати реологічні криві, які характеризують структуру досліджуваних сорбетних мас.

Проведені вимірювання дозволили встановити залежність ефективної в'язкості  $\eta$ , кПа·с сорбетних мас від швидкості зсуву  $\dot{\gamma}$ , с<sup>-1</sup> при різному вмісті добавок фейхоа. За результатами експериментів побудовано реограми (рис. 2). Приведені на рис. 2 реограми мають вид, характерний для високов'язких харчових продуктів, а отже неньютонівських рідин. Встановлено, що з додаванням добавок фейхоа у сорбетні маси збільшується їх ефективна в'язкість. Так, при градієнті швидкості зсуву 1,8 с<sup>-1</sup> ефективна в'язкість в контрольному зразку сорбету складала 1,257 кПа·с, а у зразках сорбетів з добавками фейхоа у кількості 25, 35 та 40 % відповідно – 1,362, 1,432 та 1,502 кПа·с. Такий характер змін значень ефективної в'язкості сорбетів з додаванням фейхоа можна пояснити різною енергією зв'язку частинок у коагуляційних контактах, яка залежить від природи речовини дисперсної фази й дисперсійного середовища, енергетичних умов коагуляції [15].

Збільшення ефективної в'язкості сорбетної маси із фейхоа, може бути пояснена природою дисперсної фази, а саме добавки пюре з фейхоа, яка характеризується неоднорідністю частинок структури. Відомо, що під час утворення коагуляційної сітки й окремих її елементів (агрегатів або ланцюжків) у контакті між частинками залишається досить тонкий рівноважний прошарок рідкого дисперсійного середовища, товщина якого

відповідає мінімуму вільної енергії системи. Саме завдяки наявності тонких стійких прошарків рідкого середовища в ділянках коагуляційного зчеплення, що перешкоджають подальшому зближенню частинок, коагуляційні структури мають характерні механічні властивості. Ці властивості значною мірою залежать від розміру частинок дисперсної фази, що впливає на товщину й стійкість утворених рідких прошарків [16]. Розмір твердих часток високов'язких продуктів, зокрема сорбету з фейхоа, впливає на витрати енергії та ефективність процесів їх виробництва, таких як збивання та перемішування. Визначений розмір частинок в пюре фейхоа з цукром, який становить 1,2...0,4 мм. Таким чином, зі збільшенням кількості твердих частинок із додаванням у сорбетну масу пюре фейхоа та горіху волоського ефективна в'язкість сорбетів збільшується.



**Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості –  $\eta$ , кПа·с десертних мас від швидкості зсуву –  $\dot{\gamma}$ , с<sup>-1</sup>**

1 – контроль; 2 – сорбет, 25% фейхоа;

3 – сорбет, 35% фейхоа; 4 – сорбет, 40% фейхоа

під час виробництва багатьох продуктів є забезпечення заданої консистенції. Консистенція є складним показником, що входить у систему органолептичної оцінки якості харчових виробів. Вона визначається комплексом об'єктивних структурно-механічних характеристик продуктів, в тому числі, – граничною напругою зсуву, ефективною в'язкістю [11]. Отже, для забезпечення технологічно прийнятних споживчих властивостей розроблюваних сорбетів необхідно прагнути того, щоб значення наведених вище структурно-механічних характеристик потрапляли в задані заздалегідь інтервали. Цього можна досягти двома основними шляхами: підбиранням відповідного компонентного складу (рецептури) сорбетів і належним вибором режимних параметрів технологічних процесів їх готування.

На підставі отриманих даних (рис. 2.) можна зробити висновок, що для отримання пишної, однорідної консистенції сорбету з фейхоа буде ефективним проводити процес збивання в областях градієнту швидкості зсуву від 3 до 4 с<sup>-1</sup>, при яких не відбувається руйнування структури цього десерту.

Під час реологічних досліджень важливе значення має отримання кривих плинності, які характеризують властивості плинності харчових мас під час зсуву. Приведені на рис. 3. криві плинності сорбетних мас з фейхоа свідчать про те, що з підвищенням швидкості зсуву  $\dot{\gamma}$ , с<sup>-1</sup> напруга зсуву  $\tau$ , Па зростає як для сорбету з добавками фейхоа, так і без них. Як видно з рис. 3., залежність напруги зсуву від швидкості зсуву має нелінійний характер, отже, досліджувані сорбетні маси відносяться до структурованих (неньютонівських) рідин.

Також зростання ефективної в'язкості сорбету з фейхоа може бути пояснена тим, що при додаванні пюре фейхоа вносяться пектини, які є гідроколоїдами.

Як бачимо з рис. 2, ефективна в'язкість досліджуваних сорбетних мас знижується з підвищенням швидкості зсуву від 1,8 до 5,4 с<sup>-1</sup> відповідно у 2,3–2,5 рази, й досягає свого найменшого значення при градієнті швидкості зсуву 5,4 с<sup>-1</sup>, що відповідає найбільшому руйнуванню структури сорбету.

Однією з основних вимог

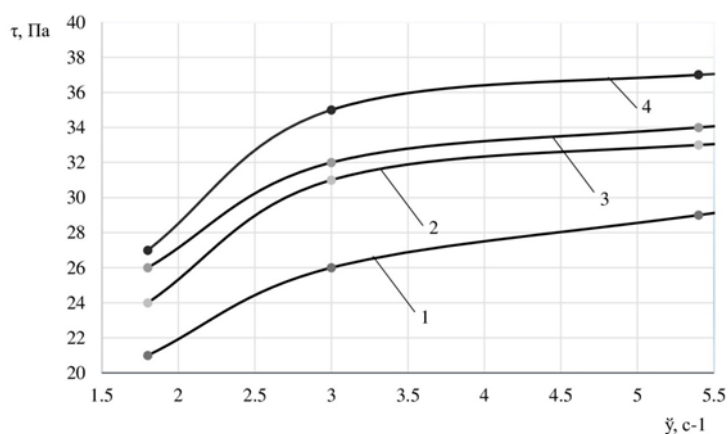


Рис. 3. Криві плинності десертих мас

1 – контроль; 2 – сорбет, 25% фейхоа;  
3 – сорбет, 35% фейхоа; 4 – сорбет, 40% фейхоа

(псевдопластичної) до ньютонівської рідини. Консистенція сорбету при швидкості зсуву більше  $5 \text{ с}^{-1}$  не відповідає нормативним вимогам [10]. На наступному етапі були проведені дослідження по визначенню рекомендованої збитості сорбетів з різним вмістом добавки фейхоа (табл. 1). Точність вимірювання збитості зразків сорбету з фейхоа становила  $\pm 0,5\%$ . Для заморожених десертів, таких як сорбет, збитість – найважливіший показник, що характеризує їх структуру і консистенцію. Збитість сорбетів обумовлена ступенем насичення їх повітрям під час збивання.

Таблиця 1

## Збитість сорбету з фейхоа

| Зразки сорбету     | Збитість, %             |    |    |    |
|--------------------|-------------------------|----|----|----|
|                    | Тривалість збивання, хв |    |    |    |
|                    | 2                       | 4  | 6  | 8  |
| контроль           | 38                      | 62 | 67 | 53 |
| сорбет, 25% фейхоа | 45                      | 68 | 70 | 60 |
| сорбет, 35% фейхоа | 51                      | 70 | 76 | 62 |
| сорбет, 40% фейхоа | 43                      | 52 | 58 | 50 |

Встановлено, що для досягнення необхідного показника збитості тривалість збивання сорбетів повинна становити 4 хв (табл. 1). Рекомендованою для досягнення найкращих показників збитості є тривалість збивання 6 хв, при подальшому збиванні на протязі 8 хв показник збитості знижується, що може свідчити про руйнування структури. При приготуванні сорбету з 40% фейхоа збитість маси низька, що свідчить про недостатню насиченість замороженого десерту бульбашками повітря та відповідно забиту, грубо дисперсну структуру. Найкращий показник збитості (70–76%) досягається при приготуванні сорбету з додаванням 35% фейхоа, який може бути рекомендованим для впровадження у заклади ресторанного господарства.

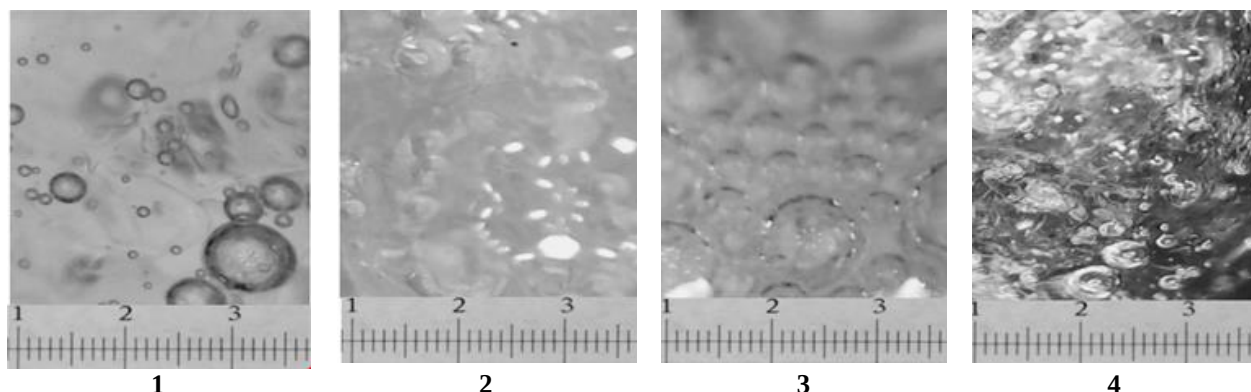
Одразу ж після фризирования сорбетів проводили дослідження їх мікроструктури. Під час фризирования на фоні масової кристалізації води залишок водної фази насичується повітрям [18]. Мікрофотографії структури заморожених десертів відображають кількісне і якісне розподілення повітряних бульбашок та твердих частинок в дисперсній фазі харчової маси. Як видно з рис. 4, щільність бульбашок в контрольному зразку – солодкій страві №10.48 «Щербет лимонний» нижча, ніж у зразках сорбетів з фейхоа. Повітряні бульбашки в контрольному зразку сорбету (рис. 4 (1)) неоднорідні за розмірами (від 10 до 80 мкм) та розподілені нерівномірно. Встановлено, що середній розмір повітряних бульбашок у сорбеті з 25% та 35% фейхоа становить 30...40 мкм та 50...60 мкм, відповідно. В цих зразках сорбетів бульбашки повітря розподілені більш рівномірно. В дисперсній системі сорбетної маси з 40% фейхоа 1 (рис. 4 (4)) наявні в

Для неньютонівського матеріалу кожному режиму плинності відповідає свій стан структури. Перехід від одного стану до іншого в загальному випадку також відбувається з кінцевою швидкістю. Крім того, деформування може викликати необоротне руйнування структури, а отже, і необоротну зміну реологічних властивостей [11]. Експериментальні дані показали, що під час переходу через поріг градієнту швидкості зсуву  $4,5 \dots 5 \text{ с}^{-1}$  структура сорбету змінюється від аномально в'язкої

Так, для різних видів фруктового морозива і заморожених сорбетів збитість повинна бути не нижче 40–60%. При низькій збитості (15–20%) в замороженій солодкій страві утворюються великі кристали льоду [17]. Збільшення збитості сприяє утворенню більш ніжної і однорідної текстури продукту.

основному кристали льоду та часточки твердої фази наповнювача – подрібненого горіху волоського, розміри повітряних бульбашок в середньому – 20...30 мкм, розподілені нерівномірно, що значно збільшує щільність та зменшує пишність структури сорбету.

К. Бергер і Б. Баллімор встановили, що розмір повітряних бульбашок залежно від виду морозива змінюється в межах від 30 до 150 мкм при середньому діаметрі близько 60 мкм. Саме цей розмір дисперсності повітряної фази, за дослідженнями Г. М. Дезента та Т. А. Боушева, максимально допустимий для забезпечення відмінної якості заморожених десертів [19]. Отже, аналізуючи дані мікроструктури зразків сорбету з фейхоа, можна зробити висновок, що для отримання найбільш пишної, кремоподібної, тонко дисперсної структури замороженого десерту з рівномірно розподіленими та однорідними за розмірами повітряними бульбашками доцільним є додавання до сорбету 35% фейхоа.



**Рис. 4. Мікрофотографії структури сорбету з фейхоа:**

1 – контроль; 2 – сорбет, 25% фейхоа; 3 – сорбет, 35% фейхоа; 4 – сорбет, 40% фейхоа.

Результати дослідження структурно-механічних властивостей сорбету з фейхоа добре корелюються із даними, отриманими при вивченні органолептичних характеристик цього десерту. Так, аналіз профілограм сорбету свідчить, що зразок сорбету з 35%-вим вмістом фейхоа характеризується найкращою консистенцією порівняно з контрольним зразком [20].

На підставі дослідження структурно-механічних властивостей десертних мас, вивчення структури та органолептичних показників готового продукту була розроблена технологія сорбету з фейхоа. Функціональна схема виробництва сорбету з фейхоа представлена на рис 5.

**Висновки.** Таким чином, на підставі досліджень встановлено, що з додаванням добавок фейхоа у сорбетні маси збільшується їх ефективна в'язкість. Реограми та криві плинності сорбетних мас з фейхоа мають вид характерний для високов'язких харчових продуктів, отже, досліджувані харчові системи відносяться до структурованих (неньютонівських) рідин. Стандартні показники збитості сорбету (70...76%) досягаються при додаванні 35% фейхоа та під час фрезирування за температури  $-4...-6^{\circ}\text{C}$ , тривалості збивання 6 хв і градієнті швидкості зсуву від 3 до  $4\text{ c}^{-1}$ . Це й підтверджує аналіз даних мікроструктури зразків сорбетів з фейхоа. Так, при цих режимах технологічної обробки сорбет з добавкою фейхоа у кількості 35% набуває найбільш пишної, кремоподібної, тонко дисперсної структури з рівномірно розподіленими та однорідними за розмірами (50...60 мкм) повітряними бульбашками.

Перспективи подальших наукових розробок полягають у проектуванні рецептури сорбету з фейхоа із застосуванням методу математичного моделювання з метою оптимізації хімічного складу готового продукту, в тому числі з урахуванням синергізму макро- і мікроелементів для підвищення засвоюваності йоду.

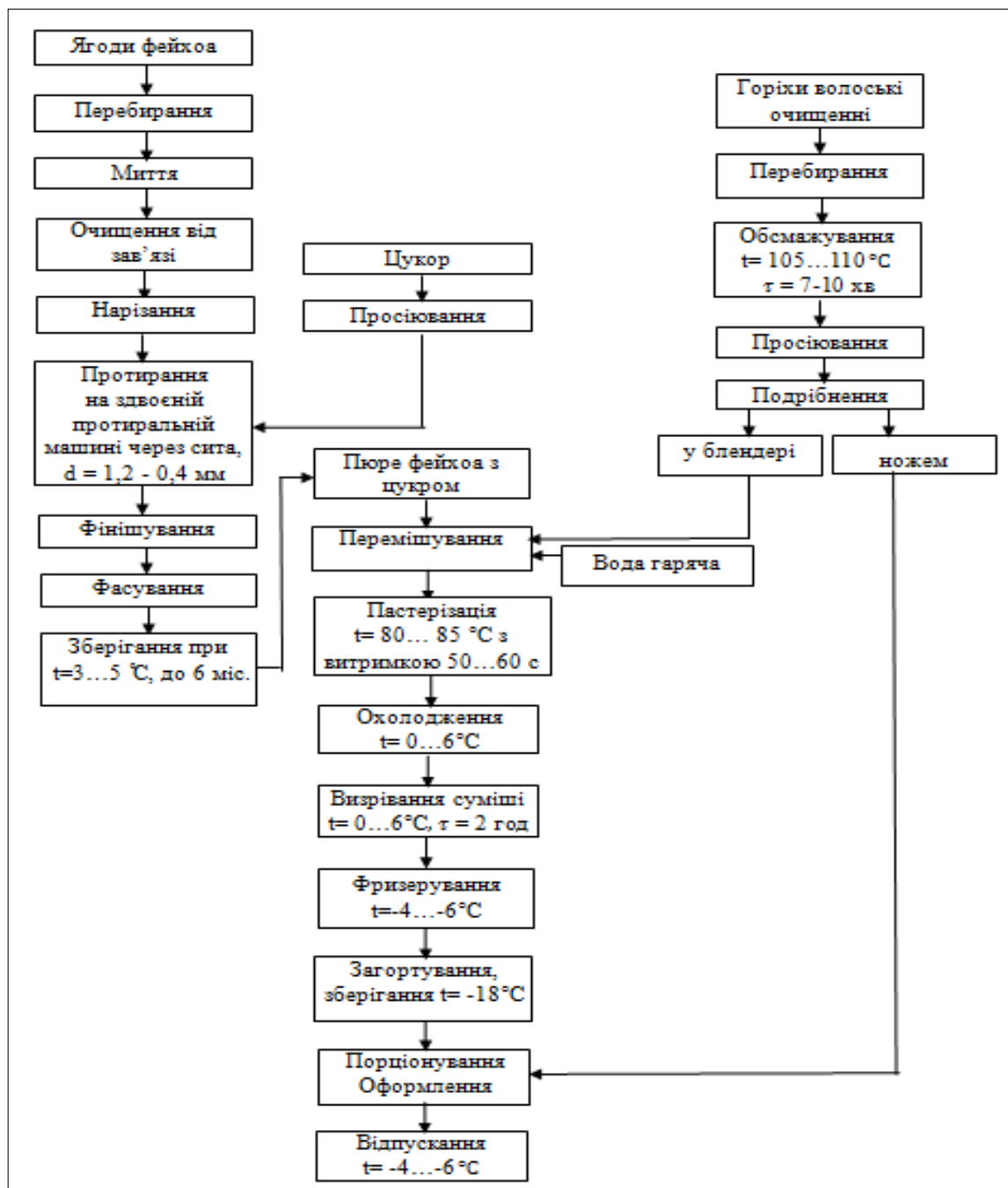


Рис. 5. Функціональна схема виробництва сорбету з фейхоа

**Бібліографія**

1. Калугіна І. М., Лзюба Н. А., Лвбина А. А. Технологія солодких страв із використанням дієтичних добавок для закладів ресторанного господарства. Ресторанний і готельний консалтинг. Інновації. 2023. Т. 6. № 1. С. 110–124. <https://doi.org/10.31866/2616-7468.6.1.2023.278475>.
2. Almeida J., Dos Santos Opuski De., Dias C. O., Arriola N. D. A., De Freitas B. S. M., De Francisco A., Petkowicz C. L. O. Feijoa (*Acca sellowiana*) peel flours: A source of dietary fibers and bioactive compounds. Food Bioscience. December 2020. Volume 38. P. 100789. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100789>.
3. Roderick JW. Bio-active products from fruit of the feijoa. Food Chemistry. 2010. No121(4). P. 923–926. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.047>.
4. Pasquariello M. S., Mastrobuoni F. D. Agronomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa. Scientia Horticulturae. 2015. № 191 (6). P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.036>.
5. Zhu Z., Song X., Yao J., Li Z., Jiang Yu., Yu Q., Huang Z., Liu H. Structural characteristics, functional properties, antioxidant and hypoglycemic activities of pectins from feijoa (*Acca sellowiana*)

- peel. *Food Chemistry*. 2023. Volume 428, 1 December 2023, P. 136819. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136819>.
6. Basile A., Vuotto M., Violante U. Antibacterial activity in *Actinidia chinensis*, *Feijoa sellowiana* and *Aberia caffra*. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 1997. № 8 (3). P. 199–203. [https://doi.org/10.1016/S0924-8579\(97\)00376-2](https://doi.org/10.1016/S0924-8579(97)00376-2).
7. Kalugina I. M., Telegenko L. M., Kalugina Yu. G., Kyselov S. V. The nutritional value of desserts with the addition of Gooseberry family raw materials from the Northern Black Sea Region. *Ukrainian Food Journal*. 2017. V. 6. Is. 3. P. 459–469. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/UFJ\\_2017\\_6\\_3\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/UFJ_2017_6_3_6).
8. ДСТУ 4640:2006. Продукти перероблення субтропічних культур. Листя мирта, зизифуса, маслини та фейхоа. Технічні умови. Київ. 2007. 27 с.
9. Шалимінов О. В., Дяченко Т. П., Кравченко Л. О. та ін. Збірник рецептур національних страв та кулінарних виробів: Для підприємств громад. харчування всіх форм власності. К.: А.С.К., 2000. 848 с.
10. ДСТУ 4734:2007 Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, щербет, лід. Загальні технічні умови. Зі змінами та поправкою. Київ, 2007. 36 с.
11. Черевко О. І., Михайлов В. М., Маяк В. І., Маяк О. А. Реологія в процесах виробництва харчових продуктів: навч. посібник: у 2 ч. Ч. 1. Класифікація та характеристика неньютонівських рідин. Х.: ХДУХТ, 2014. 244 с.
12. Castro C. S. C., Santo Filho D. M. E., Barbosa A. P. F., Rodrigues C. R., Cabral M. L. Evaluation of the metrological performance of two kinds of rotational viscometers by means of viscosity reference materials. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. February 2016. Volume 138. P. 292–297. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2015.12.003>.
13. Говорун Т. П., Будник А. Ф., Юскаєв В. Б. Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів: навч. посіб. Суми: Сумський державний університет, 2014. 255 с.
14. Ielpo M. T. L., Basile A., Miranda R. Immunopharmacological properties of flavonoids. *Fitoterapia*, 2000. № 71(1). P. 101–109. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(00\)00184](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(00)00184).
15. Goralchuk Andrii, Grinchenko Olga, Riabets Olga, Kotlyar Oleg. Food dispersion systems process stabilization. A review. *Ukrainian Food Journal*. 2019. № 8 (4). P. 699–732. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2019-8-4-4>.
16. Михайлов В. М., Маяк В. І., Смілик М. М. Залежність реологічних властивостей цукатів від розміру твердих часток. Обладнання та технології харчових виробництв: зб. наук. праць. Дон. нац. ун-т екон. і торг. ім. М. Туган-Барановського. Донецьк, 2006. Вип. 14. С. 238–243.
17. Бартковський І. І., Поліщук Г. Є., Шарахматова Т. Є. та ін. Технологія морозива: Навч. Посібник. К.: Фенікс, 2010. 248 с.
18. Cogne C., Laurent P., Andrieu J., Ferrand J. Experimental data and modeling of ice cream freezing. *Chemical Engineering Research and Design*. 81(9). October 2003, 1129–1135 <https://doi.org/10.1205/026387603770866281>.
19. Мартич В. В., Поліщук Г. Є. Дослідження процесу фризирования сумішей морозива із зародками пшениці. Наукові праці НУХТ. К., 2014. Том 20, № 1. С. 209–215. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npukht\\_2014\\_20\\_1\\_28](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npukht_2014_20_1_28).
20. Калугіна І. М., Тележенко Л. М., Дзюба Н. А. Дослідження структури заморожених солодких страв з фейхоа. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. 2018. № 16 (1292). С. 151–156. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.16.23>.

## References

1. Kaluhina, I. M., Dziuba, N. A., Dubyna, A. A. (2023). Tekhnolohiia solodkykh strav iz vykorystanniam dietychnykh dobavok dlia zakladiv restorannoho hospodarstva. [Technology of sweet dishes using dietary supplements for restaurants]. *Restoranni i hotelnyi konsal'tynh. Innovatsii*. [Restaurant and hotel consulting. Innovations]. 6 (1), 110–124. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.31866/2616-7468.6.1.2023.278475>.
2. Almeida, J. Dos Santos Opuski De., Dias, C. O., Arriola, N. D. A., De Freitas, B. S. M., De Francisco, A., Petkowicz, C. L. O. (2020). Feijoa (*Acca sellowiana*) peel flours: A source of dietary fibers and bioactive compounds. *Food Bioscience*. December 2020. 38, 100789. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100789>.
3. Roderick, J W. (2010). Bio-active products from fruit of the feijoa. *Food Chemistry*. 121(4), 923–926. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.047>.
4. Pasquariello, M. S., Mastrobuoni, F. D. (2015). Agronomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa. *Scientia Horticulturae*. 191(6), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.036>.
5. Zhu, Z., Song, X., Yao, J., Li, Z., Jiang, Yu., Yu, Q., Huang, Z., Liu, H. (2023). Structural characteristics, functional properties, antioxidant and hypoglycemic activities of pectins from feijoa (*Acca sellowiana*) peel. *Food Chemistry*. 428, 1 December 2023, 136819. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136819>.

6. Basile, A., Vuotto, M. L., & Violante, U. (1997). Antibacterial activity in *Actinidia chinensis*, *Feijoa sellowiana* and *Aberia caffra*. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 8 (3), 199–203. [https://doi.org/10.1016/S0924-8579\(97\)00376-2](https://doi.org/10.1016/S0924-8579(97)00376-2).
7. Kalugina, I. M., Telegenko, L. M., Kalugina, Yu. G., Kyselov, S. V. (2017). The nutritional value of desserts with the addition of Gooseberry family raw materials from the Northern Black Sea Region. *Ukrainian Food Journal*. 6 (3). 459–469. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/UFJ\\_2017\\_6\\_3\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/UFJ_2017_6_3_6).
8. DSTU 4640:2006. Produktiv nereroblennia subtropichnykh kultur. *Lystia myrta, zyzyfusa, maslyny ta feikhoa. Tekhnichni umovy*. [Processing products of subtropical crops. Leaves of myrtle, zizyphus, olive and feijoa. Specifications]. Kyiv. 2007. 27 p. [in Ukrainian].
9. Shalyminov, O. V., Diachenko, T. P., Kravchenko, L. O. ta in. (2000). *Zbirnyk retseptur natsionalnykh strav ta kulinarnykh vyrobiv: Dlia pidpriemstv hromad. kharchuvannia vsikh form vlasnosti*. [A collection of recipes for national dishes and culinary products: For community enterprises. nutrition of all forms of ownership]. K.: A.S.K.. 848 p. [in Ukrainian].
10. DSTU 4734:2007 *Morozvvo plodovo-yahidne, aromatychne, shcherbet, lid. Zahalni tekhnichni umovy. Zi zminamy ta popravkoiu*. [Fruit and berry ice cream. aromatic. sherbet, ice. General technical conditions. With changes and correction]. Kyiv, 2007. 36 p. [in Ukrainian].
11. Cherevko, O. I., Mykhailov, V. M., Maiak, V. I., Maiak, O. A. (2014). *Reolohiia v protsesakh vyrobnytstva kharchovykh produktiv: navch. posibnyk: u 2 ch. Ch. 1. Klasyfikatsiia ta kharakterystyka neniutoniivskykh ridyn*. [Rheology in food production processes: training. manual: in 2 hours. Part 1. Classification and characteristics of non-Newtonian fluids]. Kh.: KhDUKhT, 244 p. [in Ukrainian].
12. Castro, C. S. C., Santo Filho, D. M. E., Barbosa, A. P. F., Rodrigues, C. R., Cabral, M. L. (2016). Evaluation of the metrological performance of two kinds of rotational viscometers by means of viscosity reference materials. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. February 2016. 138, 292–297. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2015.12.003>.
13. Hovorun, T. P., Budnyk, A. F., Yuskaiev, V. B. (2014). *Fizychni vlastyivosti i metody doslidzhennia materialiv: navch. posib*. [Physical properties and methods of materials research: teaching. manual]. Sumy: Sumskyi derzhavnyi universytet [Sumy State University], 255 p. [in Ukrainian].
14. Ielpo, M. T. L., Basile, A., Miranda, R. (2000). Immunopharmacological properties of flavonoids. *Fitoterapia*, 71(1), 101–109. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(00\)00184](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(00)00184).
15. Goralchuk, A., Grinchenko, O., Riabets, O., Kotlyar, O. (2019). Food dispersion svstems process stabilization. A review. *Ukrainian Food Journal*. 8 (4), 699–732. <https://doi.org/10.24263/2304-974x-2019-8-4-4>.
16. Mykhailov, V. M., Maiak, V. I., Smilyk, M. M. (2006). *Zalezhnist reolohichnykh vlastyvostei tsukativ vid rozmiru tverdykh chastok* [Dependence of the rheological properties of candied fruit on the size of solid particles]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv: zb. nauk. prats. Don. nats. un-t ekon. i torh. im. M. Tugan-Baranovskoho* [Equipment and technologies of food production: coll. of science works Don. national University of Economics and bargaining named after M. Tugan-Baranovskyi.]. Donetsk. 14, 238–243. [in Ukrainian].
17. Bartkovskiy, I. I., Polishchuk, H. Ie., Sharakhmatova, T. Ie. ta in. (2010). *Tekhnolohiia morozvva: Navch. Posibnyk*. [Ice cream technology: Education. Manual]. K.: Feniks, 248 p. [in Ukrainian].
18. Cogne, C., Laurent, P., Andrieu, J., Ferrand, J. (2003). Experimental data and modeling of ice cream freezing. *Chemical Engineering Research and Design*. 81(9). October 2003, 1129–1135. <https://doi.org/10.1205/026387603770866281>.
19. Martych, V. V., Polishchuk, H. Ie. (2014). *Doslidzhennia protsesu frvzeruvannia sumishei morozyva iz zarodkamy pshenvtsi* [Studv of the freezing process of ice cream mixtures with wheat germ] *Naukovi pratsi NUKhT* [Scientific works of the National Technical University of Ukraine]. K., 20 (1), 209–215. [in Ukrainian]. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npukht\\_2014\\_20\\_1\\_28](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npukht_2014_20_1_28).
20. Kaluhina I. M., Telezhenko L. M., Dziuba N. A. *Doslidzhennia struktury zamorozhenykh solodkykh strav z feikhoa*. [Study of the structure of frozen sweet dishes from feijoa]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Serii: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh: zb. Nauk. pr. [Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technologies: coll. Science Ave.]. 2018. № 16 (1292). S.151–156. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.16.23>.