

Стадник І. Я., д-р техн. наук, професор¹
Матенчук Л. Ю., канд. с-г. наук, доцент²
Новак Л. Л., канд. с-г. наук, доцент²
Федорів В. М., канд. техн. наук, доцент³

¹ Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна, e-mail: igorstadnykk@gmail.com.

² Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна, e-mail: 22102210g@ukr.net.

³ Подільський державний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна, e-mail: fedoriv55@ukr.net.

СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАРЦИПАНОВИХ ПАСТ

UDK 664.641.1

Stadnyk I. Ya., Grand PhD of Engineering Science, Professor¹
Metenchuk L. U., PhD in Agricultural sciences, Associate Professor²
Novak L. L., PhD in Agricultural sciences, Associate Professor²
Fedoriv V. M., PhD in Engineering sciences, Associate Professor³

¹ Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine, e-mail: igorstadnykk@gmail.com.

² Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine, e-mail: 22102210g@ukr.net.

³ Podillia State University, Kaminech-Podilsk, Ukraine, e-mail: fedoriv55@ukr.net.

STRUCTURAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF MARZIPAN PASTES

Мета — дати наукове обґрунтування використання молочної сироватки сухої демінералізованої (МССД) та гліцерину на характеристики модельних композицій марципанових паст. Дослідити технологічну доцільність використання гліцерину у складі марципанових паст з МССД з метою підвищення їх пластичності і піддатливості при збереженні високих формувальних властивостей.

Методи. Для досліджень використано: молочна сироватка суха демінералізована, виготовлена із сироватки підсирної із 90 %-м рівнем демінералізації згідно із ТУ У 15.5-00413890-089:2014; марципанова паста, виготовлена за традиційною технологією; модельні системи марципанових паст із додаванням МССД у концентраціях 10–40 % та гліцерину харчового (ТУ У 10.8-40570177-001:2016) у кількості 1–6% від загальної маси сухих компонентів марципанової маси (мигдального ядра та цукрової пудри). Дослідження реологічних властивостей контрольних та дослідних зразків здійснювали за допомогою пласкопаралельного пластометра модифікації Толстого. Дослідження поверхневих характеристик контрольних та дослідних зразків проведено на динамометрі, підключеному до вимірювального приладу MIG-1.3. Міцність адгезії визначали методом нормального відриву сталеві пластили від структурованого тіла (марципанової пасту).

Результати. Наведено результати досліджень реологічних і адгезійних характеристик марципанових паст з молочною сироваткою сухою демінералізованою та гліцерином. Встановлений позитивний вплив МССД та гліцерину на характеристики модельних композицій марципанових паст. Підтверджено компонентну сумісність МССД та мигдального горі-

Надійшла до редакції 10.04.2021 р.

© І. Я. Стадник, Л. Ю. Матенчук,
Л. Л. Новак, В. М. Федорів, 2021

ха. Експериментально встановлено, що МССД та гліцерин призводить до змін структурного стану марципанових паст, змінюючи кількісні значення реологічних характеристик. Підтверджено, що з підвищенням концентрації МССД зростають показники деформації і пластичності. Знижуються показники пружності та еластичності марципанових паст, що в цілому призводить до підвищення формувальної здатності. Проведено вплив на поверхневі властивості марципанових паст із молочною сироваткою сухою демінералізованою та гліцерином. Обґрунтовано технологічну доцільність використання гліцерину у складі марципанових паст з МССД з метою підвищення їх пластичності і піддатливості при збереженні високих формувальних властивостей.

Ключові слова: марципанова паста, адгезія, молочна суха сироватка, гліцерин, реологічні властивості, моделювання

Постановка проблеми. З виходом країни на новий рівень ринкових відносин змінилась асортиментна політика харчової промисловості взагалі та кондитерської, зокрема. В умовах ринкової конкуренції все більше уваги приділяється рівню естетичності кондитерської продукції. Асортимент кондитерських виробів та напівфабрикатів, що виробляється в нашій країні, різноманітний, безперервно змінюється і нараховує близько 5000 найменувань.

Удосконалення технологічних процесів є один з основних напрямів в харчовій промисловості. Він передбачає вивчення зміни фізико-хімічних властивостей при використанні різноманітних методів впливу на природні сировинні матеріали, які використовуються для харчування людини. Широкі можливості в цьому напрямку відкриваються при створенні таких умов процесу, які забезпечують комплексний вплив на сировину. Тому основними технологічними напрямками в розробці нових видів кондитерських виробів та напівфабрикатів є вдосконалення асортименту продукції для дитячого та дієтичного харчування, збільшення кількості білка, зниження вмісту вуглеводів, і, в першу чергу, цукру. Для вирішення поставленої мети останнім часом широкого застосування набуло додавання різних наповнювачів до складу мас, які збагачують продукт біологічно активними речовинами.

Сучасні оздоблювальні напівфабрикати для кондитерських виробів представлені широким асортиментом різноманітних кремів, помад, пластичних мас з шоколаду, марципану, цукру, малювальних мас, посипань, литих прикрас з карамелі та ін. Особливе місце серед оздоблювальних кондитерських напівфабрикатів займає марципанова маса із суміші сирих ядер мигдалю, абрикосів або горіхів. Внаслідок ексклюзивності органолептичних властивостей та багатофункціональності використання в різних напрямках кондитерського виробництва [1], марципанова паста має необхідний комплекс речовин для організму людини.

Враховуючи високий рівень імпортозалежності, виробництво марципану в Україні обмежене, адже 80 % мигдального ядра, спожитого в Україні, є продуктом закордонного виробництва. Це зумовлює потребу пошуку нових інгредієнтів вітчизняного виробництва, які дозволять зменшити частку імпортозалежної сировини в рецептурах марципанових мас та знизити собівартість готових виробів. При цьому важливо зберігати типовий марципановий смак, аромат і структуру продукту, а також підвищити його біологічну та харчову цінність. Тому удосконалення існуючих технологій марципанових паст повинно ґрунтуватися на використанні нетрадиційної рослинної сировини, спрямованої на підвищення біологічної цінності, зниження енергоємності, покращення смако-ароматичних та функціонально-технологічних властивостей.

Більш жорсткі вимоги споживачів до смакових якостей кондитерських продуктів при обмеженій сировинній базі та зниженні якості вихідної сировини спонукають науковців до створення нового напрямку в кондитерській промисловості — розробки комбінованих харчових продуктів на сировинній основі певних регіонів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Більша частина кондитерських виробів складається з цукру або іншої солодкої речовини (меду, ксиліту, сорбіту), а також патоки,

різних фруктів і ягід, молока, вершкового масла, какао-бобів, ядер горіхів, борошна та інших компонентів. В основному, це солодкі продукти, що відрізняються приємним смаком і ароматом, гарним зовнішнім виглядом, високою харчовою цінністю, калорійністю і доброю засвоюваністю.

В роботі [2] відзначено, що вибір параметрів процесу передбачає проведення комплексних досліджень, які дозволяють виявити характер змін структури і властивостей як окремих компонентів сировини, так і сировинного матеріалу в цілому.

Розроблені технології марципанових паст [3, 4] спрямовані на пошук і дослідження фізіологічних та технологічних властивостей нетрадиційної сировини, яка за вмістом біологічно активних речовин може бути віднесена до так званих функціональних інгредієнтів, вивчення їх впливу на хід приготування та формування якості продукції.

В роботах [5] відзначено, що оптимальну за якістю марципанову масу можна отримати із солодкого мигдалевого горіху із додаванням 1–2% гіркого. Його обмеженість у використанні обумовлена небезпекою утворення синильної кислоти з амігдаліну.

В роботах [6] визначено шляхи посилення смакових та ароматичних показників марципанових паст. До їх рецептурного складу можливо включати різноманітну нетрадиційну сировину, таку як шрот кави, порошок із цикорію, насіння бундука.

Використання природних підсолоджувачів у технології марципанових паст, а саме: сиропу агаві, еритролу, стевіозиду, палатінози, дозволяють в значній мірі зменшити високу калорійність [7]. Відомі технології марципанових мас [7, 8], в яких як наповнювачі використовують різноманітні види лляного, ячмінного, гречаного, кукурудзяного, сочевиного, рисового, горохового борошна, що збільшують внутрішні сили зчеплення компонентів марципанових мас. Такі наповнювачі краще зв'язують вологу і сприяють утворенню більш однорідної і пластичної структури суміші в процесі формування.

Використання добавок для збагачення нутрієнтного складу має значний вплив на зміну кольору та смаку даної продукції. В результаті виникають проблеми при тонуванні марципанової пасти та отриманні відповідної кольорової гами. Це робить даний вид оздоблювального напівфабрикату непридатним для покриття кондитерських виробів та моделювання фігурних оздоблювальних напівфабрикатів.

Процес виробництва паст можна розглядати як сукупність процесів зміни реологічних характеристик утвореного напівфабрикату згідно з рецептурою під дією біологічних, фізичних і механічних чинників. З іншого боку зміна реологічних характеристик впливає на вибір конструкції і режими роботи обладнання. Тому комплекс реологічних (структурно-механічних) властивостей марципанових паст є найважливішим, що передбачає їх стан в найрізноманітніших технологічних процесах та характеризують агрегатний стан, дисперсність, будову, структуру і вид взаємодії.

Встановлено [9], що методи і засоби визначення реологічних характеристик при різних видах деформації впливають на якість продукції. На наш погляд, в роботах [10] наведено деякі приклади розрахунків технологічних процесів і обладнання, що спрямовано на дослідження фізико-механічних властивостей середовища. Такий підхід дозволяє удосконалити та інтенсифікувати технологічний процес, розробити науково обґрунтовані методи розрахунку технології формування марципанових паст.

Відомо [11], що МССД використовують при виготовленні кондитерських виробів як заміник згущеного або сухого молока при виробництві вершкової карамелі, ірису, помадки, глазури, шоколаду. В результаті аналізу літературних і патентних джерел виявлено широке застосування гліцерину в рецептурному складі пастоподібних оздоблювальних напівфабрикатів. Гліцерин [12] в технологіях цукрових паст використовується для зменшення липкості (адгезії) харчової системи, він надає м'якості пастам, покращує формувальні властивості, робить їх більш піддатливими в процесі виготовлення оздоблювальних напівфабрикатів. Це визначає актуальність досліджень щодо доцільності застосування гліцерину у технологіях марципанових паст з МССД.

Актуальність пошуку нових рецептурних інгредієнтів для марципанових мас для часткової заміни мигдального борошна, використання яких може одночасно вирішити

ряд технологічних завдань щодо забезпечення заданих органолептичних і реологічних властивостей, достатньо висока. Одночасно, удосконалення технологічного процесу вимагає оптимального підходу по виборі рецептури марципанових паст й встановлення реологічних зв'язків, що найбільш реальні для рішення задачі при формуванні напівфабрикатів та виробів.

Мета статті. Дана робота спрямована на створення та дослідження перспективи використання марципанової пасти на основі раціональної концентрації гліцерину з молочною сироваткою сухою демінералізованою. Оцінка основної закономірності зміни рецептурного складу і властивостей марципанової пасти [10] ґрунтується на оптимальних параметрах і режимах за певних реологічних властивостей. Рецептурний склад встановлює вірогідність отриманих результатів структуроутворення, необхідних для опису споживчих властивостей.

Тому забезпечення в рецептурному складі марципанових паст раціональної концентрації гліцерину з молочною сироваткою сухою демінералізованою заданих (бажаних) реологічних, поверхневих характеристик, дозволить сприяти в тій чи іншій мірі у технологічній доцільності її використання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Теоретична оцінка адгезії в даний час дуже приблизна, що пояснюється не тільки недосконалістю рівнянь, за якими розраховуються сили міжмолекулярних зв'язків, але й тим, що неможливо оцінити реальну кількість зв'язків, які припадають на одиницю площі. Крім того, важко оцінити справжню площу контакту, яка завжди при візуальній спостереженні значно більша, завдяки наявності шорсткості в поверхневому шарі.

Адгезія [13] як поверхнєве явище пов'язана з реологічними параметрами і характеризує об'ємні властивості марципанових паст. Вона виникає на межі розподілу двох фаз різнорідних конденсованих тіл: марципанова паста — одна фаза, поверхня контакту — друга фаза, що викликає зчеплення. Об'ємні властивості пасти визначають площу контакту двох тіл, що впливає на величину адгезії та її наслідок, який характеризує стан поверхні після видалення прилиплої маси пасти.

У адгезії є супутні явища [9], які характеризують об'ємні властивості харчових мас та істотно впливають на адгезійну взаємодію компонентів марципанових паст. Вплив об'ємних характеристик [11] харчових мас на поверхнєві властивості можна простежити, розглядаючи співвідношення адгезії та когезії. У разі адгезії має місце межа розподілу фаз, для когезії така межа відсутня. Когезія — це опір тіла руйнування, пов'язаного з подоланням сил взаємодії між атомами і молекулами на поверхні розділу і означає зв'язок всередині марципанових паст, тобто в межах однієї фази.

В процесі прикладання зусиль на марципанову пасту при її нанесенні на заготовку відбувається фрекційна взаємодія їх поверхонь. Характер течії маси марципанової пасти у вигляді різного профілю визначається структурно-механічними властивостями та силою взаємодії (прилипання) із поверхнями контакту. Отже, величину адгезії в даному випадку характеризуємо силою відриву, питомою роботою відриву відносно одиниці площі, часом контакту для зміни умов зв'язку між субстратом і адгезивом при дії навантаження. Для цього процесу характерним є максимальне збільшення сил взаємодії пасти із площею контакту заготовки. Порушення цих взаємних співвідношень призводить до випуску неякісної продукції та зменшення ефективності процесу. Явище взаємодії вище згаданих тіл досить мало вивчені, а природа адгезії вимагає дослідження. Природу адгезії пояснюють дифузійною і електричною теорією. Адгезія завжди є результатом міжмолекулярної взаємодії поверхонь, різних за своєю природою.

У харчовій помисловості існує багато процесів, в яких одночасно взаємодіють сили тертя і адгезії. Ці явища виникають при відносному зміщенні контактуючих поверхонь двох тіл. Закон виражає пропорційність сил тертя до нормального навантаження. Деякі дослідники [14, 15] вважають, що єдиною причиною зовнішнього тертя є сили притягання між поверхнями тіл. При адгезії рідких і пружно-пластичних харчових мас може виникати хімічний зв'язок.

Оперуючи такими термодинамічними поняттями, як вільна поверхнева енергія і поверхневий натяг, можна описати деякі етапи адгезійної взаємодії процесу нанесення марципанової пасти на поверхню борошняної кондитерської заготовки (рис. 1). Незважаючи на виключну важливість, процеси змочування і адгезії до цих пір недостатньо зрозумілі, вивчення їх продовжується в усіх розвинених країнах. Дослідників тепер особливо цікавить кінетика змочування, нерівноважне змочування та інші сторони процесів змочування. Природу їх взаємодії розглядаємо як процес, що відбувається на межі контакту трьох фаз. Змочування — це також прояв молекулярних сил, прояв спорідненості адгезиву до субстрату.

В роботі [16] використано методику вивчення поверхневого натягу на межі розділу між фазами, що дозволило отримати дуже достовірні дані досліджень. Вивчення змочування різних субстратів представляє інтерес в тому відношенні, що дозволяє виявити спорідненість адгезиву до субстрату, порівняти молекулярні сили, що діють в різних системах «адгезив — субстрат».

Всі відомі методи і пристрої визначення поверхневого натягу розглянуті і проаналізовані в роботах [14, 15]. Причому, в роботі авторів [17] описані технічні засоби, які дають можливість автоматизувати процес вимірювання.

При нанесенні марципанової пасти на тверду поверхню заготовки, як відзначено раніше, відбувається процес мимовільного збільшення площі контакту та має місце змочування. Шар пасти, що наноситься по поверхні твердої кондитерської заготовки є особливим фізичним об'єктом, форма і структура якої визначено рецептурним складом. В роботі [14] відзначено, що нанесення в'язкої рідини при її текучості залежить від умов зовнішнього середовища і властивостей поверхні, на яку наносять.

Запропоновані марципанові пасти повинні забезпечувати плавне їх нанесення (змочування) поверхні субстрату, а також міжфазовий контакт між адгезивом і субстратом і міжфазну або адсорбційну взаємодія на межі двох фаз. Для досягнення хорошого нанесення пасти (змочування) із хорошою адгезією, необхідно, щоб поверхневий натяг адгезиву був більшим поверхневого натягу субстрату. Явище змочування пов'язано зі співвідношенням поверхневих натягів (σ) адгезиву і субстрату.

При розробці рецептурного складу марципанових паст було проведено цілий комплекс реологічних досліджень. Для уточнення ролі гліцерину та МССД здійснено планування і постановку обчислювальних експериментів з одержанням відповідних рівнянь регресії. Залежність структурно-механічних властивостей паст від вмісту МССД та гліцерину були побудовані за методом довільного плану експерименту. Область пошуку одержаних даних результатів експериментального масиву оптимальної масової частки МССД та гліцерину в марципанових пастах проведена за відомими методиками та методами статистичного оброблення з використанням відомої методики кореляційного та регресійного аналізу експериментальних результатів з використанням диференціальних операторів програми MathCAD-14 для одержання емпіричних рівнянь регресії, що дозволяє якісно і кількісно оцінити характеристики при підборі інгредієнтів матриці [15]. Нами визначені математичні залежності основних структурно-механічних показників марципанових паст від вмісту гліцерину та МССД, які мають вигляд:

1. За показником міцності:

$$Y_{ПКВ} = -2,35x^2 - 1,25x_1^2 - 3,14x_3^2 + 0,13x_1x_2 - 1,52x_1x_3 + 0,89x_2x_3 + 7,27x_1 + 4,81x_2 - 6,73x_3 + 21,07;$$

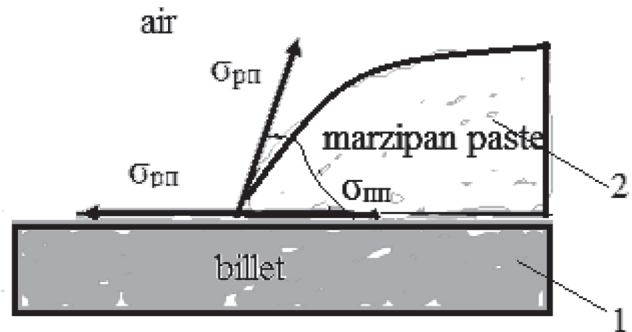


Рисунок 1 — Рівновага сил, що впливає на кут контакту марципанової пасти (2) з поверхнею заготовки (1)

$$Y1_{MФВ} = -1,08x_1^2 - 0,48x_2^2 - 0,26x_3^2 + 0,09x_1x_2 - 0,87x_1x_3 + 1,02x_2x_3 + 5,48x_1 + 3,48x_2 - 4,27x_3 + 7,12$$

2. За показником розтяжності:

$$Y2_{ПКВ} = 116x10^{0,41}x_1 - 0,05x_2^2 - 2,12x_2^2 + 4,67x_1x_2 - 2,37x_1x_3 + 0,16x_2x_3 + 9,67x_1 + 0,44x_2 - 7,56x_3 + 97,14.$$

3. За показником здатності до формування:

$$Y3_{MФВ} = -0,18x_1^2 - 0,73x_2^2 - 261x_2^2 + 0,04x_1x_2 - 294x_1x_3 + 7,45x_2x_3 + 245x_1 + 357x_2 + 1,54x_3 + 28.$$

де $Y1_{ПКВ}$ — міцність марципанової пасти, бали; $Y1_{MФВ}$ — міцність марципанової пасти МФВ, бали; $Y2_{ПКВ}$ — розтяжність марципанової пасти ПКВ, бали; $Y3_{MФВ}$ — здатність до формування, бали; x_1 — вміст МЯ та ЦП, %; x_2 — вміст гліцерину, %; x_3 — вміст МССД, %.

Шляхом інтегрування отримано функції та визначено області оптимальних параметрів вмісту гліцерину та МССД у марципанових пастах (табл. 1).

Таблиця 1 — Область оптимальних параметрів вмісту гліцерину та МССД у марципанових пастах

Моделльні композиції марципанових паст	X_1 (гліцерин), %			X_2 (МССД) %		
	$X_{1\min}$	$X_{1\max}$	Оптимальне значення	$X_{2\min}$	$X_{2\max}$	Оптимальне значення
Марципанова паста (МФВ)	4,8	5,3	5,0	27,0	33,7	30,0
Марципанова паста (ПКВ)	4,4	4,5	5,0	18,2	22,4	20,0

Оптимальні значення обрані шляхом заокруглення оптимізованих значень в межах компромісних областей з метою полегшення дозування компонентів рецептури марципанових паст у виробничих умовах.

Висновки. Вивчення процесів нанесення марципанових паст на кондитерські напівфабрикати дозволило визначити і обґрунтувати раціональність їх рецептурного складу. Відповідно були визначені змінні фактори, критерії оптимізації, а також знайдена область визначення факторів. За результатами реологічних досліджень встановлено, що не рекомендується збільшувати концентрацію гліцерину понад 5 %. Методом компромісних рішень визначено зони раціональних концентрацій МССД та гліцерину у складі марципанових паст. Підтверджено можливість внесення МССД у рецептурний склад марципанових паст у концентрації 10–20 %, що дає змогу покращити їх сенсорні, технологічні та функціональні властивості. Визначені реологічні характеристики дозволяють якісного виготовлення кондитерських виробів.

Список літератури

1. Тамова М. Ю., Щикарев А. Н., Басюк А. С. Тенденції та інновації світової кондитерської галузі. *Научные труды КубГТУ*. 2015. Вип. 14. С. 176–183.
2. Сирохман І. В., Лозова Т. М. Товарознавство цукру, меду, кондитерських виробів : підручник. Київ : Центр навчальної літератури. 2008. 616 с.
3. Apet T. K., Pashuk Z. N. Handbook of confectionery production technologist. SPb : GIORD. 2004. 560 p.
4. Pat. 2015152421. Method of production of marzipan tiles: US Pat. 2616785 Russia; declared 07.12.2015; publ. 18.04.2017, Bull. No 11.
5. Чорна Г. А., Савенкова Т. В., Сидорова О. С., Голуб О. В. Кондитерські вироби для здорового харчування. *Продукти харчування та сировина*. 2015. Вип. 3. № 1. С. 40–48. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8189-5_1.
6. Adamson, A. W., Gast, A. P. (2007). Physical chemistry of surfaces: 6th ed. New York, USA: Wiley-Interscience, 804 p.
7. Pat. No. 20150211. (2015). Method of production of marzipan tiles for functional purposes: US Pat. 2583090 Russia. No; declared 11/02/2015; publ. 08.04.2016, Bull. No 13.

8. Pat. No. 20150141. (2016). Confectionery mixture for making persipan: S Pat. 2592109 Russia; declared 14.04.2015; publ. 28.06.2016, Bull. No 20.
9. Stadnyk, I., Piddubnyi, V., Karpyk, H., Kravchenko, M., Hidzhelitskyi, V. (2019). Adhesion effect on environment process injection. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 429–437. <https://doi.org/10.5219/1078>.
10. Kravchenko, M., Rybchuk, L., Fedorova, D., Romanenko, R., Piddubnyi, M., Danyliuk, V., Palamarek, K., Marusyak, T., Nezveshchuk-Kohut, T. Determining the rational concentration of dry demineralized whey in a formulation for marzipan pastes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 1/11. No. 103. P. 22–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192505>.
11. Kozlova O. A. Study of Properties of Structure-Stabilizing Agents for Products Based on Dairy Raw Materials. *Foods and Raw Materials*. 2014. Vol. 2. № 2. P. 16–25. <https://doi.org/10.12737/5455>.
12. Гуленко Л., Сибілева Є., Животкевич Л. Рецепти: тістечка, бісквіти, булочки. Київ : Укрхлібпром, 2013. 600 с.
13. Adamson, A. W. (2006). Physical chemistry of surfaces. 3 rd ed. New York, USA: Wiley-Interscience, 698 p.
14. Zeynep, F., Sifa, T. (2014). Determination of the effects of some artificial sweeteners on human peripheral lymphocytes using the comet assay. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, vol. 6, no. 8, pp. 147–153. <https://doi.org/10.5897/JTEHS2014.0313>.
15. Fernandez, M. L., Santos, M. E. (2018). Effects of consuming sweeteners on metabolic disorders. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 34–38. <https://doi.org/10.30881/jnfrt.00008>.
16. Shanina, O., Galyasnyj, I., Gavrysh, T., Dugina, K., Sukhenko, Y., Sukhenko, V., Miedviedieva, N., Mushtruk, M., Rozbytka, T., Slobodyanyuk, N. (2020). Development of gluten-free non-yeasted dough structure as factor of bread quality formation. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 13, 2019, no. 1, pp. 971–983. <https://doi.org/10.5219/1201>.
17. Fisher, L. R. (2019). Measurement of Small Contact Angles for Sessile drops. *Col. Inter. Sci.*, vol. 72, no. 2, pp. 200–205. [https://doi.org/10.1016/0021-9797\(79\)90101-2](https://doi.org/10.1016/0021-9797(79)90101-2).

References

1. Tamova, M. Y., Shchikarev, A. N., Basyuk, A. S. (2015). *Tendentsii ta innovatsii svitovoi kondyterskoi haluzi* [Trends and innovations of the global confectionery industry]. *Nauchnye trudy KubGTU* [Scientific works of KubSTU], Vol. 14, pp. 176–183.
2. Sirohman, I. V., Lozova, T. M. (2008). *Tovaroznavstvo tsukru, medu, kondyterskykh vyrobiv* [Commodity of sugar, honey, confectionery]. Kyiv, Center for Educational Literature, 616 p.
3. Apet, T. K., Pashuk, Z. N. (2004). Handbook of confectionery production technologist. SPb, GIORD Publ., 560 p.
4. Pat. No. 2015152421 (2015). Method of production of marzipan tiles: US Pat. 2616785 Russia; declared 07.12.2015; publ. 18.04.2017, Bull. No 11.
5. Chorrna, G. A., Savenkovab, T. V., Sidorovac, O. S., Golub, O. V. (2015). *Kondyterski vyroby dlia zdorovoho kharchuvannia* [Confectionery goods for ealthy diet]. *Produkty kharchuvannia ta syrovyna* [Foods and Raw Materials], vol. 3, no. 1, pp. 40–48. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8189-5_1.
6. Adamson, A. W., Gast, A. P. (2007). Physical chemistry of surfaces: 6th ed. New York, USA: Wiley-Interscience, 804 p.
7. Pat. No. 20150211 (2015). Method of production of marzipan tiles for functional purposes: US Pat. 2583090 Russia. No; declared 11/02/2015; publ. 08.04.2016, Bull. No 13.
8. Pat. No. 20150141 (2016). Confectionery mixture for making persipan: S Pat. 2592109 Russia; declared 14.04.2015; publ. 28.06.2016, Bull. No 20.
9. Stadnyk, I., Piddubnyi, V., Karpyk, H., Kravchenko, M., Hidzhelitskyi, V. (2019). Adhesion effect on environment process injection. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 429–437. <https://doi.org/10.5219/1078>.

10. Kravchenko, M., Rybchuk, L., Fedorova, D., Romanenko, R., Piddubnyi, M., Danyliuk, V., Palamarek, K., Marusyak, T., Nezveshchuk-Kohut, T. (2020). Determining the rational concentration of dry demineralized whey in a formulation for marzipan pastes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 1/11, no. 103, pp. 22–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192505>.
11. Kozlova, O. (2014). A Study of Properties of Structure-Stabilizing Agents for Products Based on Dairy Raw Materials. *Foods and Raw Materials*, vol. 2, no. 2, pp. 16–25. <https://doi.org/10.12737/5455>.
12. Gulenko, L., Sibileva, E., Zhyvotkevych, L. (2013). *Retsepty: tistechka, biskvity, bulochky* [Recipes: cakes, sponge cakes, rolls]. Kyiv, UKRKHLIBPROM Publ., 600 p.
13. Adamson, A. W. (2006). *Physical chemistry of surfaces*. 3rd ed. New York, USA: Wiley-Interscience, 698 p.
14. Zeynep, F., Sifa, T. (2014). Determination of the effects of some artificial sweeteners on human peripheral lymphocytes using the comet assay. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, vol. 6, no. 8, pp. 147–153. <https://doi.org/10.5897/JTEHS2014.0313>.
15. Fernandez, M. L., Santos, M. E. (2018). Effects of consuming sweeteners on metabolic disorders. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 34–38. <https://doi.org/10.30881/jnfrt.00008>.
16. Shanina, O., Galyasnyj, I., Gavrysh, T., Dugina, K., Sukhenko, Y., Sukhenko, V., Miedviedieva, N., Mushtruk, M., Rozbytyska, T., Slobodyanyuk, N. (2020). Development of gluten-free non-yeasted dough structure as factor of bread quality formation. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 13, 2019, no. 1, pp. 971–983. <https://doi.org/10.5219/1201>.
17. Fisher, L. R. (2019). Measurement of Small Contact Angles for Sessile drops. *Col. Inter. Sci.*, vol. 72, no. 2, pp. 200–205. [https://doi.org/10.1016/0021-9797\(79\)90101-2](https://doi.org/10.1016/0021-9797(79)90101-2).

Objective is to give a scientific justification for the use of dry demineralized whey (DDW) and glycerin on the characteristics of model compositions of marzipan pastes. To investigate the technological feasibility of using glycerin in the composition of marzipan pastes with DDW in order to increase their plasticity and pliability while maintaining high molding properties.

Methods. For research used: dry demineralized whey, made from cheese whey with 90 % level of demineralization according to TU U 15.5-00413890-089: 2014; marzipan paste made using traditional technology; model systems of marzipan pastes with the addition of DDW in concentrations of 10–40 %, and food glycerin (TU U 10.8-40570177-001: 2016) — 1–6% of the total mass of dry components of marzipan mass (almond kernel and powdered sugar). The study of the rheological properties of the control and experimental samples was carried out using a plane-parallel plastometer of the Tolstoy modification. The study of the surface characteristics of the control and prototypes was carried out on a dynamometer connected to a MIG-1.3 measuring device. The adhesion strength was determined by the method of normal tearing of a steel plate from a structured body (marzipan paste).

Results. The results of researches of rheological and adhesion characteristics of marzipan pastes with DDW and glycerin are given. The positive effect of dry demineralized whey and glycerin on the characteristics of model compositions of marzipan pastes has been established. The component compatibility of DDW and almonds has been confirmed. It has been experimentally established that DDW and glycerin lead to changes in the structural state of marzipan pastes, changing the quantitative values of rheological characteristics. It is confirmed that with increasing DDW concentration, the indicators of deformation and plasticity increase. The indicators of elasticity and resilience of marzipan paste decrease, which in general leads to an increase in molding ability. The surface effect on the properties of marzipan pastes with dry demineralized whey and glycerin was carried out. The technological expediency of using glycerin in the composition of marzipan pastes with DDW to increase their plasticity and pliability while maintaining high molding properties is substantiated.

Key words: marzipan paste; adhesion; dry demineralized whey; glycerin; rheological properties; modeling.