

Дослідження зміни хімічного складу насіння бобових під час пророщування та екструдування

Арсеньова Л.Ю., доктор технічних наук

Бондар Н.П., Усатюк С.І., кандидати технічних наук

Доценко В.Ф., доктор технічних наук, Національний університет харчових технологій

Аналіз структури харчування населення України на сучасному етапі показує, що раціон пересічного українця характеризується дефіцитом білка у кількості 10-26% потреби [4, 11].

Відомо, що внаслідок дефіциту білка в організмі людини розвивається білкова недостатність, що супроводжується порушеннями синтезу ферментів, функцій підшлункової залози та кишечника, від'ємним азотистим балансом, атонією м'язів, зниженням опірності організму збудникам захворювань [3].

Добова потреба дорослого працездатного населення України в білках розрахована залежно від статі, віку та інтенсивності праці людини і становить для чоловіків 58-107 г (у т.ч. 32-59 г тваринних білків), для жінок – 50-84 г (у т.ч. 28-46 г тваринних білків). Проте, підхід до розрахунку потреби в білку залежно від фізичної активності, а також необхідність у великій частці (55%) білків тваринного походження викликають суперечки спеціалістів різних країн. В останні 20 років у країнах Європи подібні погляди значною мірою переглянуто та практично відхилено. FAO ВООЗ не висуває ніяких рекомендацій відносно потреби у тваринному білку, оскільки, за результатами клінічних досліджень, звичайний раціон у будь-якій країні може взагалі не містити тваринних білків, а потребу людини в амінокислотах цілком задовольняє суміш рослинних білків [10].

Вибір рослинної сировини для вирішення проблеми підвищення біологічної цінності щоденного раціону, в т.ч. хлібобулочних виробів, є виправданим і з огляду на загальносвітові тенденції збільшення частки рослинної продукції у забезпеченні

людства білком [7]. Ця тенденція зумовлена розумінням нераціональності витрат повноцінного рослинного білка у кормовиробництві. Дійсно, коефіцієнт ефективності використання рослинного білка у тваринництві (коефіцієнт трансформації у білки м'яса) дуже низький – від 4-6% (яловичина) до 12-15% (свинина), а втрати становлять у середньому 90% [8]. Отже, вибір сировини рослинного походження для підвищення біологічної цінності продуктів харчування співпадає з прагненням людства використати незрівнянно більші ресурси рослинного білка порівняно з тваринними безпосередньо в їжу, а також для створення біологічно повноцінних комбінованих харчових продуктів.

З усіх видів рослинної сировини найбільшим вмістом білка відрізняється насіння бобових: гороху, квасолі, сої, люпину, сочевиці, кормових бобів, віки, чини, нуту, машу, арахісу тощо. У світовому об'ємі виробництва зернових частка бобових культур становить 20% [7]. Бобові вигідно вирощувати навіть у тих районах, де через ґрунтово-кліматичні умови їхня урожайність нижча за середню. Враховуючи це, а також великий інтерес до сої, Україна вже збільшила посівні площі цієї культури у 4 рази порівняно з 1998 роком. Проте, за оцінками західних експертів, Україна є єдиною країною в Європі, яка здатна вирощувати значні обсяги високоякісної сої, засіваючи не менше 250 тис. га [9].

Аналіз хімічного складу насіння основних представників бобових показує, що вміст білка в них у 2-3 рази більший, ніж у зерні злакових. Амінокислотний склад білка бобових вважають повноцінним: вміст у ньому

лізіну в 2-2,5 рази більше, ніж у білку злакових культур [5].

Насіння бобових містить порівняно велику кількість харчових волокон, вітамінів групи В, токоферолів, мікро- та макроелементів, порівняно високий вміст цінної за жирно-кислотним складом олії, фосфоліпідів, у тому числі лецитину [6].

Багатий хімічний склад насіння бобових зумовлює великий інтерес технологів і розробників до використання продуктів його переробки у хлібопекарському виробництві.

Широкому використанню сировини з насіння бобових перешкоджає наявність у її складі кількох груп антипоживних речовин, з яких найбільш вивчені інгібітори протеаз шлунку людини. Найбільше їх міститься у квасолі та сої (від 0,6 до 5,6% залежно від сорту), в горосі значно менше – від 0,2 до 0,5%, ще менше їх міститься в люпині. За даними Інституту харчування Російської академії медичних наук, за антитрипсиновою та антихімотрипсиновою активністю перше місце посідає біла квасоля, далі у зменшувальній послідовності йде насіння сої, нуту, сочевиці, гороху та білого люпину [1].

Високий вміст у бобових рафінози та стахіози (до 10%) може спровокувати метеоризм, обумовлений тим, що в тонкому кишечнику людини відсутній фермент α -галактозидаза, тому вказані олігосахариди потрапляють у товстий кишечник, де зброджуються мікроорганізмами з утворенням великої кількості вуглекислого газу та водню.

Алкалоїди є єдиним важливим антипоживним речовинами в насінні люпину. Жовтий, "гіркий" люпин містить 1-2% алкалоїдів. У різних країнах світу, а в Україні – в Інсти-

туті землеробства НАН проводяться дослідження з виведення нових низькоалкалоїдних сортів білого харчового люпину, вміст алкалоїдів у насінні яких не повинен перевищувати 250 мг/кг. Сумарний вміст алкалоїдів у таких сортах вітчизняної селекції, як Дієта, Володимир, Володя, Харчовий, Олежка, Козелецький та ін., не перевищує 0,015%, тому їх відносять до групи безалкалоїдних сортів [2]. Ці сорти можна вважати перспективними для використання у хлібопекарській галузі.

В насінні бобових, як і в усіх зернових, містяться фітати. Фітин – ефір вітаміноподібної речовини інозиту з фосфорною кислотою – є нерозчинним комплексом, здатним зв'язувати значну кількість іонів металів (кальцій, залізо, цинк, магній тощо) та перешкоджати їхньому засвоєнню. Фітатний фосфор становить близько 70% його загальної кількості в насінні бобових.

Прийнято вважати, що значна частина антипоживних складових насіння бобових інактивується під час температурної обробки. Практично важливими для споживачів є залиш-

кова кількість інгібіторів протеїназ, α -галактозида (рафіноза та стахіоза) й алкалоїди люпину.

На кафедрі технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів НУХТ проводяться дослідження з підвищення біологічної цінності хлібобулочних виробів шляхом застосування продуктів переробки насіння бобових культур: сої, гороху, білого харчового люпину. Важливим завданням цієї роботи є правильний вибір продуктів переробки бобових, які містять мінімальну кількість антипоживних речовин. З цією метою запропоновано застосування борошна з солоду та екструдатів солоду вказаних бобових культур. Досліджували зміни у хімічному складі та властивостях продуктів з насіння бобових після вказаного оброблення.

Результати та їхнє обговорення.

У роботі використовували сорт білого харчового люпину Дієта, селекційований в Інституті землеробства НАНУ, який належить до низькоалкалоїдних сортів, тобто таких, вміст алкалоїдів у насінні яких становить від 0,02 до 0,1 мг%. Впродовж 6 діб

пророщування вміст алкалоїдів у такому зерні зменшується до слідових кількостей.

З використанням казеїнолітичного методу визначення активності інгібіторів хімотрипсину [1] нами доведено (рис. 1), що під час пророщування впродовж 6 діб кількість інгібіторів протеаз у насінні сої зменшується на 25%, а після екструдуювання солоду – ще практично вдвічі. Така підготовка насіння бобових дозволяє використовувати їх у технології хліба в кількостях 10-15% до маси борошна й отримувати продукцію, вміст в якій інгібіторів трипсину є гарантовано низьким – значно нижче рекомендованого для дитячого та дієтичного харчування допустимого рівня (5 мг/г продукту).

Сумарну активність інгібіторів ферментів травного тракту людини, які містяться в бобових, оцінювали за уреазним тестом, тобто за зміною рН впродовж 30 хв. експозиції. Встановлено (табл. 1), що борошно з люпину містить значно менше вказаних антиаліментарних факторів, ніж борошно із сої. Найнижчу активність інгібіторів протеолітичних ферментів шлунку людини має горох. Застосування стадії пророщування люпину дає змогу знизити активність інгібіторів протеаз у його насінні вдвічі, а після додаткового екструдуювання солоду визначити в ньому ознаки цієї групи антипоживних компонентів взагалі не вдається.

Білок пророслого насіння бобових має інший фракційний склад порівняно з білком вихідного зерна – він містить більше низькомолекулярних, водорозчинних білкових речовин, у тому числі вільних амінокислот (рис. 2). Додавання такого продукту до складу хлібного тіста покращить умови життєдіяльності бродильної мікрофлори, сприятиме кращому забарвленню скоринки хліба, формуванню інтенсивнішого аромату, а найголовніше – підвищенню засвоюваності білка, що в ньому міститься.

Таким чином, не викликає сумніву доцільність пророщування та екстру-

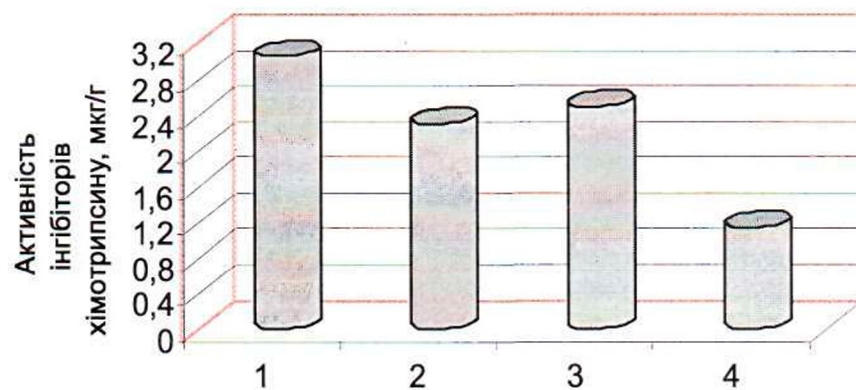


Рис. 1. Активність інгібіторів хімотрипсину в борошні:

1 – з цілого насіння сої; 2 – з екструдованого насіння сої; 3 – із солоду сої; 4 – з екструдованого солоду сої

Таблиця 1. Активність уреаз (од. рН) як характеристика активності інгібіторів трипсину в продуктах переробки насіння бобових

Вид бобових	Вид продукту переробки		
	вихідне насіння	солод	екструдат солоду
Соя	2,62	1,42	0,63
Люпин білий	0,08	0,04	0
Горох	0,01	0	0

дування насіння бобових з позицій поліпшення умов засвоєння білкових речовин завдяки зниженню активності інгібіторів цих процесів.

Під час пророщування зерна в ньому зростає активність багатьох ферментів, у тому числі фітази – фосфоестерази, що каталізує звільнення солей фосфорної кислоти з нерозчинного фітину і тим самим сприяє підвищенню рівня засвоюваності мінеральних елементів насіння бобових. За допомогою непрямого методу визначення активності фітази за вмістом неорганічного фосфору нами доведено,

що інтенсивність гідролізу фітину в пшеничному тісті з додаванням 15% борошна із солоду сої збільшується за період бродіння (3 год.) на 74-75% порівняно з тістом без добавок, борошна із солоду гороху та люпину – на 22-45%.

Становило інтерес дослідити зміни масової частки та складу жирно-кислотної складової насіння бобових під час пророщування та екструдуювання.

Масову частку жирів у продуктах переробки насіння бобових визначали методом Сокслета. Результати визначення (табл. 2) показали, що після

пророщування впродовж 6 діб вміст жиру в готовому солоді з оболонками та паростками знижується порівняно з вихідним зерном незначно – не більш ніж на 6%. Проте, під час екструдуювання втрати жирової складової значно більші – вони становлять від 20% (горох) до 39,5% (соя).

Вивчали жирно-кислотний склад ліпідів продуктів переробки насіння бобових. Визначення проводили на газовому хроматографі “Кристаллюкс-4000” з полум’яно-іонізаційним детектором відповідно до ГОСТ Р 51483-99, підготовку проб проводили за ГОСТ Р 51486-99. Результати визначення вмісту жирних кислот за фракціями: насичені (НЖК), мононенасичені (МНЖК), поліненасичені (ПНЖК) жирні кислоти (табл. 3).

Порівняння жирно-кислотного складу продуктів переробки сої та люпину зі складом “ідеального” ліпідів (НЖК:МНЖК:ПНЖК=1:1:1) показало (рис. 4), що характерним для жирно-кислотного складу ліпідів сої є переважання поліненасичених кислот, у той час як у люпиновій олії в значній кількості міститься олеїнова кислота. Встановлено, що під час пророщування насіння частка НЖК у загальній їхній сумі збільшується переважно за рахунок зменшення частки МНЖК. Подальше екструдуювання призводить до зменшення загальної кількості жиру (табл. 2). При цьому жирні кислоти всіх фракцій беруть участь у реакціях взаємодії з догадно з амілозою крохмалю. Але у складі жиру, який було екстраговано з екструдатів солодів сумішшю хлороформу з метанолом у співвідношенні 1:1, більшою мірою зменшилася фракція МНЖК. Особливо ця тенденція виражена в екструдаті люпину. В цілому, можна стверджувати, що за співвідношенням основних фракцій жирних кислот саме жир солоду люпину та його екструдату є найближчим до “ідеального” ліпідів (рис. 4).

Співвідношення поліненасичених жирних кислот груп ω -3 (α -ліноленова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова) і ω -6 (лінолева, арахідонова, γ -ліноленова) під час технологічного оброблення насіння бобових істотно змінюється.

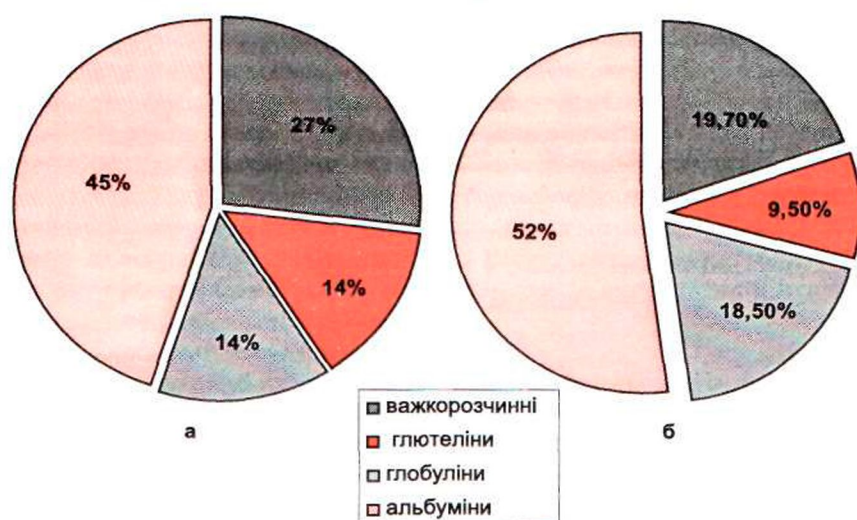


Рис. 2. Розподіл білкових речовин продуктів переробки гороху на фракції за розчинністю (% білкових речовин): а – борошно з цілого насіння гороху; б – борошно із солоду

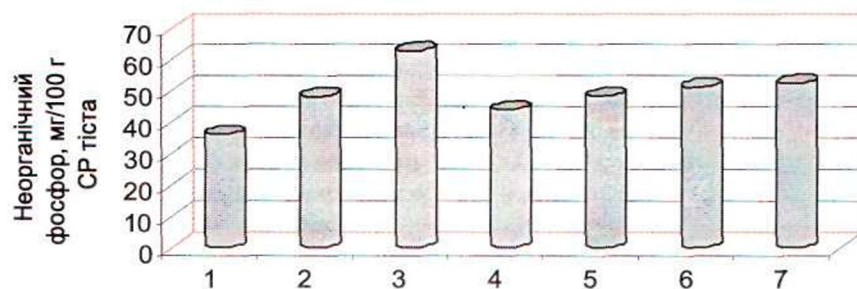


Рис. 3. Приріст неорганічного фосфору впродовж 3 год. автолізу тіста: 1 – без добавок; 2-7 – з додаванням 10% до маси борошна: 2 – борошна з цілого насіння сої; 3 – борошна із солоду сої; 4 – борошна з гороху; 5 – борошна із солоду гороху; 6 – борошна з білого люпину; 7 – борошна із солоду люпину

Таблиця 2

Вид бобових	Вихідне насіння	Солод	Екструдат солоду
Соя	23,3	21,9	14,1
Горох	2	1,9	1,6
Білий люпин	11,9	11,3	9,1

Масова частка ПНЖК ω -3 ряду збільшується в солоді проти вихідного зерна на 20-50%, вміст ПНЖК групи ω -6 – відповідно зменшується. Найближчим до ідеального співвідношення цих груп ПНЖК, що становить 1:10, є продукти переробки сої.

Висновки

Під час пророщування та подальшого екструдуювання насіння бобових у його хімічному складі спостерігаються істотні зміни:

1. Під час пророщування зменшується частка важкорозчинних білкових речовин і збільшується кількість альбумінів і глобулінів. Пророщування та екструдуювання забезпечують зменшення активності інгібіторів травних ферментів людини. Разом ці два фактори сприятимуть поліпшенню процесів засвоєння цінних за аміно-

кислотним складом білкових речовин бобових у складі комбінованих продуктів харчування.

2. Встановлено також, що процес пророщування сприяє підвищенню рівня засвоюваності мінеральних елементів насіння бобових за рахунок дії активної фітази. Найбільшу активність цього ферменту має солод сої.

3. Вміст жиру в солоді нижчий порівняно з вихідним зерном на 5-6%. Екструдуювання призводить до значно більшої втрати ліпідів, що екстрагуються розчинниками, – на 20-39,5%. Аналіз фракційного складу жирів продуктів переробки насіння бобових виявив порівняно високі втрати мононенасичених жирних кислот як під час пророщування, так і під час екструдуювання. Найближче до ідеального співвідношення поліненасичених жирних кислот груп ω -3 і ω -6 мають продукти переробки сої.

Таблиця 3.

Фракційний склад жирних кислот у продуктах переробки насіння бобових, %

Продукт	НЖК	МНЖК	ПНЖК			Співвідношення	
			сума	група ω 3	група ω 6	НЖК:МНЖК: ПНЖК	ω-3:ω-6
Соя							
Вихідне насіння	12,4	28,4	54,6	3,3	51,3	1:2,3:4,8	01:15,6
Солод	16,6	27,4	56	4	52	1:1,6:3,4	01:12,9
Екструдат солоду	17,8	27,9	54,3	7,9	46,4	1:1,6:3,1	01:05,9
Горох							
Вихідне насіння	18,4	25,1	56,5	6,6	49,9	1:1,4:3,1	01:07,6
Солод	20,8	21,7	57,5	12,2	45,3	1:1,1:2,8	01:03,7
Екструдат солоду	22,1	20,8	57,1	24,8	32,3	1:0,9:2,6	01:01,3
Люпин							
Вихідне насіння	16,3	43,3	40,4	7,3	33,1	1:2,7:2,5	01:04,5
Солод	18,7	39,9	41,4	10,9	30,5	1:2,1:2,2	01:02,8
Екструдат солоду	20,3	37,9	41,8	19,9	21,9	1:1,9:2,1	01:01,1

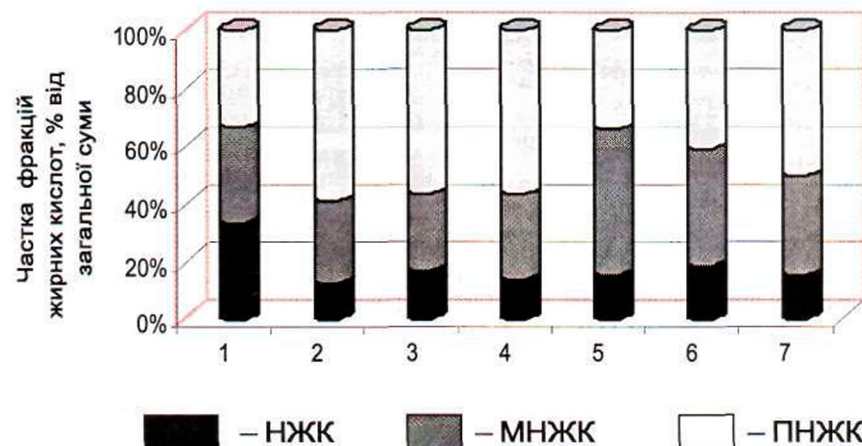


Рис. 4. Співвідношення окремих фракцій жирних кислот:

1 – в “ідеальному” ліпіді; 2 – в ліпідах насіння сої; 3 – в ліпідах солоду сої; 4 – в ліпідах екструдату солоду сої; 5 – в ліпідах насіння люпину; 6 – в ліпідах солоду люпину; 7 – в ліпідах екструдату солоду люпину

Література

1. Абрамова Е.П., Черников М.П. Содержание ингибиторов протеиназ в семенах некоторых бобовых // Вопросы питания, 1964, №4. – С. 13-14.
2. Богданов Г.О., Головченко О.В., Арсеньева Л.Ю., Бондар Н.П. Перспективы та безпечність використання насіння білого люпину для виробництва харчових продуктів // Вісник аграрної науки, 2004, №11. – С. 57-61.
3. Гігієна харчування з основами нутриціології / За ред. В.І. Ципріяна – К.: “Здоров’я”, 1999. – 568 с.
4. Долинкин Ф. Соя – компонент продуктобудови сьогодення і майбутнього // Продукты и ингредиенты, 2004, №6. – С. 18-19.
5. Кархалева Е.Г., Морозов В.Н. Аминокислотный состав белков семян бобовых // Известия вузов. Пищевая технология, 1976, №3. – С. 11-13.
6. Ключкин В.В. Основные направления переработки и использования пищевых продуктов из семян люпина и амаранта // Хранение и переработка зерна, 1997, №9. – С. 30-33.
7. Лищенко В.Ф. Мировые ресурсы пищевого белка // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки, 2003, №1. – С. 12-15.
8. Николаевская В.Р., Екимовский А.П., Черников М.П. Сравнительное изучение биологической ценности качественно различных белков и их атакуемости пищеварительными протеиназами // Вопросы питания, 1989, №2. – С. 37-40.
9. Свири Д. Объем украинского рынка соевого шрота и тенденции его развития // Сб. докл. Первой междунар. конф. «Масложировая промышленность Украины: перспективы, инвестиции, технологии» – К.: «АПК-Информ», 2002. – С. 60-61.
10. Уильямс К., Сэндерс Т. Связь между здоровьем и потреблением белка, углеводов и жира // Вопросы питания, 2000, №3. – С. 54-57.
11. Циприян В.И., Матасар И.Т., Билко Т.Н. Состояние фактического питания населения Украины в современных экологических условиях в зоне с различными уровнями содержания радиоактивных веществ в окружающей среде // Материалы VII Всероссийского конгресса «Здоровое питание населения России» – М., 12-14 ноября 2003 г. – Т. 2. – С. 547-548.