

СТВОРЕННЯ КОРПУСУ ДЛЯ КОЕКСТРУЗІЙНИХ ПРОДУКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ШЛЯХОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У статті досліджено можливість створення шляхом рецептурного програмування корпусу для коекструзійних продуктів з урахуванням технологічних властивостей сировини. Наведено органолептичні та фізико-хімічні показники отриманих продуктів.

Ключові слова: моделювання, коекструзійні продукти, квасоля, сочевиця, горох, люпин, соняшниковий шрот, рецептурне програмування.

Постановка проблеми та її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. Темпи життя сучасної людини, підвищення мобільності, бажання до мінімуму скоротити тривалість приготування їжі зміщує вектор споживчих смаків у бік продуктів швидкого приготування. Особливе місце серед продуктів «швидкої їжі» займають сухі сніданки екструзійної технології (палички, кільця, кульки, пластівці, батончики або подушечки з начинками).

Під час виробництва продуктів високотемпературної екструзії основним компонентом рецептури є зернова сировина, яка може бути найрізноманітніша, але основною вимогою має бути достатній вміст у ній крохмалю. Саме тому більшість продуктів коекструзії перевантажена крохмалем і характеризується невеликим вмістом білків, незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин. Систематичне вживання продуктів, які містять недостатню кількість незамінних амінокислот, вітамінів і мінеральних речовин, може викликати незворотні зміни в організмі людини.

Метою наших досліджень є розроблення нових рецептур корпусу для коекструзійних виробів з використанням зернобобових культур шляхом комп'ютерного моделювання рецептурних композицій.

У зв'язку з цим, використання, поряд з традиційною технологією, у продуктах коекструзії (продукти екструзійної технології з начинкою) такої нетрадиційної сировини, як зернобобові та соняшниковий шрот дозволить розширити асортимент коекструзійних продуктів і покращити їхню харчову та біологічну цінність.

Білки зернобобових культур, хімічний склад яких наведено в таблиці 1, багаті на амінокислоти, біологічно повноцінні, характеризуються високою перетравлюваністю. Рослинні білки можуть використовуватися для підвищення їхнього вмісту та заміни частини дорогої основної сировини, а також зниження енергетичної цінності продуктів.

Квасоля є традиційним продуктом харчування українців.

Дослідженнями встановлено, що вміст білків у насінні квасолі становить від 24,0 до 32,0%, крохмалю – 40,0-56,0%, жирів – 1,5-2,8%. Білковий комплекс

представлений в основному глобулінами (80-90%), альбумінами (5-10%) і глютенінами (5-10%). Засвоюваність білків квасолі може становити до 87% [3].

Таблиця 1 – Вміст білків і незамінних амінокислот у продуктах окремих рослин

Складові	Горох	Квасоля	Сочевиця	Люпин білий	Соняшниковий шрот
Білки, % СР	20,5...35,0	23,0...27,9	21,3...36,0	32,0...56,0	35,0...58,0
Незамінні амінокислоти, мг/100 г продукту					
Валін	1010	1120	1270	1689	3341
Ізолейцин	1090	1030	1020	1636	1572
Лейцин	1650	1740	1890	3067	2752
Лізин	1550	1590	1720	1967	1278
Метіонін + цистин	455	490	290	340	688
Треонін	840	870	960	1713	1622
Триптофан	260	260	220	160	786
Фенілалнін + тирозин	1700	1190	1250	3144	1966
Ліпіди, % СР	0,2...0,8	1,1...2,3	2,5...3,6	5,0...12,0	1,8...2,9
Вуглеводи, % СР	45,0...62,0	55,0...64,0	47,0...60,0	20,0...25,1	36,0...43,0
у т.ч. крохмаль	41,0...54,0	45,0...52,0	43,8...53,9	4,0...4,2	22,0...26,0
клітковина	10,0...12,0	4,3...4,5	2,7...4,5	7,0...12,0	15,0...20,0
Мінеральні речовини, % СР	4,5...6,9	4,0...4,4	2,7...3,5	3,8...5,7	2,9...3,5

Вуглеводи представлені в основному моноцукрами і олігоцукрами. Висока харчова цінність квасолі визначається наявністю в ній вітамінів, таких як фолацин, ніацин, пантотенова кислота і вітамін Е та мінеральних речовин – натрію, калію, магнію та кальцію, заліза, фосфору [2].

Життєво важливі складові квасолі мають також оздоровчо-профілактичні властивості і виконують важливу фізіологічну роль у харчуванні людини. Так, білки квасолі за їхнього регулярного вживання сприяють зниженню рівня ліпідів у сироватці крові, загального і «шкідливого» холестерину (ліпопротеїнів низької густини) і підвищенню рівня «корисного» холестерину (ліпопротеїнів високої густини). Тому білки квасолі розглядаються як засіб профілактики і лікування таких захворювань, як атеросклероз, цукровий діабет, ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба, ожиріння й ін. [3].

Горох традиційно вирощується на території України, у результаті його переробки можна отримати низький за собівартістю білок. У насінні гороху міститься 20...33% білків, 25...50% – крохмалю, 2...3% – цукру, 4,0...7,3% – клітковини, 1,5...2,8% – жирів, 2,4...3,8% – мінеральних речовин. Хімічний склад гороху наведено в таблиці 1 [3].

Суттєвим джерелом білків рослинного походження є сочевиця. Публікації вітчизняних і закордонних вчених свідчать про перспективність використання в їжу цього унікального джерела повноцінних білків, мінеральних речо-

вин і вітамінів. До складу білка сочевиці входить весь комплекс незамінних амінокислот, що становить більше 36% від загальної кількості амінокислот. Також сочевиця багата на вітаміни групи В, РР, та бета-каротин. У сочевиці практично повністю відсутні антипоживні та шкідливі фактори, такі як олігоцукри, інгібітори трипсину [4]. Сочевиця розварюється в два рази швидше за горох, перетравлюваність її білка становить 88%, вуглеводів у ній – 96%.

У насінні сочевиці міститься 21,3...36,0% білків, 43,8...53,9% – крохмалю, 2,7...4,5% – клітковини, 0,7...1,4% – жирів, 2,5...3,6% – мінеральних речовин.

Люпин належить до зернобобових культур. Білків у люпині є від 32 до 56%, залежно від сорту й умов вирощування. Основна маса – це сольово- та водорозчинні фракції (80-85%), основорозчинні (10-15%) і спирторозчинні (1-7%). У білках люпину багато лізину, якого особливо мало в зернових культурах [6].

У люпині міститься досить велика кількість вітаміну Е та бета-каротину, у значній кількості – ніацин, рибофлавін, тіамін.

Соняшниковий шрот є побічним продуктом олійноекстракційного виробництва, який отримується після видалення жиру з насіння соняшника шляхом екстрагування органічними розчинниками. У соняшковому шроті є високий вміст білків, амінокислот, харчових волокон і мінеральних речовин.

Хімічний склад соняшникового шроту наведено в таблиці 1.

Високий вміст білків і мала кількість крохмалю, якими характеризується ця сировина, обмежують її використання як самостійної сировини у виробництві екструдатів. Збільшення кількості білків більше на 15 г/100 г продукту зумовлює ущільнення структури екструдату, зменшення коефіцієнта спучування (відношення діаметра отриманого екструдату до діаметра матриці екструдера) до 1,5-2, що унеможливує подальше наповнення такого екструдату начинкою. Тому пропонується використовувати ці культури як додаткові поряд з традиційними зерновими культурами.

Для визначення оптимального складу компонентів було використано вбудований засіб Excel «Поиск решения» [5]. Цільовою функцією було визначення вмісту білків у кожному із компонентів рецептури. Обмеженнями є технологічні особливості процесу екструдування та вимоги нутриціології. Отримані рецептурні композиції наведено в таблиці 2.

Екструдати одержували на лабораторному екструдері марки «ПЭК-40х5Р» з параметрами екструдування: температура – 120°C, тиск – 6-7 МПа, масова частка вологи в сировині – 18%. Як основну зернову сировину використовували пшеницю, рис і вівсяні пластівці, також до рецептури додавали цукор – від 10 до 20%, сухе молоко – 4-9% і сіль.

Композиція № 1 «Контроль» є рецептурою корпусу для подушечок з начинкою, що виробляються на підприємстві «Лантманен-АКСА».

Екструдовані вироби аналізували за органолептичними та фізико-хімічними показниками. Продукт одержували у вигляді паличок з розвиненою пористістю, приємним ароматом і смаком.

Визначали: масову частку вологи – методом висушування; розчинність і водопоглинальну здатність – методом Шоха; коефіцієнт спучення – відношенням діаметра екструдату до діаметра матриці.

Таблиця 2 – Рецептурні композиції екструдатів

Сировина	Рецептурні композиції					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Пшениця	27,0	31,0	20,0	30,0	40,0	40,0
Рис	27,7	15,0	40,0	15,0	25,0	30,0
Вівсяні пластівці	14,4	4,0	–	5,0	–	–
Горох	–	–	–	30,0	–	–
Квасоля	–	30,0	–	–	–	–
Соняшниковий шрот	–	–	–	–	–	10,0
Люпин	–	–	–	–	15,0	–
Сочевиця	–	–	25,0	–	–	–
Сухе молоко	9,0	9,0	4,0	9,0	9,0	9,0
Цукор	20,6	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Сіль	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Досліджувалися такі фізико-хімічні властивості екструдатів, як коефіцієнт спучування, здатність до набухання, розчинність, водопоглинальна здатність і міцність. Дані дослідження наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Фізико-хімічні властивості екструдатів

Показник	Рецептурні композиції					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Масова частка вологи, %	9,6	9,8	9,8	9,8	9,4	9,0
Коефіцієнт спучування, од.	3,4	3,5	3,5	3,5	3,4	3,5
Міцність, Н	4,5	4,2	4,3	4,2	4,0	4,2
Здатність до набухання, см ³	8,3	9,4	9,5	8,5	8,7	9,2
Розчинність, %	18,1	21,3	20,9	20,5	19,6	18,1
Водопоглинальна здатність, г/г	7,2	8,2	8,5	8,4	8,0	8,0

Як бачимо, розроблені екструдати за своїми фізико-хімічними показниками добре корелюють між собою та порівняльним зразком № 1 «Контроль». Зразки № 2-№ 6 мають підвищену здатність до набухання, за рахунок додавання до рецептури зернобобових культур, які мають вищу водопоглинальну здатність, ніж зернові культури.

Таблиця 4 – Хімічний склад отриманих композицій

Складові	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Білки, % СР	9,7	11,5	12,5	13,8	13,0	13,8
Ліпіди, % СР	1,5	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5
Вуглеводи, % СР	72,0	63,0	66,5	60,0	56,0	60,0
Харчові волокна, % СР	2,4	5,6	4,9	11,0	3,1	2,8
Мінеральні речовини, % СР	5,2	5,5	3,9	4,7	5,4	5,4
Енергетична цінність, ккал.	322,0	331,0	327,0	325,0	329,0	327,0

Додавання зернобобової сировини покращує розчинність готового виробу за рахунок часткового переходу розчинних білкових речовин у розчин. Хімічний склад отриманих композицій наведено в таблиці 4.

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що внесення запропонованих компонентів до рецептури збільшує вміст у продуктах білків від 1,8 до 4,1%, харчових волокон і зменшує вміст вуглеводів від 5,5 до 16%. Отже, було розроблено рецептурні композиції корпусу для коекструзійних продуктів з підвищеною харчовою цінністю. Як добавки рекомендовано використовувати горох – 30%, квасолю – 30%, люпин – 15 %, сочевицю – 25% і сояшниковий шрот – 10%.

Запропоновані основи моделювання дозволяють розробляти рецептурні композиції з урахуванням технологічних особливостей процесу виробництва та вимог нутриціології до продуктів харчування.

Список літератури

1. Химия и биохимия бобовых растений: [пер. с англ. К.С. Спектрова]; под ред. М.Н. Запрометова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 335 с.
2. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
3. Ильчакова Ж.А. Технологическая оценка бобового сырья для производства кулинарной продукции / Ж.А. Ильчакова, О.А. Гринченко, П.П. Пивоваров // Продукты & ингредиенты. – 2006. – № 12. – С. 70-71.
4. Леонтьев В.М. Чечевица / В.М. Леонтьев. – Л.: Колос, 1996. – 256 с.
5. Пикуза В. Экономические расчеты и бизнес-моделирование в Excel / В. Пикуза. – Питер, 2012. – 400 с.
6. Бондар Н.П. Дослідження технологічних властивостей харчового люпину і розробка способів використання його у хлібопекарській промисловості: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Н.П. Бондар / Національний ун-т харчових технологій. – К., 2006. – 20 с.

УДК 664.002.5

Кюрчев С.В., канд. техн. наук,
Змеєва І.М. (ТДАТУ, Мелітополь)

МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ СТРУМЕНЯ ЗА УМОВИ ПАДІННЯ ЙОГО НА ДНО БАНКИ

У статті побудовано математичну модель процесу розливання харчової рідини в скляну тару та проаналізовано гідродинамічну поведінку струменя за допомогою числового моделювання на основі програмного комплексу ANSYS.

Ключові слова: фасування харчової рідини, дозатор, числове моделювання, струмінь, розподіл поля швидкостей.