

СКЛАД І ПЕРЕТРАВЛЮВАНІСТЬ БІЛКОВИХ РЕЧОВИН ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБЛЕННЯ БОБОВИХ

Досліджено фракційний склад білкових речовин продуктів перероблення сої, гороху та люпину за розчинністю у різних середовищах, фракційний склад сполук, що містять азот, і тіста з добавками цих продуктів. Проведено порівняльний аналіз вмісту інгібіторів протеаз у продуктах перероблення бобових, розглянуто можливість використання у хлібопекарському виробництві солодів цих бобових культур як сировини, що має краще співвідношення фракцій білкових речовин для засвоєння в організмі людини порівняно з борошною із вихідного зерна. Охарактеризовано процес перетравлювання хліба з добавками в умовах *in vitro*.

Науково-технічний прогрес суттєво змінив характер діяльності людини, позбавивши її важкої фізичної праці. Відповідно змінилися потреби організму в енергії та основних компонентах їжі. Рацион сучасної людини має включати такі харчові продукти, які б характеризувались низькою калорійністю та високою біологічною цінністю [11].

Хлібобулочні вироби мають підвищений вміст вуглеводів і малу кількість білка, який характеризується неповноцінним амінокислотним складом. Лімітованими амінокислотами пшеничного борошна з вищого та першого сортів є лізін і треонін [4].

Підвищення біологічної цінності хліба є актуальним завданням, що стоїть перед хлібопекарською галуззю. Як білкові збагачувачі хлібобулочних виробів широко використовуються продукти перероблення сої. Перспективною сировиною є продукти перероблення інших бобових культур, зокрема гороху та люпину, використання яких за кордоном досить поширене [12, 13].

Широкому використанню продуктів перероблення бобових у хлібопекарському виробництві заважає наявність у їхньому складі антипоживних речовин, насамперед інгібіторів протеолітичних ферментів шлунково-кишкового тракту людини, α -галактосахаридів тощо. У зв'язку з цим особливий інтерес має використання солодів бобових культур, оскільки вміст антиліментарних сполук під час пророщування насіння бобових зменшується [3, 5].

Відомо, що пророщування знижує молекулярну масу біополімерів, а це зумовлює пропорційне підвищення ступеня їх засвоюваності. Цікаво було визначити фракційний склад та оцінити перетравлюваність білкових речовин продуктів перероблення сої, гороху та люпину і визначити вплив добавок

The fractional composition of proteic matters of products of processing soya, peas and lupin on dissolvability in miscellaneous environments and fractional composition of connections inclusive azote, paste with the components of these products is studied. The comparative analysis of the contents of inhibitors of proteases in products of processing bean is conducted, the possibility of using of malts of the indicated bean cultures as raw is reviewed, which one has the best ratio of fractions of proteic matters for mastering by an organism of the man in matching with a flour from an initial grain. The comparative analysis of the contents of inhibitors of proteases in studied products is conducted. The characteristic of process digestion of bread with the components in conditions „in vitro” is given.

цих продуктів на співвідношення фракцій білка у пшеничному тісті.

Об'єктами дослідження були: борошно з цілого зерна сої (БС) сортів "Успіх-2", "Вілосніжка" та "Романтика-еліта", борошно із солоду сої (БСС) відповідних сортів, білково-соевий концентрат (БСК) виробництва НВАТ "Агропрод" (с. Чабани, Київський р-н), борошно з цілого зерна гороху (БГ) сортів "Харківський еталонний", "Харківський-302", борошно із солоду гороху (БСГ) зазначених сортів, борошно з цілого зерна низькокалорійного білого люпину (БЛ) сорту "Діета" селекції інституту землеробства НАН України та борошно з його солоду (БСЛ).

Білкові речовини продуктів перероблення бобових фракціонували за послідовною розчинністю у різних середовищах: спочатку у воді, далі — у розчині хлориду натрію, потім — у розчині гідроксиду натрію і, нарешті, — у розчині етилового спирту [9] з дотриманням параметрів, наведених у табл. 1.

Таблиця 1
Параметри послідовного екстрагування білкових речовин

Розчинник	Фракція, що визначалась	Співвідношення продукту і розчинника	Тривалість екстрагування, хв
Вода	Альбуміни	1 : 120	20
NaCl, 10-відсотковий розчин	Глобуліни	1 : 120	20
NaOH, 0,2-відсотковий розчин	Глютеїни	1 : 120	20
C ₂ H ₅ OH, 70-відсотковий розчин	Протаміни	1 : 120	20

Аналіз результатів (рис.1) свідчить про те, що продукти перероблення люпину містять найбільшу частку легкозасвоюваних білків — альбумінів і глобулінів (88...90 % білка), що дає змогу вважати їх найперспективнішою сировиною з усіх розглянутих

продуктів. Друге місце посідає соя, останнє — горох, оскільки продукти його перероблення містять найбільшу кількість важкорозчинних білків — до 27 %.

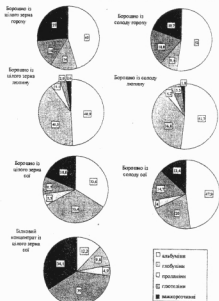


Рис. 1. Розподіл білкових речовин продуктів із насіння бобових на фракції за розчинністю у різних середовищах, %

Білковий соєвий концентрат, який отримують із застосуванням стадії екструджування, на відміну від борошна з вихідного цілого зерна містить майже удвоє більшу кількість важкорозчинного білка, у 4,5 раза більше гліутелінів і у 3 рази менше альбумінів та глобулінів.

Слід зазначити, що після стадії пророщування насіння зміст водо- та солерозчинної фракції у борошні із союду культур усіх видів зростає, а зміст важкорозчинної фракції — зменшується на 27...30 %.

Зміни у фракційному складі білкових речовин під час пророщування зерна бобових культур пов'язані із збільшенням активності ендогенних протеолітичних ферментів (рис. 2), яку визначали методом дії на „чужий” субстрат — 10-відсотковий розчин сухого лещинового білка [10].

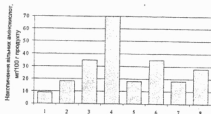


Рис. 2. Характеристика активності протеолітичних ферментів хлібопекарського борошна і продуктів перероблення бобових: 1 — лещинне борошно а/с; 2 — БСК; 3 — ВС; 4 — ВСС; 5 — BG; 6 — BSG; 7 — BL; 8 — BSL

У дослідницькій практиці хлібопечення стан білків тіста визначають, розподіляючи їх умовно за схемою, запропонованою К.М. Чижовою та Т.І. Шкваркиною (рис. 3). Щоб фракціонувати білки пшеничного тіста з продуктами перероблення бобових, визначали зміст у ньому водорозчинних речовин, що містять азот, вільних амінокислот і фракції небілкових азотомісних речовин. Кількісно азот визначали методом К'ельдаля, що модифікований вченими НУХТ [6]. Вміст вільних амінокислот визначали формольним титруванням [7].

Витяжки для визначення вмісту фракцій водорозчинного білка, небілкового азоту та вільних амінокислот отримували водним екстрагуванням при кімнатній температурі протягом 15 хв з перемішуванням і подальшим центрифугуванням протягом 15 хв при 6000 об/хв.

Аналіз фракційного складу білків об'єктів дослідження дає змогу передбачити суттєві зміни у складі білкових речовин пшеничного тіста з додавання цих продуктів. Найважливішою технологічною особливістю пшеничних білків є здатність утворювати після гідратації пружну масу — клейковину, яка створює „каркас” тіста. Відомо, що білки насіння бобових не утворюють клейковини, проте вони можуть поповнити так звану „проміжну” фракцію білкових речовин тіста (рис. 3), що не відмиваються з клейковиною, але й не переходять у розчин і є стабілізаторами структури тіста.

Фракційний склад білкових речовин у тісті визначали відразу після замішування, а зміни у співвідношенні фракцій аналізували після 180 хв автолізу тіста при 28...30 °С.

Досліджувані продукти вносили у кількості 10 % до маси перероблюваного борошна.



Рис. 3. Схема аналізу білкових речовин тіста

Результати проведених досліджень наведено в табл. 2 і 3.

Таблиця 2

Вміст окремих фракцій азотомісних сполук тіста з добавками продуктів перероблення насіння бобових культур (у перерахунку на білок), % СР тіста

Фракція	Без добавок	З додаванням 10 % до маси борошна						
		БСК	БС	БСС	БГ	БСГ	БЛ	БСЛ
Загальний вміст білка	11,8	16,2	18,0	13,2	14,1	14,3	17,0	17,0
Білок клейковини:								
початковий	5,4	5,2	5,4	5,1	5,0	5,0	5,1	4,3
через 180 хв автолізу	5,4	4,5	4,9	4,5	4,9	4,7	4,5	4,2
Водорозчинний білок:								
початковий	1,9	2,1	2,4	3,2	1,9	2,5	2,6	2,7
через 180 хв автолізу	2,0	2,8	2,8	4,1	2,2	3,0	2,8	3,0
Небілковий азот, 10 ⁴ % СР:								
початковий	47,4	45,6	85,9	77,2	66,7	98,3	62,6	65,4
через 180 хв автолізу	75,4	66,7	91,2	54,4	110,5	49,1	64,9	65,4

Таблиця 3

Співвідношення окремих фракцій азотомісних сполук у тісті з добавками продуктів перероблення насіння бобових культур через 180 хв автолізу, %

Фракція	Без добавок	З додаванням 10 % до маси борошна						
		БСК	БС	БСС	БГ	БСГ	БЛ	БСЛ
Білок клейковини	48,4	34,5	42,9	37,3	40,6	38,3	31,2	30,0
Водорозчинний білок	18,3	21,4	24,7	33,7	19,5	24,3	23,7	25,0
Вільні амінокислоти	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,6	0,8
Небілковий азот	3,9	3,4	4,7	2,8	5,7	2,5	3,3	3,5
Проміжна фракція	29,1	40,0	27,3	21,1	33,7	34,3	41,2	40,7
Разом	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

У разі внесення продуктів перероблення бобових у тісто підвищується вміст загального азоту на 1,2...5,2 % СР порівняно з контрольним зразком — тістом без добавок (див. табл. 2). Початковий вміст водорозчинного білка у зразках з борошном солодів сої, гороху та люпину є вищим порівняно із зразками з борошном із цілого зерна, а в тісті з БСК — нижчим порівняно з тістом, де як добавку використовували борошно із цілого зерна.

Із внесенням у тісто досліджуваних продуктів зменшується вміст фракції білків клейковини, причому відсоток її у зразках з борошном із солодів бобових культур менший порівняно із зразками, де як добавку використовували борошно з цілого зерна. Відповідно збільшується частка «проміжної» (стабілізуючої) фракції азотомісних сполук тіста. Якщо після 3 год ферментації вміст цієї фракції становить у контролі 29,1 % загальної кількості білкових речовин, то у тісті з люпиновими продуктами він перевищує 40,0 % (табл. 3).

Внаслідок пептизації високомолекулярних білків під дією активних протеолітичних ферментів досліджуваних продуктів у тісті з добавками вміст фракцій водорозчинного білка, зокрема вільних амінокислот, зростає порівняно з контрольним зразком. При цьому вміст вільних

амінокислот у зразках з солодами сої, гороху та люпину є вищим в 1,2; 1,25 та 1,3 рази порівняно з тістом, в яке вносили борошно з цілого зерна.

Для порівняльного оцінення перетравлюваності білкових речовин продуктів перероблення насіння бобових досліджували інтенсивність їх гідролізу пепсином і трипсином в умовах *in vitro*. Користувалися методикою О.О. Покровського та І.Д. Єртакова [8] з тією різницею, що продукти ферментативного гідролізу визначали не методом Фоліна, а формольним титруванням за кількістю вільних амінокислот.

На рис. 4 і 5 наведено отримані результати: накопичення вільних амінокислот (рис. 4) або швидкість цього процесу (рис. 5) як приріст кількості вільних амінокислот у середовищі за 1 год у перерахунку на 100 г продукту.

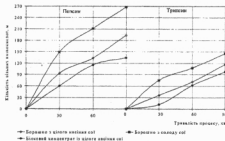


Рис. 4. Накопичення вільних амінокислот під час перетравлювання продуктів перероблення сої в умовах *in vitro*, мг/100 г продукту

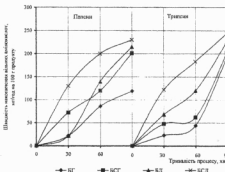


Рис. 5. Швидкість процесу перетравлювання білка продуктів перероблення насіння гороху та люпину в умовах *in vitro*

В умовах *in vitro* показано, що продукти перероблення люпину перетравлюються краще за усі досліджувані продукти — швидкість накопичення вільних амінокислот у середовищі з борошном із цілого зерна люпину на окремих етапах процесу травлення перевищує цей показник для борошна з гороху у 3 рази. Борошно із цілого зерна сої перетравлюється ще повільніше, ніж горох. Це пояснюється, очевидно, не лише більшим вмістом у люпині легкодоступних для гідролізу білкових фракцій, а й найнижчим вмістом у ньому порівняно з іншими бобовими інгібіторів протеолітичних ферментів (табл. 4).

Про кількість інгібіторів трипсину та хімотрипсину судили за трипсином та хімотрипсиномітибуючої активності, яку визначали казеїнолітичним методом, оснований на спектрофотометричному визначенні продуктів гідролізу казеїну при відомій концентрації

трипсино або хімотрипсину [1, 2]. Кількість продуктів гідролізу зворотно пропорційна кількості інгібіторів ферментів, що наявні у середовищі. Достовірність отриманих результатів підтверджується „уреазним тестом” досліджуваних продуктів.

Таблиця 4

Активність інгібування протеолітичних ферментів, мг/г, і „уреазний тест” продуктів перероблення насіння бобових

Продукт	Активність інгібування трипсину	Активність інгібування хімотрипсину	Активність уреаз, од. рН за 30 хв
ВС	7,45	2,82	2,50
ВСС	7,18	2,38	2,18
ВСК	4,46	1,06	0,1
ВГ	4,84	3,39	0,1
ВСГ	3,97	2,69	0,08
БЛ	1,5	1,29	0,04
БСЛ	0	1,22	0

Результати досліджень, що наведені у табл. 4, і аналіз фракційного складу білкових речовин продуктів перероблення бобових обґрунтовує кращу перетравлюваність борошна із солоду порівняно з борошном із цілого зерна для насіння усіх культур. Найкращою швидкістю цього процесу характеризується борошно із люпинового солоду, дещо меншою — борошно із солоду сої, далі — борошно з горохового солоду.

Висновки:

1. Продукти перероблення люпину і гороху не поступаються за вмістом та якістю білка продуктам перероблення сої, містять меншу кількість інгібіторів протеаз і є перспективними білковими збагачувачами хлібобулочних виробів.

2. Альтернативою борошну із цілого зерна бобових є борошно з їхніх солодів, яке характеризується нижчим вмістом антиаліментарних речовин і більшим вмістом фракції водорозчинних азотвмісних сполук. Кількість важкорозчинних білків у солодах приблизно на 1/3 менше, ніж у вихідному зерні.

3. У фракційному складі білкових речовин продуктів перероблення насіння бобових основне місце належить альбумінам і глобулінам. За сумою часток цих фракцій перше місце посідає люпин (до 90 % загальної кількості білка), продукти з гороху містять їх до 65 %, продукти із сої — до 70 %.

4. Внесення в тісто досліджуваних продуктів підвищує вміст у ньому загальної кількості білка, водорозчинних білкових речовин, зокрема вільних амінокислот, що сприяє підвищенню біодоступності мікрофлори тіста, інтенсифікації технологічного процесу та є підґрунтям підвищення засвоєності готових виробів.

5. З усіх досліджуваних продуктів найнижчу кількість інгібіторів протеаз містять продукти перероблення люпину.

6. Дослідження перетравлюваності продуктів перероблення насіння бобових в умовах *in vitro* показало, що білки борошна з усіх солодів гідролізуються краще, ніж білки борошна із вихідного зерна. Найбільшою швидкістю процесів гідролізу білків як на пепсиновій, так і на трипсиновій стадії відрізняється борошно із солоду люпину.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бенкен И.И. Определение активности ингибиторов трипсина в семенах зерновых бобовых культур казеинолитическим методом // Вул. ВИР. — 1982. — Вып. 121. — С. 65–70.
2. Бенкен И.И. Определение активности ингибиторов химотрипсина с использованием казеина в качестве субстрата // Вул. ВИР. — 1983. — Вып. 136. — С. 74–78.
3. Динаміка вуглеводів в процесі пророщування гороху / Б.І. Хіварч, Т.В. Лопато, В.А. Домарецький, В.М. Кошова // Харч. пром-сть. — 1996. — Вып. 42. — С. 104–107.
4. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. — К.: Логос, 2002. — 365 с.
5. Інгібітори трипсину гороху та ступінь руйнування їх при вирощуванні солоду / В.І. Хіварч, Н.Е. Фролова, В.А. Домарецький та ін. // Наук. пр. УДУХТ. — 1993. — № 1. — С. 258–261.
6. Модифікація метода Кьельдаля в техніко-хімічному контролі хлібопекарного виробництва / В.І. Дробот, Р.С. Сухомяк, М.Г. Христіансен і др. // Хлібопекар. і кондитер. пром-сть. — 1986. — № 9. — С. 15–17.
7. Петров К.П. Практикум по біохімії підвищеного рослинного сиров'язь. — М.: Пищ. пром-сть, 1965. — 332 с.
8. Покровский А.А., Ерманов И.Д. // Вопросы питания. — 1965. — № 3. — С. 38–44.
9. Починков Х.М. Методы биохимического анализа растений. — К.: Наук. думка, 1976. — 334 с.
10. Ройтер И.М., Демчук А.П., Дробот В.И. Новые методы контроля хлебопекарного производства. — К.: Техника, 1977. — 192 с.
11. Тутельян В.А. О концепции оптимального питания // Материалы межрегионального семинара «Методология разработки и реализации региональных программ «Здоровое питание». — Тверь: Изд-во ООО «РТС-Импульс», 2001. — С. 19–20.
12. Travagini M., Travagini D. Avaliação da qualidade proteica de cereais processados do tipo desajum em combinacao com uma bebida tm po a base de extrato de soja // Bol. Inst. Technol. Alim. — 1984. — 21, № 4. — P. 503–510.
13. Jankiewicz M., Kedzior Z., Kiryluk J. Chemical-technological characteristics and baking applicability of protein preparations obtained from peas and faba beans using air classification method // Acta aliment. Pol. — 1989. — 15, № 4. — P. 291–298.

Надійшла до редколегії 24.04.04 р.