

АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ СИРКОВИХ ВИРОБІВ ІЗ ЗЕРНОВИМИ ІНГРЕДІЄНТАМИ

О.О.ОНОПРІЙЧУК – аспірант,

О.В.ГРЕК – к.т.н., доцент, Національний університет
харчових технологій, м.Київ

Постановка і стан вивчення проблеми. За існуючими в наш час уявленнями, термін «біологічна цінність» відноситься до рівня ефективного використання організмом білка харчового продукту, що залежить від його амінокислотного складу, збалансованості амінокислот, структурних особливостей і який витрачається на підтримку азотистої рівноваги в організмі людини. Виходячи з цього біологічна цінність характеризує якість білкового складу харчового продукту з можливістю оцінювати його відповідно фізіологічним нормам [1, 2].

Із визначення біологічної цінності видно, що її рівень в основному залежить від амінокислотного складу, і в першу чергу незамінних амінокислот (НАК). Крім того, при оцінюванні біологічної цінності важливим є не тільки наявність у продукті усіх НАК та їх високий вміст, а й кількісна збалансованість відповідно фізіологічної норми, яка була запропонована міжнародним експертним комітетом ФАО/ВОЗ у вигляді амінокислотної шкали ідеального білка. Невідповідність НАК за кількісними характеристиками свідчить про порушення їх збалансованості в продукті і як наслідок знижує рівень його біологічної цінності.

Із білками продуктів харчування до організму людини надходять до 20 амінокислот, з яких 8 – незамінні. Згідно зі шкалою

ФАО/ВООЗ ідеальний білок містить незамінних амінокислот (НАК), мг/100 г білка: ізолейцин – 4, лейцин – 7, лізин – 5,5, метіонін+цистин – 3,5, фенілаланін+тирозін – 6, триптофан – 1, треонін – 4, валін – 5 [3]. Інші є замінними амінокислотами (ЗАК), тобто організм здатний їх синтезувати за потребою. Наприклад цистин, цистеїн – сірковмісні амінокислоти, синтезуються в ньому при наявності в достатній кількості метіоніну – їх попередника. Метіонін є незамінною амінокислотою, і його кількість повністю залежить від надходження з їжею.

Сиркові вироби із зерновими інгредієнтами – нові харчові продукти, що відрізняються за своїм хімічним складом від традиційних молочних продуктів за рахунок уведення нових збагачуючих функціонально-технологічних добавок. Зернові інгредієнти, оброблені методом екструзії та солодощення, містять у своєму складі білки і вуглеводи, що легко засвоюються, мінеральні речовини, вітаміни та харчові волокна. У зв'язку з цим, під час визначення їх біологічної цінності як критерію якості білка, необхідно врахувати особливості амінокислотного складу тваринних і рослинних білків та ступінь їх засвоєності після перетравлювання [4]. За походженням білок (рослинний або тваринний) значно відрізняються за амінокислотним складом, а отже, і за біологічною цінністю. Амінокислотний склад тваринних білків близький до амінокислотного складу білків людини. Тваринні білки являються повноцінними, тоді як рослинні – через відносно низький вміст у них лізину, триптофану, треоніну, в порівнянні з молочними продуктами – неповноцінні [5]. Це необхідно враховувати при комбінуванні білків різного походження з метою доповнення їх за амінокислотним складом [6, 7]. Наприклад, недостатня кількість у зерні сірковмісних амінокислот компенсує їх вміст у білках зернових культур, тому з розходжень амінокислотного складу білків випливає можливість підвищення їх біологічної цінності у результаті комбінування сировини рослинного й тваринного походження, що доповнюють один одного за амінокислотним складом [8, 9]. У сиркових виробках лімітуючими амінокислотами є метіонін+цистин, тому при розробці нових сиркових виробів необхідно збільшити кількість цих амінокислот, що в свою чергу призведе до більш повного використання інших незамінних амінокислот в продукті [10, 11].

Результати досліджень. Для вивчення якості розроблених сиркових продуктів із зерновими інгредієнтами було визначено їх амінокислотний склад методом іонообмінної хроматографії, в якості контролю використаний сирковий виріб, виготовлений за класичною технологією без додавання зернових [12–14]. Суть методу полягає в гідролізі зразка до амінокислот з наступною їх ідентифікацією методом високоефективної рідинної хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т 339, виробництва «Мікротехна», Чехія. Гідроліз сухого зразка здійснювали розчином 6N соляною кислотою за температури $(108 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом 24 год [15, 16]. Визначено, що за-

гальний вміст амінокислот у нових сиркових виробках збільшився порівняно з контролем за рахунок додавання зернових інгредієнтів.

Тому можливо припустити, що комбінування даних зернових інгредієнтів із молочно-білковою основою підвищує біологічну цінність подібних композицій.

Ступінь відповідності вмісту незамінних амінокислот продукту амінокислотній шкалі ФАО/ВОЗ розраховується за амінокислотним скором (C_i), який може бути виражений у частках одиниці, або у відсотках. Амінокислотний скор показує, за якими НАК лімітований досліджуваний білок. Лімітування білка може бути за однією, двома і більше НАК. Незамінна амінокислота, кількість якої відповідно еталону найменша, є першою лімітованою НАК.

Розраховано показник амінокислотного скору для досліджуваних зразків. Отримані дані свідчать, що першими лімітуючими амінокислотами контролю та сиркових виробів із солодощеною добавкою «Прозер» є метіонін та цистин, а з екструдатом рису – треонін. При чому амінокислотний скор сиркового виробу без зернових становить 97,97 %, а це значить, що в цілому від норми НАК сиркових виробів організмом людини повноцінно може використовуватися наступна кількість амінокислот

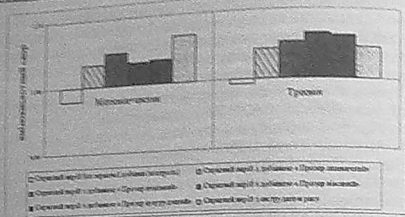
$$\sum \text{НАК}_{\text{ср}} = 0,9897 \cdot \sum_{j=1}^i A_{\text{ср}} \quad (1)$$

де $\sum \text{НАК}_{\text{ср}}$ – повноцінна частина НАК білка продукту, г/100 г;

$A_{\text{ср}}$ – кількість j -тої НАК ідеального білка, г/100 г.

У результаті проведених розрахунків з'ясовується, що при складанні комбінації: молочно-білкова основа + зернові інгредієнти, підвищується вміст лімітуючих амінокислот – метіонін+цистин та треонін. Ліквідування їх дефіциту приведе до підвищення ступеня використання інших НАК молочно-білкової основи на відновлення балансу азоту та синтез спеціальних білків (рис. 1).

Скор кожної амінокислоти дає загальне уявлення про біологічну цінність виробу. Використання організмом білка на анаболічні потреби організму обмежується вмістом лімітуючої амінокислоти, а весь надлишковий вміст інших есенціальних речовин іде на компенсацію енерговитрат та біосинтез замінних амінокислот (ЗАК). Для оцінки ступеня використання білка було обчислено коефіцієнт різниці амінокислотного скору (КРАС) – середню величину надлишку амінокислотного скору незамінних амінокислот у порівнянні зі скором лімітуючої амінокислоти. Чим менше значення КРАС, тим повніше у продукті використовуються амінокислоти. Згідно з теорією М.П.Чернікова показник КРАС можна використовувати для порівняння біологічної цінності (БЦ) харчових білків (табл. 1) [1, 17].



Рисunek 1. Амінокислотний скор лімітуючих амінокислот сиркових виробів

Таблиця 1 – Оцінка збалансованості амінокислотного складу білків у сиркових виробих із зерновими інгредієнтами

Показник	Сирковий виріб					з екструдатом рису
	без зернової добавки (контроль)	з добавкою «Прозер»				
		пшеничний	ячмінний	вівсяний	кукурудзяний	
Коефіцієнт різниці амінокислотного скору (КРАС)	37,161	34,184	34,426	35,892	36,047	36,742
Біологічна цінність (БЦ, %)	62,84	65,82	65,57	64,11	63,95	63,26
Коефіцієнт утилітарності НАК продукту (U)	0,724	0,763	0,764	0,764	0,766	0,773
Коефіцієнт надлишковості НАК продукту ($\sigma_{\text{над}}$)	13,720	12,133	12,693	12,693	12,670	12,581
Коефіцієнт раціональності амінокислотного складу продукту ($R_{\text{рац}}$)	0,724	0,739				

Виявлено, що розроблені сиркові вироби мають цей показник вище контролю: сирковий виріб без зернової добавки (контроль) – 37,16; з додавкою «Прозер пшеничний» – 34,18; ячмінний – 34,43; вівсяний – 35,89; кукурудзяний – 36,05; з екструдатом рису – 36,74. Тобто комбінування тваринних і рослинних білків підвищує біологічну цінність білка системи в цілому (табл. 1).

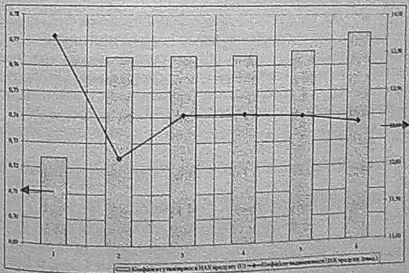
Аналізуючи отримані дані сиркових виробів із зерновими інгредієнтами (табл. 1), можна зробити висновок про підвищення біологіч-

ної цінності дослідних зразків. Так з добавкою «Прозер» пшеничний ячмінь становить 65,82 %, ячмінний – 65,57 %, вівсяний – 64,11 %, кукурудзяний – 63,95 %, з екструдатом рису – 63,26 %, тоді як для контролю – 62,84 %.

Для визначення ефективності використання організмом окремої незамінної амінокислоти користувалися коефіцієнтом утилітарності НАК харчового продукту (U). Цей коефіцієнт чисельно характеризує збалансованість усіх НАК білка по відношенню до еталона або фізіологічної норми і використовується для порівняння білкового складу різних продуктів харчування, виходячи з їх амінокислотного складу та неадекватності їх використання в організмі.

Для характеристики масової частки НАК в 100 г білка оцінюваних продуктів, що використовується організмом неповноцінно, застосовували коефіцієнт надлишковості НАК ($\sigma_{\text{над}}$).

Аналізуючи отримані дані (табл. 1), видно, що коефіцієнт утилітарності в порівнянні з контролем (0,724) зростає і лежить у межах 0,763–0,775 для сиркових виробів з інгредієнтами зернового походження, а коефіцієнт надлишковості знижується з 13,72 (контроль) до 11,98. Для сиркового виробу з добавкою «Прозер ячмінний» виявлені найвище значення коефіцієнта утилітарності (0,775) та найнижче значення коефіцієнта надлишковості (11,98), що свідчить про найкращу збалансованість НАК і ефективнішу їх утилізацію.



1 – без зернової добавки (контроль); 2–5 – з добавкою «Прозер» відповідно пшеничний, ячмінний, вівсяний, кукурудзяний; 6 – з екструдатом рису

Рисунок 2. Оцінка збалансованості амінокислотного складу білків у складі сиркових виробів

Таким чином, здійснивши розрахунки, кількісно оцінили частку НАК у білку сирових виробів, які будуть повноцінно використовуватися організмом і яка частка НАК внаслідок незбалансованості, недостатності або надлишку утилізується неповноцінно.

При оцінюванні біологічної цінності білоквмісного виробу дуже важливо оцінити рівень взаємозбалансованості НАК і ЗАК білка продукту, що забезпечить нормальне функціонування білокзалежних систем організму.

Оцінка взаємозбалансованості НАК і ЗАК в продукті, що є джерелом білка для потреб організму, базується на 4 медико-біологічних положеннях:

1. Асиміляція НАК білка продукту організмом здійснюється за трьома напрямками:

- на анаболітичні потреби організму (відновлення балансу азоту, синтез спеціальних білків);

- синтез ЗАК;

- на енергетичні потреби організму.

2. Використання НАК продукту на анаболітичні цілі є пріоритетним для організму в порівнянні з використанням їх як попередників біосинтезу ЗАК та на компенсацію енерговитрат.

3. У наслідок незбалансованості, недостатності або надлишку НАК шляхом деградації можуть витрачатися на біосинтез заміних амінокислот та на енергетичні цілі.

4. Із суми НАК продукту на анаболітичні цілі може бути використана та їх частина, що пропорційна рівню першої лімітованої НАК, скор якої розраховується відповідно обґрунтованій нормі, що враховує фізіологічну специфіку конкретної групи споживачів. Ця частка НАК позначається $R_{\text{факт}}$. І є коефіцієнтом раціональності амінокислотного складу білоквмісного продукту і розраховується за формулою:

$$R_{\text{факт}} = \frac{\sum_{j=1}^n \text{НАК}_{\text{факт}}}{\sum_{j=1}^n A_j \cdot a_j} \quad (2)$$

де A_j – масова частка j -тої НАК у білку харчового продукту, мг/100 г білка;

a_j – коефіцієнт утилітарності j -тої НАК білка, частка од.

Решта НАК буде використовуватися організмом або в якості попередника біосинтезу ЗАК, або як енергогенний матеріал. Їх розподіл залежить від співвідношення між сумами НАК і ЗАК в білоквмісному продукті та рівнем НАК в нормативному білку.

У символічній формі викладені положення можна записати наступним чином:

$$\{R_{\text{факт}} \rightarrow \max; \sum_{j=1}^n \text{НАК} \rightarrow \min; \sum_{j=1}^n \text{НАК} \rightarrow \min\} \quad (3)$$

Для оцінювання рівня взаємозбалансованості НАК і ЗАК в білку оцінюваного продукту можна виділити 5 взаємовиключаючих ситуацій. Уведемо такі позначення:

$\Sigma \text{НАК}$ – сумарна масова частка НАК в оцінюваному білку;

$\Sigma \text{Е}$ – сумарна масова частка НАК в білку-еталоні;

$U \cdot \Sigma \text{НАК}$ – масова частка взаємозбалансованих НАК.

1) $U = 1$; $\Sigma \text{НАК} > \Sigma \text{Е}$; $C_{\min} > 1$;

2) $U = 1$; $\Sigma \text{НАК} \leq \Sigma \text{Е}$; $C_{\min} < 1$;

3) $U < 1$; $\Sigma \text{НАК} > \Sigma \text{Е}$; $C_{\min} \geq 1$; $\Sigma \text{НАК} \cdot U \geq \Sigma \text{Е}$;

4) $U < 1$; $\Sigma \text{НАК} \geq \Sigma \text{Е}$; $C_{\min} < 1$; $\Sigma \text{НАК} \cdot U < \Sigma \text{Е}$;

4а) $1 - \Sigma \text{НАК} \geq (1 - \Sigma \text{Е}) \cdot C_{\min}$;

4б) $1 - \Sigma \text{НАК} < (1 - \Sigma \text{Е}) \cdot C_{\min}$;

5) $U < 1$; $\Sigma \text{НАК} < \Sigma \text{Е}$; $C_{\min} < 1$.

Відповідно до ситуації розраховується коефіцієнт раціональності амінокислотного складу – $R_{\text{рац}} = \Sigma \text{НАК}^{\text{бес}} / \Sigma \text{НАК}^{\text{сир}}$. У нашому випадку (табл. 5.3 та рис. 5.3) сирковий виріб без зернової добавки (контроль) можна оцінити за 4 ситуацією, тоді $R_{\text{рац}} = U$. Усі сиркові вироби із зерновими інгредієнтами оцінюємо за 3 ситуацією, тоді $R_{\text{рац}} = U / C_{\min}$.

Таким чином, видно, що коефіцієнт раціональності амінокислотного складу вищий у сиркових виробах із зерновими інгредієнтами у порівнянні з контролем, для якого $R_{\text{рац}} = 0,724$, для сиркових виробів із зерновими добавками – $R_{\text{рац}} = 0,739$.

Встановлено, що введення зернових добавок у молочну основу дає змогу замінити частину білка тваринного походження рослинним, не погіршуючи при цьому якість готових виробів. Крім того, розроблені сиркові вироби із зерновими інгредієнтами мають вищу біологічну цінність у порівнянні з традиційними, володіють дієтичними та профілактичними властивостями та розширюють асортимент продуктів на молочно-білковій основі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Горбатова К.К. Физика и химия белков молока. – М.: Колос, 1992. – 192 с.
2. Черников М.П. Протеолиз и биологическая ценность белков. – М.: Медицина, 1975. – 272 с.
3. Смоляр В.И. Оздоровительное питание. – К.: Здоров'я, 1999. – 180 с.
4. Ковров Г.В., Бритиков А.А. Проблемы создания нового поколения отечественных продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности / Хранения и перераб. сельхозсырья. – 1998 – №11 – С.4–6.
5. Пищевая химия / Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Конечкова А.А. и др. Под ред. А.П. Нечаева. Издание 3-е, испр. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 640 с.
6. Ковров Г.В., Бритиков А.А. Проблемы создания нового поколения отечественных продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности / Хранения и перераб. сельхозсырья. – 1998 – №11 – С.4–6.
7. Коробицын В.С. Применение методов математики для проектирования рецептур пищевых продуктов и их оценки / Изв. вузов. Пищ. техн. – 1998. – № 5–6. – С. 63–64.