

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЕЙ АПК

УДК 602.4:[577.15:577.114.4]:635.342

КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД ДЕЗІНТЕГРАЦІЇ МІКРОБІАЛЬНОЇ БІОМАСИ COMBINED METHOD OF MICROBIAL BIOMASS DISINTEGRATION

Капустян А. І., канд. техн. наук, доцент, Черно Н. К., д-р техн. наук, професор

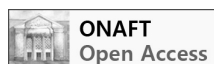
Одеська національна академія харчових технологій

Karustian A. I., Cherny N. K.

Odessa National Academy of Food Technologies

Copyright © 2016 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/>

Анотація. Розглянуто можливість отримання біологічно активних складових пептидогліканів клітинних стінок *Lactobacillus acidophilus* K 3111 шляхом послідовної обробки біомаси ультразвуком та папаїном. Біомасу піддавали обробці ультразвуком з робочою частотою 25, 35 та 40 кГц протягом 60...900 с. Зазначено, що раціональною є обробка суспензії *Lactobacillus acidophilus* K 3111 ультразвуком за частоти 35 кГц протягом 600 с. Дезінтеграцію клітин молочнокислих бактерій підтверджено результатами світлової мікроскопії. Дезінтеграція, отриманий в результаті ультразвукової обробки, піддавали ферментолізу папаїном із активністю 10 Од/мг при варіюванні співвідношення фермент : субстрат у діапазоні від 1:50 до 1:300 та тривалості інкубації реакційної суміші — 10...300 хв. Результати ферментолізу показали, що обробка папаїном забезпечує більш ефективно накопичення цільових низькомолекулярних продуктів деструкції у ферментолізаті, порівняно з дезінтеграціями, які не піддавали ферментативній обробці. Так, у дезінтеграції, отриманому лише обробкою ультразвуком, кількість низькомолекулярних пептидів у реакційному середовищі сягає 0,03 мг/см³, а у дезінтеграції, отриманому із застосуванням комбінації ультразвуку та ферментолізу — 7,54 мг/см³. У той же час, ферментоліз біомаси, без попередньої ультразвукової обробки приводить до накопичення низькомолекулярних пептидів у реакційному середовищі у кількості 3,23 мг/см³. Таким чином, комбінування ультразвукової та ферментативної обробки забезпечує найбільш ефективну деструкцію біомаси *Lactobacillus acidophilus* K 3111, у результаті якої в реакційному середовищі накопичуються цільові низькомолекулярні продукти.

Abstract. Possibility biologically active components of *Lactobacillus acidophilus* K 3111 cell walls peptidoglycans obtaining by successive processing of biomass by ultrasound and papain have been shown. Biomass was subjected to ultrasound treatment with a working frequency of 25, 35 and 40 kHz for 60...900 s. It is established that rational treatment of a suspension of *Lactobacillus acidophilus* K 3111 by ultrasound at a frequency is 35 kHz for 600 seconds. The disintegration of the lactobacillus bacterium is confirmed by the results of the syringe microscopy. The product obtained by the ultrasound treatment was subjected to fermentolysis by papain with activity 10 U/mg at the ratio of the enzyme to the substrate from 1:50 to 1:300 and at the duration of the incubation of the reaction mixture 10...300 minutes. The results of fermentolysis have shown that treating with papain provides more efficient accumulation of target low molecular weight degradation products in the reaction mixture compared to samples that were not subjected to enzymatic treatment. Thus, in sample obtained only by ultrasound treatment, the amount of low molecular weight peptides in the reaction medium reaches 0.03 mg/cm³, whereas in the sample obtained with the combination of ultrasound and fermentolysis — 7.54 mg/cm³. At the same time, fermentolysis of biomass, without preliminary ultrasound treatment, leads to the accumulation of low molecular weight peptides in the reaction medium in the amount 3.23 mg/cm³. Thus, the combination of ultrasound and enzymatic treatment provides the most effective destruction of biomass *Lactobacillus acidophilus* K 3111, resulting target low molecular weight products are accumulated in the reaction medium.

Ключові слова: біомаса, *Lactobacillus acidophilus* K 3111, дезінтеграція, пептидоглікан, низькомолекулярні пептиди, імунотропні властивості

Key words: biomass, *Lactobacillus acidophilus* K 3111, disintegration, peptidoglycan, low molecular weight peptides, immunotropic properties

Постановка проблеми та її зв'язок з найважливішими науковими і практичними завданнями. Надзвичайно актуальною проблемою сучасності є збільшення випадків застудних та інфекційних захворювань серед населення. Стан здоров'я населення багатьох країн світу значно пригнічується під впливом антропогенних та соціальних факторів. Створення та впровадження ефективних превентивних заходів є необхідним для подо-

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЕЙ АПК

лання цієї глобальної проблеми. При цьому важливою є нутритивна підтримка населення, а саме, введення в раціон імунотропних харчових інгредієнтів, здатних сприяти підвищенню опірності організму до різноманітних захворювань.

Перспективним та доцільним є використання у якості імунотропних харчових інгредієнтів продуктів переробки молочнокислих бактерій (МКБ), оскільки саме структурні компоненти їх клітинних стінок — пептидоглікани, мунопептиди, тейхоеві кислоти — є об'єктами для розпізнавання системою імунітету [1 — 3]. Розщеплений пептидоглікан (ПГ) розпізнається цитоплазматичними рецепторами (білки *Nod 1* і *Nod 2*), після чого ці молекули викликають внутрішньоклітинні сигнали, які приводять до активації транскрипційних відповідей, кульмінацією яких є експресія прозапальних генів [4 — 6]. Таким чином, сигналами для запуску адаптивної імунної відповіді є не живі бактерії, а фрагменти їх клітинних стінок, або продукти життєдіяльності, які досягають клітин імунної системи, проходячи через кишечний епітелій. У зв'язку з цим, дослідження методів деструкції бактеріальних клітин та характеристика продуктів їх деградації як перспективних імунотропних харчових інгредієнтів є вельми актуальними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сьогодні на фармацевтичному ринку присутні ряд високоактивних лікарських препаратів на основі лізатів бактеріальних клітин («Бронхомунал», «Імудон», «ІРС—19», «Постерізан», «Ліастен»), але у літературі відсутня інформація про використання їхніх аналогів — сполук мунопептидного ряду у якості імунотропних харчових інгредієнтів. Використання МКБ у якості джерела структурних компонентів пептидогліканів зумовлює безпечність подібного роду харчових інгредієнтів, оскільки цим мікроорганізмам присвоєно міжнародний «GRAS» статус [1, 7].

Клітинні стінки мікроорганізмів надзвичайно стійкі до дії деградуючих факторів. Роль основного захисного бар'єру виконує пептидоглікан, властивості якого й визначають міцність бактеріальних клітин. Деструкцію клітинних стінок мікроорганізмів здійснюють застосовуючи фізичні, хімічні або комбіновані методи впливу. Як правило, фізична дезінтеграція мікробних клітин призводить до незворотного порушення їх анатомічної цілісності. Для отримання глікопептидних низькомолекулярних продуктів регулярної будови, як правило, використовують хімічні та ензиматичні методи деструкції [8].

Ферментативні методи гідролізу пептидогліканів клітинних стінок бактерій є більш м'якими у порівнянні із хімічними. Для руйнування пептидогліканів бактеріальних клітинних стінок доцільно використовувати мурамідази та протеази, здатні розщеплювати пептидні зв'язки в його структурі (рис. 1 [1]).

У більшості існуючих робіт для отримання структурних компонентів пептидогліканів клітинних стінок бактерій застосовуються агресивні компоненти, велика кількість технологічних операцій, високоактивні реактиви та ферментні препарати, методи очистки [9 — 11].

У роботах [10 — 11] для ферментативної деструкції молочнокислих бактерій використовували лізоцим, що володіє мурамідазною активністю, кислі та лужні травні протеази самостійно, або у їхній комбінації з фізичними методами впливу.

Враховуючи, що послідовність амінокислот у складі пептидогліканів клітинних стінок бактерій є досить специфічною [1 — 3], доцільним є вивчення їх деструкції із залученням протеаз рослинного походження, які мають більш широкий спектр субстратної специфічності, порівняно з травними протеазами [12 — 14].

У даній роботі розглянуто можливість отримання імунотропних харчових інгредієнтів на основі продуктів деструкції клітинних стінок МКБ шляхом застосування комбінації фізичних та ензиматичних методів впливу, а саме, послідовну обробку біомаси ультразвуком та папаїном. Такий метод деструкції не передбачає залучення агресивних хімічних реагентів та високоактивних методів очистки, які є обов'язковими у технологіях лікарських назальних та ін'єкційних засобів, що дозволить значно скоротити кількість технологічних операцій і, в результаті — собівартість цільового продукту.

Мета роботи — дослідження процесу дезінтеграції клітинних стінок БМ *Lactobacillus acidophilus* K 3111 шляхом їх послідовної обробки ультразвуком та папаїном, характеристика складових дезінтеграту.

Матеріали та методи досліджень. Для досліджень використовували БМ *Lactobacillus acidophilus* K 3111 із колекції НВП «Аріадна», м. Одеса із концентрацією $7 \cdot 10^9$ КУО/см³. Виділення клітин з культуральної рідини здійснювали шляхом центрифугування протягом 15 хв при 8000 хв^{-1} . Осад клітин відмивали дистильованою водою та ресуспендували. Для фізичної дезінтеграції використовували суспензію клітин *Lactobacillus acidophilus* K 3111 у дистильованій воді з вмістом сухих речовин $4,78 \pm 0,02$ % піддавали обробці ультразвуком для чого використовували ультразвукову ванну ПСБ—1335—05 з робочою частотою 25, 35 та 40 кГц, тривалість обробки варіювали в інтервалі 60...900 с.

Ферментативну деструкцію дезінтеграту, отриманого після ультразвукової обробки, здійснювали обробкою папаїном із активністю 10 Од/мг. Постійними параметрами гідролізу були температура 37°C та pH 5...6. Варіювали співвідношення фермент : субстрат у діапазоні від 1 : 50 до 1 : 300 та тривалість інкубації реакційної суміші — 10...300 хв. Ферментоліз зупиняли екстремним нагріванням до температури 100 °C, суміш охолоджували, центрифугували протягом 10 хв при 8000 хв^{-1} .

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЕЙ АПК

У надосадовій рідині контролювали вміст вільних амінокислот методом формольного титрування [15], розчинного білка — методом Бенедикта [15], низькомолекулярних пептидів (НМП) — методом Бенедикта після осадження високомолекулярних білків 10-відсотковим розчином трихлороцтової (ТХО) кислоти. Відомо, що пептиди з молекулярною масою до 1500 Да не осаджуються розчинами ТХО кислоти та є сполуками, що володіють високою імунотропною активністю [9]. Паралельно визначали відповідні параметри для контрольного зразка — ферментолізату *Lactobacillus acidophilus* K 3111, який не піддавали попередній ультразвуковій обробці.

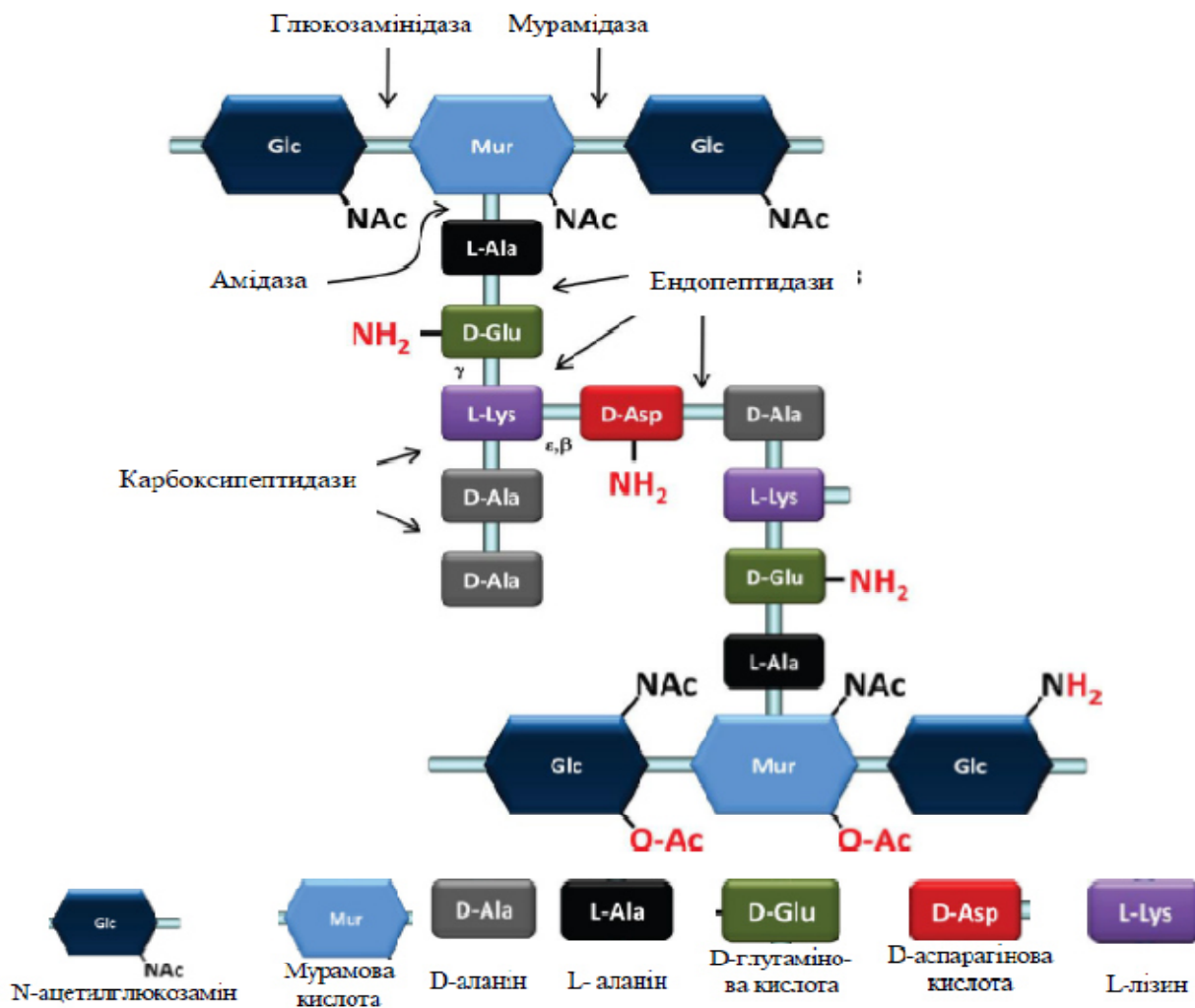


Рис. 1 — Схема структурної організації та деструкції пептидоглікану клітинних стінок МКБ [1]

Визначали також наявність у складі ферментолізатів НМП муропептидного ряду. Для цього надосадову рідину ферментолізату після осадження високомолекулярних білків розчином ТХО кислоти, піддавали іонообмінній хроматографії з метою отримання зразків, що містять амінокислоти та низькомолекулярні фрагменти пептидогліканів, та позбавлених від нейтральних цукрів, органічних кислот, продуктів метаболізму. Наявність мурамової кислоти та N—ацетилглюкозаміну у складі НМП доводили Антроновим методом.

Результати та їх обговорення. МКБ належать до грампозитивних мікроорганізмів, доля пептидоглікану в яких сягає 70 % від їх загальної маси, що робить їх надзвичайно стійкими до впливу деградуючих факторів. Тому для порушення анатомічної цілісності клітинної оболонки МКБ здійснено серію дослідів із застосуванням ультразвуку, який є найбільш ефективним фізичним способом первинної деструкції мікроорганізмів [16] (табл. 1).

Результати досліджень показали, що найбільш вагомий дезінтегруючий вплив ультразвуку на БМ *Lactobacillus acidophilus* K 3111 має місце за обробки частотою 40 кГц протягом 900 с, при цьому у дезінтеграції накопичується максимальна кількість амінокислот та білка. Накопичення цих компонентів у реакційному сере-

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЕЙ АПК

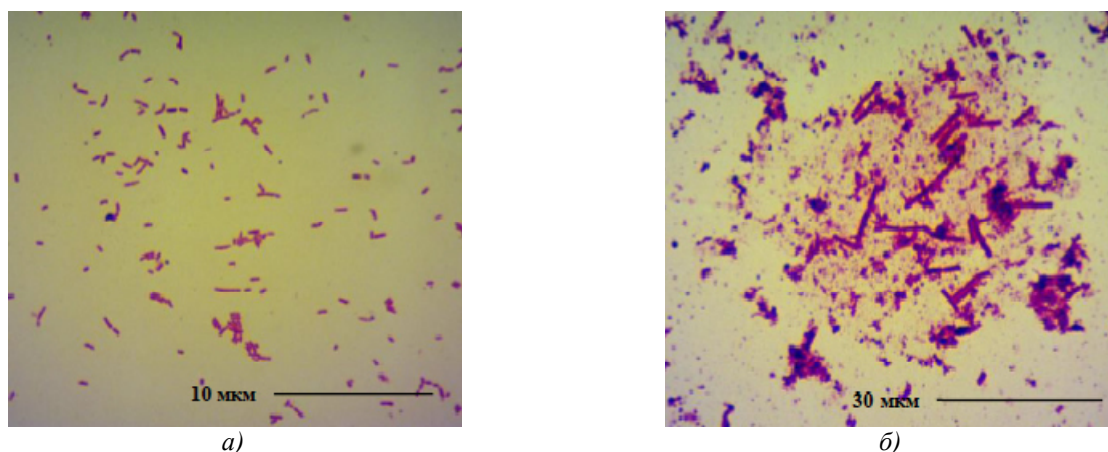
довищі за обробки частотою 35 кГц протягом 900 с всього на 5 % менше для амінокислот та на 4 % — для білку. Накопичення амінокислот та білку у дезінтеграті, отриманому за обробки частотою 35 кГц протягом 600 с всього на 7 та на 5 % менше, ніж при обробці ультразвуком за частоти 40 кГц протягом 900 с. Отже, накопичення вільних амінокислот у дезінтеграті при обробці ультразвуком зі збільшенням тривалості процесу від 600 до 900 с збільшується несуттєво, тому раціональною є обробка суспензії *Lactobacillus acidophilus* К 3111 ультразвуком за частоти 35 кГц протягом 600 с. Накопичення НМП — головного чинника, який відповідає за імунотропні властивості структурних компонентів бактеріальних клітин, є незначним у всіх варіаціях процесів ультразвукової дезінтеграції. На рис. 2 зображено мікрофотографії біомаси до та після ультразвукової обробки при 35 кГц протягом 600 с, які наочно демонструють ефективність деструкції, оскільки, порушено цілісність основної маси бактеріальних клітин. Таким чином, досягнуто основної мети застосування ультразвуку — здійснено первинну деструкцію клітинних оболонок МКБ.

Таблиця 1 — Характеристика дезінтегратів біомаси *Lactobacillus acidophilus* К 3111, отриманих шляхом обробки ультразвуком

($n=3$; $P \leq 0,05$)

Спосіб обробки		Характеристика дезінтеграту		
		Амінокислоти, мг/см ³	НМП, мг/см ³	Розчинний білок, мг/см ³
Контроль (БМ <i>L. a.</i>)		0,12	0,01	1,84
Обробка ультразвуком з частотою 25 кГц	60 с	0,19	0,01	1,91
	300 с	0,41	0,02	2,45
	600 с	0,57	0,03	2,74
	900 с	0,59	0,03	2,89
Обробка ультразвуком з частотою 35 кГц	60 с	0,25	0,01	2,31
	300 с	0,57	0,02	2,75
	600 с	0,82	0,03	3,10
	900 с	0,83	0,03	3,12
Обробка ультразвуком з частотою 40 кГц	60 с	0,26	0,01	2,54
	300 с	0,61	0,02	2,66
	600 с	0,84	0,03	3,11
	900 с	0,88	0,03	3,25

Із метою подальшої деструкції дезінтеграту біомаси МКБ та отримання низькомолекулярних фрагментів ПГ, досліджували процес його ферментолізу папаїном. Для встановлення параметрів деструкції клітинних стінок *Lactobacillus acidophilus* К 3111, за яких відбувається максимальне накопичення імунотропних НМП із молекулярною масою < 1500 Да, проведено серію дослідів, у яких варіювали концентрацію папаїну в реакційній суміші та час експозиції.



а) — до деструкції; б) — після деструкції

Рис. 2 — Мікрофотографії БМ композиції МКБ

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЕЙ АПК

Паралельно проводили ферментоліз зразків, отриманих після ультразвукової обробки, які не піддавали температурній обробці (Лізат I), зразків, що витримували за температури 100 °C протягом 15 хв (Лізат II) та зразок, який не піддавали ультразвуковій обробці (Лізат III). Температурну обробку проводили з метою інактивації живих клітин *Lactobacillus acidophilus* K 3111, які ще залишилися після ультразвукової обробки біомаси, адже їх життєдіяльність протягом процесу ферментолізу може впливати на результати експерименту. Результати досліджень зображено на рис. 2 — 3.

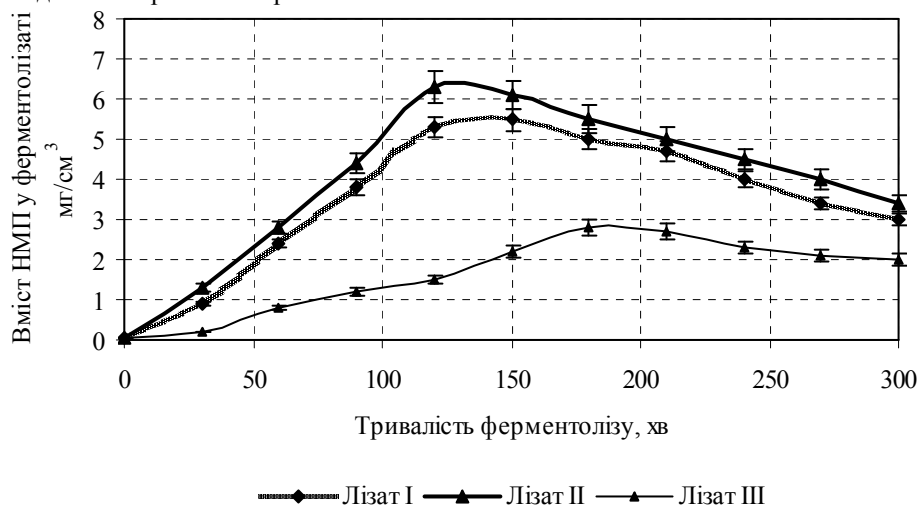


Рис. 3 — Залежність накопичення НМП у лізатах *Lactobacillus acidophilus* K 3111 від тривалості процесу ферментолізу (співвідношення фермент : субстрат 1 : 100)

Як видно з наведених даних, накопичення НМП у ферментолізатах носить параболічний характер. Найбільшим вмістом НМП характеризується Лізат II, який отримували з використанням температурної обробки. Максимальне накопичення НМП у цьому лізаті складає 6,3 мг/см³ при тривалості ферментолізу 120 хв. Лізат I, який піддавали ферментативному гідролізу без попередньої температурної обробки, характеризується дещо меншим вмістом НМП. Таку тенденцію можна пояснити тим, що після ультразвукової обробки біомаси залишаються життєздатні клітини МКБ, які у процесі ферментолізу

можуть використовувати низькомолекулярні продукти деструкції у якості поживних речовин. Експозиція дезінтеграту, отриманого в результаті ультразвукової обробки, при 100 °C забезпечує повну інактивацію БМ, тому в цьому випадку спостерігаються істинні показники ферментолізу. Крива, що відображає результати ферментолізу біомаси, яку не піддавали ультразвуковій обробці (Лізат III), значно поступає в показниках накопичення НМП у ферментолізатах, які попередньо піддавали дезінтеграції ультразвуку. Кількість НМП у Лізаті II майже в 3 рази перевищує даний показник ферментолізу у Лізаті III, а це доводить, що застосування ультразвукової обробки в якості первинного дезінтегруючого фактора є вельми ефективною.

Максимальна кількість низькомолекулярних продуктів при ферментолізі дезінтеграту, отриманого за допомогою ультразвуку, накопичується при експозиції з ферментом протягом 120 хв. Максимальна кількість НМП у реакційному середовищі лізату, отриманого лише з використанням папаїну, накопичується через 180 хв з початку ферментолізу.

Отже, використання попередньої ультразвукової обробки приводить до значної інтенсифікації процесу ферментолізу біомаси МКБ. Обробка бактеріальних клітин ультразвуком обумовлює порушення їх анатомічної цілісності, часткової деструкції пептидоглікану їхніх клітинних стінок, що сприяє більш ефективній роботі ферменту та подальшій деструкції фрагментів МКБ до низькомолекулярних сполук, які володіють потужними імунотропними властивостями.

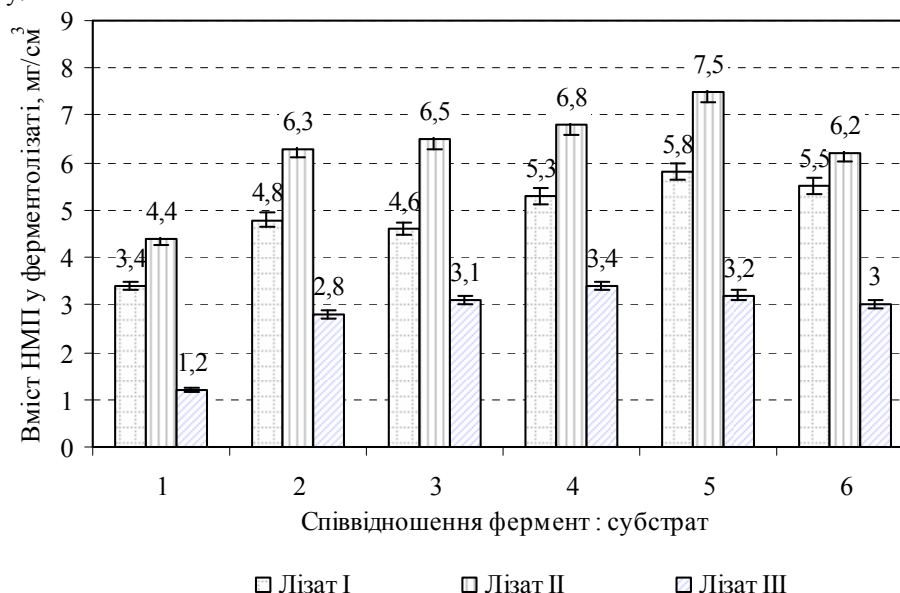
Діаграма, що зображена на рис. 3 демонструє залежність накопичення НМП у складі ферментолізату від концентрації ферменту у реакційній суміші (співвідношення фермент:субстрат). Тривалість ферментолізу обирали згідно результатів досліджень, наведених на рис. 3, за яких спостерігалось найбільше накопичення НМП. Таким чином, тривалість ферментолізу складала 120 хв.

Максимальна кількість НМП у лізатах має місце при співвідношенні фермент:субстрат 1:250, але у зразку, отриманому без температурної обробки, вміст НМП складає 5,8 мг/см³, і у зразку, отриманому з використанням температурної обробки — 7,5 мг/см³. Таким чином, можна констатувати, що закономірність у превалюванні накопичення НМП у ферментолізатах зразків, які піддавали температурній обробці зберігається. Ефективність ферментолізу з позиції накопичення НМП Лізату III у всіх варіаціях співвідношень фермент:субстрат поступається зразкам Лізат I та Лізат II, які піддавали попередній ультразвуковій обробці.

У табл. 2 наведено порівняльну характеристику отриманих лізатів біомаси *Lactobacillus acidophilus* K 3111 із зазначенням, в тому числі кількості цільових компонентів — низькомолекулярних пептидів муропептидного ряду (НМП МП ряду) від загальної кількості НМП.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЕЙ АПК

Виходячи із даних табл. 2, у результаті ферментолізу біомаси МКБ, у реакційному середовищі накопичуються низькомолекулярні продукти деструкції — амінокислоти та НМП, що свідчить про ефективність застосування папаїну у якості деградуючого агента. Папаїн, на відміну від травних протеолітичних ферментів, володіє більш значним ареалом субстратної специфічності та здатен каталізувати пептидні зв'язки, побудовані за участю аргініну, лізину, гліцину. Так, у структурі пептидоглікану МКБ присутні пептидні решітки, побудовані за участю в тому числі залишків L-лізину, та пентаагліцинові місточки, які є мішенню для атаки активними центрами папаїну.



1 — співвідношення 1 : 50; 2 — співвідношення 1 : 100; 3 — співвідношення 1 : 150;
4 — співвідношення 1 : 200; 5 — співвідношення 1 : 250; 6 — співвідношення 1 : 300

**Рис. 4 — Залежність накопичення НМП у лізатах
Lactobacillus acidophilus К 3111 від співвідношення фермент : субстрат**

Визначення вмісту пептидів муропептидного ряду від загальної кількості НМП у ферментолізатах проводили за допомогою Антронового методу, оскільки у їх складі містяться залишки мурамової кислоти та N-ацетилглюкозаміну, піранозні фрагменти яких є об'єктами для специфічної реакції з Антроновим реактивом. Виходячи із результатів досліджень, наведених в табл. 2, у складі Лізату III, отриманого без попередньої ультразвукової обробки, НМП муропептидного ряду відсутні, а от у зразках, отриманих із застосуванням попередньої фізичної обробки вміст НМП муропептидного ряду сягає 28 % від загальної кількості НМП.

Таблиця 2 — Характеристика лізатів біомаси *Lactobacillus acidophilus*

(n=3; p≥0,95)

Зразок	Характеристика ферментолізатів			
	амінокислоти, мг/см³	розчинний білок, мг/см³	НМП, мг/см³	НМП МП ряду, % від НМП
Контроль (БМ <i>L. acidophilus</i> К 3111)	0,12	0,01	1,84	0
Лізат I	5,43	5,17	5,82	21,46
Лізат II	7,55	4,52	7,54	28,44
Лізат III	3,82	4,10	3,23	0

Висновки. Доведено ефективність дезінтеграції клітинних стінок БМ *Lactobacillus acidophilus* К 3111 шляхом їх послідовної обробки ультразвуком та папаїном. Показано, що обробка бактеріальної маси ультразвуком обумовлює руйнування зовнішніх захисних бар'єрів бактеріальних клітин та сприяє більш ефективній ферментативній деградації ПГ до низькомолекулярних продуктів. Визначено, що раціональною є обробка БМ ультразвуком за частоти 35 кГц протягом 600 с.

Результати ферментолізу ультразвукових дезінтегратів показали, що обробка папаїном забезпечує більш ефективне накопичення низькомолекулярних продуктів деструкції у ферментолізаті, порівняно з дезінтегратами, які не піддавали ферментативній обробці. Так, у дезінтеграті, отриманому лише обробкою ультразвуком,

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЕЙ АПК

кількість НМП у реакційному середовищі сягає $0,03 \text{ мг/см}^3$, а от у дезінтеграції, отриманому із застосуванням комбінації ультразвуку та ферментолізу — $7,54 \text{ мг/см}^3$. У той же час, ферментоліз біомаси, без попередньої ультразвукової обробки приводить до накопичення НМП у реакційному середовищі у кількості $3,23 \text{ мг/см}^3$.

Отже, комбінування ультразвукової та ферментативної обробки забезпечує найбільш ефективну деструкцію БМ *Lactobacillus acidophilus* K 3111, у результаті якої в реакційному середовищі накопичуються цільові НМП муропептидного ряду.

Література

1. Chapot—Chartier M.—P., Kulakauskas S. Cell wall structure and function in lactic acid bacteria // *Microbial Cell Factories*. 2014. 13(Suppl 1):S9. P.1—23. DOI: 10.1186/1475—2859—13—S1—S9
2. Капустян А. И., Черно Н. К. Перспективы использования биологически активных бактериальных гидролизатов для нутритивной поддержки населения с расстройствами иммунной системы // *Пищевая наука и технология*. 2015. № 2(31). С. 18—25. DOI: 10.15673/2073—8684.31/2015.44263
3. Chernov N., Kapustyan A. Immunological properties of the bacterial origin compounds // *Food science and technology*. 2016. 10(3). P. 19—28. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v10i3.175>
4. Moreira O. L., Zamboni S. D. NOD 1 and NOD 2 Signaling in Infection and Inflammation // *Front Immunol*. 2012. № 3. P. 328. DOI:10.3389/fimmu.2012.00328
5. Kawai T., Akira S. The role of pattern—recognition receptors in innate immunity: Update on Toll—like receptors // *Nat. Immunol*. 2010. V. 11. P. 373—384. DOI:10.1038/ni.1863
6. Kitamura D. How the Immune System Recognizes Self and Nonself. Immunoreceptors and Their Signaling // Dordrecht, the Netherlands: Springer. 2008. 251 p. DOI:10.1007/978—4—431—73884—8
7. Глушанова, Н. А. Биологические свойства лактобацилл // *Бюллетень сибирской медицины*. 2003. №4. С. 50—58.
8. Шапхаев Э. Г., Цыренов В. Ж., Чебунина Е. И. Дезинтеграция клеток в биотехнологии: учебное пособие. ВСГТУ. Улан—Удэ 2015. 96 с.
9. Гаврилин М. В., Сеньчукова Г. В., Сенченко С. П. Выбор оптимальных условий получения гидролизатов молочнокислых бактерий термокислотным способом // *Хим.—фарм. журн.* 2007. Т. 41, № 2. С. 54—56.
10. Изучение состава препарата, полученного на основе гидролизата молочнокислых бактерий / Сенченко С. П. и др. // *Хим.—фармац. журн.* Т. 39. № 3. 2005. С. 51—53.
11. Гаранян Г. С., Ханферян Р. А., Оганесян Э. Т. Химическое обоснование и биологическое исследование гидролизата на основе культур молочнокислых бактерий // *Хим.—фармац. журн.* Т. 44, № 8. 2010. С. 46—49.
12. Овсянникова Л. В., Комарова Е. Л. Сравнительная характеристика протеолитических ферментов растительного происхождения — папаина и бромелайна // *БАД*. 2012. № 7 (74). С. 3.
13. Закономерности гидролиза сывороточных белков экзо— и эндопротеазами / Головач Т.Н. и др. // *Труды БГУ. Биохимия*. 2008. Т. 3(1). С. 1—15.
14. Якубке Х.—Д., Ешкайд Х. Аминокислоты, пептиды, белки: Пер. с нем. М.: Мир, 1985. 456 с
15. Биохимия белков: практикум для студентов биол. фак. спец. 1—31 01 01 «Биология» / Семак И. В. и др. Минск: БГУ 2007. 49 с.
16. Ливинская Е. П., Коваленко Н. К., Гармашева И. Л. Дезинтеграция лактобацилл и энтерококков для получения фрагментов клеточных стенок // *Мікробіологічний журнал*. 2011. Т. 73. № 3. С. 26—32.

References

1. Chapot—Chartier, M.—P. & Kulakauskas, S. (2014). Cell wall structure and function in lactic acid bacteria. *Microbial Cell Factories*. 13 (Suppl 1), 9, 1—23. DOI: 10.1186/1475—2859—13—S1—S9
2. Kapustyan, A. I. & Chernov, N. K. (2015). Perspektivy ispol'zovaniya biologicheski aktivnykh bakterial'nykh gidrolizatov dlya nutritivnoy podderzhki naseleniya s rastroystvami immunnnoy sistemy. *Pishchevaya nauka i tekhnologiya*. 2(31), 18 — 25. DOI: 10.15673/2073—8684.31/2015.44263
3. Chernov, N. & Kapustyan, A. (2016). Immunological properties of the bacterial origin compounds. *Food science and technology*. 10(3), 19—28. DOI: <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v10i3.175>
4. Moreira, O. L. & Zamboni, S. D. (2012). NOD1 and NOD2 Signaling in Infection and Inflammation. *Front Immunol.*, 3, 328. DOI:10.3389/fimmu.2012.00328
5. Kawai, T. & Akira, S. (2010). The role of pattern—recognition receptors in innate immunity: Update on Toll—like receptors. *Nat. Immunol.*, 11, 373—384. DOI:10.1038/ni.1863
6. Kitamura, D. (2008). How the Immune System Recognizes Self and Nonself. Immunoreceptors and Their Signaling. *Dordrecht, the Netherlands: Springer*. 251. DOI:10.1007/978—4—431—73884—8
7. Glushanova, N. A. (2003). Biologicheskie svoystva laktobacill. *Bulletin of Siberian Medicine*, 4, 50—58.
8. Shaphaev, E. G., Tsyrenov, V. Zh. & Chebunina, E. I. (2015). Dezintegratsiya kletok v biotekhnologii. *Ulan—Ude*. 96.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ТА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ГАЛУЗЕЙ АПК

9. Gavrilin, M. V., Sen'chukova, G. V. & Senchenko, S. P. (2007). Vybory optimal'nykh uslovii polucheniya gidrolizatorov molochnokislykh bakterii termokislotsnym sposobom. *Him.—farm. Zhurn.*, 41 (2), 54—56.
10. Senchenko, S. P., Samoilov, V. A., Gostisheva, N. M., Sen'chukova, G. V. & Gavrilin, M. V. (2005). Izuchenie sostava preparata, poluchennogo na osnove gidrolizata molochnokislykh bakterii. *Him.—farmac. Zhurn.*, 39 (3), 51—55.
11. Garanyan, G. S., Hanferyan, R. A. & Oganessian, E. T. (2010). Himicheskoe obosnovaniye i biologicheskoe issledovanie gidrolizata na osnove kul'tur molochnokislykh bakterii. *Him.—farmac. Zhurn.*, 44 (8), 46—49.
12. Ovsyannikova, L. V. & Komarova, E. L. (2012). Sravnytel'naya kharakterystyka proteolytycheskikh fermentov rastytel'nogo proyskhozhdeniya — papayna y bromelayna. *Dietary supplements market*, 7(74), 3.
13. Golovach, T. N., Gavrilenko, N. V., Zhabanos, N. K. & Kurchenko, V. P. (2008). Zakonomirnosti hidrolizu syrovatkovykh bilkiv ekzo— i endoproteaz. *Works BGU of Biochemistry*, 3 (1), 1—15.
14. Yakubke, H.—D. & Eshkide, H. (1985). Aminokisloty, peptidy, belki. Trans. from gem. *Moskva: Mir*, 456.
15. Semak, I. V., Zyryanova, T. N. & Gubich, O. I. (2007). Biohimiya belkov: praktikum dlya studentov biol. Fak. spec. 1—31 01 01. «*Biologiya*». Minsk: BGU, 49.
16. Livinskaya, E. P., Kovalenko, N. K. & Garmasheva, I. L. (2011). Dezintegraciya laktobacill i ehnterokokkov dlya polucheniya fragmentov kletochnykh stenok. *Mikrobiologichnij zhurnal*, 73(3), 26—32.

Cite as

Капустян А. І., Черно Н. К. Комбінований метод дезінтеграції мікробіальної біомаси // Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2017. Т. 81, вип. 2. С. 4 – 11.

Отримано в редакцію 04.09.2017

Прийнято до друку 09.10.2017

Received 04.09.2017

Approved 09.10.2017

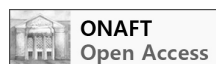
УДК 664.145-027.242

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ МЛИНЦІВ З ЙОДОВМІСНИМИ НАЧИНКАМИ PERSPECTIVES OF MANUFACTURING OF SEMI-FINISHED PANCAKES WITH IODINE—CONTAINING FILLING

Калугіна І. М., канд. техн. наук, доцент, Дзюба Н. А., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій
Iryna Kalugina, Nadya Dzyuba
Odessa National Academy of Food Technologies

Copyright © 2016 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/>

Метою статті є обґрунтування розробки технології заморожених напівфабрикатів млинців підвищеної харчової цінності з ламінарією для профілактики дефіциту йоду та його несприятливих наслідків у населення України. На підставі моніторингу ринку харчової продукції було зроблено висновок про перспективність розширення асортименту саме заморожених напівфабрикатів млинців, як одних з найбільш популярних продовольчих товарів у сучасного споживача. Показана необхідність розробки й впровадження у раціон харчування населення страв здорового харчування, збагачених дефіцитними мікронутрієнтами, в тому числі йодом, для зміцнення здоров'я й профілактики захворювань. Обґрунтовано ефективність використання бурого водорості ламінарії в якості сировини для розробки йодовмісної добавки. У процесі дослідження використані наступні матеріали: порошок ламінарії, сухі слані ламінарії, заморожені напівфабрикати млинців. Масову частку хлоридів натрію визначали аргентометричним методом (за Мором). Фракційний склад добавки, механізм утворення і руйнування її полідисперсної структури досліджували за допомогою седиментаційного методу аналізу. Приведені результати дослідження органолептичних, фізико—хімічних і структурно—механічних властивос-