

УДК 613.2:664.664.4]:664.2

USE OF RESISTANT STARCH IN FUNCTIONAL CAKE TECHNOLOGY

A. Avramenko*National University of Food Technologies***O. Hrabovska***State University of Trade and Economics*

Key words:

starch,
resistance,
modification,
cake

Article history:

Received 15.11.2021

Received in revised form
17.11.2021

Accepted 24.11.2021

Corresponding author:

aad.27077@gmail.com

ABSTRACT

With the development of science and technology, people's nutrition issues and the development of food technologies for health and prevention are becoming increasingly important. Food must not only meet the basic needs of the body with nutrients, but also help maintain good health and fitness, prevent and eliminate the negative effects of some diseases.

The article explores the feasibility of using resistant starch to create functional products. A scheme for obtaining modified resistant starch was developed and its resistance to the action of digestive enzymes was studied using the method for determining reducing substances with 3,5-dinitrosalicylic acid. It has been proven that modified resistant starch obtained from 5% paste has the highest resistance to enzymes. The recipes of cakes with the replacement of 15, 30, 45% of flour with modified resistant starch have been studied. The recipe for the cake "Stolichny" was taken as the basis. The organoleptic properties of the resulting cakes were evaluated on a 30-point scale and the area of quality profilograms. Cake "Novinka" with the replacement of 30% of flour with modified resistant starch had the best performance. Calculations have shown a decrease in the glycemic index of the "Novinka" cake compared to the "Stolichny" cake by 4,79 units. and calories by 41.01 kcal due to the use of modified resistant starch in the cake recipe.

DOI: 10.24263/2225-2916-2021-30-9

ВИКОРИСТАННЯ РЕЗИСТЕНТНОГО КРОХМАЛЮ У ТЕХНОЛОГІЇ КЕКСІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

А. Д. Авраменко, аспірант

Національний університет харчових технологій

О. В. Грабовська, д-р техн. наук

Державний торговельно-економічний університет

У статті досліджено доцільність використання резистентного крохмалю для створення функціональних продуктів. Розроблено схему отримання модифікованого резистентного крохмалю і досліджено його стійкість до дії травних ферментів з використанням методу визначення редукувальних речовин з 3,5-динітросалициловою кислотою. Доведено, що модифікований резистентний крохмаль, отриманий з 5% клейстеру, має найвищу стійкість до дії ферментів. Досліджено рецептури кексів із заміною 15, 30, 45% борошна на модифікований резистентний крохмаль. За основу було взято рецептуру кексу «Столичний». Органолептичні властивості отриманих кексів оцінювали за 30-бальною шкалою і площею профілограм якості. Кекс «Новинка» із заміною 30% борошна на модифікований резистентний крохмаль мав найкращі показники. Розрахунки підтвердили зниження показника глікемічності кексу «Новинка» порівняно з кексом «Столичний» на 4,79 од і калорійності на 41,01 ккал завдяки використанню модифікованого резистентного крохмалю в рецептурі кексу.

Ключові слова: крохмаль, резистентність, модифікація, кекс.

Постановка проблеми. З розвитком науки і техніки все більшого значення набувають питання харчування населення та розроблення технологій харчових продуктів оздоровчого і профілактичного призначення. Їжа має не лише задовольняти основні потреби організму в поживних речовинах, а й сприяти підтримці здоров'я та фізичної форми людини, запобігати й усувати негативні наслідки певних захворювань.

Резистентні види крохмалю у світі активно використовуються для створення продуктів функціонального призначення. Європейський ринок цих нутрієнтів оцінюється в 90 млн євро. Корпорація «National Starch Food Innovation» виготовляє комерційні препарати резистентних крохмалів (РК) під зареєстрованою маркою «Hi-maize», які використовуються у кількості 20—30% рецептурного складу у хлібопеченні і виробництві макаронних виробів [1].

Усі харчові крохмалі можна розділити на глікемічні (легкозасвоювані) і резистентні (незасвоювані або складнозасвоювані) види. Важливим є той факт, що з двох полісахаридів крохмалю, присутніх в продуктах (амілози і амілопектину), гірше розщеплюються ферментами продукти, що містять великі кількості амілози — лінійного полісахариду. Загалом, засвоювані крохмалі розщеплюються (гідролізуються) ферментами α -амілазою, глюкоамілазою та ізомальтазою в тонкому кишечнику з утворенням вільної глюкози, яка потім всмоктується в кров. Однак не весь крохмаль, що міститься в їжі, перетравлюється і всмоктується в тонкому кишечнику. Резистентний (стійкий) крохмаль відноситься до частини крохмалю та крохмальних продуктів, які не перетравлюються при проходженні через шлунково-кишковий тракт [2].

Резистентні види крохмалю були у 1992 р. визначені EURESTA як «сума крохмалю і продуктів деградації крохмалю, які недоступні для ферментації в тонкій кишці». Останніми роками цей вид рослинного крохмалю знаходиться під пильним спостереженням вчених різних країн. Резистентні види крохмалю поєднують функціональні властивості харчових волокон і пребіотиків та виявляють профілактичний ефект у харчуванні людини.

Резистентний крохмаль класифікують на чотири загальні підтипи, які називаються РК1, РК2, РК3 і РК4. РК1 — фізично недоступний крохмаль, який міститься в цільних або частково подрібнених зернах чи насінні, що мають тверду волокнисту оболонку, яка заважає нашій травній системі до них дістатися. РК2 — деякі типи крохмальних гранул, які ферменти травної системи людини не можуть розщепити (такі як крохмаль сирої картоплі і недостиглих бананів), та високоамілозний крохмаль (кукурудзяний з високим вмістом амілози). РК3 — ретроградований крохмаль, отриманий при швидкому охолодженні приготованих крохмалевмісних продуктів, таких як рис і варена картопля (резистентний крохмаль міститься в таких продуктах в незначній кількості — не більше 5%). РК4 — вид резистентного крохмалю, який не зустрічається в природі, а виробляється промисловим способом унаслідок хімічної або фізичної модифікації для отримання стійкості до дії ферментів (наприклад, деякі етери і естери крохмалю, шиті крохмалі) [3].

Резистентний крохмаль типу РК3 викликає особливу зацікавленість через його термічну стабільність при проведенні більшості звичайних операцій приготування їжі, що дає змогу використовувати його як інгредієнт у широкому спектрі звичайних продуктів. Обробка харчових продуктів, яка включає дію вологи і теплоти, в більшості випадків руйнує крохмаль типів РК1 і РК2, але може сприяти утворенню типу РК3, який має більшу водоутримувальну здатність, ніж природний крохмаль.

Близько 80—90% глюкози, що утворюється в результаті ферментативного гідролізу нативного крохмалю, метаболізується в організмі людини. Більшість досліджень показали, що РК живить корисні бактерії в кишечнику і збільшує виробництво коротколанцюгових жирних кислот, таких як масляна кислота. Загальна засвоюваність РК залежить від категорії та джерела спожитого РК [4].

Відомі способи отримання резистентного крохмалю типу РК3 шляхом заморожування-відтавання крохмальних клейстерів. Унаслідок нагрівання суспензії крохмалю відбувається клейстеризація крохмальних зерен з утворенням драгеподібної системи. Під час заморожування клейстеру в ньому утворюються кристали льоду, що призводить до ущільнення полісахаридних ланцюгів (ретроградації) з утворенням міцних надмолекулярних структур. У процесі відтавання відбувається синерезис води з крохмальної сітки. Комбінація етапів заморожування-відтавання призводить до утворення резистентного крохмалю [5].

РК представляють великий інтерес для виробників харчових продуктів з двох причин. По-перше, через їх потенційну фізіологічно корисну дію на організм людини, по-друге, унікальні функціональні властивості, які дають змогу отримати вироби високої якості, що неможливо при використанні традиційних нерозчинних харчових волокон [6]. РК використовують у виробництві мюслів, снєків, ферментованих молочних виробів з низьким вмістом жирів, шоколаду тощо [7].

РК також використовують у технологіях борошняних кондитерських виробів, таких як кекси, мафіни, пряники тощо [4]. РК змінюють текстуру цих виробів, сприяючи пом'якшенню м'якушки. Порівняльний аналіз впливу різних харчових волокон на кекси з низьким вмістом жирів свідчить, що РК найменше впливають на

реологічні характеристики тіста. Таким чином, збагачення кексів РК, що виконують функції харчових волокон, дозволяє не змінювати технологічні параметри виробництва [8].

РК привертають до себе увагу як новий тип харчових волокон, а також харчовий інгредієнт, присутність якого надає продуктам нових функціональних властивостей. Харчові продукти, що містять РК, як нерозчинні волокна, збільшують відчуття насичення, втамовують голод, що запобігає надлишковому споживанню їжі та, відповідно, знижують ризики ожиріння [7].

Значний сегмент у харчуванні українців займають хлібобулочні та борошняні кондитерські вироби (печиво, кекси, тістечка, пряники, тощо). Проте важливим недоліком цієї групи продуктів є невисока фізіологічна цінність, що характеризуються високим вмістом вуглеводів та жирів, надлишкове вживання яких негативно впливає на організм. Тому, зважаючи на порівняно низький вміст харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин та поліненасичених жирних кислот борошняних кондитерських виробів, як продукту масового вжитку, актуальним є коригування їх хімічного складу з метою надання функціональних властивостей [9].

Мета дослідження: визначити і порівняти стійкість до ферментативного гідролізу (резистентність) нативного і модифікованих видів картопляного крохмалю, отриманих з клейстерів різної концентрації, і розробити рецептуру кексу функціонального призначення з резистентним крохмалем.

Матеріали і методи. Для досліджень було приготовлено зразки модифікованого резистентного картопляного крохмалю згідно з технологічною схемою, представленою на рис. 1.

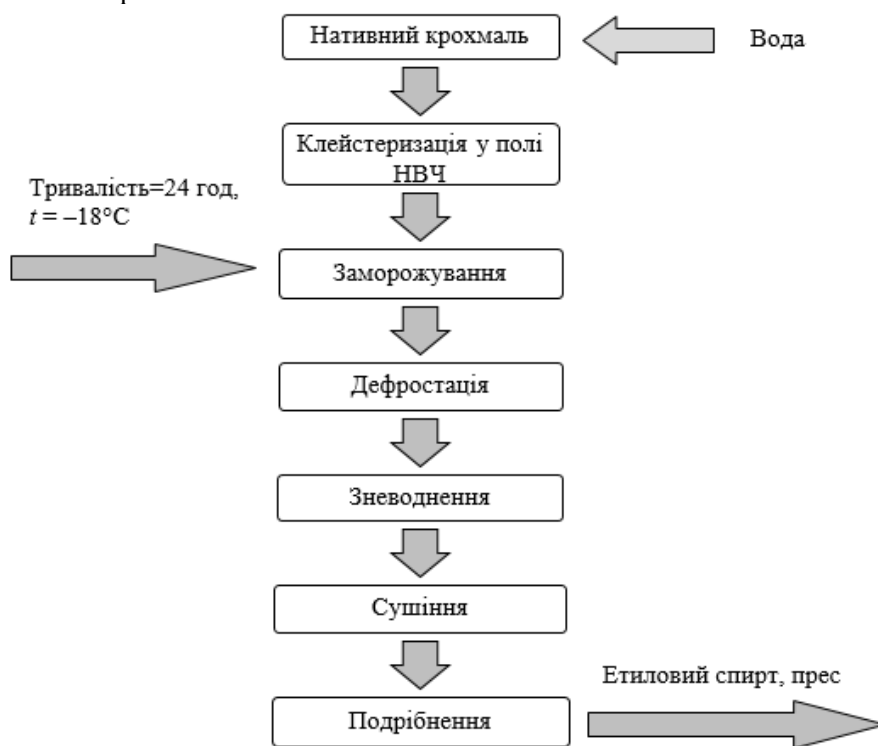


Рис. 1. Принципова технологічна схема отримання модифікованого резистентного крохмалю

Методика визначення резистентності [10]. Резистентність визначали за методикою з використанням препарату «Панкреатин», що містить травні ферменти, за залишковим вмістом редукувальних речовин після ферментативного гідролізу крохмалю.

Для визначення ступеня резистентності до 2 г досліджуваного крохмалю додавали 10 см³ дистильованої води і 10 см³ розчину препарату «Панкреатин» (готували 100 см³ розчину, що відповідає 4500 амілолітичним одиницям активності), витримували зразки на водяній бані при температурі 37°C протягом 60 хв. Потім відокремлювали рідку фазу від крохмалю, відбирали 1 см³ фільтрату і досліджували на вміст РР (в перерахунку на глюкозу) за допомогою кольорової реакції з 3,5-динітросаліциловою кислотою. Кількість РР дає уявлення про розщеплення крохмалю травними ферментами протягом години.

Кількість редукувальних речовин (РР) в перерахунку на глюкозу, утворених внаслідок гідролізу модифікованого і нативного видів крохмалю, ферментним препаратом «Панкреатин», визначали методом з 3,5-динітросаліциловою кислотою [11]. Для визначення кількості РР в перерахунку на глюкозу в досліджуваних зразках використовували калібрувальний графік.

Для розроблення рецептури кексу «Новинка» як базову було обрано рецептуру кексу «Столичний» (табл. 1) [12]. Для порівняння кексів, отриманих з додаванням модифікованого РК і за базовою рецептурою (контроль), використовували методи оцінювання в балах за розробленою 30-бальною шкалою і побудови багатокутників якості [13].

Результати і обговорення. Властивості модифікованого РК і ступінь резистентності залежать від концентрації крохмального клейстеру, який піддавали заморожуванню-відтаванню. Концентрація клейстеру впливає на льодоутворення в системі, оскільки спочатку замерзає вільна вода, а потім зв'язана полісахаридами крохмалю. Залежно від концентрації клейстеру в структурі ретроградованого крохмалю змінюються розміри пор і сорбційні властивості крохмалю. Результати дослідження резистентності картопляного нативного і модифікованого крохмалю представлені на рис. 2.

Отримані результати досліджень показують, що крохмаль, який піддавали модифікації, має більшу стійкість до ферментативного гідролізу, ніж нативний. Зі зростанням концентрації клейстеру, з якого був приготовлений модифікований РК, зменшується його стійкість до дії ферментів, оскільки при гідролізі утворюється більша кількість редукувальних речовин. Модифіковані РК, отримані з 5% клейстерів, мають більший розмір пор, з підвищенням концентрації крохмальних клейстерів розмір пор зменшується [14].

Модифікований РК використали в рецептурі кексу як заміник частини пшеничного борошна. Використання резистентного крохмалю надає можливість знизити калорійність і глікемічність виробу. Вживання виробів з часткою резистентного крохмалю сприяє здоров'ю травної системи і поліпшує контроль рівня цукру в крові та зменшує чутливість до інсуліну.

Органолептичні показники досліджуваних зразків кексів визначали методом сенсорного аналізу та шляхом дегустації з бальною оцінкою за сумою органолептичних показників.

Рецептури кексів звичайного і з додаванням резистентного крохмалю на 1 кекс масою 100 г готового продукту представлено у табл. 1. Для порівняння обрано базову рецептуру кексу «Столичний». У рецептурі кексу використовували резистентний картопляний крохмаль, отриманий з 5% клейстеру, оскільки він показав найменші значення вмісту РР в перерахунку на глюкозу після гідролізу травними ферментами

(рис. 2). Для цього в рецептурі кексу «Новинка» частину борошна (15, 30 і 45%) замінювали резистентним крохмалем. Рецептури контрольного зразка і кексів «Новинка» з різним вмістом резистентного крохмалю представлено в табл. 1.

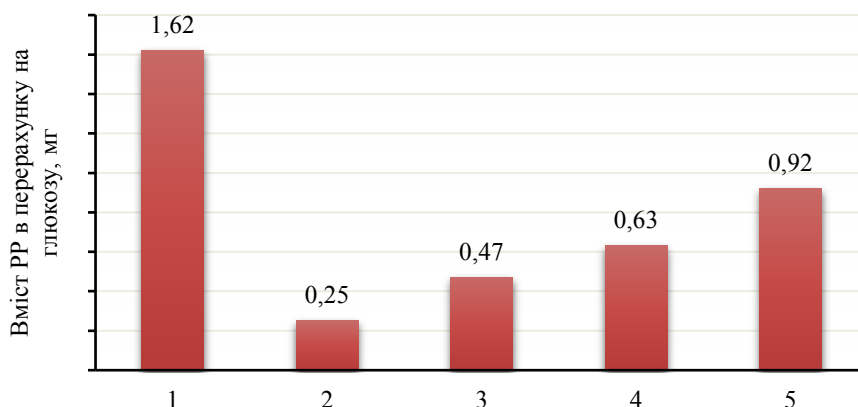


Рис. 2. Вміст РР в перерахунку на глюкозу, яка утворилася при гідролізі картопляного крохмалю: 1 — нативного; модифікованого, отриманого з клейстеру концентрацією: 2 — 5%; 3 — 10%; 4 — 15%; 5 — 20%

Таблиця 1. Рецептури кексів «Столичний» і «Новинка»

Інгредієнт, г	Кекс «Столичний» (контроль)	Кекс «Новинка» (зразок 1)	Кекс «Новинка» (зразок 2)	Кекс «Новинка» (зразок 3)
Борошно пшеничне вищого гатунку	25,6	21,76	17,92	14,08
Кріомодифікований крохмаль	—	3,84	7,68	11,52
Цукор	19,3	19,3	19,3	19,3
Маргарин	19,2	19,2	19,2	19,2
Сіль	0,077	0,077	0,077	0,077
Родзинки	19,2	19,2	19,2	19,2
Есенція	0,077	0,077	0,077	0,077
Амоній вуглекислий	0,079	0,079	0,079	0,079
Вихід у сухих речовинах	83,5	83,5	83,5	83,5
Вихід в натурі, г	100	100	100	100

Для розробки бальної шкали оцінювання органолептичних показників було взято такі параметри: форма, стан поверхні, колір скоринки, структура пористості, аромат, смак, розжовування м'якушки. Для визначення коефіцієнтів значущості, з метою розробки 30-бальної шкали, був використаний метод експертних оцінок. Кожен показник оцінювався балами: 1,5 — дуже суттєвий, 1 — суттєвий, 0,5 — несуттєвий, 0 — не варто включати в шкалу.

На основі оцінювання коефіцієнтів значущості органолептичних показників була розроблена 30-бальна шкала органолептичної оцінки якості кексів, яка представлена в табл. 2.

Таблиця 2. Результати оцінювання органолептичних показників кексів за 30-бальною шкалою

Показник	Коефіцієнт значущості	Максимальна сума балів з урахуванням коефіцієнтів значущості
Форма	1	5
Стан поверхні	0,5	5/2,5
Колір скоринки	1	5
Структура пористості	0,5	5/2,5
Аромат	0,5	5/2,5
Смак	1,5	5/7,5
Розжовування м'якушки	1	5
Усього	—	30

На основі оцінок, отриманих під час сенсорного аналізу готових кексів, було побудовано зведену таблицю середніх оцінок кожного зразка (табл. 3).

Таблиця 3. Органолептична оцінка кексів контрольного і дослідних зразків з додаванням модифікованого резистентного крохмалю

Показник	Коефіцієнт вагомості	Кекс «Столичний»	Кекс «Новинка» зразок 1	Кекс «Новинка» зразок 2	Кекс «Новинка» зразок 3
Форма	1	4	4,5	4,75	4,3
Стан поверхні	0,5	4,5/2,25	4,5/2,25	4,7/2,35	4,2/2,1
Колір скоринки	1	5	5	5	4,7
Структура пористості	0,5	4/2	4,5/2,25	5/2,5	4,7/2,35
Аромат	0,5	5/2,5	5/2,5	5/2,5	5/2,5
Смак	1,5	4,5/6,25	4,8/7,2	5/7,5	4,5/6,75
Розжовування м'якушки	1	4,5	4,6	4,75	4,75
Усього	—	26,5	28,3	29,35	27,45

Кекси можна оцінити за площею багатокутників якості (рис. 3), побудованих за даними табл. 3.

З отриманих результатів видно, що найкращі показники за експертним оцінюванням, а також площею багатокутника якості, а саме 144,57, має кекс «Новинка» зразок 2 (далі «Новинка»), із заміною борошна на модифікований РК у кількості 30%. Кекс «Новинка» зразок 1 має площу багатокутника якості 133,83, що менше ніж значення для зразку 2. Кекс «Столичний» отримав дещо нижчі оцінки і площа багатокутника якості для цього зразка найменша — 123,25, що не значно відрізняється від кексу «Новинка» (зразок 3). Робимо висновок що заміна борошна модифікованим РК на 45% погіршує якість кексів.

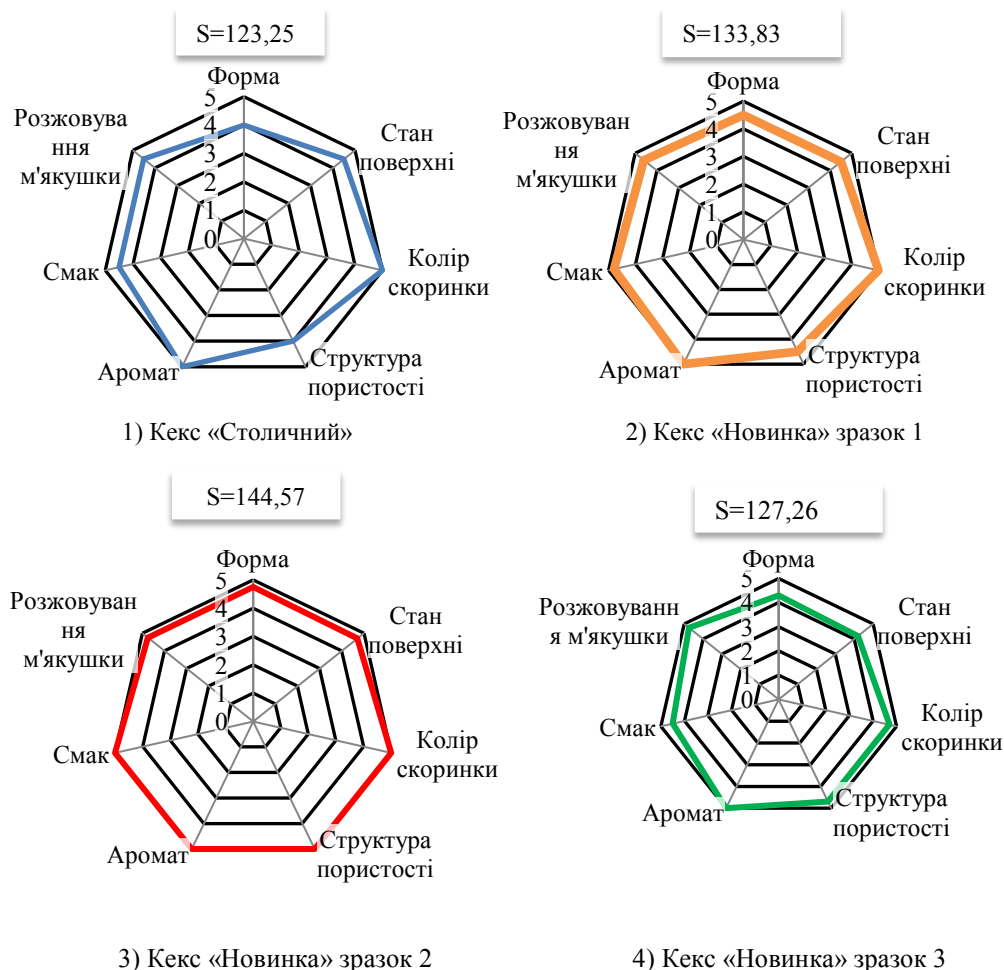


Рис. 3. Профілограми якості кексів «Столичний» (базова рецептура) і «Новинка» (з резистентним крохмалем)

Отже, збагачення кексів РК, які виконують функції харчових волокон, дає змогу не змінювати технологічні параметри виробництва [7]. З літературних джерел відомо, що додавання резистентного крохмалю до рецептури кексів змінює текстуру, сприяючи пом'якшенню м'якушки. Також РК, порівняно з харчовими волокнами, найменше впливає на реологічні характеристики тіста. Збагачення кексів РК, які виконують функції харчових волокон, дає змогу не змінювати технологічні параметри виробництва [4, 7, 15]. Також, кекси приготовлені з додаванням резистентного крохмалю характеризувалися зменшеною втратою вологи протягом двох тижнів зберігання, порівняно з контрольними зразками [15]. Ці дані підтверджуються балами експертного оцінювання за показником «розжовування м'якушки». Найкращі бали мали кекси з заміною пшеничного борошна на РК у кількості 30 і 45%.

Кекси оцінювали за показником глікемічності (ІПГ) (табл. 4), який розраховували за методикою розробленою в НУХТ [16] з урахуванням глікемічного індексу вуглеводів і їх вмісту у 100 г готового виробу.

Таблиця 4. Кількісний розрахунок вмісту вуглеводів та показника глікемічності у кексі «Столичний»

Вид сировини	Вміст, г в 100 г кексу	Вміст вуглеводів									
		сахароза (ГІ=65%)		мальтоза (ГІ=105%)		глюкоза (ГІ=100%)		фруктоза (ГІ=20%)		крохмаль (ГІ=70%)	
		в 100 г сировини	в 100 г кексу	в 100 г сировини	в 100 г кексу	в 100 г сировини	в 100 г кексу	в 100 г сировини	в 100 г кексу	в 100 г сировини	в 100 г кексу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Борошно	25,6	0,11	0,028	0,05	0,013	0,02	0,005	0,02	0,005	67,7	17,33
Цукор білий	19,3	99,85	19,27	—	0,00	—	0,00	—	0,00	—	0,00
Родзинки	19,2	0,5	0,096	—	—	7,3	1,4	0,5	0,096	—	0,00
Сума	19,394			0,013		1,405		0,101		17,33	
ПГ	ПГ=19,394·0,65+0,013·1,05+1,405·1+0,101·0,2+17,33·0,7=26,29 од										

У табл. 5 під № 1 — борошно пшеничне, № 2 — модифікований резистентний крохмаль, № 3 — цукор білий, № 4 — родзинки.

Також розраховано калорійність кексу «Столичний» і кексу «Новинка». Калорійність резистентного крохмалю становить 1,7 ккал на 1 г, тобто 170 ккал на 100 г [7].

Таблиця 5. Кількісний розрахунок вмісту вуглеводів та показника глікемічності у кексі «Новинка»

№	Вміст, г в 100 г кексу	Вміст вуглеводів											
		сахароза (ГІ=65%)		мальтоза (ГІ=105%)		глюкоза (ГІ=100%)		фруктоза (ГІ=20%)		крохмаль (ГІ=70%)		резистен- тний крохмаль (ГІ=0%)	
		в 100 г сировини	в 100 г кексу, 10 ²	в 100 г сировини, 10 ²	в 100 г кексу	в 100 г сировини, 10	в 100 г кексу	в 100 г сировини	в 100 г кексу, 10 ³	в 100 г сировини	в 100 г кексу	в 100 г сировини	в 100 г кексу
1	17,92	0,11	1,97	5	8,9·10 ³	0,2	3,6·10 ³	0,02	3,66	67,7	12,13		0,00
2	7,68		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	100	7,68
3	19,3	99,85	19,27		0,00		0,00		0,00		0,00		
4	19,2	0,5	0,096		0,00	73	1,4	0,5	96,0		0,00		
Сума		19,386		0,0089		0,4036		0,0996		12,13		7,68	
ПГ=19,386·0,65+0,0089·1,05+0,4036·1+0,0996·0,2+12,13·0,7+7,68·0,0=21,5 од													

Таблиця 6. Калорійність інгредієнтів, які входять до складу кексу «Столичний»

Найменування сировини	Кількість калорій у 100 г, ккал	Кількість сировини, г	Кількість калорій у виробі, ккал
Борошно пшеничне вищого гатунку	364	25,6	93,18
Цукор	374	19,3	71,18
Маргарин	717	19,2	197,66
Сіль	0	0,0077	0
Родзинки	299	19,2	57,41
Есенція	0	0,0077	0
Амоній вуглекислий	0	0,079	0
Всього			419,43

Таблиця 7. Калорійність інгредієнтів, які входять до складу кексу «Новинка»

Найменування сировини	Кількість калорій у 100 г, ккал	Кількість сировини, г	Кількість калорій у виробі, ккал
Борошно пшеничне вищого гатунку	364	17,92	65,22
Модифікований РК	170	7,68	13,05
Цукор	374	19,3	71,18
Маргарин	717	19,2	197,66
Сіль	0	0,0077	0
Родзинки	299	19,2	57,41
Есенція	0	0,0077	0
Амоній вуглекислий	0	0,079	0
Всього			378,42

Розрахунки показали, що з додаванням до рецептури модифікованого РК знижується показник глікемічності і калорійність кексу. Показник глікемічності зменшується на 4,79 од, а калорійність — на 41,01 ккал.

Згідно з дослідженнями, позитивний вплив на організм виявляє споживання резистентного крохмалю в кількості 30 г на день [17]. Таким чином, споживання одного кексу масою 100 г на добу задовольняє добову потребу в резистентному крохмалі на 24,6%.

Висновки. З отриманих результатів досліджень видно, що завдяки модифікації шляхом заморожування-відтавання крохмального клейстеру стійкість картопляного крохмалю до ферментативного гідролізу збільшується. Модифікований РК, отриманий з клейстеру концентрацією 5%, найстійкіший до дії травних ферментів, при його гідролізі за визначених умов утворюється найменша кількість редукувальних речовин.

З додаванням до рецептури кексів модифікованого резистентного крохмалю покращуються органолептичні показники готових виробів порівняно з кексом «Столи-

чним». Заміна 30% пшеничного борошна на резистентний крохмаль у рецептурі кексу «Новинка» дає змогу отримати функціональний продукт з кращими органолептичними характеристиками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Garg N. K. Resistant starch: a potential impact on human health / N. K. Garg, A. Singh, D. P. Chaudhary // *International journal of current microbiology and applied sciences*. — 2017. — 6(5). — P. 2046—2057.
2. Sofi S. A. Resistant starch as functional ingredient: A review / S. A. Sofi, A. Ayoub, A. Jan // *International journal of food science and nutrition*. — 2017. — 2(6). — P. 195—199.
3. Birt D. F. Resistant starch: promise for improving human health / D. F. Birt, T. Boylston, S. Hendrich, J.-L. Jane, J. Hollis, L. Li, J. McClelland, S. Moore, G. J. Phillips, M. Rowling, K. Schalinske, M. P. Scott, E. M. Whitley // *American Society for Nutrition. Adv. Nutr.* — 2013. — 4. — P. 587—601.
4. Fuentes-Zaragoza E. Resistant starch as functional ingredient: A review / E. Fuentes-Zaragoza, M. J. Riquelme-Navarrete, E. Sánchez-Zapata, J. A. Pérez-Álvarez // *Food research international*. — 2010. — 43(4). — P. 931—942.
5. Raungrusmee S. Effects of lintnerization, autoclaving, and freeze-thaw treatments on resistant starch formation and functional properties of pathumthani 80 rice starch / S. Raungrusmee, A. K. Anal // *Foods*. — 2019. — 8. — P. 1—16.
6. A. Health benefits of resistant starch: A review of the literature / A. Bojarczuk, S. Skapska, A. M. Khaneghah, K. Marszałek // *Journal of Functional Foods*. — 2022. — 93. — P. 1—11.
7. Полумбрик М. О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини / М. О. Полумбрик. — К.: Академперіодика. — 2011. — 487 с.
8. Sanz T. Evaluation of four types of resistant starch in muffin baking performance and relationship with batter rheology / T. Sanz, A. Salvador, S. M. Fiszman // *Eur. Food Res. Technol.* — 2008. — 227. — P. 813—819.
9. Дзюдзя О. В. Технологія кексів функціонального призначення // О. В. Дзюдзя / *Modern directions of theoretical and applied researches*. — 2016. — С. 1—10.
10. Dupuis J. H. Methodologies for increasing the resistant starch content of food starches: a review / J. H. Dupuis, Q. Liu, R. Y. Yada // *Comprehensive reviews in food science and food safety*. — 2014. — 13. — P. 1219—1234.
11. Naik Deshavath N. Pitfalls in the 3, 5-dinitrosalicylic acid (DNS) assay for the reducing sugars: Interference of furfural and 5-hydroxymethylfurfural / N. Naik Deshavath, G. Mukherjee, V. V. Goudac, V. D. Veeranki, C. V. Sastri // *International journal of biological macromolecules*. — 2020. — 156. — P. 180—185.
12. Азгальдов Г. Г. Квалиметрия: первоначальные сведения. Справочное пособие / Г. Г. Азгальдов, А. В. Костин, В. В. Садовов. — М.: ДеЛи, 2007. — 276 с.
13. Зайцева Г. Т., Технологія виготовлення борошняних кондитерських виробів: Підруч. для проф. — техн. навч. закладів / Г. Т. Зайцева, Т. М. Горпинко. — К.: Вікторія, 2002. — 400 с.
14. Грабовська Е. В. Применение крахмала для инкапсулирования твердотел / Е. В. Грабовська, С. П. Бондаренко, А. С. Парняков, А. Н. Данилевич // *Научни трудове том LX «Хранителна наука, техника и технологии»* 18 — 2013. — 60. — С. 590—593.
15. Baixauli R. Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter / R. Baixauli, T. Sanz, A. Salvador, S. M. Fiszman // *Journal of cereal science*. — 2008. — 47(3). — P. 502—509.
16. Патент 40063 України МПІК (2009) А231 1/10. Спосіб визначення показника глікемічності харчових продуктів / Дорохович А. М., Ковбаса В. М., Дорохович В. В., Гуліч М. П., Яременко О. М. № 2000940063; Заявл. 10.07.2008, опубл. 27.04.2009. Бюл. № 8.
17. Maziarz M. P. Resistant starch lowers postprandial glucose and leptin in overweight adults consuming a moderate-to-high-fat diet: a randomized-controlled trial / M. P. Maziarz, S. Preisendanz, S. Juma, V. Imrhan, C. Prasad, P. Vijayagopal. — *Nutrition journal*. — 2017. — 16(14). — P. 1—10.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗИСТЕНТНОГО КРАХМАЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. Д. Авраменко

Национальный университет пищевых технологий

О. В. Грабовская

Государственный торгово-экономический университет

В статье исследована целесообразность использования резистентного крахмала для создания функциональных продуктов. Разработана схема получения модифицированного резистентного крахмала и исследована его устойчивость к действию пищеварительных ферментов с использованием метода определения редуцирующих веществ с 3,5-динитросалициловой кислотой. Доказано, что модифицированный резистентный крахмал, полученный из 5% клейстера, имеет наивысшую устойчивость к действию ферментов. Исследованы рецептуры кексов с заменой 15, 30, 45% муки модифицированным резистентным крахмалом. За основу была взята рецептура кекса «Столичный». Органолептические свойства полученных кексов оценивали по 30-балльной шкале и площади профилограмм качества. Кекс «Новинка» с заменой 30% муки на модифицированный резистентный крахмал имел лучшие показатели. Расчетами доказано снижение показателя гликемичности кекса «Новинка» по сравнению с кексом «Столичный» на 4,79 ед. и калорийности на 41,01 ккал за счет использования модифицированного резистентного крахмала в рецептуре кекса.

Ключевые слова: крахмал, резистентность, модификация, кекс.