

УДК 664.665

PERSPECTIVE OF THE ENRICHMENT  
OF BAKERY PRODUCTS BY CASEIN

**V. Drobot, J. Sorochnyńska, A. Hryshchenko**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Gluten-free bread  
Starch-sorghum mixture  
Casein  
Enrichment by protein*

---

**Article history:**

Received 10.09.2019  
Received in revised form  
25.09.2019  
Accepted 11.10.2019

---

**Corresponding author:**

V. Drobot  
**E-mail:**  
v.i.drobot@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The paper is focused on the importance of proteins with complete amino acid composition in the diet. The necessity of providing organism with proteins according to the established norms of the daily requirement for this food ingredient has been emphasized. It has been noted that gluten-free products with starch or mixtures of starch and flour of gluten-free crops — rice, corn contain only 1.0...1.8% of protein, which indicates the need for enrichment of these products with high-protein raw materials. Researches have established the feasibility of enriching of traditional bakery products with milk protein-casein, as the most complete in amino acid composition.

The purpose of the research was to determine the effect of casein on the technological process and the quality of gluten-free products from the starch-sorghum mixture, taking into account that sorghum flour contains almost twice as much protein as rice and corn. The determination was performed by baking. Common methods of control of technological process and quality of products were applied.

It has been found that in the presence of casein the intensity of fermentation and the gas-holding capacity of the dough system are slightly reduced, and the duration of proving of the dough pieces is prolonged. It has been provided that if adding 5.0...7.0% of casein by weight of the starch-sorghum mixture, bread has adequate organoleptic and physico-chemical quality indicators. The greater number of casein leads to the worse condition of the surface and the elasticity of the pulp. The degree of preservation of the freshness of casein-enriched bread is improving. The result of these studies is the establishment of the feasibility of using casein in the amount of 5.0...7.0% by weight of the starch-sorghum mixture, which provides protein content in the products in the amount of 5.3...6.5% and their proper quality.

---

**DOI:** 10.24263/2225-2924-2019-25-5-14

---

## ПЕРСПЕКТИВА ЗБАГАЧЕННЯ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ КАЗЕЇНОМ

В. І. Дробот, Ю. С. Сорочинська, А. М. Грищенко  
Національний університет харчових технологій

У статті акцентовано увагу на значенні білків з повноцінним амінокислотним складом у харчуванні. Підкреслено необхідність забезпечення організму білками згідно зі встановленими нормами добової потреби в цьому інгредієнті їжі. Відмічено, що безглютенові вироби з крохмалів або суміші крохмалів і борошна безглютенових культур — рисового, кукурудзяного — містять всього 1,0...1,8% білка, що свідчить про необхідність збагачення цих видів виробів високобілковою сировиною. Встановлено доцільність збагачення традиційних хлібобулочних виробів молочним білком — казеїном, як найбільш повноцінним за амінокислотним складом.

Метою проведення досліджень було визначення впливу казеїну на перебіг технологічного процесу та якість безглютенових виробів з крохмале-соргової суміші, беручи до уваги, що борошно сорго містить майже вдвічі більше білка, ніж рисове і кукурудзяне. Визначення проводили шляхом пробного випікання, застосовуючи загальноприйняті методи контролю технологічного процесу та якості виробів.

Встановлено, що за наявності казеїну незначно зменшується інтенсивність бродіння та газоутримувальна здатність тістової системи, продовжується тривалість вистоювання тістових заготовок. За умови включення до рецептури 5,0...7,0% казеїну до маси крохмале-соргової суміші хліб має належні органолептичні та фізико-хімічні показники якості. За більшої кількості казеїну погіршується стан поверхні та еластичність м'якушки. Ступінь збереження свіжості збагаченого казеїном хліба покращується. Результатом проведених досліджень є встановлення доцільності використання казеїну в кількості 5...7% до маси крохмале-соргової суміші, що забезпечує у виробах вміст білка в кількості 5,3...6,5% належної якості продукції.

**Ключові слова:** безглютеновий хліб, крохмале-соргова суміш, казеїн, збагачення білком.

**Постановка проблеми.** Білки є незамінною складовою раціону харчування. Фізіолого-гігієнічна цінність білків харчових продуктів залежить від їх амінокислотного складу.

Для забезпечення повноцінного функціонування організму необхідне регулярне надходження достатньої кількості білка зі збалансованим амінокислотним складом. Так, затвердженими МОЗ України нормами фізіологічних потреб населення України в білках, жирах, вуглеводах та енергії (2017 р.) передбачено, що добова потреба білка для чоловіків віком 30—39 років становить 75 г, з них тваринних — 37 г; для жінок цього віку — 59 г і 29 г відповідно. Встановлено також добову потребу в незамінних амінокислотах,

що містяться у спожитих білках [1]. Надходження необхідної для організму кількості білка має забезпечити раціон харчування. Дані сучасної науки про харчування свідчать про необхідність поповнення асортименту продуктів харчування білками [2]. Під час розроблення виробів, збагачених білком, рекомендовано обирати сировину, що містить білок з високою біологічною повноцінністю та засвоюваністю, тобто здатну забезпечити або наблизити вміст білка в розробленому продукті до встановлених фізіологічних норм [3].

Поряд з іншими харчовими продуктами джерелом білка для людини є хліб. Традиційні хлібобулочні вироби містять від 6,5 до 7,6% білка. За встановленої добової норми вживання хліба (277 г) забезпечення білком чоловіків зазначеного вище віку становить 24...28%, жінок — 30...35%. При цьому треба зазначити, що білки хліба як із житнього, так і з пшеничного борошна недосконалі за амінокислотним складом [4].

Безглютенові хлібобулочні вироби для хворих на целиацію готують здебільшого з кукурудзяного, картопляного крохмалів або із суміші цих крохмалів з борошном безглютенових круп'яних культур, переважно рисовим чи кукурудзяним. Вироби з цієї сировини мають недостатню харчову цінність унаслідок низького вмісту білків, харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин і високого вмісту вуглеводів, зокрема крохмалю. Так, за даними А. М. Грищенко [5], у безглютеновому хлібі з крохмалів міститься 1,0% білків, з суміші крохмалю і рисового борошна (30% в суміші) — 1,8%, що є явно недостатньо для повноцінного функціонування організму. Це спонукає до ускладнення перебігу хвороби та її лікування. Для збільшення вмісту білка у безглютенових виробках до їх рецептури включають сировину, яка за вмістом білка та його амінокислотним складом здатна доповнити продукт цими фізіологічно активними інгредієнтами. Такою сировиною є ізоляти рослинних білків: гороху, люпину, сої тощо, або тваринні білки, які мають більш повноцінний амінокислотний склад і кращу засвоюваність ніж рослинні. Серед тваринних білків найбільш цінними є білки продуктів переробки молока: казеїн, казеїнати, сироватковий білок, сухе знежирене молоко тощо Ці білки засвоюються на 96...98% [6].

Науковою спільнотою доведено доцільність використання молочних продуктів у виробках з борошна зернових і круп'яних культур. Так, дослідниками [7] рекомендовано включати до рецептури традиційних хлібобулочних виробів казеїн у кількості 5,0% до маси борошна. При цьому вміст білка у виробках підвищується на 5,0%, амінокислоти лізину — на 26,0%, треоніну — на 31,0%. Дослідженнями В. І. Кулініч зі співавторами доведено доцільність використання 4,0% до маси борошна сухого знежиреного молока у виробництві кексів.

Дослідженнями, проведеними в Національному університеті харчових технологій, встановлено ефективність включення 8...9% казеїну до маси борошна під час виготовленні виробів для хворих на цукровий діабет. Така кількість цієї добавки забезпечує збільшення вмісту білка у виробках на 11,0...13,0%, покращує їхній амінокислотний скор [8]. У літературних

джерелах зазначається, що за умови включення до рецептури хлібобулочних виробів молочних білків підвищується водопоглинальна здатність тіста, знижується інтенсивність бродіння тістових напівфабрикатів, зменшується об'єм і пористість готових виробів, тому є необхідність використання харчових добавок. Встановлено, що включення до рецептури булочних виробів 4,0...8,0% казеїну за його сумісного використання з поверхнево-активними речовинами та харчовими кислотами покращує структурно-механічні властивості тіста, зменшує його розрідження [9].

Даних щодо використання молочних білків у рецептурах безглютенових виробів у літературних джерелах обмаль.

**Мета дослідження:** визначення доцільності включення казеїну до рецептури безглютенових хлібобулочних виробів з крохмале-соргової суміші та впливу цього збагачувача на перебіг технологічного процесу і якість виробів.

**Матеріали і методи.** Під час проведення досліджень використовували крохмале-соргову суміш із вмістом 30% борошна сорго із зернового сорту Понкі, міцелярний казеїн «Ingredia» (Франція) згідно з ISO:9001:2008, суміш структуроутворювача в складі камеді гуару E412, ГПМЦ E464 у співвідношенні 40:60, дріжджі пресовані, цукор, сіль кухонну — за рецептурою.

Визначення впливу казеїну на технологічний процес і якість виробів визначали шляхом проведення пробних випікань. Тісто готували безопарним способом без бродіння. Замішували тісто в лабораторній тістомісильній машині ЛТ-900 10 хв, вручну дозували в металеві форми. Вистоювання тістових заготовок проводили у термостаті за температури  $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$  до готовності та випікали в печі СЕШ-3 зі зволоженням пекарної камери. Контроль параметрів технологічного процесу і показників якості виробів здійснювали загальноприйнятими методами. В'язкість тіста характеризували за розпливанням кульки тіста, в'язкість клейстеризованої суміші з казеїном визначали на приладі Amilograph-E фірми Brabender. Деформацію м'якушки хліба визначали за пенетрометром АП-4 [10].

**Викладення основних результатів дослідження.** Аналіз хімічного складу борошна сорго і казеїну та амінокислотного складу білків цієї сировини показав (табл. 1, 2), що казеїн містить більше, ніж борошно сорго білка у 7 разів, мінеральних речовин — на 38%, утричі менше цукрів і в 2,2 раза — жирів. У білках казеїну незамінних амінокислот майже вдвічі більше, ніж у білках борошна сорго, амінокислотний скор кожної з них (за винятком фенілаланіну) також більший.

Таблиця 1. Хімічний склад борошна сорго та казеїну

Складові	Борошно сорго	Казеїн
Масова частка вологи, %	9,0	8,0
Масова частка білка, %	10,8	85,0
Масова частка цукрів, %	1,9	0,6 (лактоза)
Масова частка харчових волокон, %	6,5	—
Масова частка жиру, %	3,1	1,4
Масова частка золи, %	1,8	2,5

Важливим є значний вміст у цих білках сірководневих амінокислот (метіонін + цистин), адже ці амінокислоти мають антиоксидантні властивості, амінокислотний СКОР їх становить 80%. Показник PDCAAS білків казеїну за лізином більший у 3,4 раза, метіоніном — у 1,8 раза, ніж білків соргової борошна. Цей показник більший і за іншими амінокислотами. Це свідчить про доцільність включення казеїну до рецептури безглютенівих виробів з крохмале-соргової суміш з метою підвищення в цих виробках вмісту білків і покращання їх біологічної цінності.

*Таблиця 2. Амінокислотний склад борошна сорго та казеїну*

Амінокислоти	Добова потреба для дорослої людини, г	Вміст амінокислот, г/100 г, та їх СКОР			
		Борошно сорго		Казеїн	
		вміст	СКОР	вміст	СКОР
Валін	2,5	0,45	91	0,72	144
Ізолейцин	2,0	0,38	96	0,61	150
Лейцин	4,6	0,14	193	0,92	131
Лізин	4,1	0,24	43	0,82	149
Метіонін	1,8	0,15	41	0,28	80
Трионін	2,4	0,378	95	0,49	122
Триптофан	0,8	0,01	110	0,12	120
Фенілаланін	4,4	0,51	85	0,50	83
Всього	22,6	2,38	—	4,46	—

Під час проведення пробних випікань щодо визначення впливу казеїну на перебіг технологічного процесу і якість виробів з крохмале-соргової суміші готували зразки тіста за рецептурою, кг: крохмале-соргова суміш — 100,0; дріжджі пресовані — 3,0; сіль кухонна — 2,0; цукор білий кристалічний — 5,0; олія кукурудзяна — 3,0; суміш камеді гуару та ГПМЦ (60:40) — 1,0. Казеїн вносили під час замішування тіста в кількості 5,0; 7,0; 9,0% до маси крохмале-соргової суміші. Таке дозування було обрано, спираючись на дані з літературних джерел щодо погіршення структурно-механічних властивостей тіста і якості виробів з пшеничного борошна за більшого дозування [8]. Контрольним був зразок без додання казеїну.

Встановлено (табл. 3), що за наявності казеїну інтенсивність бродіння в тістовій системі знижується, тривалість вистоювання заготовок подовжується на 2—6 хв, що пов'язано з високою розчинністю казеїну, внаслідок якої збільшується осмотичний тиск у рідкій фазі тіста, погіршується доступ живлення до дріжджової мікрофлори, знижується її бродильна активність.

Це підтверджується дослідями щодо зниження підйімальної сили дріжджів за наявності казеїну на 3—6 хв і меншим виділенням діоксиду вуглецю за час ферментації тіста на 5...12%. Поряд зі зниженням газоутворення в тісті зменшується його питомий об'єм на 5...8%. Це свідчить про погіршення його газоутримувальної здатності, що пояснюється зменшенням в'язкості тіста з казеїном.

Зниження структурно-механічних властивостей зразків тіста з казеїном пов'язано з його дегідратуючими властивостями, внаслідок яких складові рецептури недостатньо набухають і тісто розріджується.

## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Таблиця 3. Показники технологічного процесу і якості виробів з казеїну

Показники	Контроль	Внесено казеїну, % до маси крохмале-соргової суміші		
		5	7	9
<b>Тісто</b>				
Масова частка вологи, %	51,0	51,6	51,2	51,0
Кислотність, град				
початкова	1,3	1,3	1,3	1,3
кінцева	1,5	1,5	1,6	1,6
Тривалість вистоювання, хв	58	60	62	64
Газоутворення за 60 хв ферментації, см <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /100 г тіста	270±5	257±5	245±5	237±5
Питомий об'єм тіста, см <sup>3</sup> /100 г	210±2	199±2	196±2	193±2
Розпливання кульки тіста за 60 хв ферментації, %	120	131	133	136
<b>Хліб</b>				
Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /100 г	322±3	310±3	304±3	295±3
Пористість, %	74	73	72	71
Кислотність, град	1,3	1,3	1,3	1,3
Кришкуватість через 24 год	2,6	2,4	2,3	2,1
Стан поверхні	Гладка, опукла без тріщин і підривів			Плоска з невеликими тріщинами
Забарвлення скоринки	Золотисто-жовта	Світло-коричнева		
Еластичність м'якушки	Хороша			Менш еластична
Структура пористості	Середня, рівномірна, тонкостінна			Крупна, нерівномірна, тонкостінна
Смак і аромат	Властивий цьому виду хліба	Приємний, зі слабким молочним запахом		

Зменшення інтенсивності бродіння та послаблення структурно-механічних властивостей тістової системи з казеїном позначається на якості хліба незначно. Питомий об'єм хліба казеїном зменшується на 4...8%, пористість — на 2,0%. Зменшення об'єму та пористості виробів з казеїном можна також пояснити особливостями формування його структури під час випікання. Дослідженнями науковців методом лазерно-скануючої мікроскопії встановлено, що у безглютенівому тісті клейстеризований крохмаль і загущувачі утворюють сітчасту структуру подібно клейковині. Ця структура утримує пухирці повітря і діоксид вуглецю, що утворився під час бродіння. В процесі випікання ця газоподібна фаза тіста розширюється, пухирці газу вибухають, утворюючи пористу структуру виробів, об'єм тістової заготовки збільшується, закріплюється форма і об'єм виробу [11; 12].

Дослідженнями в'язкості крохмале-соргової суміші на амілографі встановлено, що за наявності казеїну цей показник зменшується зі збільшенням вмісту казеїну (на 9,9...22%). Це, очевидно, послаблює структуру, утворену клейстеризованим крохмалем і загущувачами, знижує її спроможність утримувати газоподібну фазу тіста, що призводить до зменшення об'єму і пористості хліба тим більше, чим більше казеїну в рецептурі тіста (табл. 4)

*Таблиця 4. Показники амілограм суспензії*

Борошняна суспензія	Час до початку клейстеризації, хв	Температура клейстеризації, °С	Максимальна в'язкість системи, од. пр.
Контроль без казеїну	24,3	66,8	4265
З додаванням казеїну, % до маси крохмале-соргової суміші			
5	24,5	67,5	3845
7	26,0	67,7	3626
9	25,1	67,8	3310

Поряд з цим усі зразки з казеїном краще зберігали свіжість, що обумовлено збільшенням у цих зразках кількості білків з високою водопоглинальною здатністю. Кращі показники якості мали зразки хліба за вмісту казеїну 5...7% до маси крохмале-соргової суміші. За такого дозування загальна кількість білка в добовій нормі споживання хліба (277 г) становитиме 14,6...18 г.

### **Висновки**

Проведеними дослідженнями доведено, що для збагачення безглютенних виробів з крохмале-соргової суміші білком з повноцінним амінокислотним складом доцільно використовувати казеїн в кількості 5...7% до її маси. Така кількість казеїну в поєднанні з білком борошна сорго, за умови вживання 277 г хліба (встановлена добова норма), достатня для покриття 24...30% середньої добової потреби організму в білках для жінок віком 30—39 років і 19...24%, відповідно, чоловіків цього віку, що близько до забезпечення цієї групи споживачів білком традиційного хліба.

### **Література**

1. Наказ МОН України «Про затвердження норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії».
2. Капрельянц Л. В., Юрґачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса: Друк, 2003. 312 с.
3. Гуліч М. П. Сучасні підходи та гігієнічна оцінка функціональних продуктів харчування. *СЕС — профілактична медицина*. 2005. № 1. С. 54—55.
4. Зайцева Т. А., Могильный М. П. Влияние белковых добавок на аминокислотный состав хлебобулочных изделий. *Известия вузов. Пищевая технология*. 2008. 4. С. 30—32.
5. Грищенко А. М. Удосконалення технології хліба з безглютенної сировини: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібобулочних виробів та комбикормів». Нац. ун-т харч. технол. Київ, 2011. 20 с.
6. Матвеева И., Нестеренко В. Перспективные виды сырья для производства безглютеновых изделий. *Хлебопродукты*. 2011. 43 с.

7. Ісенко В. Молочний казеїн ефективний збагачувач хліба. *Хлібопекарська та кондитерська промисловість України*, 2009. 10 с.

8. Шевченко А. О. Удосконалення технології діабетичних хлібобулочних виробів, збагачених функціональними інгредієнтами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 «Технологія хлібопекарських продуктів, кондитерських виробів та харчових концентратів». Київ, 2018. 20 с.

9. Ткачук Ю. М., Гавриш А. В., Неміріч О. В., Іщенко Т. І., Доценко В. Ф. Удосконалення технології хліба підвищеної біологічної цінності за використання казеїну. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2013. № 30. С. 186—192.

10. Технохімічний контроль сировини та хлібобулочних і макаронних виробів / за ред. чл.-кор. НААН В.І. Дробот. Київ: Кондор-Видавництво, 2015. 972 с.

11. Ковэн С. Технология хлебопечения (перевод с английского). СПб.: Профессия, 2017. С. 408—414.

12. Иоргачева Е. Г. Макарова О. В. Технологические свойства компонентов безглютеновых мучных смесей. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса. Т. 1, № 40. С. 104—107.