

УДК 641-026.7:[613.292:634.42]:640.432

doi:10.20998/2413-4295.2024.01.07

СТРУКТУРНО–МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МУСУ З ФЕЙХОА

І. М. КАЛУГІНА*, С. О. ПОПЛАВСЬКА

кафедра технології ресторанного і оздоровчого харчування, Одеський національний технологічний університет,
м. Одеса, УКРАЇНА

*email: ik101273@gmail.com

АНОТАЦІЯ Досліджуються структурно-механічні властивості десертних мас для наукового обґрунтування технології мусу з дієтичною добавкою фейхоа для закладів ресторанного господарства. У роботі показана доцільність використання нової дієтичної добавки – пюре фейхоа з цукром для підвищення харчової цінності збитих десертів, таких як мус і поліпшення їх технологічних властивостей. Розроблено нову дієтичну добавку – пюре фейхоа з цукром, яка характеризується високим вмістом цінних нутрієнтів, у тому числі йоду (60,1 мкг/100 г), що становить 40 % від рекомендованої добової норми. Вивчено реологічні властивості десертних мас з фейхоа. Встановлено, що досліджувані зразки мусу з фейхоа характеризуються досить високим ступенем структурування, а, отже, і найбільшою в'язкістю в області малої напруги зсуву від 1,8 до 5,4 с⁻¹. При швидкості зсуву від 9 с⁻¹ й вище відбувається руйнування просторового каркасу досліджуваних систем. Визначено, що з додаванням фейхоа у десертні маси дещо збільшується їх ефективна в'язкість та густина, без зниження показників піноутворюючої здатності. На підставі аналізу мікроструктури зразків підтверджено, що введення у мус 20 % добавки фейхоа сприяє підвищенню дисперсності десертної маси, утворенню рівномірно розподілених та однорідних за розмірами (40...60 мкм) повітряних бульбашок, а отже покращенню консистенції готового продукту. Встановлено, що оптимальним вмістом дієтичної добавки – пюре фейхоа з цукром у рецептурі мусу є 20 % до маси готового продукту. Визначені раціональні технологічні параметри приготування мусу з фейхоа на стадії збивання, а саме: тривалість збивання (6)·60 с, градієнт швидкості зсуву від 3 до 5,4 с⁻¹ за температур 35...40 °С. При цих режимах технологічної обробки та вмісті дієтичної добавки фейхоа отримано мус з найвищим показником піноутворюючої здатності (253 %), найбільш збитої, пишної та дрібнодисперсної структури, а отже, з поліпшеними характеристиками консистенції.

Ключові слова: мус; фейхоа; структурно-механічні властивості; в'язкість; густина; піноутворююча здатність; мікроструктура; заклади ресторанного господарства.

STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FEIJOA MOUSSE

I. KALUGINA, S. POPLAVSKA

Department of restaurant and healthy food technologies, Odesa National University of Technology, Odesa, UKRAINE

ABSTRACT The study of the structural and mechanical properties of dessert masses for the scientific substantiation of the technology of mousse with feijoa dietary supplement for the restaurant establishments is conducted. The work shows the expediency of using a new dietary supplement – feijoa puree with sugar to increase the nutritional value of whipped desserts, such as mousse, and improve their technological properties. A new dietary supplement has been developed – feijoa puree with sugar, which is characterized by a high content of valuable nutrients, including iodine (60.1 μg/100 g), which is 40 % of the recommended daily allowance. The rheological properties of feijoa dessert masses were studied. It was established that the studied samples of feijoa mousse are characterized by a fairly high degree of structuring, and, therefore, the highest viscosity in the region of low shear stress from 1.8 to 5.4 s⁻¹. At a shear rate of 9 s⁻¹ and higher, the spatial framework of the studied systems is destroyed. It was determined that with the addition of feijoa to dessert masses, their effective viscosity and density increase slightly, without reducing the indicators of foaming ability. Based on the analysis of the microstructure of the samples, it was confirmed that the introduction of 20 % feijoa additive into the mousse helps to increase the dispersion of the dessert mass, the formation of evenly distributed and homogeneous air bubbles (40...60 microns), and therefore to improve the consistency of the finished product. It was established that the optimal content of dietary supplement - feijoa puree with sugar in the mousse recipe is 20 % of the weight of the finished product. Rational technological parameters for the preparation of feijoa mousse at the whipping stage are defined, namely: whipping duration (6)·60 s, gradient of shear rate from 3 to 5.4 s⁻¹ at temperatures of 35...40 °C. With these modes of technological processing and the content of feijoa dietary supplement, a mousse with the highest foaming capacity (253 %), the most whipped, lush and finely dispersed structure was obtained.

Keywords: mousse; feijoa; structural and mechanical properties; viscosity; density; foaming ability; microstructure; restaurant establishments.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку ресторанного ринку свідчать про стрімке зростання попиту серед

споживачів на збиті десерти, такі як мус, сорбет, суфле тощо. Особлива увага в наш час приділяється «здоровим» десертам з підвищеною харчовою цінністю [1-4]. Однак, наявний асортимент такої

десертної продукції у закладах ресторанного господарства є обмеженим, отже попит на ці страви задоволений не повністю. Розширення асортименту, підвищення якості та харчової цінності збитих десертів, у тому числі мусу, доцільно проводити шляхом введення в їх рецептури дієтичних добавок з нової плодово-ягідної сировини, такої як фейхоа, до складу якої входять цінні біологічно-активні речовини та структуроутворюючі сполуки.

Слід відмітити, що структурно-механічні властивості десертних мас (ефективна в'язкість, піноутворююча здатність, густина та дисперсність) характеризують якість збитих десертів і враховуються споживачем при їх виборі з широкого асортименту продукції [5]. Одним із важливих критеріїв у виробництві мусу є дотримання чітко визначених параметрів технологічного процесу, так як від цього залежить якість готового продукту. Тому, для управління якістю готової продукції необхідні дані про структурно-механічні властивості збитих десертних мас на різних технологічних стадіях їх виробництва.

Отже, для розробки технології мусу з використанням дієтичних добавок з нової плодово-ягідної сировини необхідно враховувати їх вплив на структурно-механічні характеристики десертних мас, які визначають їхню технологічність, текстуру, якість та конкурентоспроможність отриманої продукції.

У зв'язку з цим, використання нових видів сировини, а саме фейхоа для підвищення харчової цінності збитих десертів, таких як мус, вдосконалення технології та підбір раціональних параметрів процесу їх виробництва, які дозволять скоротити витрати при одночасному поліпшенні якості і розширенні асортименту є актуальним завданням, яке потребує вирішення.

Мета роботи

Метою роботи є наукове обґрунтування технології мусу з дієтичною добавкою фейхоа для закладів ресторанного господарства.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- дослідити вплив дієтичної добавки фейхоа на структурно-механічні властивості десертних мас, а саме: ефективну в'язкість, піноутворюючу здатність та густину;
- вивчити мікроструктуру мусу з фейхоа;
- визначити оптимальний вміст добавки пюре фейхоа з цукром у рецептурі мусу;
- встановити раціональні технологічні параметри приготування мусу з фейхоа на стадії збивання.

Матеріали і методи. Для виробництва нових дієтичних добавок використовували ягоди фейхоа сорту «Андре», які відповідали вимогам ДСТУ

4640:2006 [6]. У розробці рецептурної композиції й технології мусу з фейхоа в якості прототипу було обрано рецептуру солодкої страви № 965 «Мус лимонний» [7], який готували з цукро-желейного сиропу з додаванням лимонного соку за класичною технологією. Були розроблені рецептурні композиції мусу, які містили пюре фейхоа з цукром в кількості: 15 %, 20 % та 25 % до маси готового продукту. Дослідження структурно-механічних (реологічних) властивостей десертних мас були проведені на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». Ротаційний метод [8, 9] ґрунтується на вимірюванні в'язкості матеріалу, який поміщають між двома одновідносними поверхнями й піддають деформації зсуву. Піноутворюючу здатність (ПЗ) десертів визначали методом Лур'є, заснованим на вимірі маси фіксованого об'єму суміші до збивання і того ж об'єму суміші, насиченої повітрям після збивання та проведенні розрахунку піноутворюючої здатності мусу, виражене у відсотках [10]. Дослідження мікроструктури зразків мусу проводили з використанням портативного мікроскопу «Celestron Deluxe» методом прямого визначення розмірів повітряних бульбашок за допомогою програми AMCap з подальшою фотографією в програмі Bandicam. Фотозйомку вели в світлі при збільшенні в 700 разів [11].

Виклад основного матеріалу

Одним із шляхів збагачення харчового раціону населення України є інтродукція багатих на біологічно активні речовини плодів екзотичних рослин, їх акліматизація у нових регіонах та розробка продуктів харчування на їх основі. Такою зимостійкою субтропічною рослиною, яка сьогодні успішно вирощується на відкритому ґрунті в південних областях України є фейхоа.

Ягоди фейхоа володіють не тільки чудовим смаком і свіжим ароматом – за сукупністю корисних для людини властивостей вони відносяться до найбільш цінних рослин. Харчова цінність ягід фейхоа визначається вмістом в них широкого спектру біологічно активних речовин. Ці ягоди багаті вітамінами С (32...40 мг/100 г), групи В, Р, Е, органічними кислотами, мінеральними елементами, зокрема фосфором, залізом, калієм і йодом, що дозволяє віднести їх до продуктів з високою харчовою цінністю та профілактичними властивостями [12-14]. Так, вміст йоду в ягодах фейхоа становить 70...100 мкг/100 г [13, 15], у той час як добова потреба в йоді у дорослого населення не залежно від віку і статі становить 150 мкг [16]. Отже, використання у рецептурах страв ягід фейхоа, які містять у своєму складі значну кількість йоду, дозволить ефективно вирішити проблему йододефіциту й пов'язаних з цим захворювань щитоподібної залози. Вживання фейхоа знижує ризик

гіпертензії, адже ці ягоди багаті калієм (172 мг/100 г) при низькому вмісті натрію (3 мг/100 г) [17]. Шкірка фейхоа містить ефірні олії [18] та антиоксиданти [19, 20]. Як відомо, несприятливі зовнішні фактори, такі як: вплив радіації, інфекційні захворювання, стреси, куріння, можуть призводити до зниження роботи антиоксидантної системи організму і підвищення ризику різних захворювань. В той час, зменшити шкідливий вплив на організм вільних радикалів дозволяє систематичне вживання натуральних рослинних продуктів з високим вмістом антиоксидантів, таких як фейхоа. Відомі дані про антибактеріальний ефект фейхоа, завдяки високому вмісту фенольних сполук [21, 22]. Протигрибкова дія фейхоа обумовлена наявністю поліфенолів, флавоноїдів та ефірних олій [23]. Ягоди фейхоа характеризуються високим вмістом пектину (1,5...2,5 г/100 г) [24]. Відомо, що пектин володіє сорбційною здатністю й сприяє виведенню токсинів, солей важких металів та радіонуклідів із організму людини, має антиоксидантну дію й, завдяки цьому, широко застосовується у створенні харчових продуктів профілактичного призначення [25, 26]. Структуроутворюючі властивості пектину, який міститься у фейхоа робить цю сировину перспективною для виготовлення структурованих десертів, таких як муси.

Отже, використання фейхоа в технології мусу не тільки підвищить його харчову цінність, надасть профілактичні властивості, але й дозволить впливати на процеси формування структури цього збитого десерту.

Сезонність збирання та реалізації ягід фейхоа (жовтень – початок грудня) обумовлює необхідність їх переробки з метою подальшої заготівлі для можливості використання цієї цінної сировини закладами ресторанного господарства у технологіях страв протягом року. Розроблений спосіб виробництва пюре фейхоа з цукром [27], який включає протирання ягід із цукром на здвоєній протиральній машині через сита з діаметрами 1,2 та 0,4 мм. Завдяки застосуванню здвоєної протиральної машини маса проходить стадію фінішування з видаленням грубих частинок. Отриману масу розфасовують у скляну тару, закупорюють й маркують. Готове пюре фейхоа з цукром зберігають за температур 3...5 °С протягом 6 місяців. Цей спосіб дозволяє отримати пюре із суцільних ягід фейхоа зі шкіркою, а отже продукт з підвищеною харчовою цінністю. Так, у шкірці плоду містяться кахетини і лейкоантоціани, ефірні олії, які є потужними антиоксидантами і імуномодуляторами [19]. Маса пюре фейхоа з цукром не піддається тепловій обробці, що забезпечує максимальне збереження біологічно активних речовин, в тому числі нетермостійких сполук йоду. Так, пюре фейхоа з цукром характеризується високим вмістом цінних нутрієнтів, у тому числі йоду (60,1 мкг/100 г), що

становить 40 % від рекомендованої добової норми [27].

Пюре фейхоа з цукром пропонується використовувати як дієтичну добавку в технології десертів підвищеної харчової цінності, таких як мус. Як основу для розробки композиції інгредієнтів мусу з фейхоа прийняли рецептуру солодкої страви № 965 «Мус лимонний», із рецептури якої виключали лимони та цукор, замінюючи ці інгредієнти на пюре фейхоа з цукром. Для дослідження обрано чотири зразки: контрольний зразок – мус лимонний; муси з різним вмістом фейхоа, а саме: 15 %, 20 % та 25 % до маси продукту.

Обговорення результатів

Важливою структурно-механічною (реологічною) характеристикою десертних мас, що впливає на перебіг технологічного процесу та визначає її поведінку на стадії збивання мусу, є її в'язкість. Цей показник, обумовлений силами зчеплення між молекулами, що характеризує опірність маси її течії під дією зовнішніх сил і залежить від багатьох факторів, таких як вміст сухих речовин, склад та співвідношення рецептурних компонентів, температура та ін. [28]. У зв'язку з цим вивчено вплив зміни рецептурного складу мусу на в'язкість досліджуваних зразків.

Оскільки температура це фактор, який в найбільшій мірі впливає на плинність термічно нестійких десертних мас, то температурні режими вивчення в'язкості обрані відповідно до технологічних параметрів процесу збивання мусу, а саме при температурі 35...40 °С.

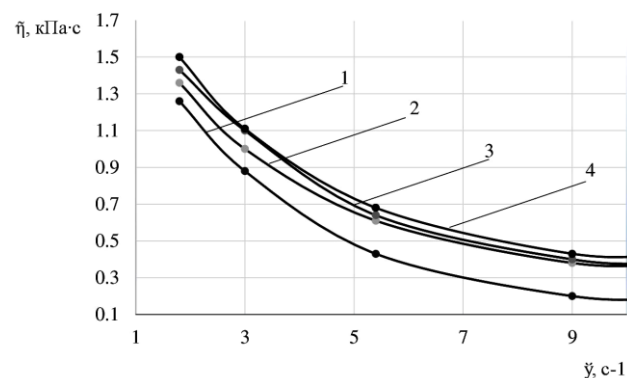


Рис. 1 – Залежність ефективної в'язкості η , кПа·с мусу від швидкості зсуву $\dot{\gamma}$, с⁻¹ та кількості добавки фейхоа
1 – контроль; 2 – мус, 15 % фейхоа; 3 – мус, 20 % фейхоа; 4 – мус, 25 % фейхоа

Результати дослідження залежності ефективної в'язкості мусу від швидкості зсуву (рис. 1) показали, що характер реограм свідчить про псевдопластичність всіх досліджуваних зразків десертних мас, в'язкість

яких є характеристикою рівноважного стану між процесом руйнування та відновлення. Як контрольний, так і досліджувані зразки мусу характеризуються досить високим ступенем структурування, а, отже, і найбільшою в'язкістю в області малої напруги зсуву від 1,8 до 5,4 с⁻¹. У міру збільшення швидкості зсуву внаслідок руйнування структури десертних мас спостерігається перехід від стадії течії до руйнування. При швидкості зсуву від 9 с⁻¹ й вище відбувається руйнування просторового каркасу досліджуваної системи.

Встановлено, що з додаванням добавок фейхоа у десертні маси збільшується їх ефективна в'язкість. Так, при градієнті швидкості зсуву 1,8 с⁻¹ ефективна в'язкість у контрольному зразку мусу складала 1,262 кПа·с, а у зразках мусу з добавками фейхоа у кількості 15, 20 та 25 % відповідно – 1,371, 1,453 та 1,504 кПа·с. Такий характер змінення значень ефективної в'язкості мусу 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 [29]. Збільшення ефективної в'язкості мусу із фейхоа, по перше, може бути пояснена природою дисперсної фази, а саме добавки з фейхоа, яка характеризується неоднорідністю частинок структури: розмір частинок в пюре фейхоа з цукром коливається в межах від 0,1...0,4 мм.

По-друге, зростання ефективної в'язкості мусу з фейхоа може бути обумовлено тим, що при додаванні добавки фейхоа у масу вносяться сухі речовини, отже вологість продукту знижується. Як бачимо з рис. 2, вологість контрольного зразка мусу становить 32,8 % і зменшується при додаванні добавки фейхоа у кількості 15, 20 та 25 % відповідно до 29,1; 26,7 та 26,2 %. Крім того, із введенням добавки фейхоа у мус вносяться пектини, які є гідроколоїдами і утворюють в'язкі розчини [30].

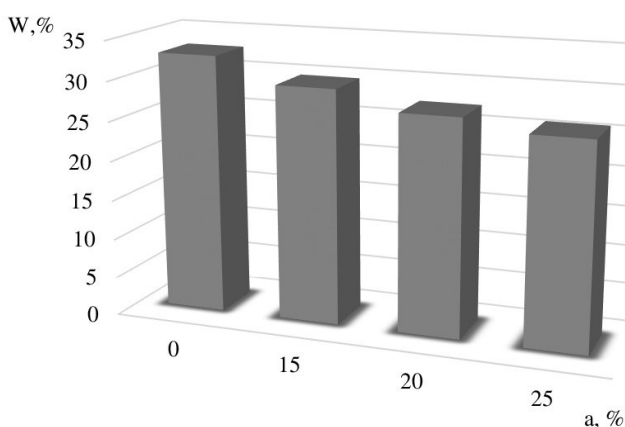


Рис. 2 – Вологість W , % мусу з фейхоа
1 – контроль; 2 – мус, 15 % фейхоа; 3 – мус, 20 % фейхоа; 4 – мус, 25 % фейхоа

Під час реологічних досліджень важливе значення має отримання кривих плинину, які характеризують властивості плинину харчових мас під час зсуву. Приведені на рис. 3 криві плинину мусу з фейхоа свідчать про те, що з підвищенням швидкості зсуву напруга зсуву зростає як для мусу з добавками фейхоа, так і без них. Як видно з рис. 3, залежність напругу зсуву від швидкості зсуву має нелінійний характер, отже, досліджувані десертні маси відносяться до структурованих (неньютонівських) рідин. Аномалія в'язкості таких систем пов'язана зі структурою рідини та її змінами під час течії: при малих швидкостях зсуву структура руйнується й повністю відновлюється, з підвищенням швидкості, руйнування структури починає переважати над відновленням – структура повністю руйнується [31].

На підставі отриманих даних (рис. 2, 3) можна зробити висновок, що для отримання структурованої консистенції мусу з фейхоа буде ефективним проводити процес збивання в областях градієнту швидкості зсуву від 3 до 5,4 с⁻¹, при яких не відбувається руйнування структури цього десерту.

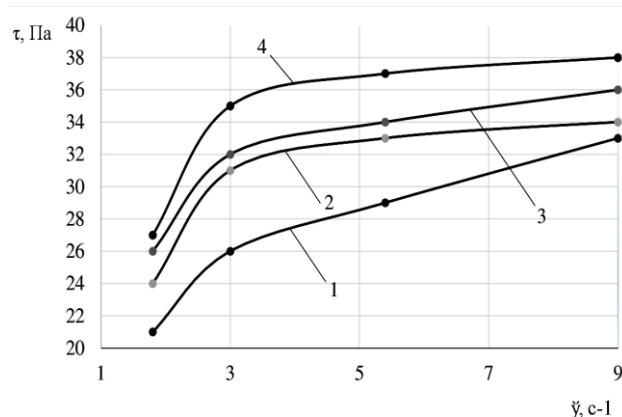


Рис. 3 – Криві плинину мусу
1 – контроль; 2 – мус, 15 % фейхоа; 3 – мус, 20 % фейхоа; 4 – мус, 25 % фейхоа

Однією з основних вимог під час виробництва мусу є забезпечення заданої консистенції, від якої багато в чому залежить позитивне сприйняття споживачем харчового продукту [3]. 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, – густиною, піноутворюючою здатністю [5].

Тому, для визначення технологічних параметрів та режимів виробництва мусу досліджено вплив дієтичної добавки фейхоа та тривалості збивання на піноутворюючу здатність (рис. 4) та густину мусу (рис. 5).

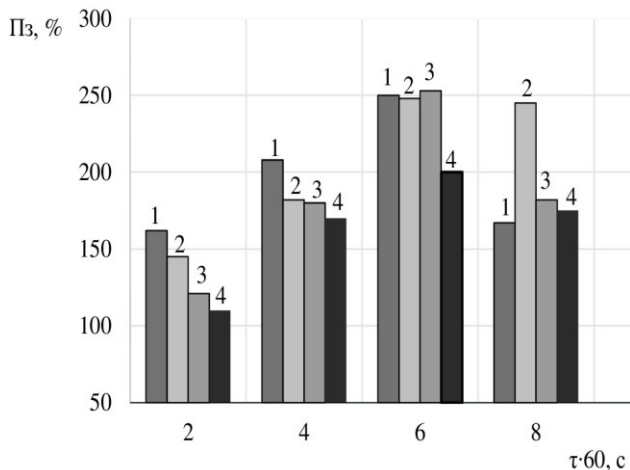


Рис. 4 – Залежність піноутворюючої здатності P_z , % мусу з фейхоа від тривалості збивання τ -60, с та кількості добавки фейхоа та кількості добавки фейхоа

1 – контроль; 2 – мус, 15 % фейхоа; 3 – мус, 20 % фейхоа; 4 – мус, 25 % фейхоа

Для отримання пишної, насиченої повітрям консистенції десертну масу збивали при таких режимах: температура маси 35...40 °С; тривалість збивання – (2...8)·60 с; швидкість обертання робочого органу збивальної машини – 400...500 об/хв.

У початковий період збивання одночасно протікають процеси утворення та поділу бульбашок, система інтенсивна насичується повітрям. Це призводить до збільшення об'ємної концентрації повітря, зростання піноутворюючої здатності (рис. 4) та зниження густини досліджуваних мас до мінімальних значень (рис. 5).

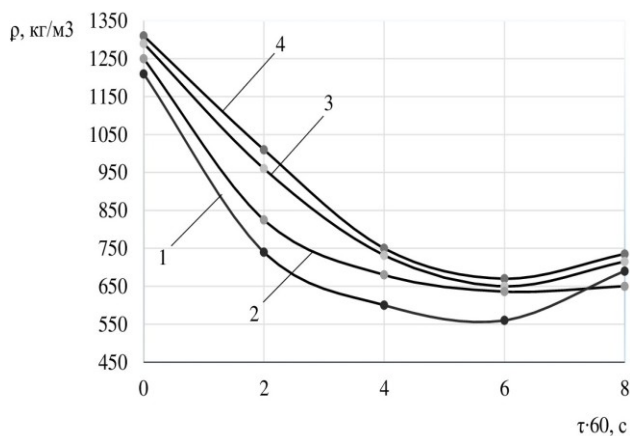


Рис. 5 – Залежність густини ρ , кг/м³ мусу від тривалості збивання τ -60, с та кількості добавки фейхоа

1 – контроль; 2 – мус, 15 % фейхоа; 3 – мус, 20 % фейхоа; 4 – мус, 25 % фейхоа

Унаслідок аналізу експериментальних даних встановлено, що загальною тенденцією для досліджуваних модельних систем є підвищення піноутворюючої здатності та зниження густини зразків мусу під час збивання протягом (1...6)·60 с. Так, при збиванні дослідних зразків мусу на протязі (6)·60с піноутворююча здатність збільшується для контрольного зразка з 162 % до 250 %, тобто у 1,54 рази, для зразків мусу з 15, 20 та 25 % добавки фейхоа відповідно у 1,7; 2,1 та 1,8 рази. Об'ємна концентрація повітря, досягнувши максимального значення, незначний час залишається постійною. Подальше збивання на протязі (8)·60 с призводить до зменшення обсягу піни та збільшення густини, що свідчить про руйнування структури мас. Це є підґрунтям для рекомендації раціональної тривалості збивання – (6)·60 с. При цьому абсолютні значення піноутворюючої здатності дослідних зразків мусу є найвищими.

Висока в'язкість вихідної суміші для зразків з добавками фейхоа (рис. 1), обтяжуючи плівковий каркас, дещо ускладнює процес насичення маси повітрям [14]. Внаслідок цього, густина зразків мусу з добавками фейхоа у кількості 15, 20 та 25 % при тривалості збивання (6)·60 с дещо вище у порівнянні з контролем (560 кг/м³) і складала 636 кг/м³, 650 кг/м³ та 670 кг/м³ відповідно. При приготуванні мусу з 25 % фейхоа піноутворююча здатність маси низька, що свідчить про недостатню насиченість цього десерту бульбашками повітря та відповідно забиту структуру. Найкращий показник піноутворюючої здатності (253 %) досягається при приготуванні мусу з додаванням 20 % фейхоа, який може бути рекомендованим для впровадження у заклади ресторанного господарства.

Важливим показником збитих десертів, таких як мус є дисперсність піни, яка забезпечує необхідну стабільність харчової текстури у часі [5]. Піноподібні системи, до яких належать збиті десерти, характеризуються розміром та концентрацією повітряної фракції. Нами проведені дослідження й ідентифікація розміру та кількості повітряних бульбашок у зразках мусу. Результати мікроскопічних досліджень представлені на рис. 6.

На мікрофотографіях (рис. 6) видно, що в досліджуваних мікроструктурах повітряні бульбашки ідентифікуються у вигляді ідеально сферичних форм, які розподілені за об'ємом. Причому, введення у мус дієтичної добавки фейхоа сприяє утворенню більш дрібних повітряних бульбашок і більш рівномірному розподілу їх по всьому об'єму збитої маси в порівнянні з контролем.

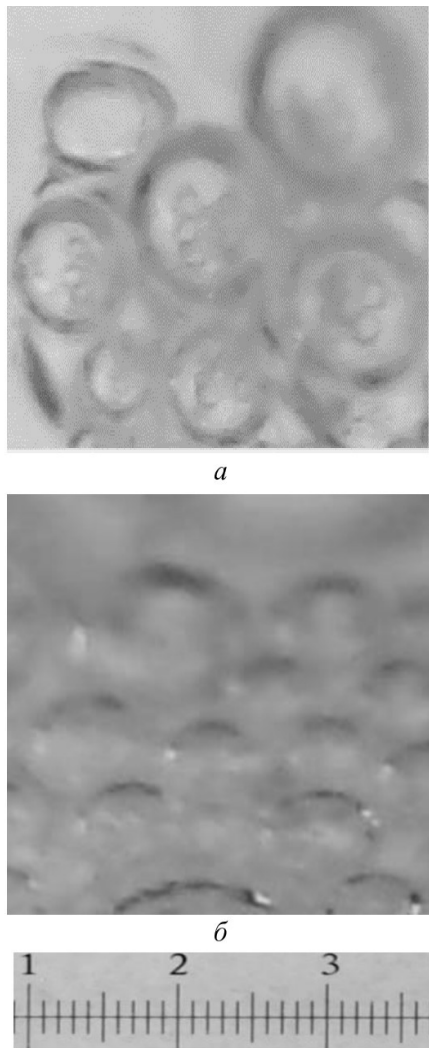


Рис. 6 – Мікрофотографії структури мусу з фейхоа
а – контроль; б – мус, 20 % фейхоа

Повітряні бульбашки в контрольному зразку мусу (рис. 6 (а)) неоднорідні за розмірами (від 10 до 100 мкм) та розподілені нерівномірно. Встановлено, що середній розмір повітряних бульбашок у мусі з 20 % фейхоа (рис. 6 (б)) становить 40...60 мкм, відповідно. В цьому зразку мусу бульбашки повітря розподілені більш рівномірно. Відомо, що чим менші розміри частинок, тим більша дисперсність системи [32]. Отже, мус з використанням дієтичної добавки фейхоа має більшу дисперсність порівняно з контрольними зразком. Звісно, що високі органолептичні показники визначаються у мусі з дрібнодисперсною структурою [33]. Аналізуючи дані мікроструктури досліджуваних зразків мусу, можна зробити висновок, що для отримання найбільш пишної, дрібнодисперсної структури збитого десерту з рівномірно розподіленими та однорідними за розмірами повітряними бульбашками доцільним є додавання до рецептури мусу 20 % пюре з фейхоа з цукром.

Висновки

Результати досліджень свідчать про перспективність та доцільність використання нової дієтичної добавки – пюре фейхоа з цукром у технології мусу підвищеної харчової цінності.

Аналіз структурно-механічних властивостей десертних мас показав, що всі досліджувані зразки мусу з різним вмістом дієтичної добавки фейхоа характеризуються досить високим ступенем структурування, а, отже, і найбільшою в'язкістю в області малої напруги зсуву від 1,8 до 5,4 с⁻¹. При швидкості зсуву від 9 с⁻¹ й вище відбувається руйнування просторового каркасу досліджуваних систем.

Характер отриманих реограм свідчить про псевдопластичність всіх досліджуваних зразків десертних мас, в'язкість яких є характеристикою рівноважного стану між процесом руйнування та відновлення. Залежність напругу зсуву від швидкості зсуву має нелінійний характер, отже, досліджувані десертні маси відносяться до структурованих (неньютонівських) рідин.

Визначено, що з додаванням дієтичних добавок фейхоа у десертні маси дещо збільшується їх ефективна в'язкість та густина, без зниження показників піноутворюючої здатності, а при додаванні 20 % пюре фейхоа з цукром піноутворююча здатність мусу навіть вища ніж у контрольному зразку.

Як показав аналіз мікроструктури зразків, введення у мус фейхоа сприяє підвищенню дисперсності десертної маси, утворенню рівномірно розподілених та однорідних за розмірами (40...60 мкм) повітряних бульбашок, а отже покращенню консистенції готового продукту.

Встановлені оптимальний вміст дієтичної добавки – пюре фейхоа з цукром у рецептурі мусу, а саме: 20 % до маси готового продукту. Рациональними технологічними параметрами приготування мусу з фейхоа на стадії збивання визначені такі: тривалість збивання (6)·60 с, градієнт швидкості зсуву від 3 до 5,4 с⁻¹ за температур 35...40 °С. При цих режимах технологічної обробки та вмісті дієтичної добавки фейхоа отримано мус з найвищим показником піноутворюючої здатності (253 %), найбільш пишної, дрібнодисперсної структури, а отже, з поліпшеними характеристиками консистенції.

Отримані дані дозволили обґрунтувати технологію мусу з дієтичною добавкою фейхоа. Розроблену технологію мусу з фейхоа можна рекомендувати до впровадження у виробництво закладів ресторанного господарства для розширення асортименту десертів підвищеної харчової цінності.

Список літератури

1. Michaitrakun S., Manokit R., Singkeaw K., Kamdaeng O. Enrichment of gamma-aminobutyric acid (GABA) content using germinated parboiled rice in Thai layered dessert

- (kanom chan) products. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. December 2023. Vol. 34. P. 100816. doi: 10.1016/j.ijgfs.2023.100816.
2. Антоненко А. В., Бровенко Т. В., Стукальська Н. М., Криворучко М. Ю. та ін. Технологія десертів функціонального призначення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2022. № 5. С. 28–37. doi: 10.32851/tnv-tech.2022.5.4.
 3. Kurzer A., Wiriyaaphanich T., Cienfuegos C., Spang E., Guinard J. Exploring fruit's role in dessert: The Dessert Flip and its impact on university student acceptance and food waste. *Food Quality and Preference*. 2020. Vol. 83. P. 103917. doi: 10.1016/j.foodqual.2020.103917.
 4. Dzyuba N. A., Oliinyk M., Kalugina I. M., Poplavska S. A. Improving the technology of aeration of the food system of mousse at horeca enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 2. № 11 (122). P. 74–82. doi: 10.15587/1729-4061.2023.275615.
 5. Tsykhanovska I., Yevlash V., Alexandrov A., Khamitova B., Svidlo K. Forming the structure of whipped desserts when introducing the food additive "Magnetofood" to their formulation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 2. № 11 (98). P. 45–55. doi: 10.15587/1729-4061.2019.161855.
 6. ДСТУ 7183:2010. *Плоди субтропічних культур свіжі. Технічні умови*. Київ. 2010. 27 с.
 7. Здобнов О. І., Циганенко В. А. *Збірник рецептур страв та кулінарних виробів: Для підприємств громадського харчування*. Київ. ТОВ «Видавництво Арій», 2009. 680 с.
 8. 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*. Харків. ХДУХТ, 2014. 244 с.
 9. Anandha Rao M. *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications*. Springer-Verlag US, 2007. 482 p. doi: 10.1007/978-0-387-70930-7.
 10. Черевко О. І., Поперечний А. М. *Процеси і апарати харчових виробництв: підручник. – 2-е видання, доп. та випр.* Харків. Світ Книг, 2014. 495 с.
 11. Говорун Т. П., Будник А. Ф., Юскаєв В. Б. *Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів: навч. посіб.* Суми. Сумський державний університет, 2014. 255 с.
 12. Fan Zhu. Chemical and biological properties of feijoa (*Acca sellowiana*). *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 81. P. 121–131. doi: 10.1016/j.tifs.2018.09.008.
 13. Pasquariello M. S., Mastrobuoni F. D. Agronomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa. *Scientia Horticulturae*. 2015. № 191 (6). P. 1–9. doi: 10.1016/j.scienta.2015.04.036.
 14. 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. Vol. 38. P. 100789. doi: 10.1016/j.fbio.2020.100789.
 15. Roderick J. W. Bio-active products from fruit of the feijoa. *Food Chemistry*. 2010. № 121 (4). P. 923–926. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.01.047.
 16. Верховна Рада України. *Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії*. НАКАЗ Міністерство охорони здоров'я України від 03.09.2017 р. 2017. № 1073. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text> (дата звернення: 03.12.2023).
 17. Amer A. A., Elgohary R., Ibrahim F. M., Taha H. S. Anticoagulant effect of *Feijoa sellowiana* extracts generated by different biotechnological techniques. *Heliyon*. April 2023. Vol. 9 (4). P. 15444. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e15444.
 18. Smeriglio A., Denaro M., De Francesco C., Cornara L., Barrea D. Feijoa Fruit Peel: Micro-morphological Features, Evaluation of Phytochemical Profile, and Biological Properties of Its Essential Oil. *Antioxidants*. 2019. № 8 (8). P. 320. doi: 10.3390/antiox8080320.
 19. Ielpo M. T. L., Basile A., Miranda R. Immunopharmacological properties of flavonoids. *Fitoterapia*. 2000. № 71 (1). P. 101–109. doi: 10.1016/S0367-326X(00)00184.
 20. Santos P. H., Kammers j. C., Silva A. P., Oliveira J. V., Hense H. Antioxidant and antibacterial compounds from feijoa leaf extracts obtained by pressurized liquid extraction and supercritical fluid extraction. *Food Chemistry*. May 2021. Vol. 344 (15). P. 128620. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128620.
 21. Cebi N., Sagdic O. Characterization of Feijoa sellowiana leaves based on volatile and phenolic compound compositions and antimicrobial properties. *Food Sci. Technol (Campinas)*. 2022. Vol. 42. P. 14221. doi: 10.1590/fst.14221.
 22. Basile A., Vuotto M. L., Violante U. Antibacterial activity in *Actinidia chinensis*, *Feijoa sellowiana* and *Aberia caffra*. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 1997. № 8 (3). P. 199–203. doi: 10.1016/S0924-8579(97)00376-2.
 23. Fazli F., Babaei A., Nokhodchi F., Moazeni M., Fazli H., Nahvi N., Ebrahimnejad P. Biofabrication of silver nanoparticles with *Feijoa sellowiana* tailored by box-behken design: An eco-friendly approach to enhance antifungal properties in Children's toothpaste. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 2024. P. 105361. doi: 10.1016/j.jddst.2024.105361.
 24. 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. Vol. 428. P. 136819. doi: 10.1016/j.foodchem.2023.136819.
 25. Liu J., Wang T., Huang B., Zhuang Yu., Hu Yo., Fei P. Pectin modified with phenolic acids: Evaluation of their emulsification properties, antioxidation activities, and antibacterial activities. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. Vol. 174. P. 485–493. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.01.190.
 26. Farzaliiev E. B., Okten S. Production and characterization of fruit jam with activated pectin using wild hawthorn puree (*Crataegus monogyna Jacq.*). *Natural Product Research*. 2023. doi: 10.1080/14786419.2023.2283760.
 27. Калугіна І. М., Дзюба Н. А., Дубина 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. doi: 10.31866/2616-468.6.1.2023.278475.
 28. Iorgacheva E. G., Makarova O. V., Avetisyan K. V. Regulation of structural and rheological properties of jelly and whipped masses for two-layer marmalade. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. Vol. 2. № 12 (68). P. 122–127. doi: 10.15587/1729-4061.2014.23380.
 29. Goralchuk A., Grinchenko O., Riabets O., Kotlyar O. Food dispersion systems process stabilization. A review. *Ukrainian Food Journal*. 2019. № 8 (4). P. 699–732. doi: 10.24263/2304-974X-2019-8-4-4.

30. Sokolovska I. O., Kambulova J. V., Overchuk N. O. Study of the water binding in the gel systems of pectin and sodium alginate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 2. № 11 (80). P. 4–11. doi: 10.15587/1729-4061.2016.65746.
31. Ofoli R. Y., Morgan R. G., Steffe J. F. A generalized rheological model for inelastic fluid foods. *Journal of Texture Studies*. 2007. № 18 (3). P. 213–230. doi: 10.1111/j.1745-4603.1987.tb00899.x.
32. Cerbelaud M., Mortier F., Semaan H., Gerhards J., Crespin B., Ferrando R., Videcoq A. Numerical study of the effect of particle size dispersion on order within colloidal assemblies. *Materialstoday Communications*. 2024. Vol. 38. P. 107973. doi: 10.1016/j.mtcomm.2023.107973.
33. Архіпов В. В. *Ресторанна справа: Асортимент, технологія, управління якості продукції у сучасному ресторані. 3-тє вид. навч. посіб.* К. «Центр учбової літератури», 2019. 382 с.
9. Anandha Rao M. *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications*. Springer-Verlag US, 2007. 482 p. doi: 10.1007/978-0-387-70930-7.
10. Cherevko O. I., Poperechnyj A. M. *Procesy i aparaty xarchovy'x vy'robny'cztv: pidruchny'k. – 2-e vy'dannya, dop. ta vy'pr [Processes and devices of food production: a textbook. – 2nd edition, add. and ex.]*. Kharkiv. Svit Knyg, 2014. 495 p.
11. Govorun T. P., Budnyk A. F., Yuskayev V. B. *Fizy'chni vlastyivosti i metody doslidzhennya materialiv: navch. posib [Physical properties and methods of materials research: teaching. manual]*. Sumy. Sumskiy derzhavnyj universytet, 2014. 255 p.
12. Fan Zhu. Chemical and biological properties of feijoa (*Acca sellowiana*). *Trends in Food Science & Technology*, 2018, Vol. 81, pp. 121–131, doi: 10.1016/j.tifs.2018.09.008.
13. Pasquariello M. S., Mastrobuoni F. D. Agronomic, nutraceutical and molecular variability of feijoa. *Scientia Horticulturae*, 2015, no. 191 (6), pp. 1–9, doi: 10.1016/j.scienta.2015.04.036.
14. 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*, 2020, Vol. 38, p.100789, doi: 10.1016/j.fbio.2020.100789.
15. Roderick J. W. Bio-active products from fruit of the feijoa. *Food Chemistry*, 2010, no. 121 (4), pp. 923–926, doi: 10.1016/j.foodchem.2010.01.047.
16. Verxovna Rada Ukrainy. *Pro zatverdzhennya Norm fiziologichnyx potreb naseleennya Ukrainy v osnovnyx xarchovy'x rehovynax i energiyi [On the approval of the norms of physiological needs of the population of Ukraine in basic food substances and energy]*. NAKAZ Ministerstvo oxorony zdorov'ya Ukrainy vid 03.09.2017, 2017, no 1073. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1206-17#Text> (accessed 03.12.2023).
17. Amer A. A., Elgohary R., Ibrahim F. M., Taha H. S. Anticoagulant effect of Feijoa sellowiana extracts generated by different biotechnological techniques. *Heliyon*, 2023, Vol. 9 (4), p. 15444, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e15444.
18. Smeriglio A., Denaro M., De Francesco C., Cornara L., Barreca D. Feijoa Fruit Peel: Micro-morphological Features, Evaluation of Phytochemical Profile, and Biological Properties of Its Essential Oil. *Antioxidants*, 2019, no. 8 (8), p. 320, doi: 10.3390/antiox8080320.
19. Ielpo M. T. L., Basile A., Miranda R. Immunopharmacological properties of flavonoids. *Fitoterapia*, 2000, no. 71 (1), pp. 101–109, doi: 10.1016/S0367-326X(00)00184.
20. Santos P. H., Kammers j. C., Silva A. P., Oliveira J. V., Hense H. Antioxidant and antibacterial compounds from feijoa leaf extracts obtained by pressurized liquid extraction and supercritical fluid extraction. *Food Chemistry*, 2021, Vol. 344 (15), p. 128620, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128620.
21. Cebi N., Sagdic O. Characterization of Feijoa sellowiana leaves based on volatile and phenolic compound compositions and antimicrobial properties. *Food Sci. Technol (Campinas)*, 2022, Vol. 42, p. 14221, doi: 10.1590/fst.14221.
22. Basile A., Vuotto M. L., Violante U. Antibacterial activity in *Actinidia chinensis*, Feijoa sellowiana and *Aberia caffra*. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 1997, no. 8 (3), pp. 199–203, doi: 10.1016/S0924-8579(97)00376-2.
23. Fazli F., Babaei A., Nokhodchi F., Moazeni M., Fazli H., Nahvi N., Ebrahimnejad P. Biofabrication of silver

- nanoparticles with Feijoa sellowiana tailored by box-behken design: An eco-friendly approach to enhance antifungal properties in Children's toothpaste. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 2024, p. 105361, doi: 10.1016/j.jddst.2024.105361.
24. 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, Vol. 428, p. 136819, doi: 10.1016/j.foodchem.2023.136819.
25. Liu J., Wang T., Huang B., Zhuang Yu., Hu Yo., Fei P. Pectin modified with phenolic acids: Evaluation of their emulsification properties, antioxidation activities, and antibacterial activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 31 March 2021, Vol. 174, pp. 485–493, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.01.190.
26. Farzaliev E. B., Okten S. Production and characterization of fruit jam with activated pectin using wild hawthorn puree (*Crataegus monogyna* Jacq.). *Natural Product Research*, 2023, doi: 10.1080/14786419.2023.2283760.
27. Kalugina I. M., Dzyuba N. A., Dubyna A. A. Teknologiya solodky`x strav iz vy`kory`stannyam diyety`chny`x dobavok dlya zakladiv restorannogo gospodarstva [Technology of sweet dishes using dietary supplements for restaurants]. *Restoranny`j i gotel`ny`j konsalty`ng. Innovaciyi*, 2023, Vol. 6, no. 1, pp. 110–124, doi: 10.31866/2616-7468.6.1.2023.278475.
28. Iorgacheva E. G., Makarova O. V., Avetisyan K. V. Regulation of structural and rheological properties of jelly and whipped masses for two-layer marmalade. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2014, Vol. 2, no. 12 (68), pp. 122–127, doi: 10.15587/1729-4061.2014.23380.
29. Goralchuk A., Grinchenko O., Riabets O., Kotlyar O. Food dispersion systems process stabilization. A review. *Ukrainian Food Journal*, 2019, no. 8 (4), pp. 699–732, doi: 10.24263/2304-974X-2019-8-4-4.
30. Sokolovska I. O., Kambulova J. V., Overchuk N. O. Study of the water binding in the gel systems of pectin and sodium alginate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, Vol. 2, no. 11 (80), pp. 4–11, doi: 10.15587/1729-4061.2016.65746.
31. Ofoli R. Y., Morgan R. G., Steffe J. F. A generalized rheological model for inelastic fluid foods. *Journal of Texture Studies*, January 2007, no. 18 (3), pp. 213–230, doi: 10.1111/j.1745-4603.1987.tb00899.x.
32. Cerbelaud M., Mortier F., Semaan H., Gerhards J., Crespin B., Ferrando R., Videcoq A. Numerical study of the effect of particle size dispersion on order within colloidal assemblies. *Materialstoday Communications*, March 2024, Vol. 38, p. 107973, doi: 10.1016/j.mtcomm.2023.107973.
33. Arxipov V. V. *Restoranna sprava: Asorty`ment, texnologiya, upravlinnya yakosti produkciyi u suchasnomu restorani. 3-tye vy`d. navch. posib [Restaurant business: Assortment, technology, product quality management in a modern restaurant. 3rd edition. education manual]*. Kyiv. Centr uchbovoyi literatury, 2019. 382 p.

Відомості про авторів (About authors)

Калугіна Ірина Михайлівна – кандидат технічних наук, доцент, Одеський національний технологічний університет, доцент кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування; м. Одеса, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3385-9722>; e-mail: ik101273@gmail.com.

Kalugina Iryna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Associate Professor, Department of restaurant and healthy food technologies, Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3385-9722>; e-mail: ik101273@gmail.com.

Поплавська Світлана Олександрівна – асистент, Одеський національний технологічний університет, асистент кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування; м. Одеса, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1097-2439>; e-mail: ifc.technolog@gmail.com.

Poplavska Svitlana – assistant, Department of restaurant and healthy food technologies, Odesa National University of Technology, Odesa, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1097-2439>; e-mail: ifc.technolog@gmail.com.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Калугіна І. М., Поплавська С. О. Структурно-механічні властивості мусу з фейхоа. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2024. № 1 (19). С. 49-57. doi:10.20998/2413-4295.2024.01.07.

Please cite this article as:

Kalugina I., Poplavska S. Structural and mechanical properties of feijoa mousse. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2024, no. 1(19), pp. 49-57, doi:10.20998/2413-4295.2024.01.07.

*Надійшла (received) 07.02.2024
Прийнята (accepted) 09.03.2024*