



UDC 637.1:637.3:634.1

## THE EFFECT OF MILK WHEY AND SUBLIMATED PEAR ON THE BIOLOGICAL VALUE OF SOFT CHEESE

Ivan A. Puryhin, Julia V. Nazarenko, Tetiana P. Synenko\*, Natalia V. Bolgova, Nataliia S. Borozenets

Sumy National Agrarian University, 160 Herasyma Kondratieva str., Sumy, 40000, Ukraine

Received 12 January 2024; accepted 27 May 2024; available online 10 July 2024

### Abstract

In recent years, demand for healthy dairy products, fortified foods and nutritional supplements has grown significantly among consumers around the world. However, global population growth has led to protein shortages and consumption is declining. Whey protein has a high protein efficiency and biological value and contains sulphur-containing amino acids. An indispensable source of protein in the diet is cottage cheese and curd products (curd desserts, curd pastes). The aim of the study is to investigate the biological value of curd pastes enriched with whey and freeze-dried pear powder. Using generally accepted research methods, the content of dry matter, protein, fat, carbohydrates, fibre in the samples of enriched curd pastes was determined and the energy value of the product was calculated. The amino acid profile of the curd paste samples was identified by ion-exchange column chromatography. Studies have shown that the addition of whey concentrate in the amount of 20 % and freeze-dried pear in the amount of 10 % to the curd paste formulation gives the product an attractive appearance and a harmonious flavour profile. At the same time, the product is characterised by low calorie content (190.0 kcal), with a protein content of 4.0 %, fat – 13.7 %, carbohydrates – 12.7 %, fibre – 1.8 %. The analysis of the amino acid profile of the curd paste samples showed that the addition of whey concentrate balances the content of amino acids, including essential ones. The assessment of the adequacy of the protein components of the curd paste showed that the biological value of the protein was 70.99 %. The balance of essential amino acids in relation to the physiologically necessary norm, which is numerically characterised by the utilisation factor and the indicator of 'comparative redundancy', confirms the balance of the amino acid composition of essential amino acids in the product.

*Keywords:* dairy products; soft cheese; whey; vegetable raw materials; pear; biological value; amino acid composition.

## ВПЛИВ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ ТА СУБЛІМОВАНОЇ ГРУШІ НА БІОЛОГІЧНУ ЦІННІСТЬ СІРКОВИХ ПАСТ

Іван О. Пуригін, Юлія В. Назаренко, Тетяна П. Синенко, Наталія В. Болгова,

Наталія С. Борозенець

Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, 40000, Україна

### Анотація

За останні роки попит на корисні молочні продукти, збагачені продукти харчування та харчові добавки значно зріс серед споживачів у всьому світі. Сироватковий протеїн має високий білковий коефіцієнт корисної дії та біологічну цінність, містить сірковмісні амінокислоти. Незамінним джерелом білка в раціоні є сир кисломолочний та сиркові продукти (десерти сиркові, пасти сиркові). Метою роботи є дослідження біологічної цінності сиркових паст, збагачених молочною сироваткою та сублимованим порошком груші. Загальноприйнятими методами дослідження в зразках збагачених сиркових паст визначено вміст сухих речовин, білка, жиру, вуглеводів, клітковини та розраховано енергетичну цінність продукту. Біологічну цінність збагачених сиркових паст визначали за амінокислотним профілем. Ідентифікацію амінокислотного профілю зразків сиркових паст проводили методом іонообмінної колонкової хроматографії за допомогою автоматичного аналізатора амінокислот «Т 339» (Чехія, Прага). Збалансованість незамінних амінокислот за співвідношенням до фізіологічно необхідної норми чисельно характеризували за коефіцієнтом утилітарності і показником «порівнювальної надлишковості». Дослідження показали, що додавання концентрату сироватки в кількості 20 % і сублимованої груші в кількості 10 % до рецептури сироваткової паста надає продукту привабливого зовнішнього вигляду, гармонійного смако-ароматичного профілю. Водночас продукт характеризується низькокалорійним (190.0 ккал), з вмістом білка 4.0 %, жиру – 13.7 %, вуглеводів – 12.7 %, клітковини – 1.8 %. Аналіз амінокислотного профілю зразків сиркових паст показав, що додавання концентрату сироватки призводить до збалансування вмісту амінокислот, зокрема незамінних. Оцінка адекватності білкових компонентів сироваткової паста показала, що біологічна цінність білка складає 70.99 %. Збалансованість незамінних амінокислот за співвідношенням до фізіологічно необхідної норми, що чисельно охарактеризовано коефіцієнтом утилітарності і показником «порівнювальної надлишковості», підтверджують збалансованість амінокислотного складу незамінних амінокислот в продукті.

*Ключові слова:* молочні продукти; сиркова паста; молочна сироватка; рослинна сировина; груша; біологічна цінність; амінокислотний склад.

\*Corresponding author: e-mail: [tanyushka.sinenko@gmail.com](mailto:tanyushka.sinenko@gmail.com)

© 2024 Oles Honchar Dnipro National University; doi: 10.15421/jchemtech.v32i2.296625

## Вступ

Збільшення виробничих потужностей молочної промисловості, зокрема виробництва ферментованих молочних продуктів, призводить до утворення великої кількості відходів, особливо молочної сироватки (понад 200 мільйонів тонн на рік). Утилізація молочних відходів без попередньої обробки має негативний вплив на навколишнє середовище [1].

Перспективним вирішенням проблеми є розробка економічно ефективних і стійких нових технологій для перетворення відходів молочної сировини в різноманітні інноваційні, високоякісні харчові продукти з доданою вартістю [2].

Молочна сироватка, отримана під час технологічної переробки молока-сировини, складає близько 85–90 % від загальної частки молока та зберігає до 55 % його поживної цінності [3].

На сьогоднішній день молочна сироватка визнана потенційним джерелом поживних речовин і біологічно цінних компонентів. Свіжа сироватка, отримана під час виробництва сиру, складається з 94 % води та 6 % сухих речовин, з яких 0.8 % – сироватковий білок, 0.5 % – мінеральні речовини, 0.1 % – жир та 4.3% – лактоза. Кисла сироватка, вироблена шляхом прямого підкислення сирого молока, має рН близько 5.1, тоді як солодка сироватка має рН близько 5.6 і виробляється шляхом коагуляції молочних білків сичужним ферментом [4].

Сироватковий білок має високий коефіцієнт ефективності білка, біологічну цінність, зокрема, містить сірковмісні амінокислоти, включаючи метіонін і цистеїн, які підвищують імунні функції шляхом внутрішньоклітинного перетворення на глутатіон. Сироваткові білки ідеально підходять для збагачення продуктів харчування завдяки своїм антиканцерогенним, антидіабетичним, антигіпертензивним, антиоксидантним, кардіопротекторним, гіпотензивним, імуномодуючим та імуностимулюючим властивостям [5–7].

Останніми роками попит на корисні молочні продукти, збагачені продуктами харчування та нутрицевтиками значно зріс серед споживачів у всьому світі [8]. Однак зростання населення на планеті призвело до дефіциту білка і зниження його споживання [9; 10]. Середньодобове споживання білка для людей

має становити 0.8 г на кг маси тіла (г/кг/добу). Це забезпечить підтримку позитивного балансу азоту та обміну речовин в організмі [11].

Незамінним джерелом білка в раціоні є сир кисломолочний та сироваткові продукти (десерти сироваткові, пасти сироваткові). Свіжий сироватковий продукт – це вершковий, маслянистий, м'який смак з молочно-кислим відтінком, без гіркоти, з кремоподібною текстурою і консистенцією, яка варіюється від розсипчастої до мажучої і блискучої.

Сироваткові пасти універсальні у використанні, тому застосовуються в різноманітних галузях харчування (кондитерська, хлібобулочна, ковбасна тощо). Технологія сироваткових паст дозволяє додавання різноманітних добавок рослинного і тваринного походження [12].

Широкою популярністю користуються саме сироватка паста виготовлена із застосуванням мембранних технологій – ультрафільтрація молочної сировини чи ферментованих молочних згустків [13-15]. Такий продукт вирізняється ніжною кремовою текстурою і консистенцією, м'яким вершковомаслянистим, молочнокислим смаком.

Дослідження функціональних та фізичних властивостей збагачених сироваткових паст викликають інтерес протягом останніх кількох десятиліть як зарубіжних, так і вітчизняних наукових товариств. Споживчий попит на високобілкові, водночас з пониженою жирністю або знежирені, продукти зростає через їхню користь [16; 17].

Існують різні форми додаткового білка, включаючи яечний, соєвий, конопляний, сироватковий і казеїновий. З них сироваткові білки містять найбільшу кількість легкодоступних і легкозасвоюваних амінокислот і ефективно засвоюються клітинами організму [18; 19].

У роботі [20] показано спроби включити сироватковий білок назад у сир, з метою зменшення відходів виробництва і збільшення вмісту білка в готовому продукті. Описано застосування різних технологій, включаючи використання мембранної фільтрації чи термічної денатурації білкової сировини, а також додавання порошоків білка. Однак кожна з цих технологій має свої обмеження та недоліки. Додавання мембранного концентрованого сироваткового протеїну до вхідної сировини призводило до появи гіркої присмаку через залишкові небажані водорозчинні ферменти та пептиди.

Включення термічно денатурованих білків сироватки зменшує швидкість згортання, але в результаті сирна маса надмірно волога на виході. Додавання порошку сироваткового білка може призвести до поганого згортання сирної маси.

Для збагачення сиркових виробів – підвищення харчової та біологічної цінності, також перспективним є використання рослинної сировини.

Для забезпечення максимально тривалого терміну зберігання без суттєвого погіршення сенсорних, фізичних та мікробіологічних показників у сиркових виробках слід використовувати безводну рослинну сировину. Інноваційним є використання сублімованих фруктів та ягід у харчових продуктах. Сублімаційне сушіння зберігає сировину в первісному стані і може зберегти до 95 % форми, кольору, смаку, поживних речовин і вітамінів (це найвищий відсоток у порівнянні з іншими методами консервування) [21–24].

Враховуючи вищезазначені технологічні проблеми у використанні молочної сироватки та водночас її унікальні харчові властивості, виникає потреба у розробці інноваційних і стійких харчових продуктів з підвищеною біологічною цінністю.

Метою роботи є дослідження харчової та біологічної цінності сиркових паст, збагачених молочною сироваткою та сублімованим порошком груші.

Для досягнення мети були поставлено завдання:

- дослідити вплив і пропорції концентрованої молочної сироватки та порошку сублімованої груші на органолептичні показники сиркових паст;
- проаналізувати амінокислотний профіль

зразків сиркових паст;

- розрахувати харчову та біологічну цінність сиркових паст.

### Експериментальна частина

У якості сировини для виготовлення дослідних зразків сиркових паст використовували:

- натуральний вершковий сир (виготовлений з використанням ультрафільтрації) згідно з PL 14631601 WE (виробник ТМ «Mleczarnia», Польща);

- сироватка молочна згущена, 20 % сухих речовин, демінералізована згідно з ТУ У 10.5-36537542-004:2016 (виробник ТОВ «Богодухівський молзавод», м. Богодухів, Харківська область, Україна);

- порошок сублімованої груші згідно з ТУ У 15.3-34838293-001:2009 (виробник ТОВ «Galfruct», м. Жовква, Львівська область, Україна).

У роботі [25] нами попередньо розроблено і оптимізовано рецептуру сиркових паст. Оптимальні співвідношення компонентного складу композиції сиркових паст з додаванням концентрованої підсирної сироватки і порошку груші було здійснено за допомогою регресійно-дисперсійного аналізу ґратчастого плану Шаффе (симплекс вершинний план третього ступеню). Отримані моделі обґрунтовують вибір співвідношення рецептурних компонентів сиркових паст для подальших досліджень, зокрема харчової та біологічної цінності, фізико-хімічних та органолептичних показників сиркових паст з додаванням підсирної сироватки і порошку груші.

Рецептури досліджуваних зразків сиркових паст представлено в табл. 1.

Table 1

#### Recipes for soft cheese

Таблиця 1

#### Рецептури сиркових паст

| Назва інгредієнту              | Вміст, г/100 г     |          |          |          |          |      |
|--------------------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|------|
|                                | Контрольний зразок | Зразок 1 | Зразок 2 | Зразок 3 | Зразок 4 |      |
| Вершковий сир                  | 100.0              | 54.0     | 74.0     | 59.0     | 79.0     |      |
| Концентрована сироватка        | підсирна           | -        | 30.0     | 10.0     | 20.0     | 10.0 |
| Порошок груші                  | -                  | 15.0     | 15.0     | 10.0     | 10.0     |      |
| Камедь ріжкового дерева (E410) | -                  | 1.0      | 1.0      | 1.0      | 1.0      |      |

Технологія виготовлення сиркових паст включає наступні етапи: змішування інгредієнтів згідно з рецептурою (табл. 1); тепла обробка (температура – (65±2) °С,

тривалість – 5 хв.); охолодження (температура – (4±2) °С); фасування і зберігання.

Експериментальні дослідження та розробки рецептури проводили в

лабораторіях факультету харчових технологій Сумського національного університету, а також у відділах експертизи харчових продуктів Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна Національної академії наук України.

В дослідних зразках сиркових паст визначали вміст сухих речовин (методом висушування згідно з ДСТУ 8552:2015), білка (методом К'ельдаля згідно з ДСТУ 8063:2015), жиру (кислотним методом Гербера згідно з ДСТУ ISO 11870:2007), вуглеводів (перманентним методом Бертрана), клітковини (методом Вінда згідно з ДСТУ ISO 5498:2004).

Сенсорний аналіз зразків сиркових паст проводили за рекомендаціями, описаними в міжнародному стандарті ISO 22935-2:2023. Оцінку зовнішнього вигляду, консистенції, смаку, запаху і кольору дослідних зразків здійснювали за допомогою сенсорного профільного методу. Для проведення профільної оцінки створено експертну комісію з 9 осіб. Попередньо проводили підготовку експертів, що передбачала знайомство з термінологією проведення сенсорного аналізу для забезпечення відтворюваності результатів дослідження. Група експертів визначала основні характерні дескриптори досліджуваних зразків продукту та оцінювали інтенсивність кожного з них. Інтенсивність кожного дескриптора та загальне враження визначали за допомогою 5-бальної шкали (0.0–0.9 – ознака відсутня; 1.0–1.9 – ознака лише упізнається або відчувається, 2.0–2.9 – слабка інтенсивність; 3.0–3.9 – помірна інтенсивність; 4.0–4.9 – сильна інтенсивність; 5.0 – дуже сильна інтенсивність прояву ознаки). Результати занесли до дегустаційного листа. Отримані дані статистично обробляли та інтерпретували графічно у вигляді пелюсткової діаграми (профілограми).

Ідентифікацію амінокислотного профілю зразків сиркових паст проводили методом іонообмінної колонкової хроматографії за допомогою автоматичного аналізатора амінокислот «Т 339» (Чехія, Прага) за наступною методикою: зважений зразок (з вмістом білка близько 2 мг) поміщують на дно пробірки, додають 0.5 мл дистильованої води і 0.5 мл концентрованої хлоридної кислоти. Пробірку охолоджують у суміші сухого льоду з ацетоном або рідкого азоту. Після того, як вміст пробірки замерзне, із неї відкачують повітря за допомогою вакуумного насоса для

запобігання окиснювання амінокислот у результаті гідролізу. Потім пробірку запаюють і ставлять на 24 години в термостат із постійною температурою  $(106 \pm 1)^\circ\text{C}$ . По закінченню гідролізу пробірку розкривають, попередньо охолодивши до кімнатної температури. Вміст кількісно переносять у скляний бюкс і розміщують у вакуум-ексикаторі над гранульованим натрію гідроксидом. Потім із ексикатора видаляють повітря за допомогою водяного насоса. Після висушування зразка у бюкс додають 3–4 мл деіонізованої води і повторюють процедуру висушування. Підготовлений у такий спосіб зразок розчиняють у 0.3 н літій цитратному буфері (рН 2.2) і наносять на іонообмінну колонку аналізатора амінокислот.

Біологічну цінність білків сиркових паст визначали за амінокислотним скором відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я (ФАО/ВООЗ). Амінокислотний скор (АС) розраховували за формулою (1):

$$AC_k = \frac{g_{\text{НАК}_k \text{ в } 100 \text{ г оцінюваного білка}}}{g_{\text{НАК}_e \text{ в } 100 \text{ г ідеального білка}}}, \quad (1)$$

де  $g_{\text{НАК}_k}$  в 100 г оцінюваного білка – вміст певної амінокислоти в 100 г білка даного продукту, г;  
 $g_{\text{НАК}_e}$  в 100 г ідеального білка – вміст відповідної амінокислоти в 100 г «ідеального білка», г.

Коефіцієнт різниці амінокислотного скору (КРАС) визначали за формулою (2):

$$KPAС = \frac{\sum \Delta PAC}{8}, \quad (2)$$

де  $\Delta PAC$  – різниця амінокислотного скору кожної незамінної амінокислоти з однією, найбільш лімітованою, яку приймають за 0.

Біологічну цінність (БЦ) як ступінь продуктивного використання незамінних амінокислот розраховували за формулою (3):

$$BC = 100 - KPAС \quad (3)$$

Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу (U) визначали за формулою (4):

$$U = AC_{\min} \frac{\sum_{k=1}^8 \text{НАК}_{ek}}{\sum_{k=1}^8 \text{НАК}_k}, \quad (4)$$

де  $\sum_{k=1}^8 \text{НАК}_{ek}$  – сумарний вміст НАК в білку еталону, мг/г білка;

$\sum_{k=1}^8 \text{НАК}_k$  – сумарний вміст НАК в білку продукту, мг/г білка.

Показник «порівнювальної надлишковості» ( $\sigma$ ) визначали за формулою (5):

$$\sigma = \frac{\sum_{k=1}^8 (\text{HAK}_k - \text{AC}_{\min} \text{HAK}_{\text{ek}})}{\text{AC}_{\min}} \quad (5)$$

Розрахунок енергетичної цінності сиркових паст виконували за формулою (6):

$$E = k_b \cdot M_b + k_j \cdot M_j + k_v \cdot M_v, \quad (6)$$

де  $E$  – енергетична цінність, ккал;  
 $M_b$  – масова частка білка, г/100 г продукту;  
 $M_v$  – масова частка вуглеводів, г/100 г продукту;  
 $M_j$  – масова частка жиру, г/100 г продукту;  
 $k_b, k_v = 4$  – коефіцієнт енергетичної цінності 1 г білка чи 1 г вуглеводів у продукті, ккал/г;  
 $k_j = 9$  – коефіцієнт енергетичної цінності 1 г жиру в продукті, ккал/г.

У проведенні досліджень використано трикратну повторюваність досліджень. Отримані експериментальні дані представлені в одиницях міжнародної системи СІ. Математично-статистична обробка одержаних результатів здійснена на ЕОМ з використанням програмного забезпечення MS Excel 2016. Визначена величина достовірності відхилення ( $p$ ) не перевищує 0.05, що свідчить про значення показника точності ( $P$ ) результатів більше 0.95.

### Результати та їх обговорення

На рис. 1 представлено зовнішній вигляд дослідних зразків збагачених сиркових паст.

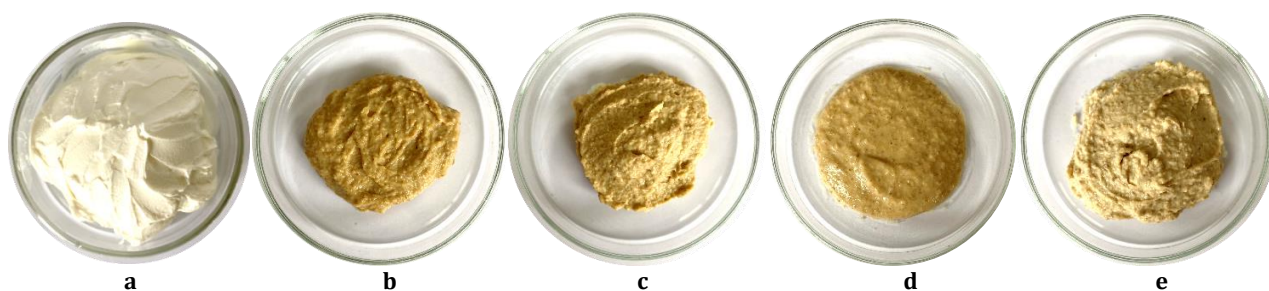


Fig. 1. External appearance of experimental samples of soft cheese:  
 a) control sample; b) sample №1; c) sample №2; d) sample № 3; e) sample №4

Рис. 1. Зовнішній вигляд дослідних зразків сиркових паст:  
 а) контрольний зразок; б) зразок №1; с) зразок №2; д) зразок №3; е) зразок №4

Оцінку зовнішнього вигляду, консистенції, смаку, запаху і кольору дослідних зразків експертна комісія (9 осіб) здійснювали за допомогою сенсорного профільного методу,

використовуючи 5-ти балову шкалу. Статистично оброблені результати представлено у вигляді профілограми (рис. 2).

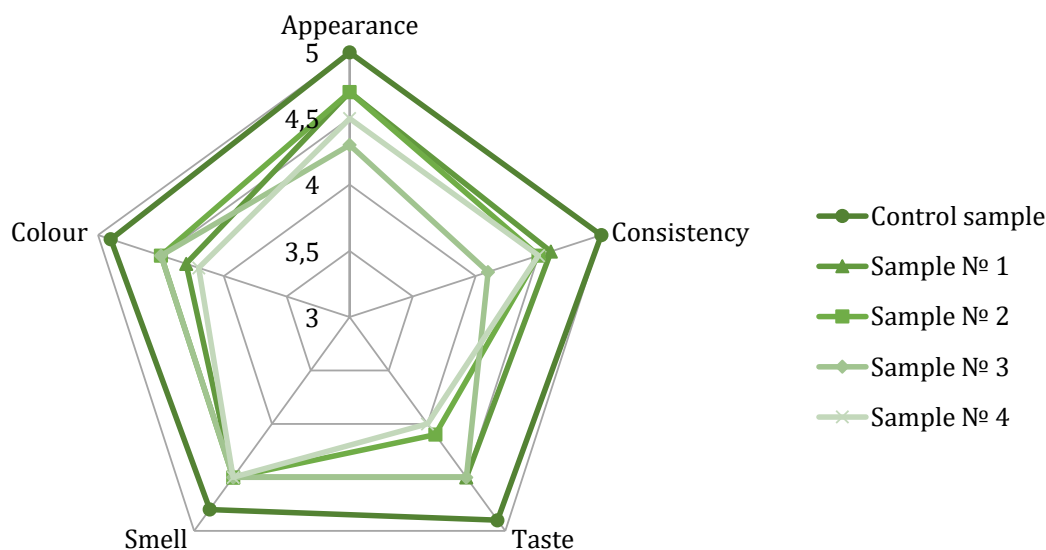


Fig. 2. Sensory analysis profilogram of experimental samples of soft cheese  
 Рис. 2. Профілограма сенсорного аналізу дослідних зразків сиркових паст

Встановлено, що сенсорні показники дослідних зразків сиркових паст є задовільним і прийнятним для споживачів. Однак внесення концентрату сироватки і порошку груші у співвідношенні 2:1 (зразок №1) надає ніжнішої структури, порівняно з іншими дослідними зразками. Водночас смак і аромат сиркової пасту гармонійний, солодкий, з ніжними грушевими нотками. Зразки №2 і №4

мають неоднорідну структуру, відчуються харчові волокна в порожнині рота. Це пояснюється збільшенням концентрації сухих компонентів – порошку груші, в дослідних зразках продукту (табл. 2).

Результати нутрієнтного складу і харчової цінності зразків сиркових паст представлено в табл. 2.

Table 2

## Indicators of nutritional value of experimental samples of soft cheese

Таблиця 2

## Показники харчової цінності дослідних зразків сиркових паст

 $P \geq 0.95; n = 3$ 

| Досліджуваний зразок | Вміст сухих речовин, % | Масова частка, % |          |            |            | Енергетична цінність, ккал |
|----------------------|------------------------|------------------|----------|------------|------------|----------------------------|
|                      |                        | білка            | жиру     | вуглеводів | клітковини |                            |
| Контрольний зразок   | 40.0±0.8               | 5.8±1.5          | 23.0±0.5 | 5.8±0.2    | -          | 253.4                      |
| Зразок №1            | 41.7±0.9               | 4.0±1.1          | 12.6±0.3 | 17.0±0.9   | 2.7±0.2    | 197.6                      |
| Зразок №2            | 45.8±0.5               | 4.8±1.4          | 17.1±0.4 | 15.1±0.8   | 2.7±0.1    | 233.8                      |
| Зразок №3            | 37.0±0.6               | 4.0±1.5          | 13.7±0.5 | 12.7±0.5   | 1.8±0.2    | 190.0                      |
| Зразок №4            | 43.0±0.7               | 5.0±1.3          | 18.3±0.5 | 12.3±0.6   | 1.8±0.2    | 233.4                      |

У досліджуваних зразках сиркових паст визначено вміст основних нутрієнтів (білків, жирів, вуглеводів, харчових волокон). Результати показали, що зі збільшенням масової частки концентрату сироватки (до 30 % – зразок №1) збільшується вміст вуглеводів (до 17.0%) внаслідок високого вмісту молочного цукру – лактози в молочній сироватці.

Введення сублімованої груші до рецептури сиркових паст (до 15% – зразок №1 і №2) приводить до збагачення продукту клітковиною (до 2.7%), що підвищує харчову цінність продукту. Ці результати збігаються з дослідженням науковців [26], які стверджують, що плоди груші є джерелом харчових волокон – складних вуглеводів полісахаридної структури. Науковцями розкрито вологоутримуючу, зв'язуючу та адсорбційну здатність харчових волокон груші. Показано, що вони сприяють бажаним фізіологічним функціям: покращують роботу шлунково-кишкового тракту, зменшують відчуття голоду (а саме споживання їжі), а отже попереджають ожиріння.

Відповідно до розрахунку енергетичної цінності зразків сиркових паст встановлено, що збагачені сиркові пасту характеризуються

низькою калорійністю (від 190 до 233.8 ккал). Відповідно до отриманих результатів, готовий продукт може бути рекомендований для дієтичного харчування.

Біологічна повноцінність білків молочної сироватки [5–7] зумовили дослідження амінокислотного профілю сиркових паст. Хроматографічним методом в дослідних зразках сиркових паст ідентифіковано 17 амінокислотних залишків, представлених на рис. 3.

Загальна кількість амінокислот в контрольному зразку складає 5.30 мг/100 мг, з них незамінних – 35.23 %.

У дослідних зразках №1–4 сиркових паст загальна кількість амінокислот складає від 2.27 до 4.15 мг/100 мг, відповідно за збільшення кількості концентрату підсирної сироватки від 10 до 30 %. Вміст незамінних амінокислот у дослідному зразку №1 становить 34.88 %, у зразку №2 – 36.17 %, у зразку №3 – 34.43 %, у зразку №4 – 35.12 %.

Для визначення якості амінокислотного профілю білків зразків сиркових паст був розрахований амінокислотний скор незамінних амінокислот контрольного та дослідних зразків сиркових паст. Результати представлено в табл. 3.

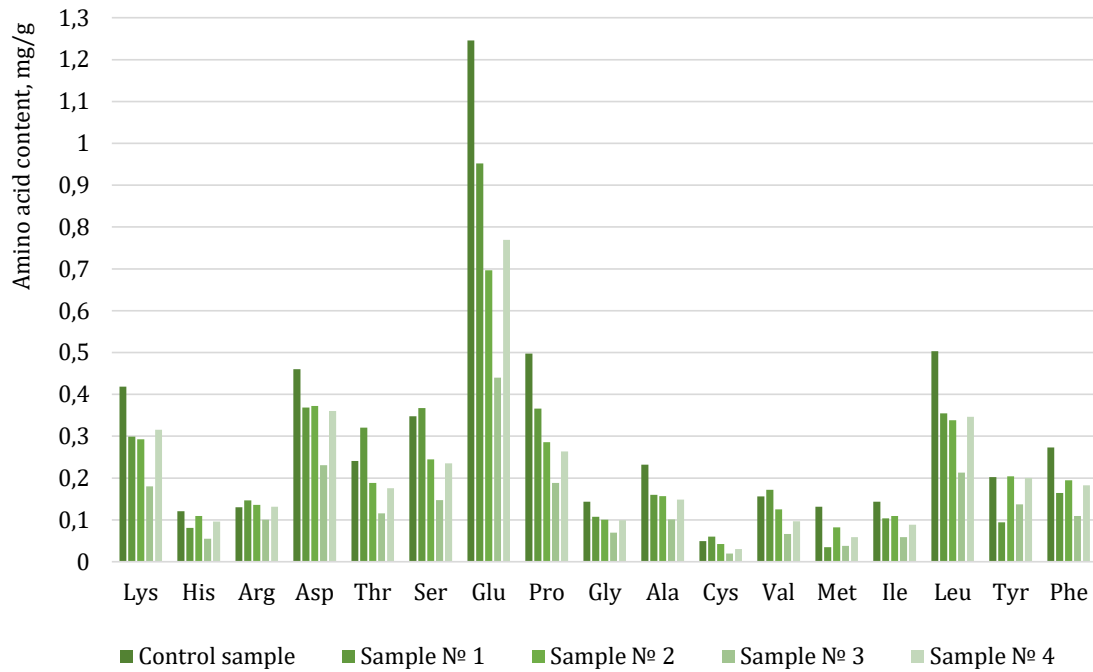


Fig. 3. Amino acid profile of experimental samples of soft cheese  
Рис. 3. Амінокислотний профіль дослідних зразків сиркових паст

Evaluation of protein quality of experimental samples of soft cheese

Table 3

Таблиця 3

Оцінка якості білка дослідних зразків сиркових паст

| Амінокислотний скор,<br>%: | Досліджуваний зразок |        |        |        |        |
|----------------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|
|                            | контрольний          | №1     | №2     | №3     | №4     |
| Лізин                      | 143.66               | 130.85 | 144.74 | 144.38 | 159.41 |
| Треонін                    | 113.58               | 193.03 | 127.87 | 127.55 | 122.05 |
| Валін                      | 58.92                | 82.90  | 68.10  | 58.23  | 53.57  |
| Метіонін                   | 75.04                | 25.11  | 67.58  | 50.56  | 49.62  |
| Ізолейцин                  | 67.59                | 62.38  | 74.40  | 64.94  | 61.46  |
| Лейцин                     | 135.67               | 121.98 | 131.21 | 134.07 | 137.45 |
| Фенілаланін                | 88.93                | 68.14  | 91.28  | 83.13  | 87.41  |
| КРАС, %                    | 33.87                | 63.58  | 29.01  | 38.62  | 40.45  |
| БЦ, %                      | 66.13                | 36.42  | 70.99  | 61.38  | 59.55  |
| U                          | 0.58                 | 0.25   | 0.65   | 0.51   | 0.49   |
| σ                          | 0.25                 | 0.84   | 0.40   | 0.50   | 0.53   |

Виходячи з проведених розрахунків амінокислотного скору дослідних зразків встановлено, що підвищення вмісту концентрату сироватки зумовлює зміну лімітованих амінокислот в сиркових пастах. У контрольному зразку лімітованою амінокислотою є валін (АС 58.92 %), а в зразках №1–4 – метіонін (АС від 25.11 до 67.58 %). Також в дефіциті знаходяться ізолейцин і фенілаланін. Всі інші незамінні амінокислоти знаходяться на високому рівні (АС > 100 %). Зміна якості амінокислотного профілю пояснюється тим, що сироваткові білки є джерелом незамінних амінокислот, зокрема таких як лізин, треонін, лейцин [27; 28].

З метою оцінки адекватності білкових компонентів сиркових паст щодо ступеня їх

засвоюваності, розраховані показники та критерії біологічної цінності білка (табл. 3). Встановлено, що в зразках сиркових паст із меншим вмістом сироватки і більшим вмістом порошку груші (зразок №2 і №3), біологічна цінність (БЦ) підвищується і складає 70.99 % та 61.38 %, що максимально наближено до значення контрольного зразка (БЦ 66.13 %).

Збалансованість незамінних амінокислот за співвідношенням до фізіологічно необхідної норми чисельно характеризується коефіцієнтом утилітарності (U). Відомо, що, чим ближче цей показник до одиниці (в ідеальному випадку дорівнює 1), тим більшою є можливість утилізації білка. Коефіцієнт утилітарності досить повно відображує збалансованість незамінних амінокислот по



відношенню до еталону, проте більш інформативним показником збалансованості складу незамінних амінокислот у білку є показник «порівнювальної надлишковості» ( $\sigma$ ). Він визначає частку незамінних амінокислот, які не використовуються на анаболічні потреби організму, й оптимальне значення його наближене до нуля [29].

Розраховані коефіцієнт утилітарності та показник «порівнювальної надлишковості» сиркових паст представлені в табл. 3. Як видно з даних, найбільш збалансованим вмістом амінокислот у білку характеризуються зразки №2–4. Найвищі значення коефіцієнта утилітарності (значення найближчі до 1) та найнижчі значення показника «порівнювальної надлишковості» (значення найближчі до 0) належать дослідним зразкам №2 та №3. Це свідчить про те, що вищезазначені дослідні зразки мають найкращу збалансованість амінокислотного складу незамінних амінокислот в продукті.

Відповідно до вищезазначених результатів, з метою покращення амінокислотного профілю готової продукції в рецептурі сиркових паст раціональним вмістом концентрату підсирної сироватки та сублімованого порошку груші є 10–20 % і 10–15 % відповідно (зразок №2 і зразок №3).

Комплексний аналіз впливу концентрату сироватки і порошку сублімованої груші на сенсорні показники, нутрієнтний склад та амінокислотний профіль показує, що внесення відповідних наповнювачів в кількості 20 % і 10 % до сиркових паст (зразок №3) підвищують їх біологічну та харчову цінність. Водночас сиркові пасти характеризуються привабливими сенсорними показниками,

мають високий вміст білка (4.0 %) та клітковини (1.8 %) і до того ж є низькокалорійними (190.0 ккал).

## Висновки

На основі проведеного дослідження встановлено, що концентрат підсирної сироватки і порошку сублімованої груші, доданих до сиркової пасти, підвищують харчову та біологічну цінність продукту.

Додавання концентрату сироватки в кількості 20 % і сублімованої груші в кількості 10 % до рецептури сиркової пасти надає продукту привабливого зовнішнього вигляду, гармонійного смако-ароматичного профілю. До того ж продукт характеризується низькокалорійним (190.0 ккал), з вмістом білка 4.0 %, жиру – 13.7 %, вуглеводів – 12.7 %, клітковини – 1.8 %.

Аналіз амінокислотного профілю зразків сиркових паст показав, що додавання концентрату сироватки приводить до збалансування вмісту амінокислот, зокрема незамінних. Оцінка адекватності білкових компонентів сиркової пасти показала, що біологічна цінність білка складає 70.99 %. Збалансованість незамінних амінокислот за співвідношенням до фізіологічно необхідної норми, що чисельно охарактеризовано коефіцієнтом утилітарності і показником «порівнювальної надлишковості», підтверджують збалансованість амінокислотного складу незамінних амінокислот в продукті.

Отримані результати демонструють перспективу для подальших досліджень функціональних та оздоровчих властивостей збагачених сиркових паст.

## References

- [1] Gantumur, M. A., Sukhbaatar, N., Shi, R., Hu, J., Bilawal, A., Qayum, A., Hou, J. (2023). Structural, functional, and physicochemical characterization of fermented whey protein concentrates recovered from various fermented-distilled whey. *Food Hydrocolloids*, 135, 108130. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108130>
- [2] Gantumur, M. A., Sukhbaatar, N., Jiang, Q., Enkhtuya, E., Hu, J., Gao, C., Li, A. (2024). Effect of modified fermented whey protein fortification on the functional, physical, microstructural, and sensory properties of low-fat yogurt. *Food Control*, 155, 110032. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110032>
- [3] Tsermoula, P., Khakimov, B., Nielsen, J. H., Engelsen, S. B. (2021). WHEY-The waste-stream that became more valuable than the food product. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.025>
- [4] Minj, S., Anand, S. (2020). Whey proteins and its derivatives: Bioactivity, functionality, and current applications. *Dairy*, 1(3), 233–258. <https://doi.org/10.3390/dairy1030016>
- [5] Awuchi, C.G. (2022). *Whey Protein from Milk as a Source of Nutraceuticals*. In: Egbuna, C., Sawicka, B., Khan, J. (eds) *Food and Agricultural Byproducts as Important Source of Valuable Nutraceuticals*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-98760-2\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-98760-2_12)
- [6] Batista, M.A., Natália, C.A.C., Marialice, P.C.S. (2018). Whey and protein derivatives: applications in food products development, technological properties and functional effects on child health. *Cogent Food Agriculture* 4(1), 1509687. <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1509687>
- [7] Minj, S., Anand, S. (2020). Whey proteins and its derivatives: Bioactivity, functionality, and current



- applications. *Dairy*, 1(3), 233–258.  
<https://doi.org/10.3390/dairy1030016>
- [8] Yiğit, A., Bielska, P., Cais-Sokolińska, D., Samur, G. (2023). Whey proteins as a functional food: Health effects, functional properties, and applications in food. *Journal of the American Nutrition Association*, 1–11.  
<https://doi.org/10.1080/27697061.2023.2169208>
- [9] Mehra, R., Kumar, H., Kumar, N., Ranvir, S., Jana, A., Buttar, H. S., Guiné, R. P. (2021). Whey proteins processing and emergent derivatives: An insight perspective from constituents, bioactivities, functionalities to therapeutic applications. *Journal of Functional Foods*, 87, 104760.  
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104760>
- [10] Odintsov, S., Nazarenko, Y., Synenko, T., Huba, S. (2024). Determining the influence of hemp seed protein on the quality indicators of cheese product and the content of nutrients in it. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(11(128)), 6–12.  
<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300172>
- [11] Klopčič, M., Slokan, P., Erjavec, K. (2020). Consumer preference for nutrition and health claims: A multi-methodological approach. *Food Quality and Preference*, 82, 103863.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103863>
- [12] Al-Shibly, K. H., Al-Diwan, J. K. (2022). Effect of the dietary protein intake on urea reduction rate in patients on maintenance hemodialysis in Merjan Teaching Hospital. *Med J Babylon*, 19, 244–9.  
[https://doi.org/10.4103/MJBL.MJBL\\_19\\_22](https://doi.org/10.4103/MJBL.MJBL_19_22)
- [13] Eroğlu, F. E., Sanlier, N. (2023). Effect of fermented foods on some neurological diseases, microbiota, behaviors: mini review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(26), 8066–8082.  
<https://doi.org/10.1016/j.idairyv.2020.10494>
- [14] Castellone, V., Bancalari, E., Rubert, J., Gatti, M., Neviani, E., Bottari, B. (2021). Eating fermented: Health benefits of LAB-fermented foods. *Foods*, 10(11), 2639.  
<https://doi.org/10.3390/foods10112639>
- [15] Galimberti, A., Bruno, A., Agostinetto, G., Casiraghi, M., Guzzetti, L., Labra, M. (2021). Fermented food products in the era of globalization: Tradition meets biotechnology innovations. *Current Opinion in Biotechnology*, 70, 36–41.  
<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.10.006>
- [16] Kusio, K., Szafrńska, J.O., Radzki, W., Sołowiej, B.G. (2020). Effect of Whey Protein Concentrate on Physicochemical, Sensory and Antioxidative Properties of High-Protein Fat-Free Dairy Desserts. *Appl. Sci.*, 10, 7064. <https://doi.org/10.3390/app10207064>
- [17] Srikanth, D., Gopi, D., Sunil, C. K., Michael, K., Rawson, A. (2023). Proteins as fat replacers in the food industry. *Fat Mimetics for Food Applications*, 133–154.  
<https://doi.org/10.1002/9781119780045.ch8>
- [18] El-Sayed, H. S., El-Sayed, S. M., Mabrouk, A. M., Nawwar, G. A., Youssef, A. M. (2021). Development of eco-friendly probiotic edible coatings based on chitosan, alginate and carboxymethyl cellulose for improving the shelf life of UF soft cheese. *Journal of Polymers and the Environment*, 29, 1941–1953.  
<https://doi.org/10.1007/s10924-020-02003-3>
- [19] Pires, A. F., Marnotes, N. G., Rubio, O. D., Garcia, A. C., Pereira, C. D. (2021). Dairy by-products: A review on the valorization of whey and second cheese whey. *Foods*, 10(5), 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>
- [20] Gantumur, M. A., Sukhbaatar, N., Jiang, Q., Enkhtuya, E., Hu, J., Gao, C., Li, A. (2024). Effect of modified fermented whey protein fortification on the functional, physical, microstructural, and sensory properties of low-fat yogurt. *Food Control*, 155, 110032.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110032>
- [21] Bhatta, S., Stevanovic, Janezic, T., Ratti, C. (2020). Freeze-drying of plant-based foods. *Foods*, 9(1), 87.  
<https://doi.org/10.3390/foods9010087>
- [22] Dziki, D. (2020). Recent trends in pretreatment of food before freeze-drying. *Processes*, 8(12), 1661.  
<https://doi.org/10.3390/pr8121661>
- [23] Ma, Y., Yi, J., Jin, X., Li, X., Feng, S., Bi, J. (2023). Freeze-drying of fruits and vegetables in food industry: Effects on phytochemicals and bioactive properties attributes—a comprehensive review. *Food Reviews International*, 39(9), 6611–6629.  
<https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2122992>
- [24] Nowak, D., Jakubczyk, E. (2020). The freeze-drying of foods—The characteristic of the process course and the effect of its parameters on the physical properties of food materials. *Foods*, 9(10), 1488.  
<https://doi.org/10.3390/foods9101488>
- [25] Nazarenko, Yu., Purygin, I., Bolhova, N., Synenko, T. (2023). Development of recipe compositions of cheese pastes with increased biological value. *Taurida Scientific Herald. Series: Technical Sciences*, 1, 65–74.  
<https://doi.org/10.32851/tmv-tech.2023.1.7>
- [26] Peng, F., Ren, X., Du, B., Chen, L., Yu, Z., Yang, Y. (2022). Structure, Physicochemical Property, and Functional Activity of Dietary Fiber Obtained from Pear Fruit Pomace (*Pyrus ussuriensis* Maxim) via Different Extraction Methods. *Foods*, 11(14), 2161.  
<https://doi.org/10.3390/foods11142161>
- [27] Kravchenko, M. F., Vitriak O. P. (2023). Justification of the parameters of enzymatic hydrolysis of lactose in milk whey. *Food production equipment and technologies*, 47(2), 48–55. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2023-47-2-48-55>
- [28] Minj, S., Anand, S. (2020). Whey proteins and its derivatives: bioactivity, functionality, and current applications. *Dairy*, 1(3), 233–258.  
<https://doi.org/10.3390/dairy1030016>
- [29] Minorova, A., Romanchuk, I., & Krushelnyska, N. (2018). Characteristics of dry milk-carbohydrate mixtures of spray drying carbohydrate. *Food resources*, 6(10), 206–212.  
<https://doi.org/10.31073/foodresources2018-10-24>