УДК: 602.4[633.11:664.764]

РОЗРОБКА БІОТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЗЕРНОВОГО ПРОДУКТУ BIOFIBER-PBL DEVELOPMENT OF BIOTECHNOLOGY OF PRODUCTION OF THE FUNCTIONAL GRAIN PRODUCT BIOFIBER-PBL

Бужилов М.Г., аспірант, Капрельянц Л.В., д-р. техн. наук, професор,
Пожіткова Л.Г., канд. техн. наук, асистент
Одеська національна академія харчових технологій
N. Buzhylov, L. Kaprelyants, L. Pozhitkova

Copying © 2019 by author and the journal «Scientific Works»
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

DOI <https://doi.org/10.15673/swonaf.v2i83.1536>

Анотація. Запропоновано новий біотехнологічний підхід комплексної переробки вторинних продуктів зернових з метою отримання нових продуктів харчування і функціональних інгредієнтів (ФІ) у їх складі. ФІ включають концентрати харчових волокон, біологічно активних речовини (БАР), поліфеноли і ксилоолігосахариди (КОС). Розроблений комплексний біотехнологічний підхід, щодо переробки пшеничних висівок, що включає використання ферментативного гідролізу для деполімеризації деяких біополімерів, і; отримання функціональних інгредієнтів з антиоксидантною пре- та пробіотичною активностями, з культивуванням пробіотичних мікроорганізмів на заключному етапі процесу. Отримані в результаті даного дослідження, концентрати містять значну кількість білка, продукти гідролізу полісахаридів (глюкоза, мальтодекстрини) і вільні поліфеноли, та алкілрезорциноли, а також КОС і фенольні сполуки. Додаток містить, крім поліфенолів, що сконцентровані в основному у алеїроновому шарі вміст яких доходить до 98 % від загальної їх кількості поліфенолів у пшеничних висівках, також включають: білок до 13,7 %, вуглеводи до 76 %, в тому числі КОС, що володіють пребіотичними властивостями, і золу 4,5 %. Експериментальні дані свідчать про високу антиоксидантну активність. Дослідження динаміки росту 3-х штамових мікроорганізмів *Lactobacillus acidophilus* *Bifidobacterium bifidum* і *Propionibacterium shermani* на розроблених рослинних середовищах, що містять концентрат КОС, підтвердило наявність пребіотичних властивостей і їх селективність. Відзначено, що накопичення біомаси пробіотичних культур відбувається краще при використуванні поживних середовищ із застосуванням концентрату КОС певного ступеню полімеризації. Показано, що на модифікованому матриксі висівок має місце іммобілізація клітин бактерій за рахунок пористості матеріалу. Таким чином, підтверджено доцільність розробки біотехнології трансформації пшеничних висівок в функціональні інгредієнти, що в подальшому дозволяє застосовувати їх у нових продуктах та інгредієнтах з пробіотичними властивостями.

Abstract. A new biotechnological approach to the integrated processing of cereals by-products is proposed to produce novel foods and functional ingredients, including concentrates of dietary fiber, biologically active substances (BAS), released polyphenols and xylooligosaccharides. A comprehensive biotechnological approach for the processing of wheat bran has been developed, including the use of enzymatic hydrolysis to depolymerize some biopolymers, and; preparation of functional ingredients with antioxidant pre- and probiotic activities, with cultivation of probiotic microorganisms at the final stage of the process. As a result of this study, the concentrates contain a significant amount of protein, polysaccharide hydrolysis products (glucose, maltodextrins) and free polyphenols, as well as containing CBS and phenolic compounds. This additive contains, in addition to polyphenols, concentrated mainly in the aleurone layer, the content of which reaches up to 98% of the total number of polyphenols in wheat bran, also include: protein up to 13.7%, carbohydrates up to 76%, including CBS, which have prebiotic properties, and ash 4.5%. Experimental data indicate high antioxidant activity. The study of the dynamics of growth of strains of microorganisms *Lactobacillus acidophilus* *Bifidobacterium bifidum* and *Propionibacterium shermani* on media containing KOS concentrate confirmed the presence of prebiotic properties and their selectivity. It is noted that the accumulation

of biomass of prebiotic cultures is better when using nutrient media with the use of COS concentrate of a certain degree of polymerization. As well as a larger number of probiotic bacteria that survive passage through the gastrointestinal tract, which proves the feasibility of using a modified matrix of bran to immobilize bacterial cells. Thus, the expediency of development of biotechnology of transformation of wheat bran into functional ingredients was confirmed, which further allows them to be used in new products and ingredients with probiotic properties.

Ключові слова: пшеничні висівки, біотехнологія, фітонутрієнти, функціональні продукти.

Key words: wheat bran, biotechnology, phytonutrients, functional products

Постановка проблеми. Сучасна концепція здорового харчування передбачає підвищення біологічної цінності харчових продуктів шляхом введення функціональних інгредієнтів (біокоректорів), що є джерелами важливих біологічно активних речовин (БАР). збалансовані функціональні продукти харчування призначені не тільки для забезпечення організму людини необхідними поживними речовинами і енергією, але і для підтримання здоров'я за рахунок зниження ризику виникнення захворювань. Одним із пріоритетів світової політики в області здорового способу життя є необхідність усунення дефіциту мікро- і макро- елементів в раціоні людини [1-4]. Вторинні продукти переробки зерна багатих джерелами фізіологічно функціональних інгредієнтів, біотрансформація яких дозволить отримати ряд БАР з різної хімічної природою і широким спектром фізіологічних ефектів. Сумарний вміст поліфенолів достатньо повно встановлено в овочах, фруктах, спеціях, напоях. Згідно з літературними джерелами лідерами серед джерел поліфенолів є: спеції - гвоздика, м'ята, бадьян, що містять від 15188 до 5460 мг/100 г поліфенолів, бузина чорна, лохина, чорна смородина, містять від 1756 до 758 мг/100 г поліфенолів [5, 6].

Однак останні дослідження показали, що загальний вміст фіторечовин і антиоксидантна активність цільного зерна недооцінена у літературі. Більшість фенольних речовин міститься у зв'язаному стані в зернових: 85% в зерні кукурудзи, 76 % в зерні пшениці і 75 % в вівсі. Згідно з літературними даними альтернативним сировинним джерелом для отримання поліфенолів можуть служити цільнозернові злаки, загальний вміст поліфенолів в яких знаходиться на рівні з традиційними сировинними джерелами фенольних антиоксидантів – ягодами. Так кількість поліфенолів в пшениці може доходити до 1459 мг/100 г, в рисі - до 313 мг/100 г, в житі – до 255 мг/100 г [7-9].

Фіторечовини зернових включають антиоксиданти, які сконцентровані у зовнішній оболонці зерен злакових культур, де їх зміст досягає 80% від загальної кількості в зерні. Це зумовлює зростання обсягів виробництва для населення хлібних продуктів з цільнозернового борошна або з додаванням висівок, а також інтенсивне використання нативних антиоксидантів в інших цілях [10-12]. Зернові висівки також містять ксиланові полісахариди, які можуть бути перетворені в ксілоолігосахаріди (КОС). багаточисельні дослідження препаратів КОС показали різноманіття біологічних властивостей, які проявляються цією групою вуглеводів. Вони є антиканцерогенними, пригнічують активність патогенних і ентерогнілосних кишкових бактерій, антигіперліпемічні, проявляють мітогеном, антиоксидантну і пребіотичну активність, а також виступають в ролі протизапальних і антиалергічних агентів.

Однак найважливішою властивістю КОС є їх пребіотична активність – виборче стимулювання зростання пробіотичної мікрофлори кишківника людини [13-15]. Проблема комплексної переробки вторинних зернових ресурсів є актуальною і вимагає науково обґрунтованих технологічних рішень. Це обумовлює нагальну необхідність його глибокої переробки і створення лінійки якісних і безпечних продуктів і інгредієнтів функціональної спрямованості. Це дослідження пов'язано з розробкою технології комплексної переробки вторинної зернової сировини шляхом біотрансформації зернового полімерного комплексу клітинних стінок висівок ферментативними методами.

Мета дослідження - розробка біотехнології функціональних інгредієнтів з вторинних зернових продуктів для розширення асортименту функціональних продуктів харчування.

Традиційно значна частина зерна в Україні використовується у продовольчих цілях. В силу сучасного розвитку біотехнологічного виробництва, спрямованого на створення інноваційних продуктів, особливо значним є маловідходні технології, в яких у якості сировинної бази використовується відновлювальна рослинна сировина, наприклад зерно та продукти їх переробки – висівки.

В останні роки спостерігається збільшення попиту на комплексні функціональні харчові інгредієнти та продукти. Особливо розвиваються напрямки виробництва пробіотики пребіотики і симбіотиків. В якості потенційної сировини для росту пробіотичних культур може бути використана зернова сировина, яка багата хімічним складом, здатним задовольнити харчові, потреби мікроорганізмів пробіотиків.

Метою роботи є розробка основ гнучкої технології отримання інгредієнтів, що містять лакто- біфідо- та пропіоновокислих, білки, вуглеводи, пребіотики та біологічно активних сполук.

На пропозицію сучасних біотехнологій, що включає біотрансформацію, зернових біополімерів, шляхом коферментації, включає етап ферментолізу, гідролізу з наступними або сумісним корегуванням пробіотичними мікроорганізмами. Такий підхід дозволяє комплексно вирішити проблему конверсії полісахаридів білкових речовин та зв'язаних з матрицею біоактивних речовин, що приводить до отримання багатофункціонального цільового продукту.

Такий підхід виправданий і тим, що біологічний комплекс зернового матриксу в умовах біотрансформації різноманітними біоагентами (ферментами та мікроорганізмами) піддають послідовній деполімеризації і продукти з низьким ступенем полімеризації включаються у систему «cross-feeding» (перекресне харчування), підтримуючи корисні властивості поліштамової композиції пробіотичних культур мікроорганізмів. Механізми «cross-feeding» культивування є однією з причин, чому пробіотичні препарати, особливо мультиштамові є більш ефективними, так як бактерії допомагають одна одній в отриманні поживних речовин для існування. Це відбувається через те, що один штам який продукує певні метаболіти і які використовує інший штам системи, метаболіти якого, в свою чергу є поживними речовинами для наступних штамів мікроорганізмів.

Цьому цей механізм і отримав назву (cross-feeding). Відомо що інουλін або ФОС використовуються біфідобактеріями з утворенням таких метаболітів як лактат, ацетат і форміат, які використовуються лактобактеріями при утворенні бутирату (коротко ланцюгової кислоти SCFA).

SCFA використовуються у якості основного джерела енергії клітинами, вистіляючими наш кишківник, і є інгібіторами колоноканцерогенезу (раку товстого кишківника). Вважається що захисний ефект харчових волокон саме пов'язаний з продукуванням бутирату при їх ферментації певними мікроорганізмами (продуцентами бутирату) в нижньому відділі кишечника.

Об'єкти дослідження. Фракції висівок пшениці, амілолітичні ферментні препарати, штами пробіотичних мікроорганізмів

Методи досліджень. Для отримання фракцій вихідні висівки піддавали механічному просіюванню через систему сит з різним розміром отворів (від 1,64 до 0,16 мм) протягом 20 хв. у два етапи по 10 хв. Після чого фракцію з необхідним розміром висівок відбирали для подальших досліджень.

Під час ферментативної обробки, відібрану фракцію (розмір висівок від 1,09 до 1,64 мм) заливали ацетатним буферним розчином (рН 6,8) у співвідношенні 1/20. Обробляли послідовно ферментними препаратами «Амилосубтилін» (0,01% до маси висівок), витримували у термостаті при 68°C протягом 30 хв, після цього проводили інактивацію ферменту при 115°C протягом 10 хвилин, охолоджували до 38°C і додавали препарат «γ-амілаза» володіє амілолітичною активністю 4000 од/г (0,006% до маси висівок) також проводили термостатування при 38°C протягом 30 хв, та додавали, ще препарат «Viskozim-L» володіє рядом гідролітичних активностей (β-глюконазною – 100 од/г, ксилоназною – 50 од/г, целюлозною – 70 од/г, пектинестиразною – 40 од/г) (0,005% до маси висівок) подальше термостатування проводили при 38°C протягом 300 хв. Після завершення процесу ферментолізу продукт витримували при 110°C протягом 10 хв. з метою інактивації ферментів, після цього охолоджували до кімнатної температури. В охолоджену продукцію рідку фракцію (ферментолізат) відділяли центрифугуванням при 5000 об/хв. продовж 15 хв. Осад промивали 3 рази дистильованою водою і знову центрифугували при 5000 об/хв. протягом 10 хв після чого тверду фазу висушували та стерилізували для подальшого використання. Ферментолізат після відокремлення від осаду стерилізували при 120°C протягом 5 хв.

У стерильний ферментолізат вносили закваску *Propionibacterium shermani* у кількості $3,5 \cdot 10^3$ КУО/см³ із подальшим культивуванням при 30°C протягом 24 год. Після завершення культивування *Pr.shermani* до ферментолізату додавали культуру *Bifidobacterium bifidum* у кількості $3,0 \cdot 10^3$ КУО/см³ та продовжували культивування при 37°C протягом 24 год. Також після культивування *B.bifidum* додавали культуру *Lactobacillus acidophilus* у кількості $3,0 \cdot 10^3$ КУО/см³ культивування проводили при 37°C протягом 24 год.

Після завершення процесу культивування пробіотичних культур в якості їх носія було вирішено використати тверду фазу, що залишилась після ферментолізу. Змішували у відношенні до об'єму бактеріального препарату 1:2 із подальшим висушуванням із допомогою сублімаційної сушки.

Результати досліджень. В даний час перспективним направленням в удосконаленні технологій переробки вторинних продуктів рослинного сировини, включаючи зернові, є створення нових біотехнологічних підходів, заснованих на використанні ферментних препаратів і мікроорганізмів. Для кожної конкретної біотехнології необхідно науково обґрунтувати вибір ферментних препаратів з урахуванням специфіки складу компонентів сировини, та оптимальних параметрів їх дії, а також схеми послідовності впливу на біополімерний комплекс сировини біоагентів з метою отримання різних проміжних продуктів, які можуть мати самостійну позитивну фізіологічну дію на організм людини.

У зв'язку з вищепереліченим на першому етапі досліджень був вивчений хімічний склад пшеничних висівок, як найбільш важливих вторинних продуктів переробки зерна. Висівки пшениці являють собою матеріал клітинних стінок, що містить цінні макронутрієнти (білок, крохмаль, харчові волокна) і комплекс фіторечовин з антиоксидантними властивостями (фенольні кислоти, флавоноїди, поліфеноли, алкілрезорценоли, кумарини і т. д.). Завдяки цьому висівки мають величезний потенціал для застосування в складі продуктів харчування. Однак сьогодні незначна частина отримуваних висівок в Україні споживається в складі харчових інгредієнтів і продуктів.

Шляхом використання певної фракції висівок і даткової її біомодифікації, розчинність полімерів матриксу значно підвищується, тим самим діапазон використання їх може бути значно розширено за рахунок отримання нових функціональних харчових інгредієнтів.

Нами розроблено метод трансформації багатокомпонентного субстрату висівок для отримання продуктів із зазначеними функціональними властивостями, покращеними показниками якості. Обрана нами методологія спрямованого біокаталізу включає у себе більш повне використання сировини (висівок), збільшення кількості вільних фіторечовин (поліфеноли, алкілрезорцинол, ксилоолігосахариди, харчових волокон, гідролізатів геміцелюлози) із зазначеними функціональними властивостями.

Особливу роль у функціональних продуктах харчування сьогодні відводять продуктам, сприятим оптимізації мікроекологічного статусу організму людини так як саме мікробіоценоз є основою імунобіологічної стабільності, і, потенційно здоров'я в цілому

Синбіотичні продукти (фізіологічно-функціональний харчовий інгредієнт, що представляє собою комбінацію фітобіотиків та пребіотиків) у більшій мірі відповідає цим критеріям, так як сприяє колонізації травного тракту мікроорганізмами – пробіотиками і підвищенню біологічної активності власної позитивної мікробіоти за рахунок присутності у складі пребіотичних інгредієнтів.

Основною або домінуючою особливістю синбіотиків є прояв синергетичного ефекту, який досягається за рахунок підвищення швидкості розмноження корисних бактерій у 1,5-2 рази, здатних закріплювати пробіотики у кишківнику за допомогою пребіотиків, збільшення швидкості доставки пробіотиків до місця призначення (товстий кишківник) за рахунок транзиту на пребіотиках. Важливим також є підвищення активного розвитку пробіотиків з отриманням їх метаболітів у процесі виробництва синбіотиків.

До числа активних пребіотиків відносять, як низькомолекулярні (олігосахариди не засвоювані ФОС, КОС, ГОС, АКОС) так і високомолекулярні – розчинні і нерозчинні харчові волокна. Ці вуглеводні компоненти пропонуються в якості пребіотичних речовин різної молекулярної маси. Вони складають клітинні стінки висівки, містять нерозчинну клітковину і частково розчинні геміцелюлози. Целюлоза складає у харчових волокнах пшеничних висівок 16,3 % Вона практично не перетравлюється у кишківнику. Другий компонент харчових волокон висівок – геміцелюлози (~35 %) представляє собою групу полісахаридів: ксиланів, арабінанів, арабіноксиланів та ін.

Тобто за нашою концепцією, використання харчових волокон висівок як пребіотиків можливо шляхом їх біомодифікації, як за рахунок гідролітичного часткового розщеплення ферментами – гідролазами до олігосахаридів певного мономерного складу, так і при їх ферментуванні пробіотичними мікроорганізмами, які продукують екзогенні гідролітичні ферменти..

Необхідно підкреслити, що однією з проблем використання пробіотичних препаратів є втрата біфідобактеріями життєздатності як у процесі зберігання так і при впливі несприятливих факторів або достатньо агресивного середовища шлунку.

Цьому важливою біотехнологічною задачею є підвищення стійкості біфідобактерій у синбіотичному продукті.

Нами запропонована біотехнологія переробки висівок за якою створюється БАД шляхом адсорбції пробіотичних бактерій на модифікованих (активованих шляхом декрохмалізації) волокнах, підвищуючи їх життєздатність. У зв'язку з тим нами висунута гіпотеза про можливість підвищення стійкості біфідобактерій шляхом безпосереднього культивування у поживному середовищі з субстратом – адсорбентом (харчовими волокнами), або культивування пробіотиків на ферментолізатах висівок, відокремлення біомаси і подальше перемішування її з підготовленим носієм – твердим залишком харчових волокон висівок після біообробки.

В результаті проведених попередніх досліджень обрана оптимальна доза інокуляту пробіотичних культур і висівок певного гранулометричного складу.

Технологічна схема отримання функціональної харчової добавки BIOFIBER PBL представлена на рис. 1

Рис. 1 - Технологічна схема виробництва функціонального продукту BIOFIBER-PBL

Зміна фізико-хімічного складу висівок після гідролізу, що включає у себе обробку ферментними препаратами та пробіотичними мікроорганізмами представлена у табл. 1.

Таблиця 1 - Зміна фізико-хімічного складу висівок (відсоток сухих речовин)

Показники		Вихідні висівки, %	Твердий залишок після ферментативної обробки %	Кількість речовин, що перейшла у ферментолізат
Крохмаль		22	-	-
Глюкоза		-	-	36,12
Білок		13,7	23,52	7,38
Харчові волокна	Целюлоза	16,3	41,68	-
	Геміцелюлози	35	11,76	-
	Лігнін	5	12,75	-
Олігосахариди		-	-	49,91
Ліпіди		3,5	8,95	-
Зола		4,5	1,27	6,56
Всього		100	100	100

Проаналізувавши дані з табл. 1, можна зробити висновок, що при коферментації висівок (ферментоліз+ферментація) за допомогою LAB які проуюють власні ферменти, що теж проявляє власний вплив, екзо та ендо ферменти системи на біополімерний комплекс висівок змінюючи складний матрикс полісахаридів, роблячи його більш простим шляхом деполімеризації крохмалю та частково геміцелюлоз. Даний комплекс дозволяє іммобілізувати культури за рахунок покращення пористо-абсорбційних властивостей матриксу висівок.

Також завдяки частковій де полімеризації геміцелюлоз, за допомогою ферментних препаратів, додатковим ефектом є те, що відбувається процес звільнення поліфенолів, 98% з яких знаходяться у алейроновому шарі, та перикарпі та 90% з них знаходяться у зв'язаному стані.

Під час обробки ферментними препаратами наряду з крохмалем та геміцелюлозами змінюється також ступінь полімеризації Ксилоолігосахаридів КОС, що безпосередньо впливає на накопичення біомаси пробіотичної мікробіоти. Вплив ступеню полімеризації КОС на накопичення біомаси представлений на рис. 2

Рис. 2 - Вплив ступеню полімеризації КОС на накопичення пробіотичних мікроорганізмів

Попередніми дослідженнями встановлено, що найбільший пребіотичний ефект мають КОС і АКОС зі ступенем полімеризації від 4-х до 7-ми одиниць моносахариду. Тому було вирішено використовувати цей показник для оптимізації тривалості процесу ферментолізу. Методом ТШХ показано, що домінують у суміші КОС олігосахариди з високою пребіотичною активністю: ксилотріози, ксилотетрози, ксилопентози, ксилогексози.

Рис. 3 - Залежність ступеню полімеризації КОС від тривалості процесу ферментолізу (n=3, P≥0,95)

Як наведено на графіку (рис. 3) ступінь полімеризації КОС 3-7 досягається у проміжку часу гідролізу від 270 і до 330-ї хв., тому було вирішено завершувати процес ферментолізу на 300-й хвилині процесу.

Також важливим показником пробіотичної добавки є кількість життєздатних клітин, що досягли нижніх відділів ШКТ, де вони можуть у повній мірі проявити свою корисну дію на організм. Результати досліджень наведені у табл. 2.

Таблиця 2 - Вплив висівок на виживання LAB у ШКТ

КУО	Після культивування	Вживання у ШКТ без висівок, %	Вживання у ШКТ з висівками, %	Кількість абсорбованих клітин на висівки
<i>B.bifidum</i>	$3,5 \cdot 10^{10}$	32...35	70...90	$2,4 \cdot 10^8$
<i>L.acidophilus</i>	$4,3 \cdot 10^8$	34...36	85...95	$3,1 \cdot 10^7$
<i>Pr. shermany</i>	$2,8 \cdot 10^{10}$	27...31	80...90	$2,1 \cdot 10^9$

За результатами наведеними у таблиці видно, що мікроорганізми у присутності висівок більш захищені від шкідливого для них впливу кислотного середовища шлунку. Ця кількість пробіотичних культур, які були абсорбовані на висівках, вижили більш ніж у два рази краще виживають ніж клітини, що потрапили у ШКТ без додаткового захисту.

Також завдяки попередній деполімеризації крохмалю була збільшена пористість висівок, що дозволило мікроорганізмам у більшій кількості іммобілізуватися у їх преобразованому матриксі.

Отриманий біопродукт характеризується показниками безпечності наведеними у табл. 3.

Таблиця 3 - Показники мікробіологічної безпечності препарату BIOFIBER-PBL

Показники	Норма	Характеристика
МАФАнМ, КУО/г	$2,5 \cdot 10^6$	$3,1 \cdot 10^9$
Пробіотичні мікроорганізми, КУО/г		
<i>L. acidophilus</i>	не менше $3,1 \cdot 10^6$	$4,3 \cdot 10^8$
<i>B.bifidum</i>	не менше $3,1 \cdot 10^6$	$4,2 \cdot 10^{10}$
<i>P.shermani</i>	не менше $3,1 \cdot 10^6$	$4,3 \cdot 10^{10}$
БГКП (коліформи) у 0,1 г продукту	не допускаються	не виявлено
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. сальмонели у 25 г	не допускаються	не виявлено
Дріжджі, КУО/г	не більше 5	2
Плісневі гриби, КУО/г	не більше 5	3

Утворення КОС та АКОС при ферментативному гідролізі геміцелюлоз висівок дозволяє отримувати біологічно активні добавки, що характеризуються високим вмістом життєздатних клітин пробіотичних лакто-, біфідо- та пропіоновокислих мікроорганізмів, а присутність і полісахаридів нерозщеплених в процесі біообробки висівок, забезпечує додатковий ефект синбіотика за рахунок створення сприятливих умов для розвитку мікроорганізмів – продуцентів бутірату в нижніх відділах ШКТ.

Таблиця 4 - Характеристика Біологічно активної добавки Biofiber-PBL

Найменування показника	Характеристика
Вміст харчових волокон	20,9%
Пребіотиків (КОС, АКОС)	30,4%
Поліфенолів	3,45%
Пробіотичних культур	$4,25 \cdot 10^9$ КУО/см ³

Висновки В результаті експериментальної роботи дослідили потенціал пшеничних висівок як джерела отримання фізіологічно активних інгредієнтів, а саме поліфенолів, ксілоолігосаридів, харчових волокон, пробіотичних мікроорганізмів. Вивченні фізико-хімічні і біологічні властивості отриманих інгредієнтів і показана доцільність біотехнологічного методу переробки пшеничних висівок. Використання ко-біопроцесу дозволяє отримувати функціональний інгредієнт в якому міститься, харчових волокон – 20,9%, пребіотиків (КОС, АКОС) – 30,4, поліфенолів 3,45, пробіотичних культур $4,25 \cdot 10^9$ КУО, які підтверджені медико-біологічними дослідженнями.

Література

1. Roberfroid MB. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? American Journal of Clinical Nutrition. 2000;71(6):1682S–1687S. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1682S>.
2. Singh RD, Banerjee J, Arora A. Prebiotic potential of oligosaccharides: A focus on xylan derived oligosaccharides. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2015;5(1):19–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.11.003>.
3. Капрельянц Л.В. Functional Foods: Prospects in Ukraine, Food Science and Technology. 2019. Vol 13 issue 2, P.15-23, DOI: <http://dx.org/10.15673/fst.v13i2.1382>
4. Waters DM, Mauch A, Coffey A, Arendt EK, Zannini E. Lactic Acid Bacteria as a Cell Factory for the Delivery of Functional Biomolecules and Ingredients in Cereal-Based Beverages: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2015;55(4):503–520. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.660251>.
5. Chlopicka J, Pasko P, Gorinstein S, Jedryas A, Zagrodzki P. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. LWT – Food Science and Technology. 2012;46(2):548–555. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.11.009>.
6. Капрельянц Л.В., Журлова О.Д. Biotechnological approaches for the production of functional foods and supplements from cereal raw materials. Food Science and Technology. 2014;27(2):15–19.
7. Dwivedia S, Sahrawat K, Puppala N, Ortiz R. Plant prebiotics and human health: Biotechnology to breed prebiotic-rich nutritious food crops. Electronic Journal of Biotechnology. 2014;17(5):238–245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2014.07.004>.
8. Gibson GR, Rastall RA. Prebiotics: Development and Application. England: John Wiley and Sons Ltd; 2006. 256 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470023150>.
9. Hole AS, Grimmer S, Jensen MR, Sahistrom S. Synergistic and suppressive effects of dietary phenolic acids and other phytochemicals from cereal extracts on nuclear factor kappa B activity. Food Chemistry. 2012;133(3):969–977. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.017>.
10. Perales-Sánchez JXK, Reyes-Moreno C, Gomez-Favela MA, Milan-Carrillo J, Cuevas-Rodriguez E, Valdez-Ortiz A, et al. Increasing the Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoid Contents by Optimizing the Germination Conditions of Amaranth Seeds. Plant Foods for Human Nutrition. 2014;69(3):196–202. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0430-0>.
11. Reddy SS, Krishnan C. Production of prebiotics and antioxidants as health food supplements from lignocellulosic materials using multienzymatic hydrolysis. International Journal of Chemical Sciences. 2010;3(3):535–549.
12. Tutelyan VA, Lashneva NV. Biologically active substances of plant origin. Flavonols and flavones: prevalence, dietary sources and consumption. Problems of Nutrition. 2013;82(1):4–22. (In Russ.).
13. Капрельянц Л.В., Журлова О.Д. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients. International Food Research Journal. 2017;24(5):1975–1979.
14. Kaur R, Ahluwalia P, Sachdev PA, Kaur A. Development of gluten-free cereal bar for gluten intolerant population by using quinoa as major ingredient. Journal of Food Science and Technology-Mysore. 2018;55(9):3584–3591. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3284-x>.

15. Капрельянц Л.В., Волошенко О.С., Журлова О.Д.. Bioaktivnye soedineniya i pishchevye volokna v novykh razrabotannykh zernovykh produktakh [Bioactive Compounds and Dietary Fibre in Advanced Cereal Products]. Grain Products and Mixed Fodder's. 2012;47(3):17–21. (In Ukr.).

Referenses

1. Roberfroid MB. Prebiotics and probiotics: are they functional foods? American Journal of Clinical Nutrition. 2000;71(6):1682S–1687S. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1682S>.
2. Singh RD, Banerjee J, Arora A. Prebiotic potential of oligosaccharides: A focus on xylan derived oligosaccharides. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2015;5(1):19–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.11.003>.
3. Kaprelyants L. et. all. Functional Foods: Prospectots in Ukraine, Food Science and Technology. 2019. Vol 13 issue 2, P.15-23, DOI: <http://dx.org/10.15673/fst.v13i2.1382>
4. Waters DM, Mauch A, Coffey A, Arendt EK, Zannini E. Lactic Acid Bacteria as a Cell Factory for the Delivery of Functional Biomolecules and Ingredients in Cereal-Based Beverages: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2015;55(4):503–520. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.660251>.
5. Chlopicka J, Pasko P, Gorinstein S, Jedryas A, Zagrodzki P. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. LWT – Food Science and Technology. 2012;46(2):548–555. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.11.009>.
6. Kaprelyants L, Zhurlova O. Biotechnological approaches for the production of functional foods and supplements from cereal raw materials. Food Science and Technology. 2014;27(2):15–19.
7. Dwivedia S, Sahrawat K, Puppala N, Ortiz R. Plant prebiotics and human health: Biotechnology to breed prebiotic-rich nutritious food crops. Electronic Journal of Biotechnology. 2014;17(5):238–245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2014.07.004>.
8. Gibson GR, Rastall RA. Prebiotics: Development and Application. England: John Wiley and Sons Ltd; 2006. 256 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470023150>.
9. Hole AS, Grimmer S, Jensen MR, Sahistrom S. Synergistic and suppressive effects of dietary phenolic acids and other phytochemicals from cereal extracts on nuclear factor kappa B activity. Food Chemistry. 2012;133(3):969–977. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.017>.
10. Perales-Sánchez JXK, Reyes-Moreno C, Gomez-Favela MA, Milan-Carrillo J, Cuevas-Rodriguez E, Valdez-Ortiz A, et al. Increasing the Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoid Contents by Optimizing the Germination Conditions of Amaranth Seeds. Plant Foods for Human Nutrition. 2014;69(3):196–202. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0430-0>.
11. Reddy SS, Krishnan C. Production of prebiotics and antioxidants as health food supplements from lignocellulosic materials using multienzymatic hydrolysis. International Journal of Chemical Sciences. 2010;3(3)535–549.
12. Tutelyan VA, Lashneva NV. Biologically active substances of plant origin. Flavonols and flavones: prevalence, dietary sources and consumption. Problems of Nutrition. 2013;82(1):4–22. (In Russ.).
13. Kaprelyants L, Zhurlova O. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients. International Food Research Journal. 2017;24(5):1975–1979.
14. Kaur R, Ahluwalia P, Sachdev PA, Kaur A. Development of gluten-free cereal bar for gluten intolerant population by using quinoa as major ingredient. Journal of Food Science and Technology-Mysore. 2018;55(9):3584–3591. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3284-x>.
15. Kaprelyants LV, Voloshenko OS, Zhurlova ED. Bioaktivnye soedineniya i pishchevye volokna v novykh razrabotannykh zernovykh produktakh [Bioactive Compounds and Dietary Fibre in Advanced Cereal Products]. Grain Products and Mixed Fodder's. 2012;47(3):17–21. (In Ukr.).

Cite as

Бужилов М.Г., Капрельянц Л.В., Пожиткова Л.Г. Розробка біотехнології функціонального зернового продукту biofiber-pbl // Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2019. Т. 83, вип. 2. С. 78 – 86.

Отримано в редакцію 21.08.2019

Прийнято до друку 10.10.2019

Received 21.08.2019

Approved 10.10.2019