УДК 664.681.2

STUDYING THE POSSIBILITY OF USING THE EXTRUDED CORN MEAL IN THE TECHNOLOGY OF RECREATIONAL PRODUCTS

T. Lisovska, A. Derkach, I. Stadnik
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Key words:
Extruded corn flour
Fiber
Wheat flour
Semi-finished biscuit product

Article history:
Received 13.09.2017
Received in revised form 29.09.2017
Accepted 24.10.2017

Corresponding author:
T. Lisovska
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The comparative analysis of the chemical composition of wheat and extruded corn flour showed that the content of starch in extruded corn flour is more than 3%, and protein content is less than 5% compared to wheat flour. Extruded corn flour contains 4.3% more ash than wheat and the amount of fibre in extruded corn flour is 1% and that is 10 times more than in wheat. The study of microbiological parameters of extruded corn led to the conclusion that processing grain raw materials by hot extrusion (t = 135—155° C, P = 6—7 atm, duration 45—60 seconds) allows obtaining virtually sterile flour. No bacteria of Salmonella genus were detected in extruded corn flour. Studying the effect of extruded corn flour on the starch properties of flour mixes proved the reduction of viscosity. This fact suggests the expediency of using extruded corn flour mixes in the technology of semi-finished biscuit products. Moreover, the dietary properties of flour mixtures are partly conditioned by dextrinized starch that is supposed to increase the nutritional value of the ready semi-finished biscuits and bagel products.

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-2-16

ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРУДОВАНОГО КУКУРУДЗЯНОГО БОРОШНА В ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Т.О. Лісовська, А.В. Деркач, І.Я. Стадник
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

У статті проведено порівняльний аналіз хімічного складу пшеничного та екструдованого кукурудзяного борошна, який показав, що вміст крохмалю в екструдованому кукурудзяному борошні більший на 3%, вміст білка менший на 5% порівняно з пшеничним борошном. Екструдоване кукурудзяне борошно містить золи на 4,3% більше, ніж пшеничне, а кількість клітковини в екструдованому кукурудзяного борошна становить 1%, що у 10 разів більше,

ніж у пшеничному. Зниження в'язкості підтверджує доцільність застосування борошняних сумішей з використанням екструдованого кукурудзяного борошна в технології бісквітного напівфабрикату. Також доведено, що дієтичні властивості борошняних сумішей, зумовлені частково декстринізованим крохмалем, сприятимуть підвищенню харчової цінності готового бісквітного напівфабрикату та бубличних виробів.

Ключові слова: *екструдоване кукурудзяне борошно, клітковина, пшеничне борошно, бісквітний напівфабрикат.*

Постановка проблеми. Сьогодні з кожним роком зростає популярність здорового харчування. Це потребує створення виробів, у рецептурі яких наявні інгредієнти з оздоровчими властивостями. В склад тканин людського організму входять мінеральні сполуки, що становлять близько 3,5% його маси, тому при споживанні харчових продуктів вони повинні містити в необхідній кількості солі фосфору, кальцію, заліза тощо. Добова потреба організму людини в мікроелементах вимірюється в міліграмах (цинк — 10…15, марганець — 5…10, мідь — 2, молібден — 0,5). Їх фізіологічна цінність досить значна, тому що ці мікроелементи відіграють роль коферментів ферментних систем.

Враховуючи напрями технологічного процесу в харчовій промисловості, що визначаються, зокрема, державною політикою в галузі здорового харчування, економічними та соціальними змінами у суспільстві, новими технологічними можливостями, конкуренцією на продовольчому ринку, виникає потреба не лише в удосконаленні технології традиційної харчової продукції, але й створенні продуктів нового покоління, що відповідають сучасним вимогам, збагачені важливими нутрієнтами та із подовженим терміном зберігання. Напівфабрикати борошняних кондитерських виробів є основою чи складовою частиною продукції, а значний попит населення на ці вироби дає змогу вважати їх важливими продуктами харчування [1].

Сьогодні, зокрема, асортимент безглютенових продуктів харчування вітчизняного виробництва є недостатнім [2; 3]. З метою вирішення питання харчування хворих на целіакію в Україні сертифіковані продукти фірми «DR.SCHAR» Італія, «BEZGLUTEN», Польща, «ЗPAULY», Німеччина, але застосування їх обмежується високою ціною. Одним із перспективних напрямів розширення асортименту борошняних кондитерських виробів є створення бісквітного напівфабрикату, бубликів з повною заміною пшеничного борошна вищого ґатунку, що містить глютен та екструдоване кукурудзяне борошно (ЕКБ).

Огляд останніх досліджень і публікацій. Борошно кукурудзяне має цінні активні речовини. В його хімічному складі наявні важливі для організму поліненасичені жирні кислоти, токоферол, β-каротин, фолієва кислота, вітаміни групи В, РР, кальцій, магній, залізо та група мікроелементів – кремній, мідь, нікель. Ці важливі складові дають рекомендацію для споживання людям, що мають захворювання крові, алергію, цукровий діабет та інші форми порушення обміну речовин. Відомо [4], що наявність кремнію в кукурудзі сприяє підвищенню еластичності кровоносних судин і зміцненню зубів.

Наявність у складі кукурудзяного борошна глютамінової кислоти і фітину дає змогу споживати ці продукти при захворюванні центральної нервової системи, депресії та інших нервових захворюваннях. Використання даного борошна в рецептурі борошняних кулінарних і кондитерських напівфабрикатів зумовлюватиме надання виробам оздоровчих властивостей.

Основною причиною, що затримує широке використання продуктів переробки кукурудзи в хлібопекарському і кондитерському виробництві є відчутна відмінність властивостей борошна. Так, білки кукурудзи, представлені проламінами і глютелінами (зеїн), складають 60% від усіх білків. Ці білки слабо набухають і не утворюють клейковини, решта (близько 40%) — водорозчинні білки. Крохмаль кукурудзяного борошна клейстеризується за вищої температури, легше атакується амілазами, містить менше власних цукрів, меншу цукроутворювальну і газоутворювальну здатність [4]. Науковці розробили технологію використання суміші пшеничного та кукурудзяного борошна при додержанні перед замішуванням додаткової обробки кукурудзяного борошна [5]. Суть полягає у замочуванні, заварюванні, заквашуванні мезофільними або термофільними молочнокислими бактеріями, додаванням у тісто неферментованого солоду, фосфатів, концентратів або ліполітичних ферментів. Проте завдяки цьому подовжується тривалість технологічного процесу і не забезпечується тривалий ефект покращення якості продукції при значних витратах [6]. Останнім часом науковці почали розробляти заходи з використання молочної сироватки [4].

Наявність фундаментальних розробок в галузі одержання і використання різних типів екструдованого борошна у виробництві продуктів харчування вказує на можливість застосування його в технології бісквітного напівфабрикату та виробництві бубликів [7—9]. Використання інгредієнтів рослинного походження, зокрема нетрадиційних видів борошна, які могли б надати виробу цінні харчові властивості, може вважатися перспективною розробкою, що цікавитиме виробників кондитерських і хлібобулочних виробів. Адже, зважаючи на цінний хімічний склад ЕКБ, можна прогнозувати позитивний вплив цієї сировини на перебіг технологічного процесу. Тому наш задум розробки полягає у встановленні характерних відмінностей, взаємовідносин пшеничного й екструдованого кукурудзяного борошна (ЕКБ) в технології кондитерських і хлібобулочних виробів.

Мета дослідження полягає в порівняльному аналізі властивостей борошна й обґрунтуванні ефективності використання екструдованого кукурудзяного борошна (ЕКБ) в технології бісквітного напівфабрикату та бубличних виробів.

Викладення основних результатів дослідження. *Порівняльний аналіз хімічного складу пшеничного та екструдованого кукурудзяного борошна.* Борошно — це одне з основних видів сировини в борошняних кондитерських виробах, тому вивчення його харчової і біологічної цінності суттєво впливає на якість готових виробів у цілому. Порівняльний аналіз хімічного складу пшеничного й екструдованого кукурудзяного борошна наведено в табл. 1.

Таблиця 1. **Хімічний склад екструдованого кукурудзяного та пшеничного борошна вищого ґатунку,** %

Продукт	Вміст вологи	Вміст білків	Вміст жирів	Вміст крохмалю	Вміст золи	Вміст клітковини
Екструдоване кукурудзяне борошно (ЕКБ)	9,0±0,01	6,1±0,02	8,1±0,02	70,9±0,03	4,8±0,03	1±0,02
Пшеничне борошно вищого ґатунку *(ПБ)	14,5±0,03	11,4±0,05	1,08 ±0,04	67,7±0,05	0,5±0,03	0,1±0,01

Аналіз даних табл. 1 свідчить, що за вмістом сухих речовин досліджуване борошно значно відрізняється від борошна пшеничного вищого ґатунку. Значна частина сухих речовин — це вуглеводи, що характерно для будь-якої зернової сировини. Зокрема, вміст крохмалю в ЕКБ більший на 3%, вміст білка менший на 5% порівняно з пшеничним борошном. Характерною особливістю ЕКБ є підвищений порівняно з пшеничним борошном вміст золи та клітковини. Так, ЕКБ містить золи на 4,3% більше ніж пшеничне, а кількість клітковини у ЕКБ становить 1%, що у 10 разів більше, ніж у пшеничному.

Незважаючи на наявність в ЕКБ клейковинних фракцій білка — проламінової та глютенінової, вони не утворюють клейковину подібно до білків пшениці, а володіють своїми фізичними, хімічними властивостями і біологічною цінністю. Цей факт спонукав не лише дослідити амінокислотний склад білків ЕКБ, але й розглянути можливість створення бісквітного напівфабрикату безглютенового оздоровчого призначення.

Збалансованість амінокислотного складу, його первинна структура, зокрема вміст і кількісне співвідношення незамінних амінокислот, є одним із найважливіших показників харчової цінності борошна. Розглядаючи вміст амінокислот у борошні та порівняння з фізіологічними нормами харчування, слід зазначити, що у більшості білків хлібних злаків співвідношення амінокислот відрізняється від оптимального. Найчастіше існує дефіцит лізину, метіоніну й триптофану [10]. Завдяки екструзійній обробці в ЕКБ збільшується доступність амінокислот для засвоєння. Це відбувається внаслідок руйнування в молекулах білка вторинних зв’язків. Завдяки відносно невисокій температурі екструзії та короткочасній тепловій обробці амінокислоти при цьому не руйнуються [11].

Порівняння амінокислотного складу пшеничного борошна вищого ґатунку та ЕКБ показує, що останнє переважає за вмістом таких амінокислот: лейцин, аланін, аспарагінова кислота, тирозин на 3,5±0,3%; 5,1±0,2%; 4,6±0,4%; 2,0±0,5% відповідно. Порівняльний аналіз амінокислотного складу досліджуваних зразків борошна показує, що ЕКБ перевищує пшеничне борошно за вмістом метіоніну на 9%, а вміст фенілаланіну разом з тирозином та ізолейцину з лейцином близький до стандарту. Харчова цінність продукту вища, оскільки його хімічний склад більше відповідає формулі збалансованого харчування. Порівняльний аналіз отриманих результатів харчової цінності

ЕКБ і відповідності її формулі збалансованого харчування дають змогу зробити висновок, що ступінь задоволення формули збалансованого харчування за рядом показників вищий у дослідного зразка ЕКБ порівняно з борошном пшеничним вищого ґатунку.

Об'єктом дослідження мікробіологічних показників було ЕКБ. Проби для досліджень відбирали із партії свіжого ЕКБ та через шість місяців зберігання. Як показують дослідження, одним із шляхів покращення мікробіологічних показників кукурудзяного борошна може бути екструзійна обробка, яка, крім фізико-хімічних змін, призводить до загибелі практично всіх мікроорганізмів, що містяться в сировині. Оброблена таким чином сировина може бути використана в технології кондитерських і хлібобулочних виробів.

Таблиця 2. **Мікробіологічні показники екструдованого кукурудзяного борошна**

Найменування продукту	Кількість клітин в одному грамі продукту				
	МАФАМ	Спороутворюючі бактерії	Дріжджі	Міксоміцети	БГКП
Екструдоване кукурудзяне борошно свіже	25	10	20	30	0
Екструдоване кукурудзяне борошно через шість місяців зберігання	180	10	40	120	0

Бактеріальні дослідження всіх груп мікроорганізмів показали, що екструзійні продукти зберігають свою стерильність протягом 180 діб [12]. Результати дослідження мікробіологічних показників ЕКБ наведено в табл. 2.

Як видно з табл. 2, екструзійна обробка зернової сировини методом гарячої екструзії (t = 135—155° С, P = 6—7 атм., тривалість — 45—60 сек) сприяє отриманню практично стерильного борошна. В ЕКБ не виявлено бактерії роду *Salmonella*, що утворюють характерні колонії на густих диференціальних середовищах і мають біохімічні та серологічні характеристики, встановлені відповідно до СТ СЭВ 5209-85.

Вивчення впливу ЕКБ на властивості крохмалю борошняних сумішей. Поряд із білковими речовинами крохмаль борошна відіграє істотну роль у формуванні тіста. Чим більша кількість крохмалю (за однакових умов), тим вищі переваги борошна. Крохмальні зерна суттєво відрізняються за розмірами, формою, та властивостями. Вони відрізняються за вологоємністю, швидкістю оцукрювання, температурою клейстеризації. Так, з вологоємністю крохмалю пов'язують швидкість черствіння хлібобулочних виробів. Газоутворююча здатність борошна також залежить від швидкості накопичення цукрів, що утворюються в результаті гідролізу крохмалю. Від ступеня пошкодження крохмальних зерен, обумовленою в тому числі і способом помолу, залежить дія на них амілолітичних ферментів.

Процес клейстеризації і активність амілолітичних ферментів крохмалю досліджували за допомогою амілографа. Це прилад графічно відображає зміни в'язкості водно-борошняної суспензії при постійному підвищенні температури і, відповідно, характеризує зміни крохмалю в результаті його клейстеризації під дією амілаз, що знаходяться в борошні. Існує можливість,

що з одного боку, на характер амілограм впливають не лише властивості крохмалю та амілолітичних ферментів, але й властивості білково-протеїназного комплексу та інших складових борошна. Проте ряд досліджень свідчить, що вплив цих факторів на характер амілограм незначний порівняно з роллю і значенням стану крохмалю й амілолітичних ферментів.

З іншого боку, важко визначити характер процесу клейстеризації крохмалю в складі борошна. Адже поведінка чистого крохмалю, ізольованого від борошняного середовища, може суттєво відрізнятися від його поведінки безпосередньо в борошні і тісті. З урахуванням цього об'єктами дослідження стали борошно пшеничне вищого ґатунку як контроль, ЕКБ та їх суміші у різних співвідношеннях. Амілограми процесу набухання та клейстеризації наведені на рис. 2, а їх числові показники — в табл. 3.

Зміна температури клейстеризації є важливим показником, що характеризує процес ретроградації крохмалю при зберіганні готових виробів, адже відомо, що чим нижча температура клейстеризації, тим довше вироби зберігають свою свіжість у процесі зберігання [13]. Температура початку клейстеризації, як видно з табл. 3, складає: для пшеничного борошна 58° С, а для ЕКБ 100% — 50° С. Таким чином, можна зробити висновок, що використання сумішей пшеничного борошна та ЕКБ у виробництві бісквітних напівфабрикатів дасть змогу збільшити строки зберігання останніх, тому що температура клейстеризації крохмальної суспензії сумішей нижча, ніж у контрольного зразка.

Таблиця 3. **Вплив дозування екструдованого кукурудзяного борошна на властивості борошняних сумішей**

Показники	Контроль	Дозування ПБ:ЕКБ				
		95:5	90:10	85:15	80:20	0:100
Максимальна в'язкість, од.пр.	640±10	920±10	895±10	740±10	550±10	270±10
Температура клейстеризації, °С	58±2	56±2	55±2	53±2	53±2	50±2
Хлібопекарська якість	чудова	дуже добра	дуже добра	добра	погана	погана

В'язкість є важливим технологічним показником для бісквітного тіста як пінної структури. Залежність максимальної в'язкості суспензії від вмісту ЕКБ у борошняних сумішах наведено на рис. 1.

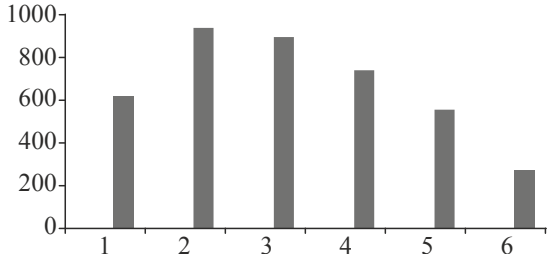

Рис. 1. Залежність максимальної в'язкості суспензії від вмісту ЕКБ у борошняних сумішах (пшеничне борошно вищого ґатунку та ЕКБ) у співвідношеннях:
1 — ПБ:ЕКБ — 100:0; 2 — ПБ:ЕКБ — 95:5; 3 — ПБ:ЕКБ — 90:10; 4 — ПБ:ЕКБ — 85:15; 5 — ПБ:ЕКБ — 80:20; 6 — ПБ:ЕКБ — 0:100

Висока структурна в'язкість визначає механічну стійкість тіста, тобто створення пружного каркасу, що надає системі певні фізико-хімічні властивості твердого тіла.

Залежність максимальної в'язкості суспензії від вмісту ЕКБ (рис. 1) дає змогу охарактеризувати властивості бісквітного напівфабрикату з використанням ЕКБ при випіканні. Пориста структура бісквітного напівфабрикату закріплюється в результаті коагуляції клейковинних білків і перетворення крохмалю в густу драглисту масу. При додаванні 5 і 10% ЕКБ амілограма показує високу максимальну в'язкість, що свідчить про зв'язування крохмалем під час клейстеризації великої кількості води. В результаті утворюється малорозтяжна драглиста крохмальна маса та сухий бісквіт, здатний до розтріскування.

При додаванні 100% ЕКБ амілограма (рис. 2) показує нижчу максимальну в'язкість, що свідчить про те, що крохмаль під час набухання та клейстеризації зв'язує невелику кількість води, що знаходиться вільно в тісті та звільняється при коагуляції білкових речовин і сприяє утворенню більш вологого м'якуша бісквітного напівфабрикату.

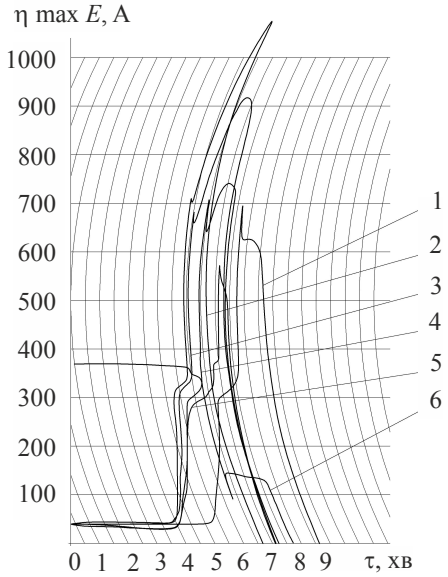

Рис. 2. Амілограми борошняних сумішей із пшеничне борошна (ПБ) та екструдоване кукурудзяне борошно (ЕКБ) у співвідношеннях: 1 — ПБ:ЕКБ — 100:0%; 2 — ПБ:ЕКБ — 95:5; 3 — ПБ:ЕКБ — 90:10; 4 — ПБ:ЕКБ — 85:15; 5 — ПБ:ЕКБ — 80:20; 6 — ЕКБ — 100%

Оскільки ЕКБ виготовлено методом гарячої екструзії, то пониження в'язкості борошняної суспензії пояснюється перетворенням частини крохмалю в декстрини, що володіють нижчою в'язкістю. Зниження в'язкості системи із збільшенням кількості ЕКБ також очевидно пов'язано із зменшенням частки клейковинних білків у борошняних сумішах і фракційним складом білків.

Відносно низька в'язкість підтверджує доцільність застосування борошняних сумішей з використанням ЕКБ в технології бісквітного напівфабрикату, а

також про дієтичні властивості даних сумішей, зумовлені частково декстринізованим крохмалем, що сприятиме підвищенню харчової цінності готового бісквітного напівфабрикату.

Висновки

Отже, використання отриманих результатів дасть змогу регулювати технологічні властивості борошняних сумішей залежно від концентрації в них ЕКБ і рекомендувати їх у виробництві борошняних кондитерських виробів оздоровчого призначення.

Література

1. Асоціація «Укркондпром» [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://ukrkondprom.com.ua.

2. *Барсукова Н.В.* Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий / Н.В. Барсукова, Д.А. Решетников, В.Н. Красильников // Хранение и переработка зерна. — Днепропетровск : ООО ИА «АПК-ЗЕРНО», 2011. — № 4. — С. 43—46.

3. *Цыганова Т.Б.* Формирование рецептур для производства безбелковых и безглютеновых продуктов / Т.Б. Цыганова, Д.В. Шнейдер, Е.В. Костылева // Хлебопродукты. — 2011. — № 12. — С. 44—46.

4. *Дробот В.І.* Молочна сироватка покращує якість хліба з суміші пшеничного і кукурудзяного борошна / В.І. Дробот, О.П. Писарець // Хранение и переработка зерна. — 2014. — № 10(187). — С. 46—48.

5. *Sabanis D.* Effect of Rice, Corn and Soy Flour Addition on Characteristics of Bread Produced from Different Wheat Cultivars / Dimitrios Sabanis, Constantina Tzia // Food and Bioprocess Technology. — 2009. — Vol. 2, Issue 1. — P. 68—79.

6. *Стадник І.Я.* Моделювання руху змішуваних компонентів у камері безлопатевої тістомісильної машини / І.Я. Стадник, М.М. Луців //Хранение и переработка зерна. — 2011. — № 2. — С. 58—60.

7. *Ковбаса В.М.* Наукове обґрунтування високотемпературної екструзії природних біополімерів та розроблення раціональних технологій харчоконцентратів і хлібопродуктів поліпшеної якості: Дис. … д-ра техн. наук: 05.18.01. — Київ, 1998. — 338 с.

8. *Torbica A., Hadnađev M., Dapčević T.* Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour // Food Hydrocolloids. — Vol. 24, Iss. 6—7. — P. 626−632.

9. *Koruz J., Witczak M., Ziobro R., Juszczak L.* The influence of flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread // European Food Research and Technology. — 2015. — Vol. 240. — P. 1135—1143.

10. *Козьмина Н.В.* Биохимия хлебопеченья. — Москва : Пищевая промышленость, 1978. — 280 с.

11. *Остриков А.Н.* Технология экструзионных продуктов : учеб. пособие /А. Н. Остриков, Г.О. Магомедов, Н.М. Дерканосова [и др.]. — Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2007. — 202 с.

12. ДСТУ 3946-2000. Продукція харчова. Основні положення Держспоживстандарт України. — Київ, 2000. — 6 с.

13. Дослідження можливості використання екструдату шроту амаранту в сиркових виробах : IX Міжнародна науково-технічна конференція [«Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодення і перспективи»], 17—19 жовтня 2005, Київ / НУХТ. — Київ, 2005. — 160 с.