

УДК 664

DOI <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2025-2-2>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДЕСОРБЦІЇ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЗАВАРНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З ПОРОШКОМ КЕРОБУ

А. Ю. БОЖКО, аспірантка;

С. І. УСАТЮК, кандидат технічних наук, доцент;

А. І. МАРИНІН, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;

Р. С. СВЯТНЕНКО, кандидат технічних наук
(Національний університет харчових технологій)

Анотація. Використання рослинної сировини у виробництві борошняних кондитерських виробів для подовження терміну їх придатності зумовлено зменшенням кількості синтетичних консервантів, та підвищенням функціональної цінності та безпечності готової продукції. Оскільки рослинна сировина містить широкий спектр біологічно активних речовин, які мають виражені антиоксидантні та антимікробні властивості, це дозволяє пригнічувати розвиток мікрофлори, уповільнювати окислювальні процеси та зберігати органолептичні властивості харчових продуктів впродовж тривалого часу.

Кондитерські виробни класифікують у залежності від домінуючого фактору в процесі зберігання на такі, що схильні до мікробіологічного псування, втрати вологості, окиснювальних процесів, або фізико-хімічних змін, які визначають їх якість і термін придатності. Сучасні методи визначення термінів придатності можуть включати математичне моделювання та імітування впливу часу на харчовий продукт. Показник активності води є ключовим фактором для дослідження процесів сорбції/десорбції у кондитерських виробках.

Проаналізовано перспективність використання нетрадиційної рослинної сировини у виробництві кондитерських виробів та її вплив на властивості виробів впродовж зберігання. Досліджено використання у виробництві заварних напівфабрикатів порошку кербу як багатофункціонального інгредієнта, який не тільки сприяє підвищенню біологічної цінності отриманих напівфабрикатів, а й позитивно впливає на термін придатності виробів до споживання.

Досліджено зміну масової частки вологості заварних напівфабрикатів впродовж 12 діб зберігання та встановлено термін придатності до споживання досліджуваних зразків: з какао – 3...4, з порошком кербу типу Dry та Dark – 6...7, Light та Medium – 8...9, в контролі – 5...6 діб. Активність води у досліджуваних зразках Контроль та Какао при зберіганні зменшується на 29 %, що свідчить про подібність їх вологоутримуючих властивостей.

Ізотерми десорбції демонструють вплив типу порошку кербу на швидкість втрати вологості. У зразках з додаванням кербу типів Medium та Dark встановлено середній рівень втрати вологості, в той час як у зразку з кербом типу Dry засвідчено найвираженішу десорбцію, а зразок з кербом типу Light виявляє найкращий показник щодо уповільнення процесу десорбції.

Ключові слова: кондитерські виробни, заварний напівфабрикат, порошок кербу, зберігання, ізотерма десорбції.

Постановка проблеми в загальному вигляді.

При зберіганні кондитерських виробів відбувається зміна органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників, що обумовлюється складними процесами. Тому необхідно з безлічі процесів, що відбуваються при зберіганні, обрати головний, який і буде визначати рекомендований термін зберігання, оскільки кондитерську продукцію класифікують в залежності від домінуючого фактору в процесі зберігання, який включає: мікробіологічні процеси, сорбційно-десорбційні процеси, зміну ліпідної фракції [1].

Для науковців та практиків кондитерської галузі актуальним є пошук ефективних рішень, спрямованих на сповільнення черствіння борошняних виробів, яке досягається введенням додаткової сировини, удосконаленням способів приготування тіста, підбором оптимального режиму випікання, вибором раціонального режиму зберігання готових виробів, удосконаленням пакувальних матеріалів тощо.

До інгредієнтів, що сповільняють процеси черствіння борошняних виробів, можна віднести карагенан, суху клейковину, лецитин, фруктові та овочеві порошки, солодові препарати, інвертний сироп, продукти гідролізу крохмалю, білоквмісна сировина і жирові продукти, які утворюють комплекси з крохмальними полісахаридами, що перешкоджають агрегації амілози і амілопектину, та одночасно збагачують борошняні кондитерські виробни біологічно цінними компонентами [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До сучасних способів визначення термінів придатності харчових продуктів відносять:

- випробування за показниками відповідно до вимог нормативної документації на конкретний продукт;
- математичне моделювання (встановлення зміни якості харчових продуктів із прогнозуванням терміну зберігання);

– прискорене старіння (імітування впливу часу на харчовий продукт).

Випробування конкретного харчового продукту за показниками відповідно до вимог нормативної документації можуть бути проведені за наступних умов зберігання:

– за оптимальних для підтримки найбільш тривалого реального терміну зберігання;

– за усереднених, які можна застосувати для терміну зберігання, прийнятного як для виробника, так і для споживача;

– за екстремальних, які забезпечують безпечність продукту за умов, що виходять за межі передбачених для конкретного продукту, і спрямовані на максимальне подовження терміну придатності.

Для визначення терміну придатності залежно від виду продукту і механізмів його псування, як правило, проводять наступні види досліджень: органолептичні, структурно-механічні, хімічні, мікробіологічні [3].

Для збільшення термінів придатності кондитерських виробів використовують консерванти такі як сорбінова та бензойна кислоти, дія яких направлена на попередження розвитку у продукті дріжджів і пліснявих грибів. При розробленні нових видів кондитерських виробів з підвищеною харчовою цінністю та з подовженням терміном зберігання доцільніше використовувати напівфабрикати з рослинної сировини, які крім природних консервантів містять комплекс біологічноактивних речовин.

Перспективною сировиною для виробництва таких напівфабрикатів є дикорослі ягоди, до яких відноситься горобина звичайна та журавлина болотна, оскільки, вміст сорбінової кислоти у пюре з горобини становить 226 мг на 100 г продукту, а пюре з журавлини містить 122 мг бензойної кислоти. Отже ці напівфабрикати, що містять консерванти, можуть бути ефективними у виробництві кондитерських виробів, які мають високу масову частку вологи та показник активності води більший, ніж 0,65.

Аналіз мікробіологічних показників білково-збивних кремів з додаванням пюре горобини та журавлини, в процесі зберігання показав, що швидкість зростання кількості мікроорганізмів у солодошах досить невисока. Показник загального обсіменіння у всіх зразках, крім контрольного, навіть на 45 добу зберігання не перевищує норму (5×10^4 КУО/кг для білкового крему). Виявлена кількість дріжджів та пліснявих грибів у всіх зразках не перевищувала межі 50 та 100 КУО/кг відповідно, що регламентовані нормативним документом на даний вид продукту. Сповільнений розвиток мікрофлори у білково-збивних кремах з додаванням пюре горобини та журавлини можна пояснити наявністю: природних консервантів;

пектинових речовин та клітковини, які зв'язують вільну вологу та знижують показник активності води; органічних кислот, які збільшують кислотність, що перешкоджає активному розмноженню мікроорганізмів [4].

Пісочно-шоколадне печиво з додаванням порошку ріпаку характеризується підвищеним вмістом калію, кальцію, магнію, фосфору, натрію, заліза, зменшеним вмістом жиру, кількість загальної золи у ньому зростає на 7,3%, харчових волокон – на 27,3%. З метою підвищення масової частки загального цукру, редукувальних цукрів, білку, клітковини та поліпшення смакових якостей здобного печива рекомендується пшеничне борошно вищого гатунку замінювати житнім. До складу цукрового печива з метою зниження калорійності, підвищення його харчової цінності та збільшення терміну зберігання до 4 місяців пропонується вводити борошно тритикале.

Дослідженнями також встановлено доцільність використання солоду житнього ферментованого з метою сповільнення процесу черствіння та зменшення усихання кексів на 0,5%. Суміш пшеничного борошна і амаранту в поєднанні з гліцерином сприятливо позначається на якості цукрового печива та пряників, оскільки біологічна цінність продукції зростає на 31,9% відносно контролю.

Доведено позитивний вплив нутового, кукурудзяного і пшонаного борошна, борошна бобів нуту і порошку бульбоплодів топінамбуру на якість та харчову цінність збивного печива і кексів [5].

Досліджено вплив інноваційних інгредієнтів (кукурудзяне і вівсяне борошно, молочна сироватка, порошки квітів липи серцелистої та м'яти перцевої, меду, порошку квітового пилку, гарбузової олії, квасолевого порошку та порошку прополісу) на сповільнення процесів черствіння в борошняних кондитерських виробках на прикладі кексів. Визначено форму зв'язку вологи у виробках методом термогравіметричного аналізу, порівнюючи з контрольним зразком, виготовленим за традиційною рецептурою. Результати свідчать, що використані природні інноваційні інгредієнти завдяки вмісту гідрофільних та вологоутримуючих речовин сприяють зростанню вмісту міцно зв'язаної вологи на 15,9...17,4 % та сповільненню її втрати. Також збільшення кількості зв'язаної вологи в збагачених кексах пов'язано зі здатністю частинок порошкоподібних добавок адсорбувати та утримувати вільну вологу під час відновлення, що дає змогу подовжити збереженість виробів із використаними інноваційними інгредієнтами [6].

Вчені ХДУХТ дослідили вплив порошоків з виноградних кісточок (ПВК), з макухи виноградних кісточок (ПМВК) та з виноградних шкірочок (ПВШ) на процеси, що протікають під час зберігання кондитерської продукції. Вплив виноградних порошоків на процеси гідролізу та

окиснення жирів вивчали за зміною їх кислотного та пероксидного чисел для зразків здобного печива і отримані дані свідчать, що під час зберігання печива накопичення вільних жирних кислот та пероксидних сполук у контрольному зразку протікає швидше, ніж у дослідних зразках. Антимікробні властивості виноградних порошків вивчали на зразках кондитерської глазури та глазурованих нею виробів. Встановлено, що додавання виноградних порошків призводить до зниження показника МАФАНМ більше, ніж у два рази. Кількість споруутворювальних бактерій в контрольних зразках глазури більша у 3 рази, ніж у глазури з додаванням виноградних порошків, але знаходиться в межах норми [7].

Інноваційним варіантом збільшення термінів зберігання борошняних кондитерських виробів є застосування в пакуванні наноматеріалів. Даний метод набуває широкого розповсюдження в Європі, США, Китаї та Японії. Оператори ринку пропонують екологічно чисту упаковку з деревини як альтернативу полімерній, оскільки вона безпечна для навколишнього середовища і її можна використовувати тривалий період. Упаковка зі шпону досить давно активно використовується в країнах ЄС виробниками кондитерських та хлібобулочних виробів [8].

Досліджено вплив пакувальних матеріалів, які доступні до використання на вітчизняних підприємствах: картонні коробки з поліетиленовою укладкою, полістиролові контейнери з кришкою, пакети з поліаміду і поліетилену харчового (товщина – 40 мкм) із модифікованим газовим середовищем (МГС) (20 % CO_2 і 80 % N_2) та вакуумні пакети з металізованого поліпропілену харчового (товщина – 25 мкм) на термін зберігання вафельних тортів. Порівнювалися результати досліджень контрольного зразка – вафельний торт «Сюрприз», виготовлений згідно з ДСТУ 4803:2013, та розробленого торта поліпшеного складу «Гречанка», з додаванням у начинку порошку трави гречки (5% до маси жиру), молока сухого знежиреного, солоду житнього ферментованого (2 % до маси жиру) та аскорбінової кислоти, какао-порошок у рецептурі даного торта замінено кербом. Вакуумні пакети з металізованого поліпропілену та пакети з поліаміду і поліетилену харчового з модифікованим газовим середовищем блокують перебіг окислювальних процесів у жировій фракції начинки вафельних тортів і зберігають органолептичні показники, що комплексно сприяє збільшенню терміну придатності вафельних тортів до 3-х місяців [9].

Борук С.Д. провів дослідження з визначення антиоксидантної здатності порошку кербу (низького, середнього та високого ступеня термічної обробки) і какао-порошку, їх вплив на органолептичні характеристики пісочного печива.

Антиоксидантну активність речовин було визначено за їх здатністю поглинати вільні радикали. Антиоксидантна здатність какао-порошку у водному розчині без центрифугування становить 53,3 %, а кербу – 71,6...72,5 %, тобто на 18,3...19,2 % більше, вміст поліфенолів у какао-порошку на 180...170 мг/г менший, ніж у порошок кербу. Така залежність спостерігається при використанні як екстрагента спирту та води з осадом або без нього. Проведення термічної обробки порошку кербу призводить до зростання частки поліфенолів, здатних екстрагуватися з твердої фази. Встановлено, що антиоксидантна здатність досліджуваних добавок у складі пісочного печива під час його випікання зменшується, причому в порошок кербу – на 10...12 %, а у какао-порошок – вдвічі. Органолептичні показники пісочного печива з вмістом какао-порошку та порошку кербу – форма, поверхня, колір м'якушки, смак та запах, вигляд у розломі, стан м'якушки, консистенція відповідають вимогам, встановленим в ДСТУ 3781:2014 «Печиво. Загальні технічні умови», що надає можливість рекомендувати його до застосування у виробництві кондитерських виробів [10].

Науковці розробили спосіб виробництва безглютенових кексів на основі гречаного борошна з порошком кербу. Порошок кербу добре поєднується з гречаним борошном за кольором, маскує специфічний присмак гречки у кексах, надає виробам шоколадного смаку та аромату. Проведено порівняння вологостримуючої здатності картопляного і кукурудзяного крохмалю, гречаного борошна, порошка кербу та встановлено, що для картопляного крохмалю цей показник становить 192%, кукурудзяного крохмалю – 162%, гречаного борошна – 312%, порошка кербу – 178%. Використання порошку кербу для збагачення кексів з гречаного борошна є доцільним, адже зменшується енергетична цінність виробів та відбувається збагачення кексів харчовими волокнами, вітамінами, незамінними амінокислотами, фосфором, кальцієм, магнієм [11].

Вчені Вальядолідського університету в Іспанії проводили дослідження по заміні рисового борошна (15 %) на порошок кербу з трьома різними ступенями обсмажування (низького, середнього та високого) під час виготовлення безглютенових борошняних кондитерських виробів. Додавання порошку кербу при виготовленні кексів підвищує в'язкість тіста, а тісту для печива додає еластичності. Додавання порошку з низьким ступенем обсмажування не впливає на питомий об'єм та твердість тіста, але зменшує черствість коржів [12].

Згідно проаналізованих даних, порошок кербу має позитивний вплив на реологічні властивості борошняних кондитерських виробів,

оскільки гігроскопічність порошку впливає на в'язкість тіста, а також даний порошок проявляє антиоксидантні та вологоутримуючі властивості, тому є перспективним поліфункціональним харчовим інгредієнтом для застосування у виробництві борошняних кондитерських виробів [13].

Для контролю мікробіологічної безпечності кондитерських виробів під час зберігання використовують показник активності води, який характеризує співвідношення «вільної» і «зв'язаної» вологи у харчовому продукті.

Активність води (A_w) – це відношення тиску парів води над даним продуктом до тиску парів над чистою водою при тій же температурі [14].

За величиною активності води кондитерські вироби поділяють на:

1) із низькою вологістю ($A_w = 0,0 \dots 0,60$; $W =$ менше 13%): галети, крекер, затяжне і цукрове печиво, вафлі, вафельні торти;

2) із проміжною вологістю ($A_w = 0,60 \dots 0,90$; $W = 13 \dots 35$ %): пряники, кекси, комбіноване бісквітне печиво;

3) із високою вологістю ($A_w = 0,90 \dots 1,0$; $W =$ більше 35 %): бісквітні торти.

Вважається, що саме показник активності води в харчових продуктах з однаковою масовою часткою вологи наразі частіше використовується для прогнозування змін реологічних показників харчових систем, ніж масова частка вологи [15].

Використання ізотерм сорбції/десорбції демонструє, що процес часто не обмежується формуванням моношару, і при низьких значеннях відносного тиску утворюються – полімолекулярні шари. Для детального аналізу ізотерм застосовують класифікація Брунауера-Еммета-Теллера (БЕТ), що включає п'ять основних типів ізотерм:

Тип I – відповідає утворенню моношару (рівняння Ленгмюра).

Тип II – характерний для формування багатшарової структури.

Тип III – рідкісний, який описує сорбцію за низької енергії зв'язування молекул першого шару.

Типи IV і V – притаманні матеріалам з розвинутою внутрішньою пористою структурою, часто з петлею гістерезису через капілярну конденсацію [16, 17].

Формування цілей статті. Мета дослідження полягає у встановленні впливу порошку керобу на процеси, що відбуваються під час зберігання заварних напівфабрикатів.

Дослідження проводили на кафедрі експертизи харчових продуктів та Проблемній науково-дослідній лабораторії Національного університету харчових технологій для зразків заварних напівфабрикатів із традиційного тіста (Контроль), заварних напівфабрикатів із тіста з додаванням порошку керобу (типів: Dry, Light, Medium, Dark) та какао-порошку.

Для проведення досліджень використовували порошок керобу країни походження Іспанія, отриманий згідно вимог ТУ У 10.6-2949619066-001:2019 «Борошно із стручків ріжкового дерева. Технічні умови». Зразки зберігали у картонному пакуванні впродовж 12 діб за температури 6 ± 2 °C. Визначення масової частки вологи проводили методом прискореного висушування, активність води визначали за допомогою «HygroLab-2» згідно вимог ДСТУ ISO 21807:2007 «Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Метод визначення активності води (ISO 21807:2004, IDT)».

Виклад основного матеріалу дослідження. Більшість кондитерських виробів здатні поглинати з навколишнього середовища пари води, або, навпаки, випаровувати частину води, що міститься в них. Графічним відображенням залежності між рівноважною вологістю харчового продукту і відносною вологістю повітря одержують ізотерму сорбції або десорбції. Для більшості кондитерських виробів характерними є сорбційні (гігроскопічні) властивості.

На основі ізотерм сорбції або десорбції можна встановити критичну вологість харчового продукту за певної відносної вологості повітря і температури, форму зв'язку води у виробі, оптимальні умови зберігання тощо. Внаслідок сорбції або десорбції вологи якості основних видів кондитерських виробів переважно знижується.

Дослідження масової частки вологи заварних напівфабрикатів наведено на рис. 1.

Масова частка вологи поступово зменшується у всіх досліджуваних зразках, що зумовлено інтенсивними процесами десорбції, тобто поступового зневоднення заварних напівфабрикатів. Втрата вологи пов'язана з переміщенням води із внутрішніх шарів тіста на поверхню виробів та її подальшим випаровуванням у навколишнє середовище. Інтенсивність зміни даного показника залежить від рецептурних особливостей заварних напівфабрикатів та фізико-хімічних властивостей порошку керобу різного типу обсмажування [20].

Використовуючи вимоги нормативних документів, де зазначено що масова частка вологи заварних напівфабрикатів становить $W = 21 \pm 5$ % та аналізуючи результати отриманих досліджень, представлених на рис.1, можна встановити, що термін придатності до споживання досліджуваних зразків становить: з какао – 3...4, контролю – 5...6, з порошком керобу типу Dry та Dark – 6...7, Light та Medium – 8...9 діб.

За результатами досліджень, можна зазначити, що активність води зменшується при зберіганні зразків виробів впродовж 12 діб з порошком керобу типу на: Light 16,5; Medium – 20,4; Dark – 26,7; в контролі та з какао – 29; з керобом типу Dry – 32,1 %, що свідчить про переважання процесів десорбції.

За результатами досліджень побудовано ізотерми десорбції, які демонструють залежність масової частки води від активності води у досліджуваних зразках впродовж зберігання (рис. 2).

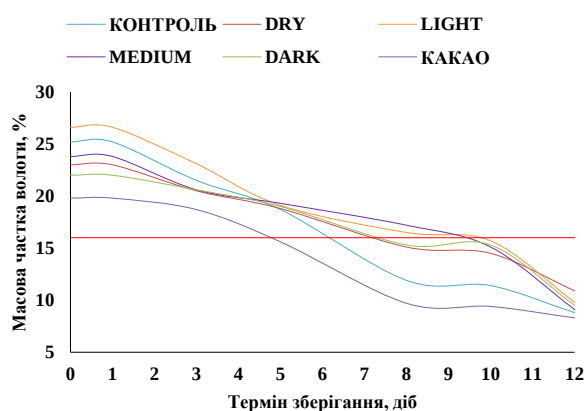


Рис. 1. Зміна вологості заварних напівфабрикатів впродовж зберігання

Ізотерми мають типовий для харчових систем сигмоїдний (S-подібний) характер, що відповідає ізотермам II типу за класифікацією Брунауера–Еммета–Теллера, що вказує на багатопористий механізм сорбції-десорбції вологи.

Зразок Light характеризується найменшим зниженням активності води, що свідчить про його стабілізуючий вплив на вологоутримання. Ізотерма в даному випадку зміщена у бік вищих значень вологості за однакової A_w . Зразок Medium показує середній рівень втрати активності води, а ізотерма займає проміжне положення між Light та Dark.

Зразок Dark, а особливо Dry демонструють найвираженішу десорбцію. Ізотерми цих зразків більш пологі на середніх значеннях A_w , що вказує на підвищену гігроскопічність та схильність до швидкої втрати вологи. Це можна пояснити відмінностями у структурі частинок та їх гігроскопічності: темніше обсмажені або сухіші зразки мають більшу пористість і здатність до зв'язування вологи, що сприяє активнішій десорбції.

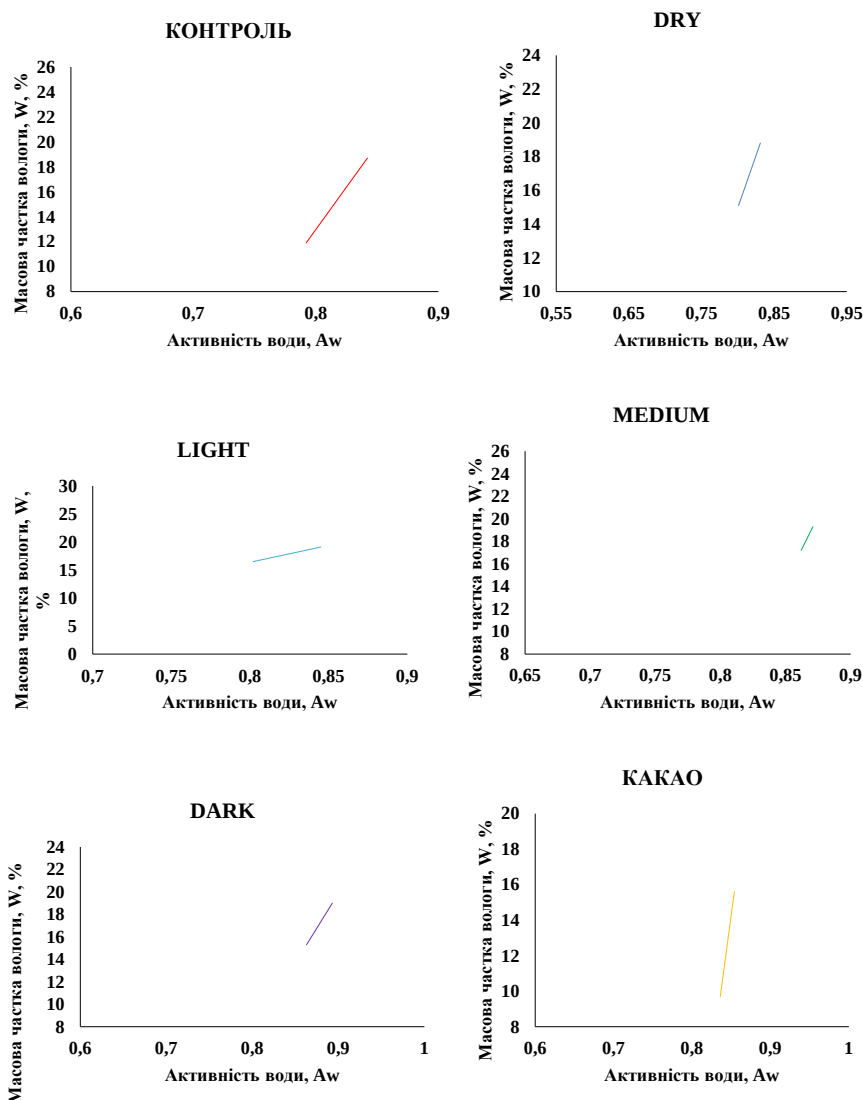


Рис. 2. Ізотерми десорбції заварних напівфабрикатів протягом зберігання

Зразки Контроль та Какао мають близькі показники, що вказує на подібні вологоутримуючі властивості.

Таким чином, додавання порошку керобу дозволяє регулювати вологоутримуючу здатність заварних напівфабрикатів. Отже, ізотерми чітко демонструють, що вибір типу порошку керобу впливає на швидкість і характер втрати вологи. Найбільш сприятливим із точки зору збільшення терміну придатності заварних напівфабрикатів є використання порошку керобу типу Light, який сприяє уповільненню процесів десорбції.

Використання порошку керобу типу Dry, навпаки, призводить до найшвидшого усихання виробів, що зумовлено підвищеною гігроскопічністю та пористістю його частинок, які інтенсифікують процеси десорбції. Дані властивості обмежують його застосування у виробництві заварних напівфабрикатів.

Зниження активності води є позитивним фактором у контексті зберігання, оскільки сприяє зменшенню ризику розвитку мікрофлори та подовженню термінів придатності. Водночас надмірна втрата вологи може негативно позначитися на органолептичних властивостях (пружність, ніжність, смакові характеристики) та викликати надмірне висихання виробів.

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі.

Зниження активності води є закономірним процесом під час зберігання заварних напівфабрикатів, однак його інтенсивність істотно залежить від типу використаного порошку керобу. Оптимальним з точки зору збереження вологи та подовження терміну придатності виявився порошок керобу типу Light, тоді як застосування типу Dry спричинило найшвидшу втрату вологи. Таким чином, ступінь обсмаження та структура порошку керобу можуть бути використані як регулятори вологоутримувальної здатності кондитерських виробів.

Отже, введення порошку керобу у склад заварних напівфабрикатів може розглядатися як фактор, що дозволяє регулювати процеси вологоутримання та десорбції під час зберігання. Найбільш збалансованим з точки зору збереження структурно-механічних та мікробіологічних властивостей виявився зразок із порошком керобу типу Light, що підтверджує доцільність його використання у виробництві заварних виробів.

Для остаточного визначення рекомендованого терміну придатності заварних тістечок з додаванням порошку керобу необхідно провести дослідження мікробіологічних показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ткаченко А. С., Губа Л. М. Дослідження змін показників якості та безпечності печива органічного у процесі зберігання. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2020. № 24. С. 80–85. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-24-11>
2. Гаврилишин В. В., Лебединець А. І. Дослідження проблем черствіння борошняних кондитерських виробів та шляхи їх вирішення. *Сучасні напрями розвитку економіки, підприємництва, технологій та їх правового забезпечення*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Львів: вид-во Львівського торговельно-економічного університету, 2023. С. 268–270.
3. Фролова Н.Е. Сучасні способи визначення термінів зберігання харчових продуктів і шляхи їх розвитку. *Наукові праці НУХТ*. 2018, Том 24, № 5, С. 171–180.
4. Сивній І. І., Оболкіна В. І., Олексієнко Н. В. Практичні аспекти застосування природної сировини для подовження терміну придатності кондитерських виробів. *Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства*: матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль: Крок, 2016. С. 108–110.
5. Лозова Т. М. Інноваційні тенденції у виробництві борошняних кондитерських виробів. *Стратегічні пріоритети розвитку внутрішньої торгівлі України на інноваційних засадах*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Львів: Видавництво ЛТЕУ, 2017. С. 300–301.
6. Лозова Т. М. Дослідження впливу інноваційних інгредієнтів на збереженість впливу борошняних кондитерських виробів. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2017, № 18. С. 72–75. URL: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech/article/view/337/316>
7. Самохвалова О.В., Гревцева Н.В., Брикова Т.М., Городиська О.В. Дослідження впливу виноградних порошоків на процеси, що відбуваються під час зберігання кондитерських виробів. *Актуальні проблеми розвитку ресторанного, готельного та туристичного бізнесу в умовах світової інтеграції: досягнення та перспективи*: тези доп. II Міжнар. наук.-практ. конф., 19-20 вересня 2019 р. Харків: ХДУХТ, 2019. С. 151–154. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/58041>
8. Шерстюк В. П. Нанотехнології та наноматеріали в пакуванні (світлі та темні плями). *Упаковка*. 2020. № 3. С. 30–33.
9. Бойдуник Р. М., Палько Н. С., Давидович О. Я. Інноваційні рішення щодо збереження якості борошняних кондитерських виробів. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2023, № 35. С. 5–13. <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2023-35-01>
10. Борук С.Д. Антиоксидантна здатність та органолептичні характеристики кондитерських виробів з додаванням какао і керобів. *Наукові праці НУХТ*. 2020. Том 26, № 5. С. 190–197.
11. Стеценко Н.О., Іноземцева К.В. Розроблення способу виробництва безглютенових кексів з керобом. *Experience of the past, practice of the future: proceedings of XXXXVIII International scientific conference*, 6 Apr 2019, New York. Morrisville: Lulu Press., 2019. P. 14–20.

12. Roman L., Gonzalez A., Espina T., Gomez M. Degree of roasting of carob flour affecting the properties of gluten-free cakes and cookies. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. 54 (7), P. 2094–2103.
13. Usatiuk S., Bozhko A. Prospects of the use of non-traditional vegetable raw materials in the production of confectionery products. *Food science and technology*. 2023. Vol. 17, Issue 2. P. 57–67. <https://doi.org/10.15673/fst.v17i2.2600>
14. Губський С. М., Дьяков О. Г. Визначення активності води в харчових системах. *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі*: проблеми, перспективи, ефективність: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 18 травня 2017 р. Харків : ХДУХТ, 2017. С. 298–299.
15. Оболкіна В.І., Олексієнко Н.В., Крапивницька І.О. Мікробіологічна безпечність борошняних кондитерських виробів з подовженим терміном придатності. *Хлібний та кондитерський бізнес*. 2018, № 5. С. 25–27.
16. Зінченко Н.Ю., Попова І.В. Вивчення сорбції парів води інуліном. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2020, Том 31 (70) Ч. 2, № 2. С. 17–23. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-2/03>
17. Парашина Н., Точілін М., Мурзін А., Дорохович А. Дослідження сорбційно-десорбційних властивостей суфле на суміші еритритолу та фруктози. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*: матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014 р. Київ, НУХТ. 2014. Ч. 1. С. 200–202. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/16073>
18. Bozhko A.Yu., Usatiuk S.I., Marynin A.I. Research on the influence of carob powder on desorption processes during storage of custard semi-finished products. *Сталій ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес*: тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції, 15 травня 2025 року. ДБТУ, Харків. 2025. С. 129–130. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/48404>

REFERENCES

1. Tkachenko, A. S., & Huba, L. M. (2020). Doslidzhennia zmin pokaznykiv yakosti ta bezpechnosti pechyva orhanichnoho u protsesi zberihannia [Research on changes in the quality and safety indicators of organic cookies during storage]. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky – Bulletin of the LTEU. Technical Sciences*. 24, 80–85. <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-24-11> [in Ukrainian].
2. Havrylyshyn, V. V., & Lebedynets, A. I. (2023). Doslidzhennia problem cherstvinnia boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv ta shliakhy yikh vyrishennia. [Research into the problems of staling of flour confectionery products and ways to solve them]. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii: Suchasni napriamy rozvytku ekonomiky, pidpriemnytstva, tekhnolohii ta yikh pravovoho zabezpechennia – Modern trends in the development of economics, entrepreneurship, technologies and their legal support*. (pp. 268-270). Lviv: vyd-vo Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu [in Ukrainian].
3. Frolova, N.E. (2018). Suchasni sposoby vyznachennia terminiv zberihannia kharchovykh produktiv i shliakhy yikh rozvytku [Modern methods of determining the shelf life of food products and ways of their development]. *Naukovi pratsi NUKhT – Scientific works of the NUFT*. 24 (5), 171–180 [in Ukrainian].
4. Syvni, I. I., Obolkina, V. I., & Oleksienko N. V. (2016). Praktychni aspekty zastosuvannia pryrodnoi syrovyny dlia podovzhennia terminu prydatnosti kondyterskykh vyrobiv [Practical aspects of using natural raw materials to extend the shelf life of confectionery products]. *Materialy III mizhnar. nauk.-prakt. konf.: Ekolohiia i pryrodokorystuvannia v systemi optymizatsii vidnosyn pryrody i suspilstva: – Ecology and nature management in the system of optimizing relations between nature and society*. (pp.108-110). Ternopil: Krok [in Ukrainian].
5. Lozova, T. M. (2017). Innovatsiini tendentsii u vyrobnytstvi boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv [Innovative trends in the production of flour confectionery products]. *Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii: Stratehichni priorytety rozvytku vnutrishnoi torhivli Ukrainy na innovatsiinykh zasadakh – Strategic priorities for the development of domestic trade in Ukraine on an innovative basis*. (pp. 300-301). Lviv: Vydavnytstvo LTEU [in Ukrainian].
6. Lozova, T. M. (2017). Doslidzhennia vplyvu innovatsiinykh inhrediiientiv na zberezhenist vplyvu boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv [Research into the impact of innovative ingredients on the shelf life of flour confectionery products]. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky – Bulletin of the Lviv University of Trade and Economics*. 18, 72–75. Retrieved from <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/visnyk-tech/article/view/337/316> [in Ukrainian].
7. Samokhvalova, O.V., Hrevtseva, N.V., Brykova, T.M., & Horodyska, O.V. (2019). Doslidzhennia vplyvu vynohradnykh poroshkiv na protsesy, shcho vidbuvaiutsia pid chas zberihannia kondyterskykh vyrobiv [Research into the influence of grape powders on the processes occurring during the storage of confectionery products]. *Tezy dop. II Mizhnar. nauk.-prakt. konf.: Aktualni problemy rozvytku restorannoho, hotelnoho ta turystychnoho biznesu v umovakh svitovoi intehtatsii: dosiahnennia ta perspektyvy – Current problems of development of restaurant, hotel and tourism business in conditions of global integration: achievements and prospects*. (pp. 151-154). Kharkiv: KhDUKhT. Retrieved from <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/58041> [in Ukrainian].
8. Sherstiuk, V. P. (2020). Nanotekhnolohii ta nanomaterialy v pakovanni (svitli ta temni pliamy) [Nanotechnologies and nanomaterials in packaging (light and dark spots)]. *Upakovka – Packaging*. 3, 30-33 [in Ukrainian].
9. Boidunyk, R. M., Palko, N. S., & Davydovych, O. Ya. (2023). Innovatsiini rishennia shchodo zberezhenia yakosti boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv [Innovative solutions for preserving the quality of flour confectionery products]. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky – Bulletin of the Lviv University of Trade and Economics*. 35, 5-13. <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2023-35-01> [in Ukrainian].
10. Boruk, S.D. (2020). Antyoksydantna zdattist ta orhanoleptychni kharakterystyky kondyterskykh vyrobiv z dodavanniam kakao i kerobiv [Antioxidant capacity and organoleptic characteristics of confectionery products with the addition of cocoa and carob]. *Naukovi pratsi NUKhT – Scientific works of the NUFT*. 26 (5), 190–197 [in Ukrainian].

11. Stetsenko, N.O., & Inozemtseva, K.V. (2019). Rozroblennia sposobu vyrobnytstva bezghliutenovykh keksiv z kerobom [Development of a method for producing gluten-free carob muffins]. *Experience of the past, practice of the future: proceedings of XXXVIII International scientific conference* (pp. 14-20). New York. Morrisville : Lulu Press. [in Ukrainian].
12. Roman, L., Gonzalez, A., Espina, T., & Gomez, M. (2017). Degree of roasting of carob flour affecting the properties of gluten-free cakes and cookies. *Journal of Food Science and Technology*. 54 (7), 2094–2103.
13. Usatiuk, S., & Bozhko, A. (2023). Prospects of the use of non-traditional vegetable raw materials in the production of confectionery products. *Food science and technology*. 17 (2), 57–67. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v17i2.2600>
14. Hubsykyi, S. M., & Diakov, O. H. (2017). Vyznachennia aktyvnosti vody v kharchovykh systemakh [Determination of water activity in food systems]. *Materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf.: Rozvytok kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho ta hotelnoho hospodarstv i torhivli: problemy, perspektyvy, efektyvnist – Development of food production, restaurant and hotel industry and trade: problems, prospects, efficiency.* (pp. 298–299). Kharkiv: KhDUKhT [in Ukrainian].
15. Obolkina, V.I., Oleksienko, N.V., & Krapyvnytska, I.O. (2018). Mikrobiolohichna bezpechnist boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv z podovzhenym terminom prydatnosti [Microbiological safety of flour confectionery products with extended shelf life]. *Khlibnyi ta kondyterskyi biznes – Bread and confectionery business*. 5, 25-27 [in Ukrainian].
16. Zinchenko, N.Iu., & Popova, I.V. (2020). Vyvchennia sorbtsii pariv vody inulinom [Study of water vapor sorption by inulin]. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky – Scientific notes of the V.I. Vernadsky TNU. Series: technical sciences*, 31 (70), 17-23 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-2/03>
17. Parashchyna, N., Tochilkin, M., Murzin, A., & Dorokhovych, A. (2014). Doslidzhennia sorbtsiino-desorbtsiinykh vlastyvoستي sufle na sumishi erytrytolu ta fruktozy [Study of the sorption-desorption properties of soufflé on a mixture of erythritol and fructose]. *Materialy 80 mizhnarodnoi naukovoï konferentsii molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv: Naukovi zdobutky molodi – vyryshenniu problem kharchuvannia liudstva u XXI stolitti – Scientific achievements of young people - solving the problems of human nutrition in the 21st century.* (pp. 200-202). Kyiv, NUKhT Retrieved from <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/16073> [in Ukrainian].
18. Bozhko, A.Yu., Usatiuk, S.I., & Marynin, A.I. (2025). Research on the influence of carob powder on desorption processes during storage of custard semi-finished products. *Tezy dopovidei II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii: Stalyi lantsiuh kharchuvannia ta bezpeka kriz nauku, znannia ta biznes – Sustainable food chain and security through science, knowledge and business.* (pp. 129-130). Kharkiv, DBTU. Retrieved from <https://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/48404>

A. Bozhko, Postgraduate Student, **S. Usatiuk**, PhD, Associate Professor, **A. Marynin**, PhD, Senior Research Officer, **R. Syvatnenko**, PhD (National University of Food Technology). **Research on the desorption process during storage of custard semi-finished products with carob powder**

Abstract. The use of plant raw materials in the production of flour confectionery products to extend their shelf life is due to a decrease in the amount of synthetic preservatives, and an increase in the functional value and safety of the finished product. Since plant raw materials contain a wide range of biologically active substances that have pronounced antioxidant and antimicrobial properties, this allows you to suppress the development of microflora, slow down oxidative processes and preserve the organoleptic properties of food products for a long time.

Confectionery products are classified depending on the dominant factor during storage into those that are susceptible to microbiological spoilage, moisture loss, oxidative processes, or physical-chemical changes that determine their quality and shelf life. Modern methods for determining shelf life may include mathematical modeling and simulating the effect of time on a food product. Water activity is a key factor for studying the processes of sorption/desorption in confectionery products.

The prospects of using non-traditional plant raw materials in the production of confectionery products and its impact on the properties of products during storage are analyzed. The use of carob powder in the production of custard semi-finished products as a multifunctional ingredient was investigated, which not only contributes to increasing the biological value of the resulting semi-finished products, but also has a positive effect on the shelf life of the products before consumption.

The change in the mass fraction of moisture in custard semi-finished products during 12 days of storage was studied and the shelf life of the studied samples was established: with cocoa - 3...4, with carob powder of the Dry and Dark types - 6...7, Light and Medium - 8...9, in the control - 5...6 days. The water activity in the studied Control and Cocoa samples during storage decreases by 29%, which indicates the similarity of their moisture-retaining properties.

Desorption isotherms demonstrate the effect of the type of carob powder on the rate of moisture loss. The samples with the addition of Medium and Dark types of carob powder an average level of moisture loss, while the sample with Dry type of carob powder the most pronounced desorption, and the sample with Light type of carob powder the best indicator of slowing down the desorption process.

Key words: confectionery, custard semi-finished product, carob powder, storage, desorption isotherm.



Отримано: 25.08.2025
Прийнято: 15.09.2025
Опубліковано: 28.11.2025