

ШКАРАПУТА РОМАН

Сумський національний аграрний університет
<https://orcid.org/0009-0009-9497-1222>
e-mail: roman.shkaraputa@gmail.com

МЕЛЬНИК ОКСАНА

Сумський національний аграрний університет
<https://orcid.org/0000-0002-9201-7955>
e-mail: oxana7@i.ua

СПИЦЬКИЙ ВІКТОР

Сумський національний аграрний університет
<https://orcid.org/0009-0005-5965-6877>
e-mail: vityas2v4@gmail.com

АНАЛІЗ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОГО М'ЯСА

Статтю присвячено аналізу спектру сировини для виробництва рослинного м'яса, попиту на яке швидко зростає у всьому світі. Одним із основних складових рослинного м'яса є білкові ізоляти (соевий, гороховий, рисовий, машовий), які забезпечують структуру та текстуру продукту, а також забезпечують необхідну поживність. Ці інгредієнти дозволяють створювати продукти з насиченим смаком і необхідною консистенцією, які задовольняють потреби та смаки різних груп населення. Для досягнення необхідної текстури та форми м'яса використовують структуроутворювачі (модифікований крохмаль, декстрини, целюлозу, хлібні крихти, крупи, насіння чіа та льону), які допомагають зв'язувати ізоляти білку та інші компоненти, а також забезпечують необхідну щільність та структуру м'яса. Для підсилення смаку рослинного м'яса використовують різноманітні спеції та смакові добавки (куркуму, кумин, паприку, часник, цибулю, свіжі трави), для надання продукту відповідного кольору додають натуральні барвники, такі як сок буряка, куркуму, паприку. Кожен інгредієнт відіграє свою функцію, створюючи необхідну текстуру продукту, гармонійний смак та високу поживну цінність.

В роботі проведено оцінку альтернативних джерел білку з бобових культур (сої, гороху, машу), які можуть забезпечити отримання високоякісного рослинного білку з визначеним вмістом незамінних амінокислот.

Розробка та виробництво продуктів з рослинного м'яса має ряд переваг для збереження екології, гуманного ставлення до тварин, підвищення якості харчування та зниження ризиків виникнення аліментарних захворювань, дозволяє проектувати склад продукту з заданими властивостями, збільшувати поживну цінність та розширювати асортимент продукції даного ряду.

Ключові слова: ізолят, рослинне м'ясо, структуроутворювачі, амінокислоти, поживна цінність.

SHKARAPUTA ROMAN
Sumy National Agrarian University
MELNYK OKSANA
Sumy National Agrarian University
SPYTSKIY VIKTOR
Sumy National Agrarian University

ANALYSIS OF RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF VEGETABLE MEAT

The article is devoted to the analysis of the range of raw materials for the production of plant-based meat, the demand for which is growing rapidly all over the world. Vegetable protein, as a basis for the production of plant-based meat, is in high demand among consumers and producers due to its nutritional and functional properties, as well as its potential to replace animal protein in food products. One of the main components of plant-based meat is protein isolates, which provide the structure and texture of the product, as well as providing the necessary nutrition. The most common options include soy, pea, rice, mung bean, hemp protein, and other plant-based protein sources. These ingredients make it possible to create products with a rich taste and the necessary consistency that will satisfy the needs and tastes of different population groups. Structure formers are used to achieve the required texture and shape of meat. These ingredients can include modified starches, dextrins, cellulose, bread crumbs, cereals, chia and flax seeds, which help bind protein isolates and other components, and provide the necessary density and structure of the meat. Various spices and flavorings (turmeric, cumin, paprika, garlic, onion, fresh herbs) are used to enhance the taste of vegetable meat, and natural dyes such as beetroot juice, turmeric, paprika are added to give the product a suitable color. The use of dyes not only gives the dish an attractive appearance, but also enriches it with useful substances. Each ingredient plays its function, creating the necessary product texture, harmonious taste and high nutritional value.

The work evaluates alternative sources of protein from legumes (soybean, pea, mung bean), which can provide high-quality vegetable protein with a specified content of essential amino acids. The justification of the recipe composition and production technology of vegetable meat was carried out.

Plant-based meat is an alternative to animal meat for a significant group of the population who have given up the consumption of livestock products and lead a healthy lifestyle. The development and production of such products has a number of advantages for preserving the environment, humane treatment of animals, improving the quality of food and reducing the risk of food-borne diseases, it allows designing the composition of the product with given properties, increasing the nutritional value and expanding the range of products of this series.

Key words: isolate, vegetable meat, structure formers, amino acids, nutritional value.

Постановка проблеми

Під час постійного зростання населення планети питання про те, яким чином забезпечити продовольством людство, зберігаючи природні ресурси та не наносячи шкоди навколишньому середовищу, є одним з ключових та досить актуальних.

Характерною особливістю харчової промисловості в даний час є здатність до швидкої адаптації,

розробки та впровадження інновацій для задоволення зростаючого попиту населення. Особливо це відображається на ринку альтернативних білків, сировинна база яких постійно розширюється та стає все більш доступною для споживачів.

Альтернативний білок, або протеїн — це загальна назва, яка поєднує харчові продукти, інгредієнти або напої, які містять підвищену кількість білку не тваринного походження [1].

Причини споживання альтернативних видів білку є різними, наприклад, свідомо відмова від тваринних видів білку для харчування білковою їжею рослинного походження для покращення здоров'я, виключення тваринного білку з раціону для уникнення жорстокого поводження з тваринами та сповільнення змін клімату, зумовлених веденням сільського господарства при вирощуванні худоби. Тому рослинний білок є популярною та найвідомішою формою сучасного альтернативного білку, який широко використовується в харчовій промисловості, як високобілкова сировина. Слід зазначити, що деякі рослинні продукти містять повноцінний білок та майже весь спектр незамінних амінокислот. До такої сировини можна віднести сою, бобові, кіноа, амарант, насіння кунжуту та чіа, продукти переробки коноплі, водорості та інші. Дані види сировини стають основою для створення харчової та кулінарної продукції з підвищеним вмістом білку без використання білкової сировини тваринного походження [2].

Відомо [2], що багато людей у світі відмовляються від м'яса та інших продуктів тваринного походження у своїй дієті, тобто дотримуються вегетаріанської системи харчування або є веганами. Однак, не зважаючи на те, що веганська дієта передбачає виключення з раціону продуктів тваринного походження, є багато різноманітних веганських продуктів та страв, які можуть бути смачними та корисними, тобто є альтернативою харчування людей для забезпечення підтримки людського здоров'я та довголіття.

Одним з таких продуктів є м'ясо для веганів, яке нагадує смаком та текстурою м'ясні продукти, але виготовляється з використанням рослинної сировини. Такі замітники м'яса можуть виготовлятися у вигляді заморожених напівфабрикатів та реалізуватися у торговельних мережах, закладах ресторанного господарства. Ці продукти чи кулінарні вироби, як правило, містять такі інгредієнти, як білкові гідролізати (соевий білок, гідролізований рисовий білок, гідролізований пшеничний білок, гідролізат гороху), рослинні олії (ріпакову, кокосову, оливкову, соняшникову), структуроутворюючі речовини (крохмаль, мальтодекстрин, камеді, псиліум, целюлозні волокна), смако-ароматичні добавки, барвники та інші. Вони можуть бути виготовлені шляхом обробки та формування рослинних інгредієнтів з метою створення текстури, схожої на м'ясо. Так звані «м'ясні» продукти для веганів доступні у різних формах, вони реалізуються у вигляді сосисок, ковбаси, заморожених напівфабрикатів для бургерів, нарізки. Ці продукти також можуть бути збагачені біологічно-активними речовинами, такими як вітаміни, мінеральні речовини. Одним із переваг рослинного м'яса є підвищений вміст білку у його складі, а також відсутність насичених жирів, холестерину та антибіотиків, що містяться у традиційних м'ясних продуктах з використанням сировини тваринного походження.

Аналіз останніх джерел

Важливою перевагою рослинного м'яса є його позитивний вплив на здоров'я. До складу цього інноваційного продукту входить спектр необхідних для людського організму вітамінів, мінералів та антиоксидантів.

Дослідження Університету Гельсінкі (у ньому 102 фінські чоловіки дотримувалися спеціальної дієти протягом 6 тижнів) показало, що заміна традиційного м'яса харчовими продуктами на основі гороху та бобів забезпечила достатній вміст амінокислот у раціоні [3].

Замінники м'яса для вегетаріанців містять менше насичених жирів і холестерину, порівняно з традиційним продуктом. Це означає, що його споживання може сприяти зниженню ризику серцевих та інших хронічних захворювань. Заміна тваринного білка рослинним сприятиме зниженню рівня холестерину та нормалізації тиску.

В американському журналі *Clinical Nutrition* були опубліковані результати першого дослідження *Beyond Meat* (штучний замітник м'яса на основі горохового білка), яке провів Стенфордський університет: «Рослинна дієта позитивно вплинула на деякі фактори ризику серцево-судинних захворювань, у тому числі й на триметиламін оксид (молекули, які негативно впливають на наші судини, в результаті перетравлення в шлунково-кишковому тракті червоного м'яса, жовткучого яйця та жирної їжі в організмі відбуваються процеси, які викликають хвороби систем кровообігу). Однак встановлено, що негативного впливу на фактори ризику від споживання рослинної продукції не спостерігалось» [3].

Розроблена вченими рослинна дієта планетарного здоров'я ставить за мету спонукати людство скоротити споживання м'яса вдвічі. Водночас пропонує збільшити споживання фруктів, овочів, а також додати в раціон страви з квасолі, оскільки вони є джерелом рослинного білку.

Нордична кооперація – міжнародна організація, до складу якої входять представники Данії, Фінляндії, Ісландії, Норвегії та Швеції, оновила свої харчові рекомендації для мешканців Північної Європи, наголосивши на скороченні споживання м'яса та помірному споживанні молочних продуктів.

За даними організації *World Wildlife Fund*, виробництво традиційного м'яса є однією з основних причин знищення лісів та зміни клімату. Промислове тваринництво негативно впливає на якість повітря, збільшуючи викиди парникового газу в атмосферу. Рослинне м'ясо виробляється з використанням рослинних інгредієнтів, що дозволяє зменшити тиск на наше довкілля. Отже, цей продукт має численні переваги як для нашого здоров'я, так і для екології.

У 2020 році West Mills реалізувала рослинного м'яса на €500 тис, що в перерахунку складає близько 250 тис. котлет для бургерів. У поточному році очікується семиразове зростання продажів. Тенденція збільшення попиту є загальносвітовою в цьому сегменті. За прогнозами до 2040 року 60% від усього м'ясного ринку буде займати рослинне або культивоване м'ясо [3].

Отже, аналіз сировини для виготовлення рослинного м'яса, розробка технології харчової подукції з її використанням, як альтернативи продуктів із м'яса для значної групи населення, які відмовилися від споживання продукції тваринництва, а також вивчення її впливу на організм людини є досить актуальним напрямком досліджень, які можуть використовуватися для розширення асортименту високобілкової продукції, яка стане повноцінним замінником продукції з м'яса [3].

Виклад основного матеріалу

Рослинне м'ясо – інноваційний продукт, що виник на продовольчому ринку останнім часом. Попит на рослинне м'ясо швидко зростає у всьому світі, воно стає харчовим трендом майбутнього.

Серед вегетаріанців та веганів рослинне м'ясо надзвичайно популярне, оскільки дає можливість насолоджуватися смаком традиційних страв, не завдаючи шкоди тваринам. Однак цей продукт привабливий і для тих, хто прагне збалансованого та здорового харчування або бажає зменшити споживання тваринного м'яса з екологічних міркувань. Адже виробництво рослинного м'яса зазвичай потребує менше ресурсів, ніж вирощування тварини та отримання тваринної сировини.

Сучасний світ переживає трансформацію своїх харчових уподобань, тому рослинне м'ясо виходить на передній план цієї гастрономічної революції.

Оскільки смак є одним із ключових факторів, який визначає привабливість будь-якої страви, постійне удосконалення та дослідження смакових можливостей рослинних інгредієнтів дозволило удосконалити сучасне рослинне м'ясо, яке на даний момент вийшло далеко за межі свого первісного варіанту.

Веганське м'ясо дивує неймовірним розмаїттям, оскільки може вироблятися на основі багатьох рослинних продуктів, таких як: пшениця, нут, соя, горох, чечевиця, кокос, горіхи, гриби, куркума, білкові ізоляти та інші. У процесі виробництва рослинні компоненти можуть розмелювати до стану пастоподібної маси або використовувати сировину у вигляді пластівців та порошку. Після формування маси отримують фарш максимально схожий на текстуру м'яса.

Технологія, що використовується під час виготовлення рослинного м'яса – заморожування та розморожування, допомагає зберегти смак та поживні властивості продукту тривалий час [4].

Більшість різновидів рослинного м'яса виробляється з сої, оскільки цей рослинний білок доступний за ціною та волокна соєвих пластівців дозволяють максимально відтворити структуру м'яса тварин [5]. У рослинне м'ясо також можуть додаватися різноманітні рослинні олії.

Сейтан – це один з найбільш популярних прикладів рослинних замінників м'яса, який використовується в багатьох веганських стравах [5]. Він виготовляється з глютену, основного білка пшениці, при цьому має мало спільного з хлібом та хлібобулочними виробами. Це пшеничне м'ясо, яке крім рослинного білка, у своєму складі містить харчові волокна, вітаміни групи В, РР, Н та низку мікроелементів, необхідних нашому організму: залізо, фосфор, магній, калій, кальцій, мідь, цинк, селен.

Готовий сейтан за текстурою та смаком дуже нагадує традиційне м'ясо, при цьому вміст білку в продукті значно вищий, ніж у м'ясі, та легко засвоюється організмом людини. Сейтан не має яскраво вираженого смаку, однак йому можна надати безліч різних смаків за допомогою спецій, які використовуються під час приготування.

Як зазначалося вище основою для створення рослинного м'яса є білкові гідролізати, серед яких найбільш широко застосовуються гороховий, соєвий, рисовий, машовий та конопляний ізоляти. Білкові ізоляти містять значну кількість білку, є джерелом незамінних амінокислот, рисовий та машовий ізоляти можуть стати заміною соєвого та горохового ізоляту для людей, які не можуть споживати бобові з різних причин. Конопляний ізолят набуває все більшою популярності, оскільки містить повний спектр амінокислот, а також жирні кислоти Омега-3 та Омега-6 [6].

Амінокислоти є будівельними блоками білків, які в свою чергу виконують ряд важливих функцій в організмі людини. Вони є необхідними для підтримки життєво важливих процесів і здоров'я. Амінокислоти є основними компонентами білків, які утворюють структуру м'язів, органів, тканин, ферментів, антитіл та інших біологічно активних речовин. Деякі амінокислоти, такі як глютамін, гліцин виконують функцію нейромедіаторів, що регулюють передачу нервових імпульсів у мозку та нервовій системі. Амінокислоти гемоглобіну, такі як глютамін, гліцин важливі для перенесення кисню та інших поживних речовин до клітин організму. Деякі амінокислоти, такі як тирозин та триптофан, є прекурсорами для синтезу гормонів (наприклад, тироксину та серотоніну) і нейромедіаторів, які регулюють різні фізіологічні функції. Цистеїн і аргінін, є антиоксидантами, які захищають клітини від окислювальних пошкоджень та підтримують імунну систему. Аргінін і глютамін, можуть брати участь у регуляції рівня цукру в крові шляхом вироблення інсуліну та інших гормонів [7,8].

Орієнтовний вміст амінокислот в гороховому, соєвому та машовому гідролізатах представлено у таблиці 1 [9,10,11,12,13].

Порівняння вмісту незамінних амінокислот у білкових ізолятах

Амінокислоти	Білкові ізоляти (г на 100 г)			Потреба організму людини в амінокислотах, мг на кг на добу
	соевий	гороховий	машу	
Гістидин	2,6	2,0	2,39	9-11
Ізолейцин	4,89	3,8	4,62	18-21
Лейцин	8,15	7,2	9,68	37-41
Лізин	6,3	5,8	7,68	28-32
Аргінін	7,0	7,5	7,2	23-27
Метіонін	1,1	1,2	1,0	14-16
Треонін	3,73	3,0	1,07	14-16
Триптофан	1,34	0,7	1,9	3-4
Валін	5,1	4,0	5,74	24-28
Фенілаланін	4,2	4,5	4,0	14-18

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що представлені гідролізати містять всі незамінні амінокислоти. Споживання гідролізатів у складі рослинного м'яса дозволить забезпечити організм людини необхідними білками, недостатнє споживання яких може призвести до різних проблем зі здоров'ям, включаючи затримку розвитку, погіршення настрою та низький рівень енергії.

Важливою складовою рослинного м'яса є структуроутворювачі, які відіграють важливу роль у створенні текстури і консистенції, допомагаючи забезпечити м'ясоподібний вигляд і відчуття у роті. Структуроутворювачі використовуються для заміни жиру, який присутній в м'ясі, і колагену, що забезпечує йому структуру, підвищують в'язкість суміші, допомагаючи утримувати інші інгредієнти разом. Структуроутворювачі використовують у незначних кількостях для утримання вологи у м'ясі, збереження щільності та утворення м'ясистої текстури, запобігаючи висиханню м'яса під час приготування. Структуроутворювачі можуть взаємодіяти з іншими інгредієнтами, такими як білкові ізоляти, борошно, білки рослинного походження тощо, забезпечуючи утворення оптимальної текстури і консистенції. Вони можуть підсилювати смак та аромат інших інгредієнтів, таких як спеції, ароматичні рослинні добавки тощо.

Жир є головним фактором відчуття смаку в роті. Він забезпечує насиченість і соковитість та створює унікальність смаку, оскільки активує певні ділянки мозку, що відповідають за сприйняття аромату та смаку.

Для заміщення тваринного жиру у рослинному м'ясі використовують кокосову олію. Однак кокосова олія плавиться при нижчій температурі, ніж тваринний жир, тому враження від страв з кокосовою олією починаючись насичено та соковито, швидко проходить. Тому для рослинного м'яса можуть використовувати комбінацію рослинних олій, таких як соняшникова та ріпакова та завдяки цьому підвищувати температуру плавлення та збільшувати соковитість [14,15].

Вважається, що розробка аналогів рослинного м'яса є способом покращити здоров'я людини, зберегти природні ресурси та підтримати добробут тварин. Крім поживної цінності, компоненти рослинного м'яса можуть запобігати виникненню хвороб та можуть бути функціональними заміниками м'яса [16].

Висновки

Отже, розробка рецептури та технології напівфабрикатів з використанням рослинної сировини, як альтернативи продуктів із м'яса для значної групи населення, які відмовилися від споживання продукції тваринництва є досить актуальним напрямком харчової промисловості. Виключення з раціону їжі тваринного походження впливає на роботу всього організму, зменшуючи ризики виникнення таких захворювань, як ішемічна хвороба, гіпертонія, розлади шлунку, а споживання рослинної їжі дозволяє наситити організм біологічно-активними речовинами та мікроелементами. Крім того, використання рослинної сировини має ряд переваг для збереження екології, оскільки дозволяє економити воду, корми на вигодовування худоби та відноситися до тварин гуманно.

Література

1. М'ясо для веганів: з чого його роблять? <https://firtka.if.ua/blog/view/miaso-dlia-veganiv-z-chogo-iogo-roblat>
2. Beyond Meat - перспективи рослинного м'яса в Україні. <https://aggeek.net/-blog/beyond-meat--perspektivi-roslinnogo-myasa-v-ukraini>
3. Усе про рослинне м'ясо: їжа майбутнього. <https://eco-buffet.com/statti/use-pro-roslynne-myaso/>
4. The Rise of Veganism: A Societal Shift Toward Plant-Based Diets / Smith J. // Journal of Nutrition and Health. 2020.
5. Plant-Based Proteins: A Sustainable Alternative to Meat / Jones A. // Environmental Science Journal. - 2019. - Vol. 45, no. 3. - P. 267–280.
6. Promising mung bean proteins and peptides: a comprehensive review of preparation technologies, biological activities, and their potential applications / Hou D, Feng Q, Niu Z, Wang L, Yan Z and Zhou S. // Food Biosci. - 2023. - P. 55-67.

7. Plant protein-based food packaging films; recent advances in fabrication, characterization, and applications / Hadidi M, Jafarzadeh S, Forough M, Garavand F, Alizadeh S, Salehabadi A et al. // Trends Food Sci Technol. - 2022. - P. 154–173.
8. Pea protein ingredients: a main stream ingredient to (re) formulate innovative foods and beverages / Boukid F, Rosell CM and Castellari M. // Trends Food Sci Technol/ - 2021. - P. 729–742.
9. Utilizing side streams of pulse protein processing: a review / Ratnayake WS and Naguleswaran S. // Legume Science. - 2022. - P. 120-135.
10. Recent trends in the utilization of pulse protein in food and industrial applications / Nadeeshani H, Senevirathne N, Somaratne G and Bandara N. // ACS Food Science & Technology. - 2022. - P.722–737.
11. Lentil and mungbean protein isolates: processing, functional properties, and potential food applications / Shrestha S, van't Hag L, Haritos VS and Dhital S. // Food Hydrocoll. - 2022. - P. 135:149.
12. Digestible indispensable amino acid scores (DIAAS) of six cooked Chinese pulses / Han F, Moughan PJ, Li J and Pang S. // Nutrients. - 2020. - P. 12-28.
13. Structure of 8S \cup globulin, the major seed storage protein of mung bean / Itoh T, Garcia RN, Adachi M, Maruyama Y, Tecson-Mendoza EM, Mikami B et al. //Acta Crystallogr Sect D Biol Crystallogr. - 2006. - P. 824–832.
14. Comparison of physicochemical properties and volatile flavor compounds of pea protein and mung bean protein-based yogurt / Yang M, Li N, Tong L, Fan B, Wang L, Wang F et al. // LWT. - 2021. - P. 152-167.
15. Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods and cultivars / Stone AK, Karalash A, Tyler RT, Warkentin TD and Nickerson MT. // Food Res Int. - 2015. - P. 31–38.
16. Protein demand: review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production / Ismail BP, Senaratne-Lenagala L, Stube A and Brackenridge A. // Anim Front. - 2020. - P.53–63.

References

1. Miaso dlia vehaniv: z choho yoho robliat? <https://firtka.if.ua/blog/view/miaso-dlia-veganiv-z-choho-iogo-robliat>
2. Beyond Meat - perspektyvy roslynnoho miasa v Ukraini. <https://aggeek.net/-blog/beyond-meat-perspektivi-roslinnogo-myasa-v-ukraini>
3. Miaso dlia vehaniv: z choho yoho robliat? <https://eco-buffet.com/statti/use-pro-roslynne-myaso/>
4. The Rise of Veganism: A Societal Shift Toward Plant-Based Diets / Smith J. // Journal of Nutrition and Health. 2020.
5. Plant-Based Proteins: A Sustainable Alternative to Meat / Jones A. // Environmental Science Journal. - 2019. - Vol. 45, no. 3. - P. 267–280.
6. Promising mung bean proteins and peptides: a comprehensive review of preparation technologies, biological activities, and their potential applications / Hou D, Feng Q, Niu Z, Wang L, Yan Z and Zhou S. // Food Biosci. - 2023. - P. 55-67.
7. Plant protein-based food packaging films; recent advances in fabrication, characterization, and applications / Hadidi M, Jafarzadeh S, Forough M, Garavand F, Alizadeh S, Salehabadi A et al. // Trends Food Sci Technol. - 2022. - P. 154–173.
8. Pea protein ingredients: a mainstream ingredient to (re) formulate innovative foods and beverages / Boukid F, Rosell CM and Castellari M. // Trends Food Sci Technol/ - 2021. - P. 729–742.
9. Utilizing side streams of pulse protein processing: a review / Ratnayake WS and Naguleswaran S. // Legume Science. - 2022. - P. 120-135.
10. Recent trends in the utilization of pulse protein in food and industrial applications / Nadeeshani H, Senevirathne N, Somaratne G and Bandara N. // ACS Food Science & Technology. - 2022. - P.722–737.
11. Lentil and mungbean protein isolates: processing, functional properties, and potential food applications / Shrestha S, van't Hag L, Haritos VS and Dhital S. // Food Hydrocoll. - 2022. - P. 135:149.
12. Digestible indispensable amino acid scores (DIAAS) of six cooked Chinese pulses / Han F, Moughan PJ, Li J and Pang S. // Nutrients. - 2020. - P. 12-28.
13. Structure of 8S \cup globulin, the major seed storage protein of mung bean / Itoh T, Garcia RN, Adachi M, Maruyama Y, Tecson-Mendoza EM, Mikami B et al. //Acta Crystallogr Sect D Biol Crystallogr. - 2006. - P. 824–832.
14. Comparison of physicochemical properties and volatile flavor compounds of pea protein and mung bean protein-based yogurt / Yang M, Li N, Tong L, Fan B, Wang L, Wang F et al. // LWT. - 2021. - P. 152-167.
15. Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods and cultivars / Stone AK, Karalash A, Tyler RT, Warkentin TD and Nickerson MT. // Food Res Int. - 2015. - P. 31–38.
16. Protein demand: review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production / Ismail BP, Senaratne-Lenagala L, Stube A and Brackenridge A. // Anim Front. - 2020. - P.53–63.