



UDC 664.3:641.528:635.65:547.96

CRUELTY-FREE FOIE GRAS: PLANT-BASED ANALOGUE TECHNOLOGY WITH HIGH BIOLOGICAL VALUE

Lyudmyla V. Peshuk, Alina M. Savchenko, Elena A. Chernushenko*

¹Oles Honchar Dnipro National University, 72 Nauky Ave., Dnipro, 49010, Ukraine

Received 9 November 2025; accepted 23 February 2026; available online 23 March 2026

Abstract

Objective. The aim of the study was to develop a scientifically substantiated technology for producing plant-based imitation foie gras with enhanced biological value and improved sensory properties. **Methods.** The authors analyzed the chemical composition of raw materials and the finished product, optimized the formulation of the plant-based foie gras analogue, determined physicochemical parameters, calculated the amino acid score, the essential amino acid index, and the energy value of the product. Organoleptic, physicochemical, and biochemical research methods were used to assess product quality. **Results.** The researchers developed formulations of imitation foie gras based on sprouted legumes (lentils and chickpeas), champignon mushrooms, nuts, vegetable oils, and spices. It was established that sprouting legumes increased the protein content from 24 to 26 %, raised the essential amino acid index from 1.66 to 1.80, and improved the amino acid profile by 12 % compared to unsprouted raw materials. The developed product demonstrated the following physicochemical characteristics: protein content – 6.11 %, fat – 22.20 %, carbohydrates – 13.23 %, fiber – 4.41 %, ash – 1.56 %, moisture content – 51.76 %, and energy value – 277.16 kcal/100 g. Sensory evaluation showed that the sample with the addition of champignon mushrooms had the closest taste, aroma, and creamy texture to traditional foie gras. The product contained no cholesterol, and its lipid fraction was predominantly represented by unsaturated fatty acids. **Conclusions.** The authors created a technology for producing a plant-based analogue of foie gras that is close to the traditional product in sensory characteristics and meets the requirements for functional foods in terms of nutritional value. The nutritional adequacy of the developed product is confirmed by a balanced amino acid composition of proteins, the absence of cholesterol, and a high content of unsaturated fatty acids and dietary fiber. The proposed formulation can be used in the production of health-oriented and vegan food products.

Keywords: health-promoting products; functional foods; imitation foie gras; plant-based; technology.

ФУА-ГРА БЕЗ ЖОРСТОКОСТІ: ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННОГО АНАЛОГА ІЗ ВИСОКОЮ БІОЛОГІЧНОЮ ЦІННІСТЮ

Людмила В. Пешук, Аліна М. Савченко, Олена О. Чернушенко

¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Науки, 72, Дніпро, 49010, Україна

Анотація

Мета дослідження – розробка науково обґрунтованої технології виробництва імітованої фуа-гра на рослинній основі з підвищеною біологічною цінністю та покращеними органолептичними властивостями. **Методи:** Автори проаналізували хімічний склад сировини і готового продукту, оптимізували рецептурний склад рослинного аналога фуа-гра, визначили фізико-хімічні показники, розрахували амінокислотний скор, індекс незамінних амінокислот та енергетичну цінність виробу. Для оцінки якості використано органолептичні, фізико-хімічні та біохімічні методи дослідження. **Результати.** Дослідники розробили рецептури імітованої фуа-гра з використанням пророщених бобових культур (сочевиці та нуту), грибів печериць, горіхів, рослинних олій та прянощів. Встановлено, що пророщування бобових підвищує вміст білка з 24 до 26 %, збільшує індекс незамінних амінокислот з 1.66 до 1.80 та покращує амінокислотний профіль на 12 % порівняно з непророщеною сировиною. Розроблений продукт має такі фізико-хімічні показники: вміст білка – 6.11 %, жиру – 22.20 %, вуглеводів – 13.23 %, клітковини – 4.41 %, золи – 1.56 %, масова частка вологи – 51.76 %, енергетична цінність – 277.16 ккал/100 г. Органолептична оцінка показала, що зразок із додаванням печериць має найбільш наближені до традиційної фуа-гра смак, аромат і кремову текстуру. В складі продукту відсутній холестерин, а жирова фракція представлена переважно ненасиченими жирними кислотами. **Висновки.** Автори створили технологію рослинного аналога фуа-гра, який за органолептичними показниками наближений до традиційного продукту, а за харчовою цінністю відповідає вимогам до функціональних харчових виробів. Повноцінність запропонованого продукту підтверджується збалансованим амінокислотним складом білка, відсутністю холестерину, високим умістом ненасичених жирних кислот і харчових волокон. Розроблена рецептура може бути використана для виробництва оздоровчих та веганських продуктів харчування.

Ключові слова: оздоровчі продукти; функціональні продукти; імітована фуа-гра; рослинна основа; технологія.

*Corresponding author: e-mail: linechern@gmail.com

© 2025 Oles Honchar Dnipro National University; doi: 10.15421/jchemtech.v34i1.343113

Вступ

Світ стрімко змінюється, і сучасне суспільство дедалі більше звертає увагу на етичність та екологічність харчування. Вже сьогодні споживачі мають широкий вибір альтернатив тваринним продуктам – від рослинного м'яса до імітованих морепродуктів, молока та яєць. Продукцію з маркуванням «Веган» можна знайти на полицях більшості супермаркетів.

Печінка водоплавної птиці багата ненасиченими жирними кислотами, які знижують рівень холестерину в крові й забезпечують здорове харчування клітин. Насичених жирних кислот у качинному жирі в 2 рази менше ніж у вершковому маслі, а ненасичених – в 2 рази більше. В регіонах Франції дуже низький рівень серцево-судинних захворювань та висока тривалість життя.

Фуа-гра з французької перекладається як «жирна печінка» – це страва, яку готують з печінки спеціально відгодованих гусей чи спеціально виведених гібридних мулардів, які не вибагливі до утримання, мають стійкий імунітет до більшості поширених пташиних хвороб. Весь життєвий шлях мулардів розбитий на три етапи. Заміна традиційної фуа-гра потрібна через ряд причин і ось чому: перші чотири тижні пташенят годують природним способом, для отримання приростів маси. Після того як пташенята досягнуть віку 8–10 тижнів, починається стадія примусової годівлі гаваж (фр. *Gavage*) – пряме проштовхування їжі в горло за допомогою шнека в стравохід (довжина трубки 12.5 см). Кожен день у глотку птиці потрапляє до 1.8 кг зерна (десятикратна кількість від норми) і жиру протягом 12–21 днів. Печінка відгодованої птиці збільшується до розміру, що в десять разів перевищує нормальний. Саме етап гаважу в розведенні качок і гусей задля жирної печінки змусив захисників природи вдарити на сполох. Зважаючи на негуманний спосіб отримання печінки для фуа-гра, захисники тварин PETA і NSUS добилися того, що виробництво печінкового паштету заборонено в Аргентині, Данії, Фінляндії, Великобританії, Німеччині, Люксембурзі, Ізраїлі, Норвегії, Швеції, Швейцарії, Чехії, Польщі, Австралії, Туреччині та Індії [1].

Щодо України, то в червні 2020 року до Верховної Ради був поданий проект закону №3580, який передбачав заборону на імпор-

та виробництво фуа-гра. Однак законом йому стати так і не судилось – президент наклав вето, проте 03.09.2025 цей законопроект зі змінами знову було подано до порядку денного Верховної Ради.

Законом забороняється «насильне годування тварин, крім годування з лікувальною чи профілактичною метою, у тому числі забороняється здійснення діяльності з розведення та вирощування гусей та качок для отримання фуа-гра (жирної печінки)». З 2005 по 2019 в Україні промисловим виробництвом фуа-гра займався холдинг «Миронівський хлібокомбінат» на «Снятинській птахофабриці», в 2019 припинив роботу через жорстокі методи відгодівлі гусей, які застосовувалися для штучного збільшення печінки. До цього єдиним виробником гусячої печінки для фуа-гра в Україні була саме ця фабрика. Але імпорту продукту в країну не заборонений [2]. Тому жорстко постає питання щодо заміни традиційної фуа-гра на продукт рослинного походження з імітуванням смаку, запаху і відповідно харчової та біологічної цінності першого.

З точки зору екологічної сталості, як відмічено в роботі [3], зернобобові культури відіграють важливу роль у підтриманні родючості ґрунтів завдяки здатності фіксувати атмосферний азот, зменшуючи потребу в мінеральних добривах і покращуючи структуру. Завдяки широкій генетичній різноманітності багато видів бобових є стійкими до посухи, хвороб і змін клімату. Не випадково Генеральна Асамблея ООН проголосила 2016 рік Міжнародним роком зернобобових, визнавши їх значення для продовольчої безпеки, здоров'я людини та сталого землеробства. Використання бобових культур – таких як сочевиця, нут, квасоля та горох – як «суперфудів» з високим вмістом білків, клітковини, мікроелементів і антиоксидантів є перспективною альтернативою тваринним білкам і важливим елементом збалансованого харчування [4]. Завдяки високій поживній цінності та агроекологічним перевагам бобові культури розглядаються як стратегічний інструмент у боротьбі з голодом і зміною клімату, а також у забезпеченні сталого розвитку сільського господарства на глобальному рівні.

Обґрунтування вибору бобової сировини

Смак фуа-гра відрізняється ніжністю та маслянистістю на відміну від звичайного печінкового паштету. Ця страва є однією з

найвідоміших французьких делікатесів поряд з трюфелем та чорною ікрою. Споживачі цінують традиційну фуа-гра за її ніжний, багатий жирний смак. Імітована фуа-гра на рослинній основі з використанням сочевиці, нуту та горіхів є чудовою альтернативою, що

дозволяє отримати схожий смаковий досвід без використання тваринної сировини. Тому на першому етапі наших досліджень був проведений аналіз хімічного складу, харчової та біологічної цінності різних видів бобових (табл. 1).

Table 1

Chemical composition of legumes compared to meat (g/100 g of raw material)

Таблиця 1

Нутрієнти	Хімічний склад бобових у порівнянні з м'ясом (г/ 100 г сировини)						
	Кількість						
	Сочевиця	Нут	Горох	Маш	Соє	Квасоля	М'ясо с\г тварин
Нутрієнти							
Білки, г	24	20.1	20.5	23.5	34.9	21	14-22
Жири, г	1.5	4.3	2.04	1.6	17.3	1.5	4-12
Вуглеводи, г	53	56	63.1	57.1	24.3	58.2	-
Вітаміни							
Вітамін А, мкг	5	3	-	6	-	-	10-20
Вітамін В ₁ , мг	0.5	0.47	0.44	0.62	0.5	0.5	0.05-0.1
Вітамін В ₂ , мг	0.21	0.21	0.18	0.23	0.22	0.18	0.15-0.25
Вітамін В ₃ , мг	1.8	1.54	1.6	2.25	2.2	2.1	4-6
Вітамін В ₅ , мг	0.21	-	2.3	1.91	1.75	1.2	0.6-0.8
Вітамін В ₉ , мкг	180	557	60	216	200	90	5-10
Вітамін К, мкг	-	-	14.5	9	47	19	0.3
Вітамін С, мг	2.5	4.0	1.8	4.8	6.0	4.5	-
Вітамін Е, мг	0.5	0.8	0.1	0.51	0.85	0.2	0.3-0.5
Макро- та мікроелементи							
Кальцій, мг	83	193	115	138	348	150	10-15
Мідь, мкг	660	660	750	940	500	580	0.06
Залізо, мг	11.77	2.6	6.8	7.57	15	5.94	1.5-2.5
Магній, мг	80	126	107	267	226	103	20-25
Фосфор, мг	390	444	329	379	603	480	150-200
Калій, мг	672	968	873	983	1607	1100	300-360
Натрій, мг	55	72	33	38	6	40	50-60
Цинк, мг	2420	2860	3180	2680	2010	3210	3-4
Селен, мкг	19.6	28.5	13.4	8.2	-	24.9	15-25

Порівняння хімічного складу бобових із традиційним м'ясом є важливим аспектом у дослідженні альтернативних джерел білка та поживності. За даними [5] бобові культури

характеризуються високим вмістом білка (20-25 г/100 г), що співставно або навіть перевищує показники для нежирного м'яса (14-22 г/100 г) (табл. 2).

Table2

Content of essential amino acids in legumes

Таблиця 2

Амінокислота	Вміст незамінних амінокислот у бобових культурах												
	Нут	А/С, %	Сочевиця, мг/1г білку	А/С, %	Квасоля, мг/1г білку	А/С, %	Горох, мг/1г білку	А/С, %	Маш, мг/1г білку	А/С, %	Соє, мг/1г білку	А/С, %	Еталон ФАО/ВООЗ 2011
Valine	4.6	115.0	4.45	111.3	5.3	132.5	4.9	122.5	5.8	145	6.0	150	4.0
Isoleucine	6.8	226.7	3.6	120.0	4.9	163.3	5.3	176.7	5.9	197	5.2	173	3.0
Leucine	7.6	124.6	7.0	114.8	8.3	136.1	8.05	132.0	8.3	136	7.7	126	6.1
Lysine	7.7	160.4	8.0	166.7	7.6	158.3	7.6	158.3	6.9	144	6.0	125	4.8
Cystine+ Methionine	3.1	134.8	4.9	213.0	2.05	89.1	2.2	95.7	2.1	91	3.1	135	2.3
Threonine	3.9	156.0	3.7	148.0	4.1	164.0	4.1	164.0	4.5	180	4.0	160	2.5
Tryptophan	1.1	157.1	0.9	131	1.2	171.4	1.3	185.7	1.5	214	1.3	186	0.7
Tyrosine+ Phenylalanine	7.9	192.7	7.75	189.0	8.4	204.9	8.3	202.4	7.8	190	7.6	185	4.1
Сумма НА	42.6		40.0		41.85		41.7		42.8		40.9		27.5

За аналізом амінокислотного складу бобових (табл. 2) можна зробити висновок, що серед досліджених бобових культур нут і сочевиця мають найвищі показники харчової та біологічної цінності білків. Їх білки збалансовані за вмістом незамінних амінокислот, добре засвоюються. Нут і сочевиця є найперспективнішими джерелами рослинного білка серед досліджених культур. Вони поєднують:

- високий амінокислотний скор (> 100 % для всіх основних амінокислот);
- збалансований вміст лізину, ізолейцину, треоніну й ароматичних амінокислот;
- добрі структурно-функціональні властивості білка (емульгування, утримання жиру, пластичність маси).

Таким чином, нут і сочевиця можуть розглядатися як оптимальна сировина для створення імітованої (веганської) фуа-гра – продукту з високою харчовою й біологічною цінністю, збалансованим амінокислотним складом і бажаними органолептичними властивостями, приємну текстуру та природну кремоподібність, які імітують традиційну фуа-гра тваринного походження. До того ж, вміст жиру в цих бобових значно нижчий (1–4 г/100 г) порівняно з м'ясом (4–12 г/100 г), а холестерин повністю відсутній. Це зумовлює їх позитивний вплив на ліпідний обмін і профілактику серцево-судинних захворювань. Нут містить значну кількість ненасичених жирних кислот, серед яких – поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), що відіграють важливу роль у профілактиці та лікуванні захворювань серцево-судинної системи, діабету, хвороб шкіри та органів травлення. Це робить нут не лише поживним, а й функціонально цінним інгредієнтом.

Бобові є цінним джерелом складних вуглеводів та харчових волокон (50–60 г/100 г), які сприяють стабілізації рівня глюкози в крові та нормалізації роботи шлунково-кишкового тракту, тоді як м'ясо практично не містить вуглеводів. У вітамінному складі бобових переважають вітаміни групи В, зокрема фолієва кислота (В₉) – у нуті її вміст сягає 557 мкг/100 г, у сочевиці –180 мкг/100 г, а в м'ясі лише 5–10 мкг/100 г. Це свідчить про суттєву роль бобових у забезпеченні організму мікронутрієнтами, необхідними для кровотворення, росту клітин і нормального функціонування нервової системи.

Мінеральний склад бобових також характеризується вищим рівнем заліза, Магнію, Калію, Фосфору та Селену, ніж у м'ясі. Наприклад, у сочевиці міститься 11.8 мг заліза та 672 мг Калію, тоді як у нежирному м'ясі – відповідно 2 мг і близько 300 мг.

Таким чином, нут і сочевиця можуть бути функціональними продуктами в харчуванні людини, здатними частково замінювати м'ясо без втрати харчової цінності. Їх регулярне споживання сприяє забезпеченню організму білком, вітамінами та мінералами за низького вмісту жиру, що відповідає сучасним уявленням про здорове харчування та профілактику хронічних неінфекційних захворювань.

Сочевиця та нут в [6; 7] розглядаються як ефективні альтернативи м'ясу завдяки високому вмісту білка, клітковини та комплексу незамінних амінокислот, що робить їх важливою складовою раціону вегетаріанців, осіб із підвищеним рівнем холестерину та прихильників екологічно орієнтованого харчування

Сочевиця є однією з ключових зернобобових культур, представлена різними різновидами – зеленою, коричневою, червоною, чорною («белуга») та французькою «Пуї». Ці різновиди відрізняються кольором, структурою зерна, хімічним складом і кулінарно-технологічними властивостями [8; 9; 10]. Зелена сочевиця характеризується більшими зернами, підвищеним вмістом білка (до 25 г/100 г) і клітковини, добре зберігає форму після термічної обробки та має м'який нейтральний смак і пластичну консистенцію, що робить її придатною для створення емульсійних і кремоподібних продуктів [8]. Під час дослідження були апробовані різні види сочевиці з метою оптимізації білкової бази для розробки рослинної альтернативи м'ясним продуктам. За сукупністю харчових і технологічних характеристик за даними [10; 9] найкращі результати продемонструвало поєднання зеленої сочевиці та нуту, що забезпечує високу харчову і біологічну цінність білка, збалансований амінокислотний склад та сприятливі структурно-функціональні властивості

Для експериментальних досліджень використовували зелену сочевицю та нут (таблиця 3) торгової марки «Екород» (Україна) – сертифікована продукція органічної якості ЄС, що підтверджує її екологічну безпечність і відсутність пестицидів або синтетичних

добрив, що повністю узгоджується з орієнтованого харчування (EU Organic концепцією здорового та екологічно Certification, Regulation (EU) 2018/848).

Table 3

Chemical composition of the Ukrainian manufacturer of lentils and chickpeas, EKOROD, (g/ per 100 g)

Таблиця 3

Хімічний склад українського виробника сочевиці та нуту фірми ЕКОРОД, (г/ на 100 г)

Назва сировини і сорт	Жири, г	Білки, г	Вуглеводи, г	Енергетична цінність, ккал
Сочевиця зелена	1,3	23,9	59,6	331
Нут органічний	5,2	20,1	60,7	355

Для підвищення біологічної цінності зернобобові культури згідно з даними [11] піддають пророщуванню. Пророщені бобові містять у 1.5–3 рази більше вітамінів групи В, аскорбінової кислоти та токоферолу (табл. 4), ніж сухі зерна, що зумовлює їхню високу біологічну активність та можливість використання як окремого функціонального продукту або як складової білкових харчових систем [12]. Процес пророщування згідно з [13] також підвищує вміст харчових волокон,

які позитивно впливають на функціонування травного тракту та мікробіоту кишківника, сприяючи нормалізації метаболічних процесів. Крім того, підвищується активність низки ферментів, зокрема фітази — фосфоестерази, що каталізує гідроліз антинутрієнта фітину і як наслідок, сприяє звільненню неорганічних фосфатів, покращує засвоюваність мікроелементів із насіння бобових культур [14].

Table 4

Comparative composition of regular and sprouted legumes (per 100 g of product)

Таблиця 4

Порівняльний склад звичайних і пророщених зернобобових культур (на 100 г продукту)

Показник	Нут (сухий)	Нут (пророщений, 3 дні)	Сочевиця (суха)	Сочевиця (пророщена, 2 дні)
Вода, %	10.0	69.0	10.8	70.2
Білки, г	20.1	21.5	24.0	25.3
Жири, г	4.3	3.8	1.5	1.3
Вуглеводи, г	56.0	43.0	53.0	41.8
Харчові волокна, г	12.2	17.5	10.8	15.2
Вітамін С, мг	0.0	12.5	2.5	14.8
Вітамін В ₁ , мг	0.47	0.58	0.50	0.61
Вітамін В ₂ , мг	0.21	0.31	0.21	0.30
Вітамін В ₉ , мкг	557	750	180	520
Кальцій, мг	193	210	83	95
Залізо, мг	2.6	3.8	11.8	13.2
Залізо, мг	2.6	3.8	11.8	13.2
Магній, мг	126	145	80	98
Калій, мг	968	1150	672	810

Важливою умовою для отримання якісної пророщеної сировини є контроль довжини паростка. За результатами досліджень [15] існують норми, які регламентують, що паросток не повинен перевищувати 3 мм, адже під час подальшого росту в рослині накопичуються антихарчові компоненти, що можуть негативно вплинути на якість продукту, призводити до зниження масової частки білка та підвищення втрат сухих речовин. Згідно з даними вчених [16], пророщування зернобобових культур сприяє збільшенню вмісту незамінних амінокислот, зокрема лізину, метіоніну та треоніну. Це підвищує біологічну цінність білкового

комплексу пророщених бобових і обґрунтовує доцільність їх використання в функціональних білкових продуктах, включаючи рослинні альтернативи тваринним делікатесам, таким як фуа-гра.

Мета та цілі дослідження. Мета роботи – розробити технологію імітованої фуа-гра на рослинній основі.

Для досягнення мети було поставлено завдання: провести аналіз хімічного складу сировини та готових виробів, дослідити органолептичні, фізико-хімічні та функціонально-технологічні показники розробленого продукту – імітованої фуа-гра на рослинній основі.

Об'єкт дослідження – технологія фуа-гра з використанням бобових та грибів.

Предмет дослідження – бобові культури, сочевиця, нут, гриби печериці, продукт імітованої фуа-гра на рослинній основі.

Наукова новизна дослідження полягає в створенні принципово нової технології виробництва імітованої фуа-гра на рослинній основі з використанням пророщених зернобобових культур як функціонально активної білкової бази. Вперше запропонований комплексний підхід до формування рецептури рослинного аналога фуа-гра, що поєднує пророщені сочевицю та нут, гриби печериці, горіхи та рослинні олії з високим вмістом ненасичених жирних кислот.

Інноваційність підходу полягає в використанні пророщених бобових як основного технологічного інгредієнта, що забезпечує підвищення біологічної цінності продукту, зростання вмісту незамінних амінокислот, зменшення концентрації антинутриєнтів та покращення засвоюваності білка порівняно з традиційними рослинними паштетамі. Доведено, що використання пророщеної сировини дозволяє отримати продукт із більш збалансованим амінокислотним профілем, вищим індексом незамінних амінокислот та кращими функціонально-технологічними властивостями, ніж у аналогів на основі непророщених бобових.

Таким чином, уперше науково обґрунтована та експериментально підтверджена можливість створення рослинного аналога фуа-гра з підвищеною біологічною цінністю і покращеними споживчими властивостями за рахунок використання пророщених зернобобових культур та оптимізованої рецептурної композиції, що принципово відрізняє запропоновану технологію від відомих світових розробок у сфері рослинних паштетів.

Експериментальна частина

Матеріал і методи дослідження

Для досліджень були взяті зразки імітованої фуа-гра на рослинній основі.

У роботі використані аналітичні та експериментальні методи досліджень: органолептичні, фізико-хімічні (хімічний склад сировини, готових виробів – імітованої фуа-гра на рослинній основі), біохімічні (амінокислотний), експериментально статистичні, аналітичні з використанням

сучасного устаткування комп'ютерних технологій.

Дослідження проводили в лабораторних умовах Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Достовірність результатів забезпечувалась трикратним повторюванням, експериментальні дані оброблювали з використанням критерію Ст'юдента, і похибка експерименту не перевищувала 5.0 % [17].

Масову частку води в зразках визначали термогравіметричним методом з використанням лабораторної сушильної шафи RE 115(Binder, Німеччина) за температури 105 °C до стабільної маси, відповідно до ДСТУ 7804:2015. Вміст білка визначали методом К'ельдаля з застосуванням автоматичного аналізатора Kjeltec 2300 (Foss, Данія) згідно з ДСТУ ISO 20483:2016. Амінокислотний склад білків у сировині та готових виробів визначений методом іонообмінної хроматографії на аналізаторі T339AAA (Чехія, Мікротехна Прага). Масову частку жиру визначали за методом Сокслета із застосуванням апарата Soxhlet TM 8000 (VELP Scientifica, Італія) відповідно до ДСТУ 4941:2008. Вміст клітковини визначали за ДСТУ 8844:2019 (метод ґрунтується на вилученні з продукту кислотнo-лужно-розчинних речовин і визначенні маси залишку на аналітичних вагах ВЛР 200), а масову частку золи – за ДСТУ ISO 2171:2009, використовуючи муфельну піч SNOL 7,2/1100 за 550 °C.

Відбір проб для органолептичних і фізико-хімічних досліджень та підготовку їх до аналізу здійснювали відповідно до вимог ДСТУ 4823.2:2007. Органолептичне оцінювання якості імітованої фуа-гра здійснювалося за 5-тибальною шкалою (дегустація проводилася магістрами та викладачами кафедри харчових технологій ДНУ імені Олесья Гончара).

Результати та їх обговорення

Одним із ключових етапів підготовки бобових культур до кулінарного використання є їх насичення вологою, що суттєво впливає на функціональні властивості, час термічної обробки та поживну цінність готового продукту. Існує кілька технологічних підходів до досягнення оптимальної розварюваності бобових: замочування в воді, термічна обробка під тиском або перемелювання до борошна [18]. Найчастіше використовується метод

замочування, який водночас створює умови для проростання зерен, що є додатковою перевагою.

Baojun Xu, Sam K C Chang [19] показали, що замочування не лише покращує технологічні властивості бобових, а й значно підвищує їх засвоюваність. Це пов'язано зі зменшенням вмісту фітинової кислоти, яка природно присутня в бобових, злаках, горіхах та насінні, і є антинутриєнтом, що може знижувати біодоступність мінералів. Замочування та пророщування сприяють кращому засвоєнню Кальцію, заліза, Цинку та Магнію.

У даному дослідженні застосовували необроблені зерна зеленої сочевиці та нуту, що дозволяє активізувати природні біохімічні процеси під час пророщування. Перед пророщуванням зерно очистили, промили та замочили в воді за температури (20 ± 2 °C) протягом 12 год, через 12 год спостерігали збільшення маси вдвічі:

– 350 г сочевиці – 661 г (приріст ≈ 89 %)

– 150 г нуту – 305 г (приріст ≈ 103 %)

Після завершення етапу замочування воду зливали, а зерна залишали в умовах високої вологості (накриті вологою марлею) ще на 12 год, періодично зволожуючи. За цей час формуються паростки довжиною до 3 мм, що є

оптимальним показником для харчового використання. Надмірний ріст паростків (>3 мм) може призводити до накопичення небажаних вторинних метаболітів.

За даними Махса Маджзуби та ін. [20] пророщене насіння має високу біологічну цінність, в ньому зростає вміст вітамінів групи В, токоферолів, мікро- та макроелементів, поліпшується білковий профіль. За даними досліджень [21], пророщене зерно має вищу концентрацію поживних речовин, ніж більшість овочів, фруктів і навіть м'ясних продуктів. Наприклад, паростки соняшнику є джерелом вітамінів А і С, а паростки машу – вітаміну С, заліза і Калію. Переважна більшість пророщених культур характеризуються високим вмістом Фосфору, що є важливим для когнітивних функцій та стану кісткової тканини.

Отримані пророщені зерна висушували до вологості не більше 10 %, після чого подрібнювали до стану тонкодисперсного борошна.

Нами був проведений аналіз амінокислотного складу борошна з пророщеної та непророщеної сочевиці і їх порівняння (табл. 5).

Table 5

Balance of protein composition of lentil flour

Таблиця 5

Баланс білкового складу борошна з сочевиці

Назва амінокислоти	Еталонний білок за ФАО/ВООЗ г/100г 2011	Борошно			
		з пророщеної сочевиці		з непророщеної сочевиці	
		Вміст АК 1г на 100г білка	Скор,%	Вміст АК 1г на 100г білка	Скор, %
Leucine	6.1	8.55	140.2	7,90	129,5
Isoleucine	3.0	3.99	133.0	2,90	96,7
Cystine+ Methionine	2.3	9.3	404.3	8,80	382,6
Lysine	4.8	7.52	156.7	7,40	154,2
Tyrosine+ Phenylalanine	4.1	5.88	143.4	4,90	119,5
Threonine	2.5	3.91	156.4	3,80	152,0
Valine	4.0	3.95	98.8	3,50	87,5
Tryptophan	0.7	2.65	378.6	1,60	228,6
Вміст білка	-	26.00		24.00	
Сумарний вміст незамінних амінокислот		45.75		40.9	
Коефіцієнт засвоюваності білка, %	-	59.68		58.82	
Коефіцієнт збалансованості амінокислотного складу (КЗАС)		59.37		58.81	
Коефіцієнт розбалансованості амінокислотного складу КРАС, %		40.7		41.0	
Індекс незамінних амінокислот		1.80		1.66	
Лімітувальна амінокислота, СКОР, %		Valine, 98.8		Valine, 87.5 Isoleucine, 96.7	

Борошно з пророщеної сочевиці містить більше білка: 26 % у порівнянні з непророщеним – 24 %. Коефіцієнт

засвоюваності білка (59.68 для пророщеного; 58.82 % для непророщеного): мають близькі значення коефіцієнтів, що свідчить про

приблизно однакову ефективність засвоєння білка; трохи вищий коефіцієнт засвоюваності білка в борошна з пророщеного зерна сочевиці, свідчить про його дещо вищу біологічну цінність. КЗАС з обох видів борошна сочевиці близький до 59 %, що вказує на помірний баланс амінокислот. Коефіцієнт розбалансованості (КРАС) 41 % для обох типів борошна свідчить про наявність значної розбалансованості в амінокислотному складі. Індекс незамінних амінокислот (ІНАК) вищий у пророщеного борошна (1.80) проти непророщеного (1.66), і це свідчить про кращий амінокислотний профіль і потенційно кращу біодоступність. Лімітованою амінокислотою є Valine для обох типів борошна. В непророщеному борошні крім Valine з низьким СКОР (87.5 %) також низький показник у Isoleucine (96.7 %), що може впливати на якість білка. За результатами дослідження амінокислотного складу виявлено, що пророщування впливає на

зростання частки незамінних амінокислот на 12 % у порівнянні з борошном із не пророщеної сочевиці.

Для створення рослинної альтернативи традиційній фуа-гра було адаптовано рецептуру шеф-кухаря Алексіса Готьє [22], який використовував інгредієнти, що імітують текстуру та смакові характеристики оригінального продукту. Зокрема в рецептурі він використовував: варену сочевицю, підсмажені горіхи, пюре з буряка, соєвий соус, цибуля-шалот, печериці, часник, ароматні трави (розмарин, чебрець, шавлія), коньяк та оливкову олію. Зокрема коньяк надає характерної гіркувато-пряної нотки, соєвий соус збагачує продукт глутаміновою кислотою, оливкова олія забезпечує маслянисту консистенцію і жирність, яка притаманна справжній фуа-гра.

За даними робіт [23] оливкова олія має ряд функціональних інгредієнтів, корисних для здоров'я (табл. 6).

Table 6

Chemical composition of olive oil

Таблиця 6

Хімічний склад оливкової олії

Компонент	Кількість на 100 г	Функції / корисні властивості
Мононенасичені жирні кислоти (олеїнова кислота)	73-83 г	Антиоксидант, покращує серцево-судинне здоров'я
Насичені жирні кислоти	10-15 г	Енергетична функція
Поліненасичені жирні кислоти (лінолева, ліноленова)	3.5-21 г	Омега-3 та омега-6 жирні кислоти, протизапальні властивості
Токофероли	12-20 мг	Антиоксидант, захищає клітини від окислення
Поліфеноли	50-500 мг	Антиоксиданти, протизапальні, покращують імунітет
Сквален	200-800 мг	Антиоксидант, сприяє здоров'ю шкіри
Фітостероли	100-200 мг	Підтримують зниження рівня холестерину
Вітамін К	60-80 мкг	Важливий для згортання крові

У рецептурі імітованої фуа-гра на рослинній основі особливу роль відіграють цибуля-шалот і часник. Ці інгредієнти не лише збагачують страву характерними ароматами та смаковими відтінками, але й підвищують її харчову та біологічну цінність. Цибуля-шалот додає ніжної солодкуватої нотки, що гармонійно поєднується з горіховими та грибними смаками, характерними для фуа-гра. Крім того, відмічається [24], що цибуля-шалот багата на вітаміни групи В, вітамін С та мінерали, які сприяють зміцненню імунітету та покращенню обміну речовин (табл. 7). Часник, відомий своїми антибактеріальними та протизапальними властивостями, надає страві пікантної гостроти і водночас підтримує травлення та імунну систему, багатий на білки, вітаміни С і В₆, а також мінерали, що підсилюють загальну поживність страви [25].

Завдяки включенню цибулі-шалот і часнику імітована фуа-гра набуває більшої глибини смаку і підвищеної функціональності, що робить її не тільки смачною, а й корисною альтернативою традиційній страві.

Згідно з дослідженням Venkatachalam, M. [26], горіхи, зокрема волоські та кеш'ю, є цінним джерелом жирів, які не лише збагачують харчову цінність страв, але й формують їхні органолептичні властивості. Завдяки високому вмісту моно- та поліненасичених жирних кислот ці продукти додають фуа-гра виразну глибину, ніжну кремовість і характерну м'якість смаку. В таблиці 8 наведені основні функціональні інгредієнти горіхів, що забезпечують їхню біологічну активність і кулінарну цінність.

Table 7

Chemical composition of shallots and garlic

Таблиця 7

Хімічний склад цибулі-шалот та часнику

Компонент	Цибуля-шалот (на 100 г)	Часник (на 100 г)	Функціональна роль
Вода	~80–82 г	~59–65 г	Основний компонент, впливає на текстуру
Білки	2.5 г	6.4 г	Важливі для метаболізму та відновлення тканин
Жири	0.1–0.2 г	0.5 г	Жирні кислоти, підтримка клітинної структури
Вуглеводи	16 г	33 г	Енергетичний ресурс, в т.ч. природні цукри
Харчові волокна	3 г	2.1 г	Поліпшує травлення, нормалізує мікрофлору
Вітамін С	8 мг	31.2 мг	Антиоксидант, підтримує імунітет
Вітамін В6	0.2 мг	1.2 мг	Важливий для нервової системи
Фолієва кислота	~34 мкг	3 мкг	Кровотворення, ріст клітин
Селен	–	14.2 мкг	Антиоксидант, підтримка імунітету
Калій	320 мг	401 мг	Підтримує баланс рідин, серцеву діяльність
Фітонциди	Присутні	Високий вміст	Антибактеріальні, протизапальні властивості
Флавоноїди (кверцетин, кемпферол)	Присутні	Присутні	Антиоксиданти, протизапальні речовини

Table 8

Chemical composition of nuts

Таблиця 8

Хімічний склад горіхів

Компонент	Волоські горіхи (на 100 г)	Горіхи кеш'ю (на 100 г)	Функції
Енергетична цінність, ккал	654 ккал	553 ккал	Джерело енергії
Загальний жир	65 г	44 г	Переважно корисні ненасичені жирні кислоти
Мононенасичені жирні кислоти	~9 г	23 г	Підтримують здоров'я серця, знижують холестерин
Поліненасичені жирні кислоти	~13 г	8 г	Омега-3 мають протизапальну дію, покращують функції мозку
Насичені жирні кислоти	6 г	7 г	Енергетична функція, але надлишок шкідливий
Білки	15 г	18 г	Відновлення тканин, підтримка м'язів
Вуглеводи	14 г	30 г	Джерело енергії
Харчові волокна	7 г	3 г	Покращення травлення, нормалізація роботи кишечника
Вітамін Е	0.7 мг	0.9 мг	Потужний антиоксидант, захист клітин від окислення
Вітаміни групи В	Помірна кількість	Помірна кількість	Підтримка метаболізму, нервової системи
Магній	158 мг	292 мг	Важливий для нервової та м'язової функції, підтримка серцево-судинної системи
Фосфор	346 мг	593 мг	Формування кісток і зубів
Калій	441 мг	565 мг	Регуляція водного балансу, робота серця
Кальцій	98 мг	37 мг	Здоров'я кісток
Залізо	2.9 мг	6.7 мг	Транспортування кисню в крові
Фітостероли	~130 мг	70–100 мг	Допомагають знижувати рівень холестерину
Поліфеноли	300–600 мг	150–350 мг	Антиоксидантна дія, протизапальні властивості
Антиоксиданти (сквален)	Присутній	Присутній	Захищають клітини від пошкоджень

З аналізу таблиці 8 видно, що волоські та кеш'ю горіхи є цінним джерелом енергії, білків і корисних ненасичених жирних кислот, зокрема моно- та поліненасичених, які сприяють підтриманню серцево-судинного здоров'я та мають протизапальні властивості. Волоські горіхи вирізняються вищим умістом поліненасичених жирів та поліфенолів, тоді як кеш'ю містять більше Магнію, Фосфору й заліза, що підсилює їхню мінеральну цінність.

Обидва види горіхів також є джерелом антиоксидантів, таких як токоферолі, фітостероли й сквален, які, за даними Blomhoff et al. [27], відіграють ключову роль у захисті клітин від окиснювального стресу та підвищують загальну біологічну цінність продукту.

Пюре з буряка використовували в рецептурі для досягнення гармонійного смаку, кольору і текстури, надаючи страві бордового кольору,

характерного для традиційної фуа-гра. Це допомагає зробити продукт більш привабливим і наближеним до оригіналу. Пюре з буряка додає природну солодкість і легку землянисту нотку, що збалансовує смаковий профіль страви, роблячи її багатшою та глибшою. Завдяки кремоподібній консистенції бурякове пюре структурує ніжність, шовковистість та пікантність готового продукту, що є важливим для імітації ніжної структури класичної фуа-гра. З аналізу

хімічного складу (таблиця 9) видно, що бурякове пюре має невисокий вміст білків і жирів, але є хорошим джерелом вуглеводів і клітковини, що забезпечує енергетичну цінність та покращує травлення. Воно також містить значну кількість вітаміну С, фолієвої кислоти, Калію та заліза, а наявність антиоксидантів (зокрема бетаїну) підвищує біологічну цінність продукту та сприяє захисту клітин від окиснення [28, 29].

Table 9

Chemical composition of beetroot puree

Таблиця 9

Хімічний склад бурякового пюре

Інгредієнт	Кількість на 100 г	Функція
Білки	1.6-2 г	Важливі для відновлення тканин
Жири	0.1-0.2 г	Дуже мало, майже відсутні
Вуглеводи	9-10 г	Головне джерело енергії (включаючи натуральні цукри)
Клітковина	2.8 г	Покращує травлення
Вітамін С	4-6 мг	Антиоксидант, підтримує імунітет
Фолієва кислота	80-100 мкг	Важливий для кровотворення та росту клітин
Калій	300-400 мг	Регулює водно-сольовий баланс, підтримує серце
Залізо	0.8-1.2 мг	Важливо для кровотворення
Антиоксиданти (бетаїн)	Високий вміст	Захищає клітини від окиснення

Для покращення смакових якостей та збагачення мінерального складу продукту до рецептури зразка 1 додали гриби промислового виробництва – печериці. Гриби, окрім високого вмісту білка (до 3 г/100 г), містять унікальний грибний цукор – мікозу, полісахариди, а також вітаміни А, С, D, групи В, РР і мінерали – Калій, Фосфор, Магній, Сульфур, Кальцій [30]. Завдяки високому вмісту незамінних амінокислот печериці можуть слугувати якісною добавкою до рослинної основи для створення «м'ясоподібної» текстури та смаку.

Білки грибів мають певні особливості – вони зв'язані з хітином клітинної стінки, що дещо знижує їх засвоюваність. Проте кулінарна обробка (подрібнення, приготування соусів, використання грибного борошна) дозволяє підвищити коефіцієнт засвоєння з 70 % до 88 %. Гриби швидко поглинають аромати інших інгредієнтів, з якими готуються, що дає змогу ефективно формувати смаковий профіль готової страви. Це особливо актуально для веганських замінників м'яса, де важливу роль відіграє саме імітація смаку традиційної страви.

Печериці корисні для здоров'я людини через те, що вони запобігають розвитку більшості хвороб, таких як атеросклероз; знижують рівень холестерину в крові, знижують ризик інфарктів та інсультів. Пантотенова кислота, що міститься в

печерицях, допомагає боротися з втомою, а калій покращує обмін речовин. Британські вчені проводили експеримент, за результатами якого було визначено, що заміна м'ясних страв на печериці допомагає позбутися декількох зайвих кілограмів на місяць.

Прянощі та зелень додавали для створення глибокого смакового профілю, який наближає рослинний продукт до класичного смаку фуа-гра, а їх біоактивні речовини підвищують функціональну цінність страви. Розмарин, чебрець – важливі складові рецептури імітованої фуа-гра. З аналізу таблиці 10 видно, що прянощі не лише формують смаковий та ароматичний профіль страви, але й містять біологічно активні речовини, які можуть підвищувати її функціональну цінність. Так, згідно з [31; 32] розмаринова кислота й ефірні олії розмарину мають антиоксидантні та протизапальні властивості, тимол і карвакрол чебрецю – антимікробну дію.

Завдяки збалансованому підходу до вибору інгредієнтів розроблений продукт має високу біологічну цінність, є повноцінною альтернативою фуа-гра із заміною сировини тваринного походження на рослинну, зі значно нижчим вмістом насичених жирів і вищим вмістом клітковини, макро- та мікроелементів, що особливо важливо для спеціального (вегетаріанського) харчування.

Table 10

Main functional components of spices

Таблиця 10

Основні функціональні компоненти прянощів

Прянощі	Роль у рецептурі	Основні функціональні компоненти
Розмарин	Надає свіжий, лісовий аромат, підкреслює м'ясний смак, має протизапальні властивості	Кафедрин, розмаринова кислота, ефірні олії
Чебрець	Додає пряність і легку гірчинку, посилює аромат, має антимікробні властивості	Тимол, карвакрол, ліналоол

Нами було виготовлено два зразки імітованої фуа-гри згідно до рецептури (табл. 11):

Table 11

Plant-based "imitation foie gras" recipe

Таблиця 11

Рецептура імітованої фуа-гри на рослинній основі

Сировина	Контроль імітована фуа-гри (від шеф-кухаря Алексіса Готьє)		
	Зразок №1		
Зразок №2			
Кількість основної сировини, % на 1000 г			
Нут пророщений	-	15	15
Сочевиця	35		
Сочевиця зелена пророщена	-	30	35
Цибуля-шалот	6	6	6
Часник	3	3	3
Оливкова олія	10	8	8
Кунжутна олія	-	7	7
Горіхи кеш'ю(очищені)	-	6	6
Горіхи волоські(очищені)	10	6	6
Соевий соус	3	7	7
Коньяк	3	3	3
Бурякове пюре	2	4	4
Гриби печериці	28	5	-
Кількість допоміжної сировини, г на 1000 г основної сировини			
Розмарин	0.4	0,4	0,4
Чебрець	0.4	0.4	0.4
Базилік	-	0.2	0.2
Шавлія	0.4	-	-
Перець чорний горошком	0.1	0,1	0,1
Веганське масло	1	-	-

У розроблених рецептурах передбачається часткова заміна оливкової олії на кунжутну, що дозволяє збільшити вміст лінолевої кислоти (ω -6), фітостеролів, Кальцію, Магнію та антиоксидантних сполук сезаміну й сезамоліну, характерних для кунжутної олії. Така комбінація покращує жирнокислотний склад продукту та розширює його функціональні властивості. Для підвищення біологічної цінності паштету проводили пророщення бобових культур – нуту і сочевиці. Пророщування сприяє накопиченню вітамінів групи В, аскорбінової кислоти, Феруму, Цинку та Марганцю, що підвищує біодоступність мікроелементів у готовому продукті. Крім того, додавання горіхів кеш'ю забезпечує надходження мононенасичених жирних кислот, білка, міді, Магнію, Фосфору та

триптофану. Порівняно з волоськими горіхами кеш'ю має м'якший смак і менший вміст дубильних речовин, що позитивно впливає на органолептичні показники готового виробу імітованої фуа-гри.

Збільшення частки соєвого соусу сприяло посиленню смакової насиченості та природному підвищенню вмісту амінокислот, Калію, Натрію та антиоксидантних ізофлавонів. Додавання бурякового пюре дозволяє збагатити продукт натуральними барвниками (бетаїнами), антиоксидантами, вітамінами групи В та мікроелементами (Fe, Mg, K), а також надати привабливого кольору, ніжності та легкої солодкуватої нотки.

У результаті додані рецептурні компоненти сприяли підвищенню харчової та біологічної цінності розробленої імітованої фуа-гри,

збереженню натуральності, ніжності та пікантності.

Для встановлення оцінки споживчих характеристик розроблених рецептур – зразок

1 і зразок 2 «імітованої фуа-гра» – нами були проведені органолептичні дослідження методом закритої дегустації (рис. 1)»

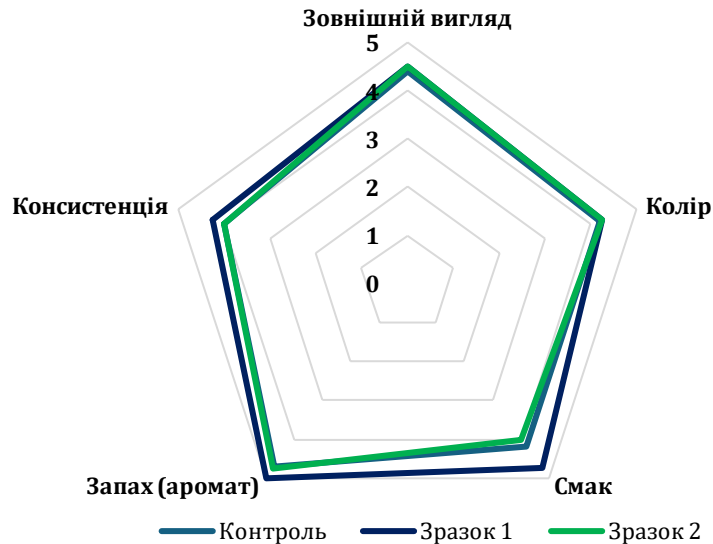


Fig. 1. Organoleptic evaluation of plant-based foie gras
Рис. 1. Органолептична оцінка фуа-гра на рослинній основі

Розроблені рецептури 1 та 2 мають привабливий зовнішній вигляд, приємні на смак та аромат, але більш жирний і ніжний на смак зразок 1, з печерицями – він і отримав вищу оцінку. Тому подальші дослідження були

проведені саме з цим зразком. У таблиці 12 представлені результати досліджень фізико-хімічних показників імітованої фуа-гра з сочевиці та нуту з печерицями.

Physico-chemical indicators of plant-based imitation foie gras (sample 1)

Table 12

Таблиця 12

Фізико-хімічні показники імітованої фуа-гра на рослинній основі (зразок 1)

Показники, що визначали	Фактичне значення	НД на методи випробувань
Масова частка вологи, %	51,76	ДСТУ 7804:2015
Масова частка білку, %	6,11	ДСТУ ISO 20483:2016
Масова частку жиру, %	22,20	ДСТУ 4941:2008
Вуглеводи, %	13,23	Розрахунковим методом
Масова частка клітковини, %	4,41	ДСТУ 8844:2019
Масова частка золи, %	1,56	ДСТУ ISO 2171:2009
Енергетична цінність, ккал/100г	277,16	Розрахунковим методом

Добова потреба людини в рослинному білку становить приблизно 0.2 г на кг маси тіла. Для середньостатистичної дорослої людини вагою близько 70 кг це еквівалентно 14 г білка на добу. Згідно з проведеними дослідженнями, вживання лише 200 г рослинної імітації фуа-гра дозволяє повністю покрити цю потребу, що свідчить про високу харчову та біологічну цінність білкового компонента страви.

Добова фізіологічна норма споживання жирів і вуглеводів становить 30–50 % загальної енергетичної цінності раціону. Особливу цінність мають саме рослинні жири, які є джерелом незамінних поліненасичених жирних кислот, таких як омега-3 та омега-6. Ці

кислоти не синтезуються в організмі і повинні надходити з їжею. В складі рослинної фуа-гра джерелом таких жирів виступає оливкова олія, відома своїми кардіопротекторними властивостями, та горіхи.

Вуглеводи є основним джерелом енергії, а також виконують пластичну функцію – входять до складу таких молекул, як гліколіпіди та глікопротеїни.

У складі імітованої фуа-фра на рослинній основі основними джерелами вуглеводів є бобові культури, а також гриби, які збагачують паштет як харчовими волокнами, так і складними вуглеводами (клітковиною, пектином, геміцелюлозою).

Рослинна імітація фуа-гра, виготовлена з сочевиці та нуту, має енергетичну цінність 280 ккал на 100 г продукту. Попри це, вона характеризується високою насичувальною здатністю завдяки вмісту білків, харчових волокон та корисних жирів, що забезпечує тривале відчуття ситості за відносно невеликої калорійності. Імітована фуа-гра на рослинній основі – це багатий на поживні речовини продукт із помірною калорійністю, який може бути ефективною складовою збалансованого харчування. Його використання дозволяє не тільки урізноманітнити меню, а й зробити його більш етичним, екологічним та здоровим.

З літературних джерел не вдалося знайти єдиного комплексного офіційного європейського нормативного документу (стандарту ISO, EN або AFNOR), який би встановлював універсальні строки зберігання для фуа-гра – однак з численних виробничих та галузевих джерел у Франції можна виокремити розповсюджені практичні рекомендації:

– для консервованої (стерилізованої) фуа-гра термін зберігання 2–4 роки за кімнатної температури [33];

– для напівготової фуа-гра термін зберігання в холодильнику за 0–4 °С – від кількох тижнів до кількох місяців (наприклад, 6–9 місяців) [32];

– для свіжої/сирої фуа-гра – зберігання за 0–4 °С до 5–7 днів [34];

– для відкритої упаковки значно скорочений строк; наприклад, кілька днів (3–5 днів) у холодильнику [35].

Біологічна цінність як критерій оцінки білкововмісного продукту має велике значення для визначення ефективності його використання організмом людини. Амінокислотний склад продукту є одним з показників його біологічної цінності.

Оцінку біологічної цінності білка проводили хімічними методами. Найширше використовується метод Х. Мітчела і Р. Блоку, відповідно до якого амінокислотний склад харчових продуктів порівнюють з амінокислотним складом еталонного білка шляхом визначення амінокислотного скору (АКС).

Для оцінки біологічної цінності білка в складі досліджуваного продукту використовували коефіцієнт різниці амінокислотного скору (КРАС), який дозволяє визначити ступінь засвоєння незамінних амінокислот у організмі. Зменшення значення КРАС свідчить про повніше використання амінокислот у метаболічних процесах, що, своєю чергою, є індикатором вищої якості білкового компонента. Розраховані показники амінокислотного скору для незамінних амінокислот у розробленому продукті подані в таблиці 13. Вони дозволяють провести порівняльну оцінку амінокислотного складу та визначити білковий баланс отриманого продукту.

Table 13

Assessment of protein quality of the developed imitation foie gras

Таблиця 13

Оцінка якості білків розробленої імітованої фуа-гра

Амінокислота	г/100 г	Зразок	
	еталонного білку 2011 (ФАО ВООЗ)	г/100 г після терм.обр.	Амінокислотний СКОР%
Valine	4.0	3.3	83.3
Isoleucine	3.0	3.3	110
Leucine	6.1	6.1	100
Lysine	4.8	4.8	100
Threonine	2.5	2.8	112
Tryptophan	0.7	1.4	200
<i>Продовження таблиці 13</i>			
Tyrosine+ Phenylalanine	4.1	4.18	102
Cystine+ Methionine	2.3	4.53	197
Кількість незамінних амінокислот, мг/г			306
Індекс незамінних амінокислот			1.188
Коефіцієнт утилітарності Cys+ Met, U			0.404
Коефіцієнт збалансованості амінокислотного складу (КЗАС), %			73.8
Коефіцієнт розбалансованості амінокислотного складу КРАС, %			26.2
Порівнювальна надмірність,			9.75
Біологічна цінність			82.4%
Лімітувальна амінокислота, СКОР, %			Valine 82.5%

У проведеному дослідженні були розраховані основні показники, що характеризують амінокислотний склад і біологічну цінність білка зразка після термічної обробки.

Кількість незамінних амінокислот у білку становила 306 мг на г білка, що свідчить про високу концентрацію амінокислот, необхідних для синтезу білків організму людини. Індекс незамінних амінокислот (ІНАК) становив 1,188, що свідчить про відповідність амінокислотного складу зразка рекомендованому еталонному рівню та високу збалансованість незамінних амінокислот.

Коефіцієнт збалансованості амінокислотного складу (КЗАС), який характеризує відповідність амінокислотного складу білка фізіологічним нормам, склав 73.8 %, і це свідчить про достатню збалансованість. Біологічна цінність білка, розрахована на основі індексу незамінних амінокислот та коефіцієнтів збалансованості і розбалансованості, склала 82.4 %. Це досить високий показник, який свідчить про високу харчову цінність білка, близьку до якості білків тваринного походження.

Лімітованою амінокислотою виявився валін з амінокислотним скором 82.5 %.

Отже, білок досліджуваного зразка характеризується високою концентрацією незамінних амінокислот та загальною доброю біологічною цінністю. Водночас є дисбаланс у складі амінокислот, зокрема надлишок метіоніну та цистеїну, а також обмеження по валіну.

Імітована фуа-гра, розроблена за рецептурою на основі пророщених бобових, горіхів, овочів і оливкової олії, є джерелом широкого спектру вітамінів, що зумовлюють її високу харчову та біологічну цінність. Рослинна імітація фуа-гра містить широкий спектр водорозчинних і жиророзчинних вітамінів, які сприяють підтримці ключових фізіологічних процесів: антиоксидантного захисту, кровотворення, обміну речовин, роботи імунної та нервової систем. Комплексне поєднання інгредієнтів робить цей продукт не лише гастрономічно привабливим, а й нутрієнтно функціональною альтернативою традиційній фуа-гра.

Імітована фуа-гра є функціонально насиченим продуктом за вмістом макро- та мікроелементів. Особливо вираженою є присутність Калію, Магнію, Фосфору та Феруму, що сприяє підтримці енергетичного,

серцево-судинного та кровотворного балансу в організмі

Загальний вміст вітаміну С у 100 г продукту становить приблизно 1.6 мг, що забезпечує близько 2 % від рекомендованої добової норми для дорослої людини. Основними джерелами є часник, цибуля-шалот і пюре з буряка. Цей вітамін виконує потужну антиоксидантну функцію, сприяє зміцненню імунної системи та покращує засвоєння заліза з рослинних джерел.

Загальний вміст вітаміну В₆ становить 0.37 мг, що дорівнює приблизно 25–30 % добової потреби. Він надходить переважно з часнику, горіхів, бобових та цибулі-шалот. В₆ бере участь у понад 100 ферментативних реакціях, пов'язаних з обміном амінокислот, нервовою регуляцією та синтезом нейромедіаторів.

У рецептурі міститься близько 112 мкг фолієвої кислоти, що відповідає ~28 % добової потреби. Основні джерела – бурякове пюре, пророщені бобові та цибуля-шалот. Фолієва кислота критично важлива для клітинного росту, кровотворення та профілактики дефектів розвитку нервової трубки плода.

Загальний вміст токоферолів становить приблизно 2 мг в 100 г страви, що покриває ~13 % денної норми. Найбільше токоферолів міститься в оливковій олії, горіхах кеш'ю та волоських горіхах. Вітамін Е діє як потужний антиоксидант, що захищає клітинні мембрани від окисного стресу.

У продукті міститься приблизно 308 мг вітаміну К, що становить близько 9–10 % від добової норми. Цей вітамін надходить з оливкової олії та розмарину. Він важливий для згортання крові, метаболізму кісткової тканини та зниження запалення.

Окрім В₆ та В₉, страву містить помірну кількість інших вітамінів групи В (здебільшого з горіхів, бобових і цибулевих), зокрема тіамін (В₁), рибофлавін (В₂) та ніацин (В₃), які важливі для енергетичного обміну, роботи мозку та нервової системи. В складі імітованої фуа-гра міститься низка рослинних інгредієнтів, багатих на цінні макро- та мікроелементи. Завдяки їх збалансованому поєднанню, продукт характеризується високою мінеральною цінністю, що є важливою перевагою з точки зору функціонального харчування.

Загальний вміст Калію в рецептурі становить приблизно 310 мг. Основні джерела – часник, цибуля-шалот, бурякове пюре, горіхи

та пророщені бобові. Калій є життєво необхідним елементом для підтримки водно-електролітного балансу, функціонування серцево-судинної системи та скорочення м'язів.

Вміст Магнію складає близько 50 мг; основними джерелами є горіхи кеш'ю та волоські, пророщений нут і сочевиця. Магній відіграє ключову роль у нервово-м'язовій передачі, синтезі білка, регуляції тиску та активації ферментів.

Загальний вміст заліза становить приблизно 2 мг, або 12–15 % добової потреби. Основні джерела – бурякове пюре, горіхи, бобові, часник. Незважаючи на нижчу біодоступність рослинного заліза (негемового), його синергізм з вітаміном С у рецептурі сприяє покращенню засвоєння. Залізо критично важливе для кровотворення та кисневого транспорту.

Загальний вміст Кальцію у продукті становить близько 33 мг, або 3 % добової норми. Його джерелами є горіхи (особливо волоські) та сочевиця. Кальцій необхідний для здоров'я кісток, згортання крові та нервової провідності.

Страва містить близько 2.8 мкг Селену, зосередженого переважно в часнику. Селен є важливим антиоксидантом і модулює імунну відповідь.

Загалом, розроблений продукт на основі пророщеного нуту, сочевиці, горіхів та овочів є поживним і корисним та може бути важливою частиною збалансованого харчування, забезпечуючи організм необхідними вітамінами та мінералами, сприяти енергетичній насиченості і підтримці фізіологічних функцій.

Table 14

Number of fatty acids per 100 g of product

Таблиця 14

Кількість жирних кислот на 100 г продукту

МНЖК	ПНЖК	НЖК	Поліненасичені жирні кислоти	
			Лінолева (омега-6, г)	Ліноленова (омега-3, г)
9.91	5.07	3.03	4.87	0.269

Жирнокислотний склад імітованої фуа-гра (табл. 14) демонструє значну перевагу мононенасичених жирних кислот (МНЖК) – 9.91 г на 100 г продукту, що свідчить про її потенційно позитивний вплив на серцево-судинну систему. Насичені жирні кислоти (НЖК) представлені в значно меншій кількості – 3.03 г, що є сприятливим чинником для зниження рівня «поганого» холестерину (ЛПНЩ). Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) становлять 5.07 г, серед яких переважає лінолева кислота (омега-6) – 4.87 г, а ліноленова кислота (омега-3) міститься в кількості 0.269 г. Переважання лінолевої кислоти (омега-6) характерне для імітованої фуа-гра за рахунок вмісту в складі рослинні олії та горіхів. Джерелом омега-3, є горіхи, а також, у невеликій кількості, – олії. Такий профіль жирних кислот свідчить про високу якість жирового компоненту страви, що робить її корисною для щоденного вживання в межах збалансованого раціону

Загалом, розроблена фуа-гра на рослинній основі має хороший жирнокислотний профіль, у якому переважають МНЖК, помірні кількості ПНЖК і низький рівень НЖК, що робить її потенційно корисним продуктом з огляду здорового харчування.

Висновки

У результаті дослідження ми розробили технологію виробництва імітованої фуа-гра на рослинній основі з використанням пророщених зернобобових культур (сочевиці та нуту), грибів печериць, горіхів і рослинних олій. Запропонована рецептурна композиція дозволяє отримати продукт із органолептичними характеристиками, максимально наближеними до традиційної фуа-гра.

Довели, що пророщування бобових культур підвищує їх біологічну цінність: у борошні з пророщеної сочевиці вміст білка збільшується до 26 % проти 24 % у непророщеній, індекс незамінних амінокислот зростає з 1.66 до 1.80, а частка незамінних амінокислот підвищується приблизно на 12 %. Це свідчить про покращення амінокислотного профілю та засвоюваності білка. Пророщування бобових значно зменшило вміст антинутриєнтів (зокрема фітинової кислоти) та сприяло активації ферментативних процесів, що позитивно вплинуло на засвоюваність мінералів і білків.

Органолептичні дослідження показали, що зразок з додаванням печериць отримав найвищу дегустаційну оцінку завдяки більш насиченому смаку, аромату та ніжній кремовій

текстури. Це підтверджує доцільність використання грибною сировини для формування «м'ясоподібного» смакового профілю.

Фізико-хімічні показники (масова частка води – 51.76 %; вміст білків – 6.11 %; жирів – 22.20 %; вуглеводів – 13.23 %; клітковини – 4.41 %) відповідають вимогам до високоякісних рослинних паштетів. Калорійність імітованої фуа-гра 277 ккал/100 г за високої насичуваності, що робить її придатною для функціонального харчування.

Строк зберігання продукту в вакуумованій упаковці становить до 3 місяців за температури 0–6 °C, що підтверджує придатність до комерційного виробництва.

Доведена функціональна цінність імітованої фуа-гра: в складі продукту відсутній холестерин, а жирова фракція представлена переважно ненасиченими жирними

кислотами. Розрахунковий вміст основних поліненасичених кислот становить: олеїнової – близько 9.91 г/100 г, лінолевої – 4.87 г/100 г, ліноленової – 0.268 г/100 г, що підтверджує кардіопротекторну спрямованість продукту.

Встановили, що споживання 200 г розробленої рослинної фуа-гра повністю забезпечує добову потребу дорослої людини в рослинному білку (приблизно 14 г/добу для людини масою 70 кг), що підтверджує її високу харчову та біологічну цінність.

Розроблена технологія є екологічно, етично та нутритивно обґрунтованою альтернативою традиційній фуа-гра тваринного походження. Отриманий продукт поєднує підвищену біологічну цінність, функціональну спрямованість і привабливі споживчі властивості, що робить його перспективним для використання в виробництві оздоровчих і спеціальних харчових продуктів.

References

- [1] Peshuk, L. V. (2020). [Fundamentals of animal husbandry and veterinary-sanitary examination of meat and meat products]. TsUL.
- [2] [Global foie gras substitutes market reaches \$282 million in 2024]. (2024, May 15). IAS "Ahrarii razom". <https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/obsyag-svitovogo-rinku-zaminnikiv-fua-gra-u-2024-roci-syagnuv-282-mln>
- [3] Kalyan, K., Gurjar, D., Kumar, B., & Kumar, T. V. (2024). The role of grain legumes in enhancing soil health and promoting sustainable agricultural practices: A review. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(8), 344–354. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i82712>
- [4] Foyer, C. H., Lam, H.-M., Nguyen, H. T., Siddique, K. H. M., Varshney, R. K., Colmer, T. D., & Conside, M. J. (2016). Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature Plants*, 2(8), 16112. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.112>
- [5] Messina, M., Duncan, A. M., Glenn, A. J., & Mariotti, F. (2023). Perspective: Plant-based meat alternatives can help facilitate and maintain a lower animal to plant protein intake ratio. *Advances in Nutrition*, 14(3), 392–405. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.03.003>
- [6] Poteraş, C. B., Culetu, A., & Manolache, F.-A. (2024). Nutritional importance of lentil, lupin, chickpea and soy legumes: A review. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology*, 81(2). <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:2024.0007>
- [7] Zhang, X., Zhang, Z., Shen, A., Zhang, T., Jiang, L., El-Seedi, H., Sui, X. (2024). Legumes as an alternative protein source in plant-based foods: Applications, challenges, and strategies. *Current Research in Food Science*, 9, 100876. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100876>
- [8] Riaz, F., Hameed, A., & Asghar, M. J. (2024). Grain nutritional and antioxidant profiling of diverse lentil (*Lens culinaris* Medikus) genetic resources revealed genotypes with high nutritional value. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1344986. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1344986>
- [9] Hajas, L., Sipos, L., Csobod, É. C., Bálint, M. V., Juhász, R., & Benedek, C. (2022). Lentil (*Lens culinaris* Medik.) flour varieties as promising new ingredients for gluten-free cookies. *Foods*, 11(14), 2028. <https://doi.org/10.3390/foods11142028>
- [10] Multescu, M., Culetu, A., & Susman, I. E. (2024). Screening of the nutritional properties, bioactive components, and antioxidant properties in legumes. *Foods*, 13(22), 3528. <https://doi.org/10.3390/foods13223528>
- [11] Nonogaki, H., Bassel, G., & Bewley, J. D. (2010). Germination-Still a mystery. *Plant Science*, 179(6), 574–581. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.02.010>
- [12] Gan, R.-Y., Chan, C. L., Yang, Q.-Q., Li, H.-B., Zhang, D., Ge, Y.-Y., ... Corke, H. (2019). Bioactive compounds and beneficial functions of sprouted grains. In *Sprouted Grains: Nutritional Value, Production and Applications*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811525-1.00009-9>
- [13] Świeca, M. (2015). Production of ready-to-eat lentil sprouts with improved antioxidant capacity: Optimization of elicitation conditions with hydrogen peroxide. *Food Chemistry*, 180, 219–226. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.031>
- [14] Greiner, R., & Konietzny, U. (2005). Phytase for food application. *Food Technology and Biotechnology*, 44(2), 125–140.
- [15] Sulieman, M. A., Eltayeb, M. M., Babiker, E. E., Mustafa, A. I., & El Tinay, A. H. (2008). Effect of sprouting on chemical composition and amino acid content of Sudanese lentil cultivars. *Journal of Applied Sciences*, 8(12), 2337–2340. <https://doi.org/10.3923/jas.2008.2337.2340>
- [16] Fouad, A. A., & Rehab, F. M. A. (2015). Effect of germination time on proximate analysis, bioactive

- compounds and antioxidant activity of lentil (*Lens culinaris* Medik.) sprouts. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 14(3), 233–246. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2015.3.25>
- [17] Garbuz, V. H., Ahunova, L. V., & Shlapak, H. V. (2010). [Laboratory practice on meat technology]. Astroprint.
- [18] Huma, N., Anjum, F. M., Sehar, S., Khan, M. I., Hussain, S. (2008). Effect of soaking and cooking on nutritional quality and safety of legumes. *Nutrition & Food Science*, 38(6), 570–577. <https://doi.org/10.1108/00346650810920187>
- [19] Xu, B., & Chang S. K. C. (2008). Effect of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food Chemistry*, 110(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.045>
- [20] Majzooobi, M., Wang, Z., Teimouri, S., Pematilleke, N., Brennan, C. S., & Farahnaky, A. (2023). Unlocking the potential of sprouted cereals, pseudocereals, and pulses in combating malnutrition. *Foods*, 12(21), 3901. <https://doi.org/10.3390/foods12213901>
- [21] Peñas, E., & Martínez-Villaluenga, C. (2020). Advances in production, properties and applications of sprouted seeds. *Foods*, 9(6), Article 790. <https://doi.org/10.3390/foods9060790>
- [22] Parentani, E. (n.d.). *La recette de faux gras végétalien du chef étoilé Alexis Gauthier*. Femmes d'Aujourd'hui Délices. <https://www.femmesdaujourd'hui.be/cuisine/article/233802/la-recette-de-faux-gras-vegetalien-du-chef-etoile-alexis-gauthier>
- [23] Covas, M. I. (2007). Olive oil and the cardiovascular system. *Pharmacological Research*, 55(3), 175–186. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.010>
- [24] Moldovan, C., Frumuzachi, O., Babotă, M., Barros, L., Mocan, A., Carradori, S., & Crișan, G. (2022). Therapeutic uses and pharmacological properties of shallot (*Allium ascalonicum*): A systematic review. *Frontiers in Nutrition*, 9, 903686. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.903686>
- [25] Skoczylas, J., Jędrszczyk, E., Dziadek, K., Dacewicz, E., & Kopeć, A. (2023). Basic chemical composition, antioxidant activity and selected polyphenolic compounds profile in garlic leaves and bulbs collected at various stages of development. *Molecules*, 28(18), 6653. <https://doi.org/10.3390/molecules28186653>
- [26] Venkatachalam, M., & Sathe, S. K. (2006). Chemical composition of selected edible nut seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(13), 4705–4714. <https://doi.org/10.1021/jf0606959>
- [27] Blomhoff, R., Carlsen, M. H., Andersen, L. F., Jacobs, D. R., Jr. (2006). Health benefits of nuts: Potential role of antioxidants. *British Journal of Nutrition*, 96(S2), S52–S60. <https://doi.org/10.1017/BJN20061864>
- [28] Mudgal, D., Puja, Singh, S., Singh, B. R., & Samsher. (2022). Nutritional composition and value added products of beetroot: A review. *Journal of Current Research in Food Science*, 3(1), 1–9.
- [29] Stoica, F., Râpeanu, G., Rațu, R. N., Stănciuc, N., Croitoru, C., Țopa, D., & Jitoreanu, G. (2025). Red beetroot and its by-products: A comprehensive review of phytochemicals, extraction methods, health benefits, and applications. *Agriculture*, 15(3), 270. <https://doi.org/10.3390/agriculture15030270>
- [30] Wang, M., & Zhao, R. (2023). A review on nutritional advantages of edible mushrooms and its industrialization development situation in protein meat analogues. *Journal of Future Foods*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.09.001>
- [31] Nieto, G. (2020). A review on applications and uses of Thymus in the food industry. *Plants*, 9(8), 961. <https://doi.org/10.3390/plants9080961>
- [32] Nieto, G., Ros, G., & Castillo, J. (2018). Antioxidant and antimicrobial properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): A review. *Medicines*, 5(3), 98. <https://doi.org/10.3390/medicines5030098>
- [33] Foie Gras Bruck. (n.d.). *Official online shop*. <https://shop.bruck-foiegras.com/>
- [34] Édouard Artzner. (n.d.). *Official website*. <https://www.edouard-artzner.com/>
- [35] Bar Bisou. (n.d.). *Official website – Paris cocktail bar*. <https://www.bar-bisou.com/en>