

УДК 664.3

БІОІНЖЕНЕРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНАКТИВАЦІЇ ІНГІБІТОРІВ ПРОТЕОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТІВ КУНЖУТУ В СПОРТИВНОМУ ХАРЧУВАННІ

Белінська А. П.¹, к.т.н., доцент,

відділ досліджень технології переробки олій і жирів,

<http://orcid.org/0000-0001-5795-2799>

Петік І. П.¹, к.т.н., відділ досліджень технології переробки олій і жирів

<http://orcid.org/0000-0001-5645-6304>

Близнюк О. М.², д.т.н., професор, кафедра біотехнології, біофізики та аналітичної хімії

<http://orcid.org/0000-0002-2595-8421>

Бочкарев С. В.², к.т.н., доцент, кафедра фізичного виховання

<http://orcid.org/0000-0003-4399-7907>

Хареба О. В.³, д.с.-г.н., професор,

відділ зведеного планування Науково-організаційного управління

<http://orcid.org/0000-0002-6763-1988>

¹Український науково-дослідний інститут олій та жирів
Національної академії аграрних наук України, м. Харків, Україна

²Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

³Національна академія аграрних наук України, м. Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-04>

Предмет дослідження Параметри технологічної обробки насіння кунжуту, а також показники його засвоюваності. **Мета.** Визначити раціональні параметри інактивації ферментного комплексу насіння кунжуту для його подальшого застосування в технології спортивного харчування. **Методи.** Принцип способу зниження вмісту антиаліментарних факторів – інгібіторів протеолітичних ферментів в подрібненому насінні кунжуту грубого помелу полягає в зволоженні маси та її обробки надвисокочастотним випромінюванням. Ефективність обробки маси визначали через величину вмісту амінного азоту (азот вільних аміногруп амінокислот в розчині) зразків, що піддавалися ферментативному гідролізу ферментним препаратом Distizym Protacid Extra. **Результати.** Досліджено вплив початкової вологості і тривалості обробки надвисокочастотним випромінюванням на ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів насіння кунжуту. Відбувається збільшення вмісту амінного азоту від 0,25% до 4,25% і вище після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту при збільшенні його вологості від 9% до 12%. Вміст амінного азоту після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту зі збільшенням тривалості попередньої обробки надвисокочастотним випромінюванням від 240-250 с до 350 с і зі збільшенням початкової вологості основи з 13% до 16% зменшується. Встановлено раціональні умови попередньої обробки насіння кунжуту для інактивації антиаліментарних факторів: зволоження до 10-13%, час обробки НВЧ-випромінюванням 220-240 с. Досліджено особливості використання подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом у технології шоколадних паст підвищеної харчової цінності для спортивного харчування. Проведено органолептичне оцінювання дослідних зразків з різним вмістом кунжутного насіння, під час якого продукцію оцінювали за зовнішнім виглядом, однорідністю, пластичністю, кольором, смаком і ароматом. Визначено вплив вмісту подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом на споживчі властивості шоколадних паст. Подрібнене насіння кунжуту в складі шоколадної пасти впливає на смак, аромат і пластичність, показники яких у дослідних зразків вищі, ніж у контрольному, що не містить насіння кунжуту. Обрано ефективну концентрацію насіння кунжуту в шоколадній пасті на рівні 15%. **Сфера застосування результатів.** Одержані наукові результати дозволяють використовувати подрібнене насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом як сировину для продуктів спортивного харчування.

Ключові слова: насіння кунжуту, інгібітори протеолітичних ферментів, надвисокочастотне випромінювання, зволоження, шоколадна паста, спортивне харчування

BIOENGINEERING STUDIES OF INACTIVATION OF SESAME PROTEOLITIC ENZYME INHIBITORS IN SPORTS NUTRITION

Anna Belinska¹, Ph.D., Engineering, Associate Professor
Department of Studies of Technology for Processing Oils and Fats
<http://orcid.org/0000-0001-5795-2799>

Igor Petik¹, Ph.D., Engineering
Department of Studies of Technology for Processing Oils and Fats
<http://orcid.org/0000-0001-5645-6304>

Olga Bliznjuk², D-r of Sc., Engineering, Professor
Department of Biotechnology, Biophysics and Analytical Chemistry
<http://orcid.org/0000-0002-2595-8421>

Sergiy Bochkarev², Ph.D., Engineering, Associate Professor
Department of Physical Education
<http://orcid.org/0000-0003-4399-7907>

Olena Khareba³, D-r of Sc., Agricultural, Professor
Integrated Planning Department of Scientific and Organizational Management
<http://orcid.org/0000-0002-6763-1988>

¹Ukrainian Scientific Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine

²National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkov, Ukraine

³National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-04>

Subject of research. The parameters of technological processing of sesame seeds, as well as indicators of its digestibility. **Purpose.** Determination of rational parameters of inactivation of the enzyme complex of sesame seeds for further use in sports nutrition technology. **Methods.** The principle of the method for reducing the content of antialimentary factors – inhibitors of proteolytic enzymes in crushed coarse sesame seeds was to moisten the mass and treat it with microwave radiation. The efficiency of mass processing was determined due to the amount of amine nitrogen (nitrogen of the free amino groups of amino acids in solution) of the samples subjected to enzymatic hydrolysis with the enzyme preparation Distizym Protacid Extra. **Results.** The influence of the initial moisture and time of treatment with microwave radiation on the degree of inactivation of inhibitors of proteolytic enzymes in sesame seeds was studied. There is an increase in the content of amine nitrogen from 0.25 to 4.25% and more after enzymatic hydrolysis of sesame seed protein with an increase in the time of pre-treatment with microwave radiation from 9 to 12%. The content of amine nitrogen after enzymatic hydrolysis of sesame seed protein with an increase in the time of pretreatment with microwave radiation from 240-250 s. up to 350 s. and with an increase in the initial moisture content of the base from 13% to 16%, it decreases. Rational conditions for pre-treatment of sesame seeds for inactivation in antialimentary factors have been established: moistening up to 10-13%, treatment time with NICH radiation 220-240 s. The features of the use of crushed sesame seeds with an inactivated antialimentary complex in the technology of chocolate pastes for sports nutrition have been studied. An organoleptic evaluation of prototypes with different content of sesame seeds was carried out, during which the products were evaluated in terms of appearance, uniformity, plasticity, color, taste and aroma. The influence of the content of crushed sesame seeds with an inactivated antialimentary complex on the consumer properties of chocolate pastes was determined. Crushed sesame seeds in the composition of chocolate paste affect the taste, aroma and plasticity, which are higher in the test samples than in the control, not containing sesame seeds. In particular, in the experimental samples of chocolate pastes, a characteristic spicy nutty aroma and taste is manifested; the feeling of "fullness" in the mouth ("mouth-feeling") persists longer. The effective concentration of sesame seeds in chocolate paste was chosen at the level of 15%. **Scope of research results.** The scientific results obtained make it possible to use crushed sesame seeds with an inactivated antialimentary complex as a raw material for sports nutrition products.

Key words: sesame seeds, inhibitors of proteolytic enzymes, microwave radiation, moisturizing, chocolate paste, sports nutrition

Постановка проблеми. Кунжутне насіння багате на антиоксиданти та біологічно активні сполуки, зокрема лігнани, фітостероли, жирні кислоти та токофероли. Ліпіди кунжуту мають вищі антиоксидантні властивості порівняно з іншими харчовими ліпідами завдяки вмісту специфічних лігнанів з антиоксидантною активністю – сезамолу вільного, сезамолу зв'язаного, сезамоліну, саміну [1].

Більшість лігнанів кунжуту міститься в насінні, головним чином включаючи сезамол, сезамін і сезамолін. Усі вони виявляють широкий спектр біологічних властивостей. Доведено, що кунжутні лігнани сприяють інтенсифікації кровообігу в м'язах, збуджуючи активність симпатичних нервів, а також впливають на метаболічні процеси в мозку та запобігають його віковій дисфункції завдяки антиоксидантній активності. Оскільки кунжутне насіння стає сировиною, що має оздоровчі властивості, однією з важливих цілей селекції кунжуту стало підвищення вмісту вищевказаних лігнанів. Сезамол використовується як біологічно активна сполука протизапальної, антиоксидантної, гіполіпідемічної, антидепресивної, антиатеросклеротичної дії, може ефективно пригнічувати агрегацію тромбоцитів, застосовується у лікуванні таких хвороб, як діабетична нефропатія, а також деякі хвороби серця [2].

Сезамін також є одним із основних лігнанів кунжуту, і вважається, що він має антипроліферативну, проапоптотичну, протизапальну, проангіогенну та антиоксидантну, а також проаутофагоцитарну дію. Крім цього він також позитивно впливає на нормалізацію артеріального тиску, рівень глюкози в крові та рівень окислення ліпідів мембран, пригнічує диференціацію та функцію остеокластів, тобто може бути потенційним терапевтичним засобом для профілактики остеоартриту. Наявні відомості [3, 4], що сезамін може клінічно зменшити розвиток стеатозу шляхом інгібування ліганд-індукованого адипогенезу.

Сезамолін давно відомий як представник лігнанів в кунжутній олії, який продемонстрував значні антиоксидантні та антимутагенні властивості. Сезамолін може ефективно запобігти спричиненій гіпоксією загибелі первинних кортикальних клітин. Крім того, визначено, що сезамолін може ефективно активувати природні клітини-кілери, регулюючи диференціацію та активацію дендритних клітин, що має потенціал як терапевтичний засіб для лікування пухлин [2].

Основними фітостеролами в кунжутному насінні є β -ситостерин. Фітостероли можуть бути використані як оздоровчі компоненти для зниження рівня ліпопротеїнів низької щільності та холестерину в крові та запобігання серцево-судинним захворюванням. Існує припущення, що насіння кунжуту доцільно додавати в оздоровчі харчові продукти, для лікування гіперхолестеринемії та з метою гепатопротекції [2, 5].

Таким чином, з огляду на потужний біологічно активний комплекс насіння кунжуту, доцільно застосовувати його як компонент у складі продуктів для раціонального харчування спортсменів. Проте однією з важливих особливостей кунжутного насіння, як і насіння більшості олійних культур, виділяється наявність антиаліментарних факторів, зокрема інгібіторів протеолітичних ферментів [2, 6]. Ці білки утворюють з ферментами стійкі комплекси, у складі яких ферменти повністю втрачають свої каталітичні властивості. Для олійного насіння та бобових культур є найбільш вивченими білки – інгібітори протеолітичних ферментів, насамперед трипсину і хімотрипсину. Біологічна роль білків-інгібіторів полягає в їх здатності оборотно зв'язувати власні протеолітичні ферменти і переводити їх в неактивний стан. Це запобігає передчасному (до проростання) гідролізу запасних білків насіння. Крім того, білки-інгібітори нейтралізують чужорідні ферменти, що вводяться в насіння комахами-шкідниками і ферменти мікрофлори, яка ушкоджує насіння. Білки-інгібітори мають деякі загальні властивості: вони низькомолекулярні, розчинні у воді або в розведених розчинах кислот; вони виключно термостійкі, деякі навіть витримують короткочасне кип'ятіння у воді, не втрачаючи

активності; в їх складі дуже мало або практично немає амінокислот триптофану, метіоніну і дуже високий вміст цистеїну і проліну; кожен інгібітор має власний активний центр або центри, які взаємодіють з активним центром ферменту, що інгібується [7, 8].

Присутність в насінні олійних культур великої кількості білків-інгібіторів набагато зменшує ступінь засвоюваності білків. Тому при технологічній переробці олійного насіння мають бути передбачені операції, що забезпечують надійну інактивацію інгібіторів ферментів. З цією метою застосовують інтенсивну вологотеплову обробку подрібненого і знежиреного насіння, термоекструзію, та деякі інші методи, які, у свою чергу, викликають денатурацію запасних білків насіння, тим самим знижуючи їх біологічну цінність [6, 9, 10]. Тому тільки збереження унікального хімічного складу олійного насіння, зокрема насіння кунжуту, з одночасною інактивацією антиаліментарних речовин створює широкі можливості для комплексного використання даної олійної сировини при промисловій переробці, особливо у напрямку створення спеціалізованих продуктів, зокрема спортивного харчування, що призначене для вживання у їжу спортсменами при інтенсивних фізичних навантаженнях у змагальний період [11-14].

Отже розробки, які направлені на створення нових видів спортивного харчування на базі насіння олійних культур з інактивованим антиаліментарним комплексом, зокрема кунжуту, нині актуальні та перспективні для застосування в умовах багатоденних змагань, важкої ненормованої праці, а також в умовах проведення бойових дій.

Таким чином, **мета дослідження** – визначити раціональні параметри інактивації антиаліментарного комплексу насіння кунжуту для його подальшого застосування в технології спортивного харчування. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання: дослідити вплив початкової вологості і часу обробки надвисокочастотним випромінюванням на ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів насіння кунжуту; встановити раціональні умови попередньої обробки насіння кунжуту для інактивації антиаліментарних факторів; дослідити особливості використання подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом в технології шоколадних паст для спортивного харчування; визначити вплив вмісту подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом на споживчі властивості шоколадних паст.

Матеріали і методи. Для проведення досліджень використано кунжутне насіння згідно з ДСТУ 7012:2009 «Кунжут. Технічні умови». Насіння кунжуту підсушували в сушильній шафі за температури 100-105°C до вологості 6,0-6,5%.

Грубий помел насіння одержували в лабораторному гомогенізаторі для сипучих продуктів (частота обертів близько 3000 об./хв.) до діаметру часточок 500...800 мкм. Отримана суміш мала консистенцію порошку.

Тонкого подрібнення насіння досягали на ножовому вертикальному подрібнювачі моделі *Glasser* (частота обертів 7000...10 000 об./хв.). Отримана суміш мала консистенцію пасти.

Принцип способу зниження вмісту антиаліментарних факторів – інгібіторів протеолітичних ферментів в подрібненому насінні кунжуту грубого помелу полягав у зволоженні маси та її обробці надвисокочастотним випромінюванням. Вихідну вологість маси корегували за допомогою зволоження і визначали термогравіметрично. Частота обробки надвисокочастотним випромінюванням – 2450 МГц. Після обробки всі зразки подрібненого насіння сушили до вологості 6-8%. Ефективність обробки маси визначали наступним чином. Висушені до вологості 6-8% зразки піддавали ферментативному гідролізу. Джерелом протеолітичних ферментів використано ферментний препарат *Distizym Protacid Extra* (виробництво *Erbsloeh Geisenheim AG*, Німеччина). Протеолітична активність препарату обумовлена дією кислої грибною пептидази, яка руйнує білки до амінокислот. Препарат ефективний за температури 50-58°C, при *pH* 2,0-6,0. Активність *Distizym Protacid Extra* становить 350 од./мл. Норма внесення ферментного препарату –

0,05 од./г. Ефективність дії обробки насіння кунжуту надвисокочастотним випромінюванням (тобто підвищення біологічної цінності білка) оцінювали за кількістю α -амінного азоту після ферментативного гідролізу порівняно з контрольним зразком, що не піддавався попередній обробці надвисокочастотним випромінюванням. Амінний азот являє собою азот вільних аміногруп амінокислот в розчині після ферментативного гідролізу і визначався методом формольного титрування. При заданому ступеню ймовірності $P = 95\%$, відносна похибка не перевищувала: при визначенні вологості сировини – 2%; при визначенні вмісту амінного азоту – 2%.

Отримання шоколадної пасти підвищеної харчової цінності для харчування спортсменів включає в себе наступні етапи: попередня підготовка компонентів (спред, цукрова пудра, какао-порошок, сухе знежирене молоко, подрібнене насіння кунжуту тонкого помелу), їх дозування в заданих пропорціях, підігрівання, змішування лабораторним міксером з метою приготування однорідної дрібнодисперсної маси; органолептичний контроль якості продукту, пакування.

Органолептичні показники визначено згідно з ДСТУ 7374:2013 «Пасти шоколадні. Технічні умови».

Обробку результатів досліджень здійснено з використанням програмних пакетів *Microsoft Excel*.

Результати роботи та їх обговорення. На першому етапі роботи проведено дослідження впливу початкової вологості і часу обробки надвисокочастотним випромінюванням на ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів насіння кунжуту. Дані щодо впливу величини зволоження подрібненого насіння кунжуту та часу обробки надвисокочастотним випромінюванням з частотою 2450 МГц на ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів, який прямо пропорційно залежить від вмісту амінного азоту після ферментативного гідролізу білка, відображені на рисунку 1.

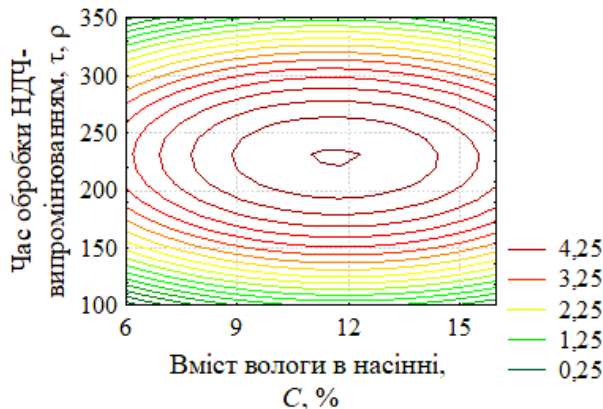


Рис. 1. Залежність вмісту амінного азоту після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту від величини зволоження та тривалості обробки надвисокочастотним випромінюванням НВЧ-випромінюванням 220-240 с

Відповідно до експериментальних даних відбувається збільшення вмісту амінного азоту від 0,25% до 4,25% і вище після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту при збільшенні його початкової вологості від 9% до 12%. Це свідчить про термічну денатурацію інгібіторів протеїназ зволоженого олійного насіння при обробці надвисокочастотним випромінюванням. Варто відзначити, що вміст амінного азоту після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту зі збільшенням часу попередньої обробки надвисокочастотним випромінюванням від 240-250 с до 350 с і зі збільшенням початкової вологості основи від 13% до 16% зменшується. Очевидно, це пов'язано з

тим, що за більш жорстких умов обробки відбувається необоротна денатурація білків насіння, що знижує їхню доступність для протеолітичних ферментів (в умовах дослідження використано ферментний препарат *Distizym Protacid Extra* – кислу грибку пептидазу, яка руйнує білки до амінокислот, з подальшим визначенням розчинного амінного азоту як показника ефективності дії пептидази). Варто відзначити, що для насіння кунжуту раціональний діапазон зволоження доволі широкий – 8...15%.

Рівняння, що описує залежність вмісту амінного азоту після ферментативного гідролізу білка від величини зволоження та тривалості обробки надвисокочастотним випромінюванням для насіння кунжуту наступне:

$$C_{ANses} = 11,2409 + 0,8292 \cdot w + 0,0978 \cdot \tau - 0,0342 \cdot w^2 + 0,0001 \cdot w \cdot \tau - 0,0002 \cdot \tau^2, \quad (1)$$

(в межах $w = 10 \dots 15\%$, $\tau = 100 \dots 350$ с),

де C_{ANses} – вміст амінного азоту, % від вмісту білка в насінні кунжуту;
 τ – час обробки сировини надвисокочастотним випромінюванням, с;
 w – вихідна вологість сировини, %.

Варто зазначити, що вміст амінного азоту після ферментативного гідролізу білка в контрольному досліді (без зволоження насіння і обробки надвисокочастотним випромінюванням) становить $0,25 \pm 0,10\%$ для насіння кунжуту, що свідчить про перевагу запропонованого технологічного рішення щодо інактивації інгібіторів протеїназ в олійному насінні.

На основі аналізу рівняння (1) і графічної залежності (рис. 1) встановлено раціональні умови попередньої обробки насіння кунжуту: зволоження 10-13%, час обробки НВЧ-випромінюванням 220-240 с.

Вказані діапазони параметрів обробки дозволяють підвищувати біологічну цінність зазначеної олійної сировини через інактивацію інгібіторів протеолітичних ферментів.

На другому етапі роботи проведено дослідження особливостей використання подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом в технології шоколадних паст підвищеної харчової цінності для спортивного харчування, що призначене для вживання у їжу спортсменами при інтенсивних фізичних навантаженнях у змагальний період.

Вибір шоколадної пасти як об'єкта збагачення насінням кунжуту ґрунтується на тому, що згаданий продукт, незважаючи на калорійність і високий вміст жирів, використовується в спортивному і дієтичному харчуванні. До його складу мають входити повноцінні білки, ненасичені жири, антиоксиданти, клітковина, а також вітаміни і мікроелементи. Шоколадна паста відповідно до ДСТУ 7374:2013 «Пасти шоколадні. Технічні умови» являє собою однорідну тонкоподрібнену пластичну масу, що складається з цукру, какао-порошку з додаванням чи без додавання горіхів або інших культур, харчових добавок та інших видів сировини, з масовою часткою жиру 28-36%. У лабораторних умовах отримано шоколадну пасту за модельною рецептурою (табл. 1).

Таблиця 1

Модельна рецептура шоколадної пасти

Сировина	Суша речовина (СР), %	Витрата сировини, кг	
		у натурі	у СР
Какао-порошок	99,90	160,00	159,84
Цукрова пудра	99,85	220,00	219,67
Сухе знежирене молоко	96,00	140,00	134,40
Спред	75,00	485,00	360,00
Вихід	87,40	1000,00	873,91

Компоненти шоколадної пасти за своїми фізико-хімічними показниками відповідають чинній нормативній документації.

Для визначення впливу вмісту подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом на споживчі властивості шоколадних паст проведено органолептичне оцінювання дослідних зразків, під час якої продукцію оцінювали за

зовнішнім виглядом, однорідністю, пластичністю, кольором, смаком і ароматом. Рецептурний склад модельних зразків представлено наступний (табл. 2).

Таблиця 2

Рецептурний склад модельних зразків шоколадних паст з насінням кунжуту

Номпонент	Модельний зразок				
	1	2	3	4	5
Какао-порошок, %	16,00	15,20	14,40	13,60	12,80
Цукрова пудра, %	22,00	20,90	19,80	18,70	17,60
Сухе знежирене молоко, %	14,00	13,30	12,60	11,90	11,20
Спред, %	48,00	45,60	43,20	40,80	38,40
Подрібнене насіння кунжуту, %	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00
Усього, %	100,00				

Результати органолептичного оцінювання отриманих зразків з різним вмістом насіння кунжуту відображено в профілограмі (рис. 2).

Із профілограми шоколадних паст з різним вмістом насіння кунжуту (рис. 2) видно, що дане олійне насіння у складі шоколадної пасти впливає на смак, аромат і пластичність, які у дослідних зразків вищі, ніж у контрольного, що не містить насіння кунжуту. Зокрема, в дослідних зразках шоколадних паст проявляється характерний пікантний горіховий аромат і смак; довше зберігається відчуття «наповненості» у роті («*mouthing*»). Подальше збільшення дозування добавки – понад 15%, у свою чергу спричиняє появу борошнистого присмаку і гіркуватого присмаку. Таким чином, виходячи з результатів органолептичного оцінювання, обрано ефективну концентрацію насіння кунжуту в шоколадній пасті на рівні 15%. За органолептичними показниками розроблений продукт відповідає вимогам вітчизняної нормативної документації ДСТУ 7374:2013 «Пасти шоколадні. Технічні умови». У подальшому, отриманий продукт підвищеної харчової цінності може використовуватися для вживання в їжу спортсменами при інтенсивних фізичних навантаженнях у змагальний період.

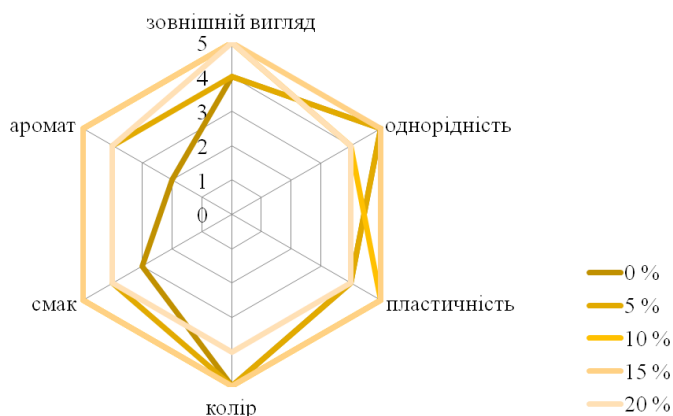


Рис. 2. Профільограма шоколадних паст з різним вмістом насіння кунжуту

Висновки.

Досліджено вплив початкової вологості і часу обробки надвисокочастотним випромінюванням на ступінь інактивації інгібіторів протеолітичних ферментів насіння кунжуту. Відбувається збільшення вмісту амінного азоту від 0,25% до 4,25% і вище після ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту при збільшенні часу попередньої обробки надвисокочастотним випромінюванням від 9% до 12%. Вміст амінного азоту після

ферментативного гідролізу білка насіння кунжуту зі збільшенням часу попередньої обробки надвисокочастотним випромінюванням з 240-250 с до 350 с і зі збільшенням початкової вологості основи від 13% до 16% зменшується.

Встановлено раціональні умови попередньої обробки насіння кунжуту для інактивації антиаліментарних факторів: зволоження до 10-13%, час обробки НДЧ-випромінюванням 220-240 с.

Досліджено особливості використання подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом в технології шоколадних паст підвищеної харчової цінності для харчування спортсменів. Проведено органолептичне оцінювання дослідних зразків із різним вмістом кунжутного насіння, під час якого продукцію оцінювали за зовнішнім виглядом, однорідністю, пластичністю, кольором, смаком і ароматом.

Визначено вплив вмісту подрібненого насіння кунжуту з інактивованим антиаліментарним комплексом на споживчі властивості шоколадних паст. Подрібнене насіння кунжуту в складі шоколадної пасту впливає на смак, аромат і пластичність, показники яких у дослідних зразках вищі, ніж у контрольному, що не містить насіння кунжуту. Зокрема, в дослідних зразках шоколадних паст проявляється характерний пікантний горіховий аромат і смак; довше зберігається відчуття «наповненості» у роті («*mouth-feeling*»). Обрано ефективну концентрацію насіння кунжуту в шоколадній пасті на рівні 15%. Отриманий продукт підвищеної харчової цінності може використовуватися для вживання в їжу спортсменами при інтенсивних фізичних навантаженнях у змагальний період.

Бібліографія

1. Belinska A., Bochkarev S., Varankina O., Rudniew V., Zviahintseva O., Bielykh I., Khosha V., Rudnieva K. Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 5/11 (101). P. 6-14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178908>.
2. Mai X., Wang Zh. A comprehensive review of bioactive compounds and processing technology of sesame seed. *Oil Crop Science*. 2022. Is. 7, № 2, P. 88-94. <https://doi.org/10.3390/ijms23179573>.
3. Embaby H. E. Effect of Heat Treatments on Certain Antinutrients and in vitro Protein Digestibility of Peanut and Sesame Seeds. *Food Science and Technology Research*. 2011. №17 (1), P. 31-38. <https://doi.org/10.3136/fstr.17.31>.
4. Zhou Sh., Zou H. Preparations and antioxidant activities of sesamol and its derivatives. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 2021. № 31. P. 127716. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127716>.
5. Kahyaoglu T., Kaya S. Modelling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*. 2006. № 75. P. 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.011>.
6. Johnson L. A., Suleiman T. M., Lucas E. M. Sesame protein: A review and prospectus. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 1979. № 56, P. 463-468. <https://doi.org/10.1007/BF02671542>.
7. Mossor G., Skupin J., Romanowska B. Plant inhibitors of proteolytic enzymes. *Molecular Nutrition & Food Research*. 1984. Is. 28, № 1. P. 93-112. <https://doi.org/10.1002/food.19840280122>.
8. Birk, Y. Protease Inhibitors of Plant Origin and Role of Protease Inhibitors in Human Nutrition Overview. In: Troll, W., Kennedy, A.R. *Protease Inhibitors as Cancer Chemopreventive Agents*. 1993. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2882-1_5.
9. Rackis J. J., Wolf W. J., Baker E. C. Protease Inhibitors in Plant Foods: Content and Inactivation. *Nutritional and Toxicological Significance of Enzyme Inhibitors in Foods*. 1986. №199, P. 299-347. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0022-0_19.
10. Wynn J. P., Kendrick A., Ratledge C. Sesamol as an inhibitor of growth and lipid metabolism in *Mucor circinelloides* via its action on malic enzyme. *Lipids*. 1997. № 32 (6), P. 605-610. <https://doi.org/10.1007/s11745-997-0077-1>.
11. Close G. L., Hamilton D. L., Philp A. New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free radical biology and medicine*. 2017. № 98, P. 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016>.
12. Cannataro R., Straface N., Cione E. Nutritional supplements in combat sports: What we know and what we do. *Human Nutrition & Metabolism*. 2022. № 29, P. 200155. <https://doi.org/10.1016/j.hnm.2022.200155>.
13. Ashbaugh A., McGrew C. The Role of Nutritional Supplements in Sports Concussion Treatment. *Current sports medicine reports*. 2016. Is. 15, № 1, P. 16-19. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000219>.

14. Бочкарев С. В., Папченко В. Ю., Матвеева Т. В., Белінська А. П., Руднев В. А. Розробка білковожирової основи цукристих кондитерських виробів для харчування спортсменів. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2016. № 5/3 (31), С. 58-64. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2016.81142>.

References

1. Belinska, A., Bochkarev, S., Varankina, O., Rudniev, V., Zviahintseva, O., Bielykh, I., Khosha, V., Rudnieva, K. (2019). Research on oxidative stability of protein-fat mixture based on sesame and flax seeds for use in halva technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. № 5/11 (101). P. 6-14. doi.org/10.15587/1729-4061.2019.178908.
2. Mai, X., Wang, Zh. (2022). A comprehensive review of bioactive compounds and processing technology of sesame seed. *Oil Crop Science*. Is. 7. № 2, P. 88-94. <https://doi.org/10.3390/ijms23179573>.
3. Embaby, H. E. (2011). Effect of Heat Treatments on Certain Antinutrients and in vitro Protein Digestibility of Peanut and Sesame Seeds. *Food Science and Technology Research*. №17 (1), P. 31-38. <https://doi.org/10.3136/fstr.17.31>.
4. Zhou, Sh., Zou, H. (2021). Preparations and antioxidant activities of sesamol and it's derivatives. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. № 31. P. 127716. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127716>.
5. Kahyaoglu, T., Kaya, S. (2006). Modelling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*. № 75, P. 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.011>.
6. Johnson, L. A., Suleiman, T. M., Lucas, E. M. (1979). Sesame protein: A review and prospectus. *Journal of the American Oil Chemists Society*. № 56, P. 463-468. <https://doi.org/10.1007/BF02671542>.
7. Mossor, G., Skupin, J., Romanowska, B. (1984). Plant inhibitors of proteolytic enzymes. *Molecular Nutrition & Food Research*. Is. 28, № 1, P. 93-112. <https://doi.org/10.1002/food.19840280122>.
8. Birk, Y. Protease Inhibitors of Plant Origin and Role of Protease Inhibitors in Human Nutrition Overview. In: Troll, W., Kennedy, A.R. *Protease Inhibitors as Cancer Chemopreventive Agents*. 1993. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2882-1_5.
9. Rackis, J. J., Wolf, W. J., Baker, E. C. (1986). Protease Inhibitors in Plant Foods: Content and Inactivation. *Nutritional and Toxicological Significance of Enzyme Inhibitors in Foods*. №199, P. 299-347. https://doi.ORG/10.1007/978-1-4757-0022-0_19.
10. Wynn, J. P., Kendrick, A., Ratledge, C. (1997). Sesamol as an inhibitor of growth and lipid metabolism in *Mucor circinelloides* via its action on malic enzyme. *Lipids*. № 32 (6), P. 605-610. <https://doi.org/10.1007/s11745-997-0077-1>.
11. Close, G. L., Hamilton, D. L., Philp, A. (2017). New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free radical biology and medicine*. № 98, P. 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016>.
12. Cannataro, R., Straface, N., Cione, E. (2022). Nutritional supplements in combat sports: What we know and what we do. *Human Nutrition & Metabolism*. № 29, P. 200155. <https://doi.org/10.1016/j.hnm.2022.200155>.
13. Ashbaugh, A., McGrew, C. (2016). The Role of Nutritional Supplements in Sports Concussion Treatment. *Current sports medicine reports*. Is. 15, № 1, P. 16-19. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000219>.
14. Bochkarev, S. V., Papchenko, V. Yu., Matvieieva, T. V., Bielinska, A. P., Rudniev V. A. (2016). Rozrobka bilkovozhyrovoi osnovy tsukrystykh kondyterskykh vyrobiv dlia kharchuvannia sportsmeniv [Development of a protein-fat base of sugary confectionery products for sportsmens nutrition]. *Tekhnolohichniy audyt ta rezervy vyrobnytstva*. № 5/3(31), С. 58-64. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2016.81142>. [in Ukrainian].