

УДК 542.46:637.13-027.267:664-021.4

DOI: 10.15673/swonaft.v88i1.3066

ТЕРМОСТАБІЛЬНИЙ ЗАВАРНИЙ КРЕМ НА ОСНОВІ РЕЗИСТЕНТНОГО КРОХМАЛЮ З ПОДОВЖЕНИМ ТЕРМІНОМ ЗБЕРІГАННЯ

Капустян А.І. д.т.н., професор, Доценко С.Є., магістр, Доценко Н.В., к.т.н., доцент, Науменко К.І., к.т.н., доцент, Гураль Л.С., к.т.н., доцент, Лисюк В.М., к.т.н., доцент
Одеський національний технологічний університет

Анотація. Обґрунтовано використання резистентних крохмалів(РК) та комбінації консервантів для виробництва термостабільних заварних кремів подовженого терміну зберігання. Надано характеристику нутрієнтного складу досліджуваних зразків РК. Встановлено, що вміст легкогідролізованих полісахаридів (ЛГП) у складі Зразків 1 та 2 складає близько 38–49%, Зразків 3 та 4 – 82–88%. Наявність достатньо великої кількості важкогідролізованих полісахаридів (ВГП) у складі РК Зразків 1 та 2 можна пояснити типом крохмалю (РК2, РК3), в яких ланки амілози достатньо жорстко упаковані (кристалічна структура) через генетичні особливості субстратів для отримання крохмалів, чи внаслідок ретроградних змін внаслідок модифікації. Найбільш схильними до перетравлюваності є вуглеводи Зразків 1 та 2, оскільки вони містять достатньо велику кількість ЛГП, представлених крохмалем. Перетравлюваність Зразків 3 та 4 є достатньо низькою, не дивлячись на те що вуглеводна складова представлена переважно ЛГП, що, ймовірно, можна пояснити достатньо глибокою хімічною модифікацією даних об'єктів. Для використання у рецептурі термостабільних заварних кремів рекомендовано РК «PURITY™ 87», оскільки зразки з даним видом РК характеризуються найліпшою консистенцією (при дозуванні 80 г на 500 г крему). Порівняльне оцінювання заварних кремів дозволило констатувати, що найліпшими органолептичними характеристиками володіють натуральний (класичний) заварний крем та крем на основі РК «PURITY™ 87». Заварний крем на основі РК «PURITY™ 87» характеризується гарною консистенцією як до, так і після випікання у складі тістових виробів, на відміну від інших дослідних зразків, отже, пропонується рецептура дозволяє отримати термостабільний заварний крем. Результати вивчення динаміки рН, титрованої кислотності та мікробіологічних критеріїв при зберіганні заварних кремів з консервантами показали, що найбільш вираженою консервувальною дією володіє суміш консервантів калію сорбату та натрію бензоату у дозуванні по 500 мг на 1 кг продукту. Згідно результатів досліджень заварний крем може зберігатися до 5 днів при температурі 12–15°C без ризику мікробіологічного псування. Саме такі температурні режими відповідають умовам зберігання випечених тістових виробів у ритейлах, кав'ярнях та інших закладах громадського харчування. Проведені дослідження дозволили обґрунтувати блок-схему технологічного процесу виробництва заварного термостабільного крему подовженого терміну зберігання на основі резистентного крохмалю, обґрунтувати критичні точки контролю та операційні програми передумови.

Ключові слова: заварний крем, термостабільність, резистентний крохмаль, консерванти, термін зберігання, технологія, критичні контрольні точки.

Вступ. Заварний крем – класична складова деяких кондитерських виробів, володіє відмінними смаковими та поживними характеристиками. Проблема використання заварного крему у якості начинки тістових напівпродуктів є втрата його функціонально-технологічних властивостей, а саме пластичності та консистенції, при термічному обробленні виробів. Для стабілізації характерної текстури заварних кремів доцільним є використання у їхній рецептурі термостабільних гідроколідів, в тому числі модифікованих крохмалів, камеді та ін.. Представляє інтерес вивчення можливості використання резистентних крохмалів у якості структуроутворювальних агентів при виготовленні заварних кремів та дослідження їхньої поведінки при додатковому термообробленні. При розробленні удосконаленої рецептури заварного крему доцільним є пошук шляхів подовження терміну його зберігання, оскільки у контексті забезпечення продовольчої безпеки, мінімізації втрат харчових ресурсів та зниження негативного впливу довкілля дана проблема є глобальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Креми є невід'ємною частиною багатьох кондитерських виробів. Заварні креми характеризуються підвищеним вмістом вологи в порівнянні з іншими типами кремів. У заварному кремі борошно перебуває в оклейстеризованому стані, що в поєднанні з яйцями та молоком створює сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів. Такі креми швидко втрачають якість через активність молочнокислих бактерій, кишкової палички та інших мікробів. Внаслідок цього термін зберігання виробів, що містять заварний крем, не перевищує 6 годин [1]. Заварний крем є неньютонівською рідиною, в'язкість і густина якої можуть бути збільшені шляхом подовження часу нагрівання та підвищення кінцевої

температури приготування. Основними компонентами заварного крему виступають пшеничне борошно, яйця та молоко [1]. Для виготовлення заварних кремів у промислових масштабах використовують суміші гідроколідів, найчастіше модифікованих крохмалів, з метою стабілізації їхньої текстури.

Сьогодні значного поширення набуває використання резистентних крохмалів у якості рецептурних інгредієнтів харчових систем, оскільки вони характеризуються високими функціонально-технологічними та фізіологічними властивостями.

Раніше вважалося, що всі крохмалі піддаються ферментативному перетравленню в травній системі, перш ніж остаточно всмоктуються в кровообіг. Однак, було виявлено унікальний тип крохмалю, який не перетравлюється і не всмоктується в тонкому кишківнику [3-8].

У 1982 році Englyst та ін. [3] вперше назвали цей крохмаль «резистентним крохмалем» (РК). У 1991 році Європейська програма узгоджених дій підтвердила, що РК не перетравлюється і не всмоктується в тонкому кишечнику. Натомість він потрапляє до товстої кишки, де в різній мірі ферментується кишковими мікробами [4].

У 1992 році ФАО Організації Об'єднаних Націй визнала РК загальним терміном для позначення крохмалів та продуктів розщеплення крохмалю, які не можуть перетравлюватися в тонкому кишечнику у здорових людей [3].

На додаток до природних РК, які були спочатку відкритого Енглістом, різні типи РК були синтезовані шляхом штучної модифікації крохмалю [3-4].

Отже, зазвичай крохмаль розщеплюється до глюкози за допомогою травних ферментів у шлунково-кишковому тракті і всмоктується у тонкому кишківнику, тоді як РК має властивості, подібні до харчових волокон. Резистентний крохмаль (РК) можна визначити як тип крохмалю, який ферментується мікрофлорою товстого кишківника, внаслідок чого синтезуються коротколанцюгові жирні кислоти, такі як ацетат, бутират і пропіонат. Стійкість до травлення може бути пов'язана зі структурою крохмалю, яка ускладнює його доступ до дії травних ферментів. Прикладами стійких продуктів, багатих на крохмаль, є незрілі банани, бобові, цілі зерна, горіхи, а також готові та охолоджені крохмалисті страви, такі як рис і картопля.

РК поділяють на п'ять класів залежно від джерела, структури та схильності до перетравлення [5-6].

РК 1 – це фізично інкапсульований крохмаль, в якому крохмальні гранули обгорнуті стінками рослинних клітин або білками, утворюючи фізичний бар'єр, що перешкоджає його контакту з травними ферментами, тому він не може перетравлюватися і всмоктуватися в тонкому кишківнику. Цей тип крохмалю міститься в основному в таких продуктах, як зернові та бобові з недостатнім подрібненням і грубими частинками. Коли крохмаль готують у вигляді цілого зерна, клітинні стінки насіння бобових і білки зерна перешкоджають проникненню води в крохмаль, і крохмаль не може отримати достатню кількість води для набухання і желатинізації, що ускладнює його з'єднання з амілазою для гідролізу. Зміни в методі обробки можуть вплинути на його стійкість і полегшити засвоєння.

РК 2 – це гранула РК, яка має компакту молекулярну структуру з кристалічними вкрапленнями типу В або С, що робить її недоступною для амілази. Цей тип РК в основному міститься в бананах, сирому рисі, сирому борошні та картоплі, а також у кукурудзяному крохмалі з високим вмістом амілози. Такі методи оброблення, як варіння та подрібнення, можуть посилити дію травних ферментів і зменшити вміст РК. Більшість крохмалю втрачає кристалічну структуру типу В або С внаслідок желатинізації після варіння і перетворюється на крохмаль, що швидко перетравлюється.

РК 3 – це зістарений крохмаль, також відомий як ретроградований крохмаль, який є найпоширенішим типом РК. Він утворюється внаслідок старіння та регенерації амілози під час переробки харчових продуктів. В умовах заморожування крохмаль зазнає ретроградації, і довгі ланцюги молекул амілози та амілопектину рекомбінують, утворюючи подвійні спіральні полімери, з'єднані водневими зв'язками, утворюючи короткі лінійні кристали з міцною молекулярною структурою, які ускладнюють розщеплення амілазою в шлунково-кишковому тракті. Витриманий крохмаль має хорошу термостабільність, низьку водоутримувальну здатність і кращі смакові якості, ніж традиційні харчові волокна. Як допоміжна сировина, він мало впливає на колір і смак їжі, а також на вихідні поживні елементи під час процесів приготування та нагрівання, що робить його новим типом харчового інгредієнта з широкими перспективами застосування.

РК 4 – це хімічно модифікований крохмаль, який утворюється шляхом введення нових хімічних груп до природного крохмалю. Серед таких модифікацій – етерифікація, фосфорилування, етилована естерифікація або γ -опромінення, які приводять до зміни молекулярної структури та фізико-хімічних властивостей крохмалю, запобігаючи адсорбції амілази або утворенню поперечних зв'язків. Найпоширенішими модифікованими крохмалю є термоденатурований крохмаль, зшитий крохмаль, ацетилкрохмаль та фосфорильований крохмаль. Модифіковані крохмалі мають текстурні властивості, придатні для різноманітної харчової переробки; наприклад, ацетильований крохмаль за низьких температур стає желатиновим, що робить його ідеальним для додавання в підливи, начинки для пирогів і заправки для салатів; фосфорильований крохмаль має хорошу стійкість до заморожування-розморожування і часто

використовується в заморожених продуктах; а зшитий крохмаль часто використовується як згущувач у консервованих продуктах.

РК5 – це амілозо-ліпідний комплекс, утворений шляхом поєднання амілози з жирними кислотами або жирними спиртами. РК5 зазвичай має V-подібну кристалічну структуру, і його унікальна кристалічна структура зменшує площу контакту між гранулами крохмалю та травними ферментами, що робить його неперетравлюваним. Такі комплекси часто зустрічаються в нативних крохмалях, таких як зернові, соя та кукурудза, і їх вміст може бути збільшений за допомогою високої температури, їх можна приготувати шляхом додавання ліпідів в лабораторних умовах. РК5 має високу температуру желатинізації та сильну термостабільність і схильний до ретроградації.

Як натуральний інгредієнт, РК може мати широке застосування в харчовій та медичній промисловості. РК можна використовувати як харчові добавки, враховуючи їхні функціонально-технологічні властивості, а саме вплив на органолептику продукту, високу водозв'язувальну та водоутримувальну здатність. Деякі РК також здатні підвищувати хрусткість і збільшення об'єму, покращуючи текстуру кінцевого продукту. Приклади застосування РК у різних видах харчових продуктів та їхні очікувані фізіологічні ефекти наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Застосування резистентних крохмалів у різних харчових продуктах та їх переваги

Застосування	Харчові продукти	Тип РК	Переваги	Дже-рело
Хлібо-булочні вироби	Хліб, здоба, печиво, тістечка, торти	РК2, РК3, РК4	Покращена текстура, підвищений вміст харчових волокон, збільшений термін зберігання, знижений глікемічний індекс продуктів.	[6-7]
Макарони та локшина	Спагеті, рис локшина	РК3, РК4	Зниження глікемічного індексу, покращення здоров'я кишечника, збільшення нерозчинних харчових волокон, посилення насичення.	[3-13]
Снеки	Чіпси, сухарики	РК2, РК3	Знижена калорійність, багато клітковини, поживні речовини, низький вміст солі та цукру, запобігає неінфекційним захворюванням, підходяща альтернатива для людей з непереносимістю глютену, покращена засвоюваність.	[13]
Молочні продукти	Йогурт, сир, морозиво	РК2, РК4	Пребіотичні ефекти, підвищена вершковість, підвищений рівень заліза та клітковини, підвищена в'язкість та сенсорні властивості.	[6,8]
М'ясні продукти	Ковбаси, фрикадельки	РК4, РК5	Покращена текстура, заміна жиру та підвищений вміст клітковини, діє як пребіотик.	[14,15]
Сніданки	Крупи, кукурудзяні пластівці, гранола	РК3, РК4	Вищий вміст клітковини, нижча глікемічна відповідь, знижений ризик раку товстої кишки, ішемічної хвороби серця	[16]
Напої	Смузі, замінники їжі	РК2, РК3	Покращене насичення, пребіотична дія, нижчий глікемічний індекс, корисний для здоров'я кишечника, регулює гомеостаз глюкози.	[17]
Безглютенові продукти	Безглютеновий хліб, корж для піци, локшина	РК2, РК3	Покращена текстура, підвищений вміст харчових волокон, кращий поживний профіль, нижчий ризик хронічних дегенеративних захворювань, низький глікемічний індекс та покращення здоров'я кишечника.	[18-20]
Кондитерські вироби	Шоколад, цукерки	РК2, РК4	Зменшений вміст цукру, нижчий глікемічний індекс, багатий на клітковину, з високим вмістом антиоксидантів	[19-21]

Таким чином, РК має ряд фізіологічних ефектів, оскільки він не перетравлюється в тонкому кишківнику. РК може проявляти властивості пребіотиків, сприяючи зростанню пробіотиків у кишківнику. У результаті вживання РК покращується травлення, імунна система і, зрештою, здоров'я кишківника. Це корисно для полегшення симптомів запорів та синдрому подразненого кишківника.

Як дієтична добавка, або функціональний харчових інгредієнт РК може сприяти контролю ваги тіла і затримувати стрибки цукру в крові, забезпечуючи при цьому інші фізіологічні переваги [3,4]. Відповідно, його можна використовувати для розробки продуктів харчування для спеціальних медичних цілей. РК може надати певні переваги для профілактики та лікування хронічних захворювань, таких як діабет, ожиріння та гіперліпідемія. Вплив РК на здоров'я досліджується як на тваринах, так і на людях, а його

фізіологічні механізми вивчаються на молекулярному рівні в клітинних моделях [6]. Крім того, виробництво коротколанцюгових жирних кислот як продукту ферментації стійкого крохмалю в товстому кишківнику може знизити ризик розвитку хронічних захворювань, таких як рак товстої кишки, завдяки своїй протизапальній дії. Резистентний крохмаль сприяє засвоєнню мінералів, в основному кальцію і магнію, які корисні для здоров'я кісток. РК може покращити здоров'я серцево-судинної системи завдяки своїй здатності знижувати рівень холестерину. Люди, які додають РК до свого раціону, можуть скористатися широким спектром переваг для загального благополуччя [7].

У літературі відсутні свідчення використання резистентних крохмалів у виробництві термостабільних заварних кремів, тому метою роботи було обґрунтування рецептури, послідовності технологічних операцій виробництва термостабільного заварного крему подовженого терміну зберігання на основі резистентного крохмалю.

Завдання роботи:

- ~ надати характеристику нутрієнтного складу РК, їхньої водоутримувальної здатності та перетравлюваності;
- ~ обґрунтувати тип та кількість резистентного крохмалю як ефективного структуроутворювача у складі заварного крему, дослідити поведінку крему при додатковому термообробленні;
- ~ обґрунтувати дозування консерванту у складі заварного крему шляхом мікробіологічних досліджень;
- ~ обґрунтувати блок-схему технологічного процесу виробництва заварного крему та критичні контрольні точки.

Матеріали та методи досліджень.

Для досліджень використовували наступні зразки РК: *Зразок 1* – резистентний крохмаль типу РК 2 «HI-MAIZE® 260», виробник Ingredion EMEA Company. Натуральний високоамілозний кукурудзяний крохмаль з високим вмістом харчових волокон; *Зразок 2* резистентний крохмаль типу РК 3 «NOVELOSE® 330», виробник Ingredion EMEA Company; *Зразок 3* – резистентний крохмаль типу РК 4 «VERSAFIBER™ 285», виробник Ingredion EMEA Company, розчинна у холодній воді кукурудзяна клітковина; *Зразок 4* – резистентний крохмаль типу РК 4 «PURITY™ 87», виробник Ingredion EMEA Company, хімічно модифікований харчовий крохмаль з тапіоки, харчова добавка E 1442, відповідає вимогам Регламенту (ЄС) 1333/2008 та Регламенту (ЄС) 231/2012.

Для приготування дослідних зразків заварних кремів використовували наступну сировину: молоко коров'яче пастеризоване ТМ «Селянське», меланж яєчний, цукор білий кристалічний ТМ «Diamant», борошно пшеничне вищого сорту ТМ «Богумила», масло солодковершкове 82,5% ТМ «Молокія», ванілін ТМ «Мрія», суха суміш для заварного крему Cremuso ТМ «Puratos» (склад: пудра цукрова, крохмаль модифікований картопляний E1414, суха молочна сироватка, молочний білок, жир рослинний рафінований (кокосовий), крохмаль кукурудзяний модифікований; стабілізатор пірофосфат тетранатрію E450, трифосфат натрію E451, фосфат натрію E 339, сульфат кальцію E516, агент проти грудкування; діоксид кремнію E551, загущувач: альгінат натрію E401, ароматизатори: ванілін, вершковий, барвник: бета-каротин E160a), сорбат калію E202 ТМ «Клебріг», бензоат натрію E211 ТМ «MyChem».

Характеристика резистентних крохмалів

Вміст жиру визначали методом Сокслета згідно ДСТУ ISO 7302:2003 «Зерно і зернові продукти. Визначення загального вмісту жиру (ISO 7302:1982, IDT)», вміст білка – методом К'ельдаля згідно ДСТУ 8076:2015 «Продукти білкові рослинного походження. Макухи та шроту. Визначення вмісту розчинного протеїну титриметричним методом К'ельдаля».

Визначення легкогідролізованих полісахаридів. Наважку досліджуваного зразка поміщали у колбу і додавали розчин HCl з масовою часткою 2%, гідромодуль 10. Колбу з підключеним зворотним холодильником ставили на киплячу водяну баню на чотири години, охолоджували. Надосадову рідину відділяли від осаду центрифугуванням, визначали в ній вміст редукувальних речовин методом Хагедорна-Йенсена.

Визначення вмісту редукувальних речовин за методом Хагедорна-Йенсена. В кожну з чотирьох пробірок вносили по 2 см³ розчину K₃Fe(CN)₆, в три з них вносили по 0,5 см³ отриманого гідролізату, четверта пробірка – контроль. Пробірки поміщали на киплячу водяну баню на 15 хвилин. Після охолодження в кожну пробірку вносили по 3 см³ розчину KI·ZnSO₄, 2 см³ оцтової кислоти з масовою часткою 3% і 2–3 краплі розчину крохмалю з масовою часткою 1%, в якості індикатора і титрували 0,005 н розчином натрій гіпосульфідом до зникнення забарвлення.

Вміст цукрів розраховували за формулою 1:

$$X = \frac{a \times V \times 100}{1000 \times b \times g}, \% \quad (1)$$

де a – маса глюкози знайдена за таблицею (додаток 2), мг
 V – загальний об'єм досліджуваного гідролізату, см³
 b – об'єм гідролізату, взятого на досвід, см³
 g – маса наважки, взятої на гідроліз, мг

Визначення важкогідролізованих полісахаридів (ВГП). Твердий залишок після гідролізу легкогідролізованих полісахаридів висушували при температурі не вище 50°C і зважували, переносили в колбу і заливали 10 кратним об'ємом розчином H₂SO₄. Отриману суміш ретельно перемішували протягом двох з половиною годин, так щоб наважка практично повністю розчинилась у кислоті.

Після розчинення в колбу додавали певний об'єм дистильованої води і ставили на киплячу водяну баню з підключеним зворотним холодильником на п'ять годин. Потім розчин охолоджували і далі дослідження проводять за методом Хагедорна-Йенсена.

Твердий залишок фільтрували через попередньо висушений до постійної маси фільтр Шотта (скляний пористий фільтр №1). Промивали залишок гарячою водою до нейтральної реакції. Сушили залишок до постійної маси при $t=105^{\circ}\text{C}$.

Маса залишку після гідролізу важкогідролізованих полісахаридів розраховують за формулою 2 (в перерахунку на суху речовину):

$$X = \frac{a \times 100 \times 100}{g \times (100 - w)}, \% \quad (2)$$

де a – маса отриманого залишку в г.
 g – наважка сировини в г;
 w – вологість сировини в %

Визначення перетравлюваності вуглеводів РК. 20%-вий розчин РК у хлороводневій кислоті ($\text{pH}=1,2-1,5$), інкубують при 37°C протягом 60 хв, після чого суміш нейтралізують, доводять значення рН до 7,5 одиниць, вносять ферментний препарат «Панкреатин», після чого продовжують інкубацію суміші при 37°C протягом 180 хв, періодично її перемішуючи. Відбір проб для визначення вмісту редукувальних цукрів проводили через кожні 30 хв. Визначення вмісту редукувальних речовин у реакційній суміші проводили за допомогою методу Хагедорна-Йенсена.

Перетравлюваність харчових волокон рахували за формулою 3:

$$P = 100 - \frac{(C_{\text{ЛГП}} + C_{\text{ВГП}}) - C_{\text{ЦФ}}}{C_{\text{ЛГП}} + C_{\text{ВГП}}} \times 100, \% \quad (3)$$

де $C_{\text{ЛГП}}$ – вміст легкогідролізованих полісахаридів, %;
 $C_{\text{ВГП}}$ – вміст важкогідролізованих полісахаридів, %;
 $C_{\text{ЦФ}}$ – вміст редукувальних цукрів після ферментації, %.

Визначення водоутримувальної здатності (ВУЗ) РК. У центрифужні пробірки зважували 2 г харчових волокон з точністю до 0,01г, додавали дистильовану воду у співвідношенні 1:5(50). Пробірки поміщали у термостат і витримували при 37°C 2 години. Потім центрифугували при 1500 хв⁻¹ протягом 15 хвилин. Надосадову рідину обережно видаляли, витримують центрифужні пробірки під кутом 45° 2–3 хвилини. Зважували вміст пробірки і розраховували водоутримувальну здатність (у грамах води на 1грам харчових волокон) за формулою 4:

$$\text{ВУЗ} = (M - M_1) / M_1, \quad (4)$$

де M – маса гідратованих харчових волокон, г;
 M_1 – маса сухих харчових волокон, г.

Процедура приготування контрольних та дослідних зразків кремів

У роботі у якості контрольного зразка використовували заварний крем, який готували за класичною рецептурою (табл. 2), у якості дослідних зразків готували крем заварний на основі суміші ТМ «Puratos» (табл. 3) та крем, в якому борошно із класичної рецептури замінювали на резистентний крохмаль (табл. 4). Для оцінювання органолептичних, в тому числі текстурних характеристик дослідних зразків заварних кремів розроблено критерії оцінювання за бальною шкалою (табл. 5).

Таблиця 2 – Рецепт заварного крему з натуральних інгредієнтів

Інгредієнти	Вміст інгредієнтів, г
Молоко коров'яче	500
Ясний меланж	80
Цукор	200
Борошно пшеничне	50
Масло вершкове	140
Ванілін	0,6
Вихід продукту	1000

Таблиця 3 – Рецепт заварного крему з суміші ТМ «Puratos»

Інгредієнти	Вміст інгредієнтів, г
Вода питна	380
Молоко коров'яче	380
Суміш	240
Ванілін	1,2
Вихід продукту	1000

Таблиця 4 – Рецепт дослідних зразків заварного крему з резистентними крохмалю

№ зразка	Вміст інгредієнтів, г								
	Крохмаль «PURITY™ 87»	Крохмаль «VERSAFIBE™ 285»	Крохмаль «NOVELOSE® 330»	Крохмаль «HIMAIZE® 260»	Молоко	Меланж	Цукор	Масло	Ванілін
1	50				530	50	200	140	0,6
2	80				500	50	200	140	0,6
3	100				480	50	200	140	0,6
4		50			530	50	200	140	0,6
5		80			500	50	200	140	0,6
6		100			480	50	200	140	0,6
7			50		530	50	200	140	0,6
8			80		500	50	200	140	0,6
9			100		480	50	200	140	0,6
10				50	530	50	200	140	0,6
11				80	500	50	200	140	0,6
12				100	480	50	200	140	0,6

Таблиця 5 – Критерії оцінювання органолептичних характеристик заварних кремів за бальною шкалою

Показник	Балова шкала				
	5	4	3	2	1
Консистенція	Однорідна, гладка, без грудочок, гарно тримає форму	Однорідна, гладка, поодинокі грудочки можливі, маленькі тріщини	Однорідна, багато грудочок, наявне невелике розтікання крему	Не однорідна, крем не тримає форму	Не однорідна, розшарований крем, не придатний до використання
Смак	Виразний, вершково-молочний, притаманий даному виду виробів, без сторонніх присмаків	Притаманий даному виробу, слабо виразний вершково-молочний смак	Ледве відчутний вершково-молочний смак	Сторонній крохмальний присмак	Сторонній крохмальний присмак з відчутною гіркотою
Колір	Кремово-жовтий	Жовтий	Блідий	З сірим підтоном	Сірий
Аромат	Яскраво виражений молочний та ванільний аромат, без сторонніх ароматів	Молочний та ванільний аромат, без сторонніх ароматів	Ледве відчутний молочний та ванільний аромат	Присутній кислуватий аромат, неприємний	Яскравий кислий та гіркий аромат

Дозування консервантів здійснювали згідно даних, наведених в табл. 6.

Мікробіологічні критерії контрольних і дослідних зразків заварних кремів визначали за допомогою стандартних методик: ДСТУ IDF 122C:2003 Молоко і молочні продукти. Підготовка проб і розведень для мікробіологічного дослідження; ДСТУ 8446:2015 Продукти харчові. Методи визначення кількості

мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів; ГОСТ 30518-97 Продукти харчові. Методи виявлення та визначення кількості бактерій групи кишкових паличок (коліформних бактерій); ДСТУ EN 12824:2004 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення *Salmonella*; ДСТУ EN ISO 6888-1:2022 Мікробіологія харчового ланцюга. Горизонтальний метод підрахунку коагулазопозитивних стафілококів (*Staphylococcus aureus* та інших видів). Частина 1. Метод із використанням агаризованого середовища Берда - Паркера (EN ISO 6888-1:2021, IDT; ISO 6888-1:2021).

Усі досліді проводили у трикратній повторюваності. Для всіх тестів за рівень статистичної значущості прийнято значення $p \leq 0,05$. Отримані результати дослідження опрацьовані з використанням пакета програми Microsoft Excel.

Таблиця 6 – Дозування консервантів у дослідних зразках кремів

№ зразка	Крем із суміші, г	Крем натуральний, г	Крем з модифікованим крохмалем, г	Калію сорбат, г	Натрію бензоат, г
1	500	-		-	-
2	500	-		0,5	-
3	500	-		1	-
4	500	-		0,25	0,25
5	500	-		0,5	0,5
6	-	500		-	-
7	-	500		0,5	-
8	-	500		1	-
9	-	500		0,25	0,25
10	-	500		0,5	0,5
11	-	-	500	-	-
12	-	-	500	0,5	-
13	-	-	500	1	-
14	-	-	500	0,25	0,25
15	-	-	500	0,5	0,5

Результати досліджень.

На першому етапі досліджень вивчали фізико-хімічні характеристики дослідних зразків стійких крохмалів. У табл. 7 наведено їхній нутрієнтний склад.

Таблиця 7– Характеристика нутрієнтного складу крохмалів, $n=3$, $p \leq 0,05$

Показник	HI-MAIZE® 260 Зразок 1	NOVELOSE® 330 Зразок 2	VERSAFIBRE™ 285 Зразок 3	PURITY™ 87 Зразок 4
ЛГП, г/100 г	40,6	49,8	82,0	87,9
ВГП, г/100 г	48,0	38,0	11,3	0,0
Білок, г/100 г	0,6	0,5	0,1	0,1
Жири, г/100 г	0,8	1,0	0,1	0,0

Як видно з даних таблиці, нутрієнтний склад крохмалів дещо відрізняється. Вміст ЛГП у складі Зразків 1 та 2 ≈ 38 –49%. У складі резистентних крохмалів ЛГП, ймовірно, представлено крохмалем, що піддається гідролізу 2%-ю сульфатною кислотою, а отже його хімічна структура не є достатньо жорсткою, аби протистояти дії травних ферментів. Наявність достатньо великої кількості ВГП у складі резистентних крохмалів (Зразок 1, 2) можна пояснити типом крохмалю (РК2, РК3), в яких ланки амілози достатньо жорстко упаковані (кристалічна структура) через генетичні особливості субстратів для отримання крохмалів, чи внаслідок ретроградних змін внаслідок модифікації. Щодо вмісту білка, то в крохмалях він майже відсутній, оскільки технологія їхнього отримання передбачає видалення супутніх компонентів. Така ж тенденція спостерігається і щодо вмісту жирів.

На наступному етапі досліджень вивчали ступінь перетравлюваності вуглеводів досліджуваних РК в умовах імітації середовищ шлунково-кишкового тракту (ШКТ) (in vitro). Під впливом агресивних середовищ шлунку та ферментів ШКТ із складних вуглеводів розщепленню можуть піддаватись лише крохмальні полісахариди. Під час розщеплення крохмалю утворюються декстрини, мальтоза, глюкоза. На рис. 1 наведено результати досліджень.

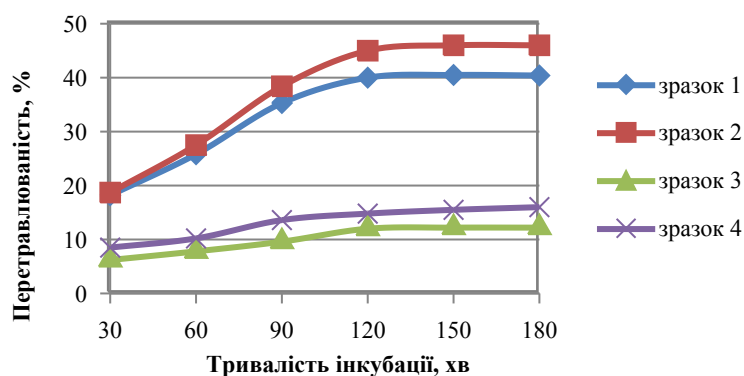


Рис. 1. Перетравлюваність вуглеводів резистентних крохмалів

Найбільш схильними до перетравлюваності є вуглеводи Зразків 1 та 2, що корелює з даними таблиці 7, оскільки вони містять достатньо велику кількість ЛГП, представлених крохмалем, структура якого скоріш за все подібна до нативного «звичайного». Нативний крохмаль є доступним до дії амілолітичних ферментів травного тракту і в результаті гідролізу розщеплюється до низькомолекулярних цукрів. Не дивлячись на те, що вуглеводи Зразків 3 та 4 представлені переважно ЛГП, перетравлюваність їх достатньо низька, що, ймовірно, можна пояснити достатньо глибокою хімічною модифікацією даних об'єктів.

Оскільки усі досліджувані зразки РК містять достатньо високу кількість вуглеводів, які не перетравлюються середовищами ШКТ, можна припустити, що вони можуть проявляти ентеросорбційні властивості. Опосередкованим показником ентеросорбційної здатності РК є їхня водоутримувальна здатність (ВУЗ). ВУЗ відповідає за зростання маси вмісту ШКТ, знижує термін транзиту харчової грудки і, відповідно, термін контакту слизової з токсичними речовинами. Завдяки поглинанню значної кількості води, РК вірогідно можуть утримувати ксенобіотики, ендотоксини та сприяти їхньому виведенню з організму. Характеристику ВУЗ досліджуваних зразків наведено на рис. 2 та 3.

Показники ВУЗ у досліджуваних зразках крохмалю відрізняються не значно. Найвищий рівень гідратації спостерігається при температурі 70°C, що відповідає температурі клейстеризації більшості крохмалів та супроводжується гелеутворенням.

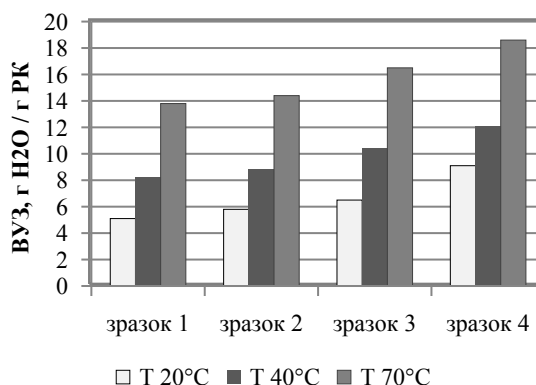


Рис. 2. Характеристика ВУЗ досліджуваних зразків ХВ залежно від температури інкубації (тривалість інкубації 120 хв, рН суміші – властива рН суміші розчинів РК – 5,8–6,4 од.)

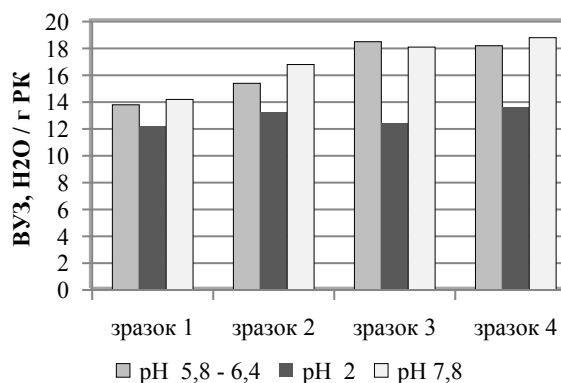
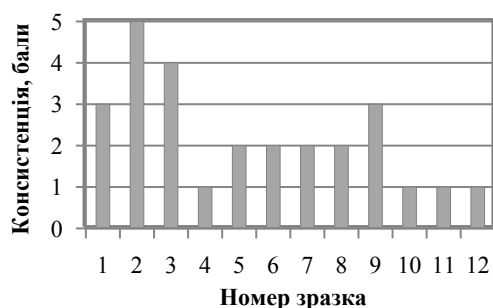


Рис. 3. Характеристика ВУЗ досліджуваних зразків ХВ залежно від рН (тривалість інкубації 120 хв, Т 70°C)

При збільшенні рН в лужну сторону спостерігається не значне збільшення показника ВУЗ, при зниженні рН в кислу сторону ВУЗ має нижчі показники для всіх зразків РК.

На наступних етапах досліджень вивчали можливість використання РК у складі заварних кремів, рецептури дослідних та контрольних зразків заварних кремів наведено вище. Готували 12 дослідних зразків, в яких борошно заміняли на РК (табл. 4). Результати оцінювання консистенції дослідних зразків заварних кремів за бальною шкалою представлено на рис. 4. Найліпшою консистенцією характеризується Зразок 2, для виготовлення якого використовували РК «PURITY™ 87» у дозуванні 80 г на 500 г крему. Здійснено порівняльну оцінку органолептичних характеристик заварних кремів (рис.5), а саме,

натурального крему, виготовленого за класичною рецептурою без додавання додаткових структуроутворювачів (табл. 2), заварного крему на основі РК «PURITY™ 87» та крему на основі суміші ТМ «Puratos» (табл. 3). Виходячи з даних рис. 5, найліпшими органолептичними характеристиками володіють натуральний (класичний) заварний крем та крем на основі РК «PURITY™ 87».



Зразок 1-3 Крохмаль «PURITY™ 87»
Зразок 4-6 Крохмаль «VERSAFIBER™ 285»
Зразок 7-9 Крохмаль «NOVELOSE® 330»
Зразок 10-12 Крохмаль «HI-MAIZE® 260»

Рис. 4. Результати оцінювання консистенції заварних кремів з РК

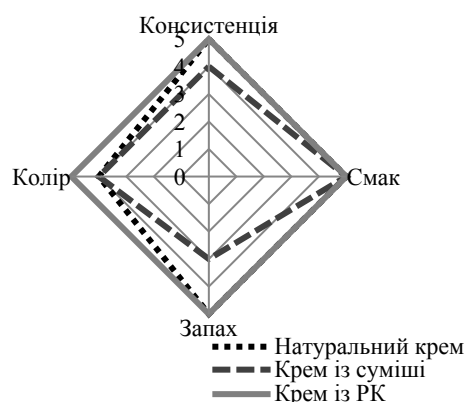


Рис. 5. Результати оцінювання органолептичних показників отриманих заварних кремів

На наступному етапі досліджували поведінку заварних кремів при додатковому термообробленні. Для цього готували напівфабрикати із листового дріжджового тіста, в яких у якості начинки використовували готові заварні креми: класичний (із натуральних інгредієнтів); на основі РК «PURITY™87»; на основі суміші ТМ «Puratos». Напівфабрикати піддавали випіканню при температурі 180°C протягом 20 хвилин. Результати оцінювання консистенції заварних кремів після випікання за бальною шкалою та візуально представлено на рис. 6 та 7.

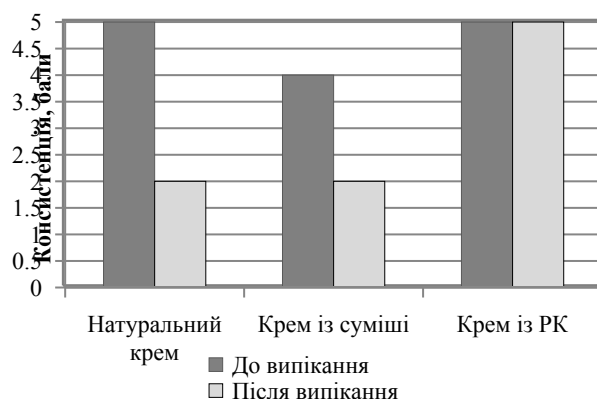


Рис. 6. Результати оцінювання консистенції заварних кремів до та після випікання

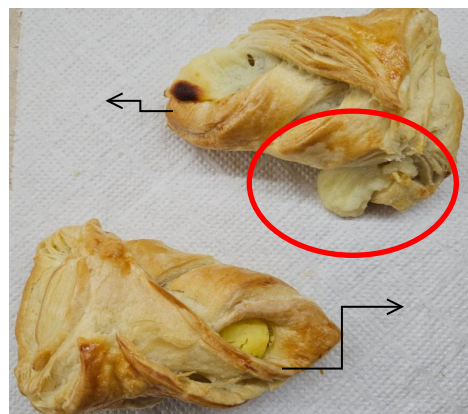


Рис. 7. Готові тістові вироби із начинкою із заварних кремів: 1 – на основі РК «PURITY™87»; 2 – класичний (натуральний)

Як свідчать дані рис. 6 та 7 заварний крем на основі РК «PURITY™87» характеризується гарною консистенцією як до, так і після випікання, на відміну від інших дослідних зразків, отже, запропонована рецептура дозволяє отримати термостабільний заварний крем.

З метою подовження терміну зберігання заварних кремів, до їхньої рецептури додавали консерванти калію сорбат та натрію бензоат окремо, або у комбінації. Дозування консервантів наведено у табл. 6. Максимальну дозу консерванту вводили згідно Регламенту ЄС 1333/2008 про харчові добавки [22]. Для дослідних зразків кремів було визначено динаміку показників рН та титрованої кислотності протягом п'яти діб зберігання (табл. 8). Згідно отриманих даних у всіх зразках відзначено зниження рН та підвищення титрованої кислотності протягом зберігання. Більш значне зниження рівня рН відмічено у зразках з меншою кількістю або з повною відсутністю консерванту, що може бути пов'язано з розвитком мікрофлори. Збільшення титрованої кислотності також може бути спровокованим в тому числі гідролітичним та окислювальним псуванням жирів.

Також проведено мікробіологічні дослідження заварних кремів на 1-й, 3-й та 5-й день зберігання у герметичних стерильних контейнерах при температурі 12–15°C, результати наведені у табл. 9.

Таблиця 8 – Динаміка показників рН та титрованої кислотності протягом при зберіганні заварних кремів

№ зразка	рН			Титрована кислотність, град		
	1 доба	3 доба	5 доба	1 доба	3 доба	5 доба
1	7,26	7,02	6,75	1,4	1,8	2,6
2	7,25	7,03	6,89	1,44	1,6	1,7
3	7,22	7,05	6,93	0,8	0,84	0,9
4	7,21	7,06	6,90	0,8	0,92	0,98
5	7,20	7,09	7,00	0,82	0,84	0,9
6	6,77	6,55	6,41	0,72	0,96	1,1
7	6,81	6,74	6,69	0,6	0,68	0,72
8	6,71	6,69	6,68	0,6	0,62	0,62
9	6,67	6,60	6,57	0,58	0,64	0,68
10	7,06	7,04	7,04	0,64	0,64	0,64
11	6,82	6,69	6,51	0,58	0,76	0,98
12	6,74	6,68	6,59	0,6	0,7	0,76
13	6,75	6,71	6,68	0,62	0,68	0,72
14	6,77	6,70	6,67	0,6	0,72	0,78
15	6,77	6,75	6,74	0,6	0,64	0,66

Таблиця 9 – Кількість МАФАМ у заварному кремі при зберіганні

№ зразка	Наявність МАФАМ, КУО/г		
	1 доба	3 доба	5 доба
1	130	110	400
2	60	200	250
3	120	150	300
4	210	250	70
5	220	20	250
6	150	400	1000
7	400	100	500
8	120	0	400
9	20	150	300
10	10	10	10
11	300	600	800
12	160	100	200
13	150	20	350
14	100	50	100
15	30	10	50

На початку досліджень було здійснено мікробіологічний аналіз кремів на наявність *Salmonella*, БГКП та *S. Aureus*, у результаті жодних колоній не було виявлено, що свідчить про використання доброякісних інгредієнтів та належні санітарно-гігієнічні умови виготовлення кремів. Протягом зберігання контролювали вміст МАФАМ у дослідних зразках. Згідно нормативних вимог вміст МАФАМ не має перевищувати $1 \cdot 10^4$ КУО/г. У дослідних зразках не відмічено перевищення допустимого рівня КУО протягом 5 днів зберігання. У контрольному зразку натурального крему без консервантів на 5 день зберігання кількість МАФАМ виросла у 8 разів. У контрольному зразку заварного крему із суміші ТМ «Puratos» (без консервантів) на 5 день зберігання кількість МАФАМ виросла у 4 рази. У зразку заварного крему з РК «PURITY™87» без консервантів на 5 день зберігання кількість МАФАМ виросла у 2,5 рази. Виходячи із отриманих даних, найбільш вираженою консервуючою дією володіє суміш консервантів калію сорбату та натрію бензоату у дозуванні по 500 мг на 1 кг продукту. Отже, за результатами досліджень заварний крем може зберігатися до 5 діб при температурі 12–15°C без ризику мікробіологічного псування. Такі температурні умови відповідають умовам зберіганні випечених тістових виробів у ритейлах, кав'ярнях та інших закладах громадського харчування.

Проведені дослідження дозволяють обґрунтувати блок-схему технологічного процесу виробництва заварного термостабільного крему подовженого терміну зберігання на основі резистентного крохмалю (рис. 8).

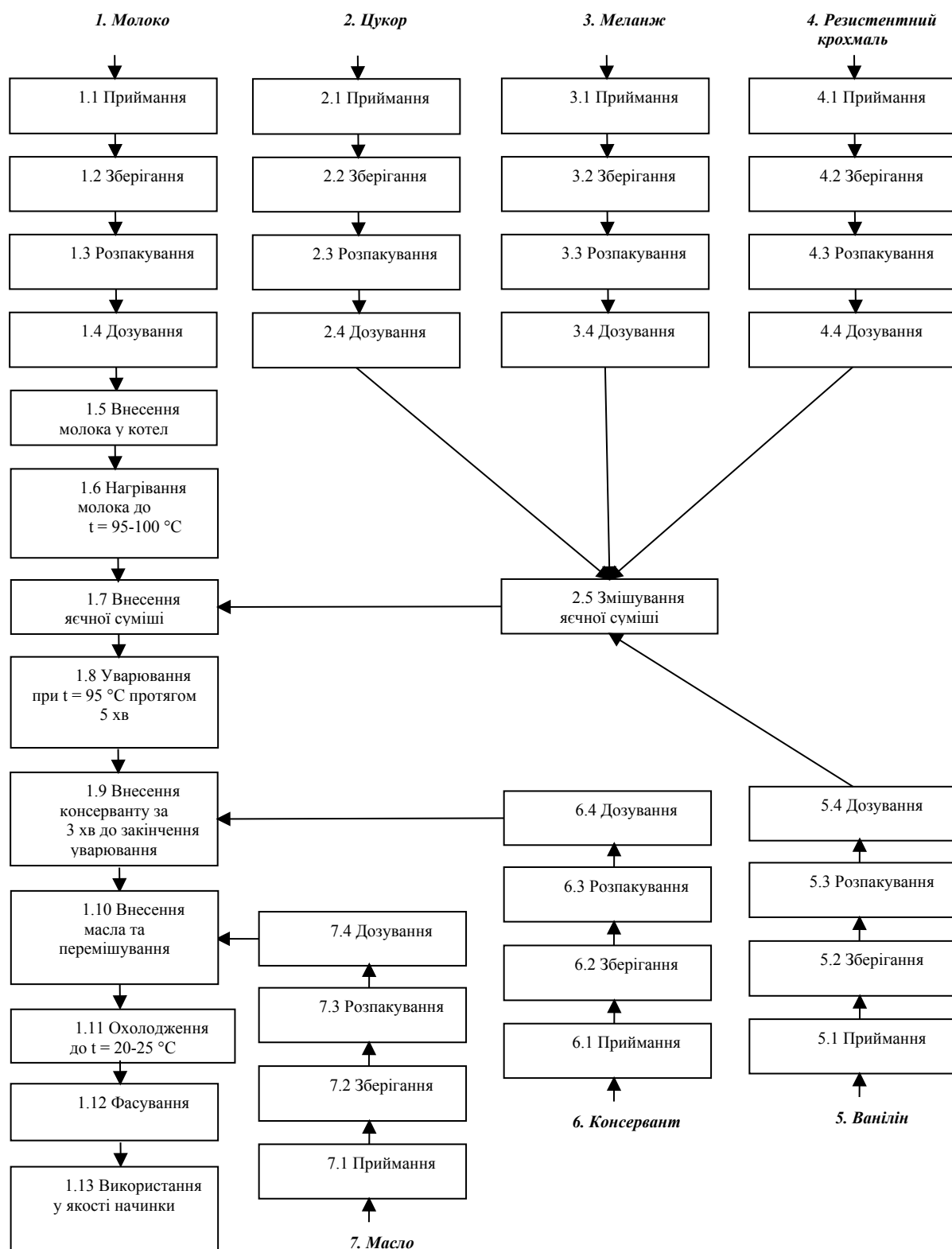


Рис. 8. Блок-схема технологічного процесу виробництва заварного термостабільного крему подовженого терміну зберігання на основі резистентного крохмалю

Обов'язковою вимогою сучасного харчового законодавства [23-25] є розроблення процедур управління безпечністю (принципів НАССР) для виробництва продукції, особливо тієї, яка розробляється та вводиться на потужності вперше. Впровадження вдосконаленої рецептури крему заварного також передбачає розроблення форм та процедур управління безпечністю. Кожен етап технологічного процесу виробництва заварного крему аналізували на ймовірність появи небезпечних чинників (НЧ), а саме, біологічних, хімічних, фізичних та алергенів. Аналізували НЧ, що можуть потрапляти через харчовий ланцюг з сировиною, предметів і матеріалів, що контактують з сировиною та готовим продуктів, із виробничого середовища та від персоналу. До біологічних НЧ, що ймовірно можуть виникнути при виробництві крему заварного належать *Salmonella*, БГКП, *Staphylococcus aureus*, *L. Monocytogenes*; до хімічних НЧ – токсичні елементи, речовини, що застосовують у тваринництві, пестициди, радіонукліди, миючі та дезінфікуючі засоби, засоби з Pest контролю; до фізичних НЧ належать уламки скла, металу, пластику, елементи санітарного одягу, ювелірні вироби персоналу та ін. Щодо алергенів – у заварному кремі присутній молочний цукор лактоза та деякі види білків, управління даними видами небезпек регулюються коректним маркуванням готової продукції згідно закону України 2639 «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів». У результаті аналізу НЧ на кожному етапі технологічного процесу згідно рис. 8, було визначено, що суттєвими НЧ є біологічні на етапах 1.6 та 1.8. У результаті розподілу заходів керування НЧ за категоріями (за принципом «дерева рішень»), було визначено, що етап 1.6 нагрівання молока до температури 95–100°C відноситься до операційної програми передумови (ОПП), а етап 1.8 – уварювання до критичної точки контролю (КТК). Для ОПП та КТК розроблено заходи керування, процедури моніторингу, коригування та коригувальні дії, для КТК зазначено критичні межі заходів керування.

Висновки. Надано характеристику нутрієнтного складу та ВУЗ досліджуваних зразків РК. Встановлено, що вміст ЛГП у складі Зразків 1 та 2 складає близько 38–49%, 3 та 4 – 82–88%. Наявність достатньо великої кількості ВГП у складі РК Зразок 1 та 2 можна пояснити типом крохмалю (РК2, РК3), в яких ланки амілози достатньо жорстко упаковані (кристалічна структура) через генетичні особливості субстратів для отримання крохмалів, чи внаслідок ретроградних змін внаслідок модифікації. Щодо вмісту білка, то в крохмалях він майже відсутній, така ж тенденція спостерігається і щодо вмісту жирів. Показники ВУЗ у досліджуваних зразках крохмалю відрізняються не значно. Найвищий рівень гідратації спостерігається при температурі 70°C, що відповідає температурі клейстеризації більшості крохмалів та супроводжується гелеутворенням.

Найбільш схильними до перетравлюваності є вуглеводи Зразків 1 та 2, оскільки вони містять достатньо велику кількість ЛГП, представлених крохмалем. Перетравлюваність Зразків 3 та 4 є достатньо низькою, не дивлячись на те що вуглеводна складова представлена переважно ЛГП, що, ймовірно, можна пояснити достатньо глибокою хімічною модифікацією даних об'єктів.

Для використання у рецептурі термостабільних заварних кремів рекомендовано РК «PURITY™ 87», оскільки зразки з даним видом РК характеризуються найліпшою консистенцією (при дозуванні 80 г на 500 г крему). Порівняльне оцінювання органолептичних характеристик натурального крему виготовленого за класичною рецептурою, заварного крему на основі РК «PURITY™ 87» та крему на основі суміші ТМ «Puratos», дозволило констатувати, що найліпшими органолептичними характеристиками володіють натуральний (класичний) заварний крем та крем на основі РК «PURITY™ 87». Заварний крем на основі РК «PURITY™ 87» характеризується гарною консистенцією як до, так і після випікання у складі тістових виробів, на відміну від інших дослідних зразків, отже, пропонується рецептура дозволяє отримати термостабільний заварний крем.

Результати вивчення динаміки рН, титрованої кислотності та мікробіологічних критеріїв при зберіганні заварних кремів з консервантами показали, що найбільш вираженою консервуючою дією володіє суміш консервантів калію сорбату та натрію бензоату у дозуванні по 500 мг на 1 кг продукту. Згідно результатів досліджень заварний крем може зберігатися до 5 днів при температурі 12–15°C без ризику мікробіологічного псування. Саме такі температурні режими відповідають умовам зберігання випечених тістових виробів у ритейлах, кав'ярнях та інших закладах громадського харчування.

Проведені дослідження дозволили обґрунтувати блок-схему технологічного процесу виробництва заварного термостабільного крему подовженого терміну зберігання на основі резистентного крохмалю, обґрунтувати КТК та ОПП.

Література

1. Сучасні технології кондитерського виробництва: підручник. / [Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Дрозіч І. А., Кулалаєва Н. В., Романова Г. М.]. – К.: ПІТО НАПН України, 2020. – 440 с.
2. Технологія борошняних кондитерських виробів [Текст]: навч. посіб. / О. В. Самохвалова, З. І. Кучерук, С. Г. Олійник та ін.; за ред. О. В. Самохвалової; Харків: держ. ун-т харчування та торгівлі. — Київ: Бровін О. В., 2017. – 572 с.
3. Englyst H.N., Kingman S., Cummings J. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions // *European Journal of Clinical Nutrition*. 1992. Issue 46. S33-S50
4. Englyst H.N., Cummings J.H. Resistant starch, a new food component: classification of starch for nutritional purposes. In: Morton ID, editor. *Cereals in a European Context* // First European Conference on Food Science and Technology. Chichester: EllisHorwood. 1987. P. 221-233
5. Han et al. Physiological effects of resistant starch and its applications in food: a review. *Food Production // Processing and Nutrition*. 2023. Issue 5. P. 48. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00156-x>
6. Han J., Wu J., Liu X., Shi J., Xu J. Physiological effects of resistant starch and its applications in food: A review // *Food Prod. Process. Nutr.* Issue 5. P. 48. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00156-x>
7. Karunarathna S., Wickramasinghe I., Truong T., Brennan C., Navaratne S., Chandrapala J. Development of Low-Calorie Food Products with Resistant Starch-Rich Sources – A Review // *Food Rev. Int.* 2024. Issue 40. P. 814–831. <https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2204137>
8. Walsh S.K., Lucey A., Walter J., Zannini E., Arendt E.K. Resistant starch – An accessible fiber ingredient acceptable to the Western palate // *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2022 Issue 21. P. 2930–2955. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12955>
9. Tian S., Sun Y. Influencing factor of resistant starch formation and application in cereal products: A review // *Int. J. Biol. Macromol.* 2020. Issue 149. P. 424–431. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.264>
10. Iuga M., Mironeasa S. Application of heat moisture treatment in wheat pasta production // *Food Control*. 2021. Issue 128. P. 108176. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108176>
11. Arp C.G., Correa M.J., Ferrero C. Improving quality: Modified celluloses applied to bread dough with high level of resistant starch // *Food Hydrocoll.* 2021. Issue 112. P. 106302. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106302>
12. Gutiérrez-Luna K., Ansorena D., Astiasaran I. Effect of baking conditions on resistant starch: Model systems and cake formulations // *Food Chem.* 2024. Issue 449. P. 139174. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139174>
13. Liu Z., Liu L., Han P., Liang X. Pea resistant starch preparation with cold-active type I pullulanase from *Bacillus megaterium* and its potential application in rice noodles // *LWT*. 2023. Issue 182. P. 114799. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114799>
14. Gong X., Li J., Liu Z., Xu X., Wang A., Nie M., Li R., Tian Y., Zhang X., Wang L. Developing high resistant starch content rice noodles with superior quality: A method using modified rice flour and psyllium fiber // *Int. J. Biol. Macromol.* 2024. Issue 272. P. 132779. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132779>
15. Tas A., Shah A. The replacement of cereals by legumes in extruded snack foods: Science, technology and challenges // *Trends Food Sci. Technol.* 2021. Issue 116. P. 701–711. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.016>
16. Dos Santos J.M., Ignácio E.O., Bis-Souza C.V., da Silva-Barretto A.C. Performance of reduced fat-reduced salt fermented sausage with added microcrystalline cellulose, resistant starch and oat fiber using the simplex design // *Meat Sci.* 2021. Issue 175. P. 108433. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108433>
17. Munir H., Alam H., Nadeem M.T., Almalki R.S., Arshad M.S., Suleria H.A.R. Green banana resistant starch: A promising potential as functional ingredient against certain maladies // *Food Sci. Nutr.* 2024. Issue 12. 3787–3805. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4063>
18. Raungrusmee S., Shrestha S., Sadiq M.B., Anal A.K. Influence of resistant starch, xanthan gum, inulin and defatted rice bran on the physicochemical, functional and sensory properties of low glycemic gluten-free noodles // *LWT*. 2020. Issue 126. P. 109279. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109279>
19. Cervini M., Frustace A., Garrido G.D., Rocchetti G., Giuberti G. Nutritional, physical and sensory characteristics of gluten-free biscuits incorporated with a novel resistant starch ingredient // *Heliyon*. 2021. Issue 7. e06562. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06562>
20. Žuljević S.O., Akagić A. Flour-based confectionery as functional food. In *Functional Foods: Phytochemicals and Health Promoting Potential*; IntechOpen: London, UK, 2021. Volume 351.
21. Lončarević I., Pajin B., Petrović J., Nikolić I., Maravić N., Aćkar D., Šubarić D., Zarić D., Milićević B. White chocolate with resistant starch: Impact on physical properties, dietary fiber content and sensory characteristics // *Molecules*. 2021. Issue 26. P. 5908. <https://doi.org/10.3390/molecules26195908>

22. Регламент європейського парламенту і ради (ЄС) № 1831/2003 від 22 грудня 2003 року про харчові добавки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_028-08#Text
23. Закон України 771 «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів». [Електронний ресурс]. – Режим доступу URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>.
24. Recommended International Code of Practice. General principles of food hygiene. Codex Alimentarius Commission CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003. Annex: Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system and guidelines for its application. FAO/WHO. 1969. [Електронний ресурс]. – Режим доступу URL: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en.
25. Управління безпечністю продуктів харчування: практичний посібник / В.В. Сتيبель, М.Р. Сімонов. Львів, ТзОВ Галицька видавнича спілка, 2018. 230 с.

THERMOSTABLE CUSTARD BASED ON RESISTANT STARCH WITH AN EXTENDED SHELF LIFE

Kapustian A.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Dotsenko S.E., Master, Dotsenko N.V., PhD, Associate Professor, Naumenko K.I., PhD, Associate Professor, Gural L.S., PhD, Associate Professor, Lysiuk V.M., PhD, Associate Professor
Odesa National University of Technology

Abstract. The use of resistant starches (RS) and a combination of preservatives for the production of thermostable custards with extended shelf life is substantiated. The nutritional composition of the studied RC samples has been characterized. It was found that the content of easily-hydrolyzed polysaccharides (EHP) in the composition of Samples 1 and 2 is about 38–49%, and in Samples 3 and 4 – 82–88%. The presence of a sufficiently large amount of hard-hydrolyzed polysaccharides (HHP) in the composition of RS of Samples 1 and 2 can be explained by the type of starch (RS2, RS3), in which the amylose links are rather tightly packed (crystal structure) due to the genetic characteristics of the substrates for obtaining starches, or due to retrograde changes due to modification. The most digestible carbohydrates are those of Samples 1 and 2, as they contain a fairly large amount of EHP represented by starch. The digestibility of Samples 3 and 4 is rather low, despite the fact that the carbohydrate component is represented mainly by EHP, which can probably be explained by a rather deep chemical modification of these objects. For use in the recipe of thermostable custards, it is recommended to use RS “PURITY™ 87”, since this type of RS is characterized by the best consistency (at a dosage of 80 g per 500 g of cream). A comparative evaluation of the organoleptic characteristics of custard made it possible to state that natural (classic) custard and custard based on RS “PURITY™ 87” have the best organoleptic characteristics. The custard based on RS “PURITY™ 87” is characterized by good consistency both before and after baking in the composition of doughy products, unlike other experimental samples, therefore, the proposed recipe allows to obtain a thermostable custard. The results of studying the dynamics of pH, titrated acidity and microbiological criteria during storage of custards with preservatives showed that the most pronounced preservative effect is provided by a mixture of preservatives potassium sorbate and sodium benzoate at a dosage of 500 mg per 1 kg of product. According to the research results, the custard can be stored for up to 5 days at a temperature of 12–15°C without the risk of microbiological spoilage. Such temperature conditions correspond to the storage conditions for baked dough products in retail, coffee shops and other catering establishments. The conducted research allowed us to substantiate the flow chart of the technological process of production of extended shelf life custard based on resistant starch, to substantiate the critical control points and operational programs of the prerequisites.

Keywords: custard, thermal stability, resistant starch, preservatives, shelf life, technology, critical control points.

References

1. Haiduk, O.V., Herliand, T.M., Drozich, I.A., Kulalaieva N.V., Romanova, H.M (2020). Suchasni tekhnolohii kondyterskoho vyrobnytstva: pidruchnyk. K.: IPTO NAPN Ukrainy.
2. Samokhvalova, O.V., Kucheruk, Z.I., Oliinyk, S.H. et al. (2017). Tekhnolohiia boroshnianskykh kondyterskykh vyrobiv: navch. posib. za red. O.V. Samokhvalovoi, Kharkiv. derzh. un-t kharchuvannia ta torhivli. Kyiv: Brovin O.V..
3. Englyst, H.N., Kingman, S., Cummings, J. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. European Journal of Clinical Nutrition, 46, S33-S50
4. Englyst, H.N., Cummings, J.H. (1987). Resistant starch, a new food component: classification of starch for nutritional purposes. In: Morton ID, editor. Cereals in a European Context. First European Conference on Food Science and Technology. Chichester: EllisHorwood, 221-233

5. Han et al. (2023). Physiological effects of resistant starch and its applications in food: a review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5, 48. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00156-x>
6. Han, J., Wu, J., Liu, X., Shi, J., Xu, J. (2023). Physiological effects of resistant starch and its applications in food: A review. *Food Prod. Process. Nutr.*, 5, 48. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00156-x>
7. Karunarathna, S., Wickramasinghe, I., Truong, T., Brennan, C., Navaratne, S., Chandrapala, J. (2024). Development of Low-Calorie Food Products with Resistant Starch-Rich Sources – A Review. *Food Rev. Int.*, 40, 814–831. <https://doi.org/10.1080/87559129.2023.2204137>
8. Walsh, S.K., Lucey, A., Walter, J., Zannini, E., Arendt, E.K. (2022). Resistant starch – An accessible fiber ingredient acceptable to the Western palate. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 21, 2930–2955. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12955>
9. Tian, S., Sun, Y. (2020). Influencing factor of resistant starch formation and application in cereal products: A review. *Int. J. Biol. Macromol.*, 149, 424–431. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.264>
10. Iuga, M., Mironeasa, S. (2021). Application of heat moisture treatment in wheat pasta production. *Food Control*, 128, 108176. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108176>
11. Arp, C.G., Correa, M.J., Ferrero, C. (2021). Improving quality: Modified celluloses applied to bread dough with high level of resistant starch. *Food Hydrocoll.*, 112, 106302. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106302>
12. Gutiérrez-Luna, K., Ansorena, D., Astiasaran, I. (2024). Effect of baking conditions on resistant starch: Model systems and cake formulations. *Food Chem.*, 449, 139174. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139174>
13. Liu, Z., Liu, L., Han, P., Liang, X. (2023). Pea resistant starch preparation with cold-active type I pullulanase from *Bacillus megaterium* and its potential application in rice noodles. *LWT*, 182, 114799. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114799>
14. Gong, X., Li, J., Liu, Z., Xu, X., Wang, A., Nie, M., Lin, R., Tian, Y., Zhang, X., Wang, L. (2024). Developing high resistant starch content rice noodles with superior quality: A method using modified rice flour and psyllium fiber. *Int. J. Biol. Macromol.*, 272, 132779. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132779>
15. Tas, A., Shah, A. (2021). The replacement of cereals by legumes in extruded snack foods: Science, technology and challenges. *Trends Food Sci. Technol.*, 116, 701–711. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.016>
16. Dos Santos, J.M., Ignácio, E.O., Bis-Souza, C.V., da Silva-Barretto, A.C. (2021). Performance of reduced fat-reduced salt fermented sausage with added microcrystalline cellulose, resistant starch and oat fiber using the simplex design. *Meat Sci.*, 175, 108433. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108433>
17. Munir, H., Alam, H., Nadeem, M.T., Almalki, R.S., Arshad, M.S., Suleria, H.A.R. (2024). Green banana resistant starch: A promising potential as functional ingredient against certain maladies. *Food Sci. Nutr.*, 12, 3787–3805. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4063>
18. Raungrusmee, S., Shrestha, S., Sadiq, M.B., Anal, A.K. (2020). Influence of resistant starch, xanthan gum, inulin and defatted rice bran on the physicochemical, functional and sensory properties of low glycemic gluten-free noodles. *LWT*, 126, 109279. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109279>
19. Cervini, M., Frustace, A., Garrido, G.D., Rocchetti, G., Giuberti, G. (2021). Nutritional, physical and sensory characteristics of gluten-free biscuits incorporated with a novel resistant starch ingredient. *Heliyon*, 7, e06562. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06562>
20. Žuljević, S.O., Akagić, A. (2021). Flour-based confectionery as functional food. In *Functional Foods: Phytochemicals and Health Promoting Potential*; IntechOpen: London, UK,; 351.
21. Lončarević, I., Pajin, B., Petrović, J., Nikolić, I., Maravić, N., Aćkar, D., Šubarić, D., Zarić, D., Milićević, B. (2021). White chocolate with resistant starch: Impact on physical properties, dietary fiber content and sensory characteristics. *Molecules*, 26, 5908. <https://doi.org/10.3390/molecules26195908>
22. Rehlament yevropeiskoho parlamentu i rady (IeS) № 1333/2008 vid 16 hrudnia 2008 rokupro kharchovi dobavky. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_028-08#Text
23. Zakon Ukrainy 771 «Pro osnovni pryntsypy ta vymohy do bezpechnosti ta yakosti kharchovykh produktiv». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-vr>.
24. Recommended International Code of Practice. General principles of food hygiene. Codex Alimentarius Commission CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003. Annex: Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system and guidelines for its application. FAO/WHO. 1969. URL: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en.
25. Stybel, V.V., Simonov, M.R. *Upravlinnia bezpechnistiu produktiv kharchuvannia: praktychnyi posibnyk*. Lviv, TzOV Halytska vydavnycha spilka, 2018. 230 s.

Отримано в редакцію 11.06.2024
Прийнято до друку 25.09.2024

Received 11.06.2024
Approved 25.09.2024