

**Загорулько Андрій Миколайович** – асистент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, вул. Клочківська 333, м. Харків, 61051;

**Zagorulko Andrey** – assistant, Kharkov State University of Food Technology and Trade, assistant of processes, devices and automation of food production, st. Klochkovskaya 333, Kharkov, 61051; tel.: (050) 547-41-73;

**Загорулько Алексей Евгеньевич** – кандидат технических наук, доцент, Харьковский государственный университет питания и торговли, кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств ул. Клочковская 333, г. Харьков, 61051; тел.: (093) 827-38-66; e-mail: [panamari@mail.ru](mailto:panamari@mail.ru).

**Загорулько Олексій Євгенович** – кандидат технічних наук, доцент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв вул. Клочківська 333, м. Харків, 61051; тел.: (093) 827-38-66; e-mail: [panamari@mail.ru](mailto:panamari@mail.ru).

**Zagorulko Aleksey** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv State University of Food and Trade, an assistant professor of processes, devices and automation of food production, st. Klochkovskaya 333, Kharkov, 61051;

**Киптелея Людмила Васильевна** – доктор технических наук, профессор, кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли ул. Клочковская 333, г. Харьков, 61051; тел.: (067)-988-51-52; e-mail: [Kiptelaya@mail.ru](mailto:Kiptelaya@mail.ru).

**Киптелея Людмила Васильевна** – доктор технічних наук, професор, Харківський державний університет харчування та торгівлі, кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв вул. Клочківська 333, м. Харків, 61051; тел.: (067)-988-51-52; e-mail: [Kiptelaya@mail.ru](mailto:Kiptelaya@mail.ru).

**Kiptelaya Lyudmila** – Professor, Doctor of technical sciences, Kharkiv State University of Food and Trade, an assistant professor of processes, devices and automation of food production, st. Klochkovskaya 333, Kharkov, 61051;

УДК 577.152.3 + 663.15

**Т. С. ТОДОСІЙЧУК, О. М. ДУГАН**

## ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ОТРИМАННЯ ІММОБІЛІЗОВАНОГО ГІДРОЛІТИЧНОГО ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ

Робота присвячена дослідженню технологічних режимів іммобілізації гідролітичного ферментного комплексу (ГФК) з *Streptomyces albus* адсорбційним методом на аеросилі. Встановлено вплив температури, концентрації носія (аеросилу марки А-300) та тривалості іммобілізації на ефективність процесу та активність ферментного комплексу. Досліджена можливість іммобілізації ферментного комплексу безпосередньо в ході біотехнологічного процесу та показано її переваги порівняно з адсорбцією з розчину готового ферментного препарату. Результати дослідження можуть бути використані при розробці нормативно-технічної документації на виробництво іммобілізованого гідролітичного ферментного препарату (ГФП).

**Ключові слова:** гідролітичні ферменти, іммобілізація, абсорбція, літична активність, параметри, ферментний препарат.

**Вступ.** Гідролітичні ферменти знайшли застосування в широких галузях промисловості, медицини, народного господарства та науки завдяки своїй здатності до деградації різноманітних субстратів [1, 2]. Однак, у технології та медицині довгий час використовували препарати нативних ферментів, що обмежувало термін та умови їх використання. Іммобілізовані препарати, на відміну від нативних, мають ряд переваг: підвищена ефективність і стабільність, зручність та тривалість застосування [3-5]. Лише основні вказані переваги обумовлюють інтерес науковців до пошуку оптимальних умов іммобілізації різних гідролаз та виправдовують витрати на тривалі дослідження та розробку їх технологій.

Використання мікробного біосинтезу для отримання гідролітичних ферментів за своїми економічними показниками значно перевищує інші способи. Тому, доцільним є розробка мікробних ферментних препаратів, а суттєвими параметрами удосконалення біотехнологій іммобілізованих гідролаз є підбір оптимального носія, умов і режимів іммобілізації, зниження витрат на стадіях виділення продукту. Актуальність роботи в даному напрямку обумовлюється відсутністю вітчизняних біотехнологій іммобілізованих гідролітичних препаратів, реалізованих у промисловості. Поряд з цим важливе науково-практичне зна-

чення має дослідження методів модифікації ферментів з метою створення препаратів із високою активністю та контрольованою специфічністю.

**Аналіз літературних даних та постановка проблеми.** Високий рівень витрат на виділення ферментних препаратів надає особливого значення вибору оптимальних шляхів отримання продукту. Вибір методів виділення у першу чергу залежить від фізико-хімічних властивостей культуральної рідини (КР), характеристик ферменту та вимог до його товарної форми (ступеня чистоти), а також пов'язаний з економічністю процесів.

Культуральна рідина, яку отримують після культивування продуцентів ферментів, містить велику кількість баластних речовин. В сільському господарстві можна використовувати практично неочищені ферментні препарати, але в таких галузях як харчова, текстильна промисловості й, особливо, в медицині використовують лише очищені препарати ферментів, частково або повністю звільненні від баластних речовин [4, 6]. При отриманні очищених ферментних препаратів біомасу продуценту разом із залишками поживного середовища відділяють фільтруванням, центрифугуванням або сепарацією.

Виділення ферментів з концентрованих розчинів можливо здійснити методом адсорбції. Цей метод до-

зволяє концентрувати та розділяти ферменти. Найкращі умови сорбції створюються при наявності спорідненості сорбуючого матеріалу до ферменту. Широке застосування мають іонообмінні смоли, а також різні іономісткі матеріали органічного та неорганічного походження, такі як: крохмаль, целюлоза, декстран, карбоксиметилцелюлоза, сефадекси, селікагель, бентоніт, глауконіт та інші. Для виділення амілази, наприклад, оптимальним сорбентом є модифікований крохмаль, що сорбує лише амілазу, для якої є субстратом. Модифікований крохмаль застосовується для розділення амілаз і протеїназ [7, 8].

Комбінування різних методів виділення та очистки є типовим прийомом в технології ферментних препаратів, що дозволяє оптимізувати процес отримання високоочищених продуктів.

Так, із супернатанту культури *Trichoderma harzianum* CECT 2413 були виділені три білка з хітиною активністю [9]. Очистку проводили осадженням сульфатом амонію, адсорбцією на колоїдному хітині з наступним його розщепленням адсорбованими ферментами і хроматофокусуванням.

Оскільки одним з методів іммобілізації є адсорбція на нерозчинних носіях, цей варіант виділення ферментів після виробничого біосинтезу може розглядатися одночасно й як метод отримання препаратів з підвищеною реактивністю і стабільністю [5, 7]. Головний недолік цього методу полягає в тому, що фермент може зв'язуватися з носієм недостатньо міцно. Десорбцію ферменту можуть викликати незначні зміни зовнішніх умов: рН, іонної сили, температури і природи розчинника. На визначення оптимальних режимів іммобілізації, що забезпечать високу каталітичну активність препарату та стабільність й спрямовують сучасні дослідження та розробки.

Так, проведені систематичні дослідження по розробці високостабільного гетерогенного біокаталізатору для процесу неперервного гідролізу крохмалю на основі адсорбованої глюкоамілази. Іммобілізована глюкоамілаза зберігає високу біокаталітичну активність через 1-1,5 років зберігання при кімнатній температурі [10].

Інтерес представляє вивчення іммобілізації пектаваморину з метою отримання дешевого і стабільного біологічного каталізатору. Іммобілізацію пектаваморину Г10Х проводили включенням  $30 \text{ см}^3$  7%-го водного розчину ферментного препарату в поліакриламідний гель. Для покращення зв'язування ферменту в полімеризаційну суміш вводили глутаровий альдегід в якості модифікатору. Відмічено збільшення пектинестеразної активності при зберіганні ферменту, який іммобілізований в поліакриламідний гель [11].

Аналіз опрацьованої літератури дозволяє визначити, що перспективи використання адсорбційних методів для виділення ферментних препаратів, у порівнянні з іншими методами, зумовлені можливістю обробки великих об'ємів розчинів при відносно простому апаратурному оформленні та скорочених термінах, зниженням енергосемності процесу та втрат активності при концентруванні ферментів, можливістю одночасно з концентруванням здійснювати очищення від баластних домішок. Очевидно, що у багатьох випадках

адсорбційні процеси можуть розглядатися як ефективні та економічні методи отримання іммобілізованого продукту в технології ферментних препаратів.

**Ціль та задачі дослідження.** Метою дослідження є визначення впливу умов іммобілізації гідролітичного ферментного комплексу мікробного походження адсорбційним способом на активність ферменту.

Задачею дослідження є встановлення режимів іммобілізації гідролітичного ферментного комплексу адсорбційним способом на аеросилі в процесі біотехнологічного виробництва.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

1. Дослідження можливості адсорбції гідролітичного ферментного комплексу з культурального фугату після біосинтезу продукту.

2. Визначення оптимальних значень досліджуваних параметрів (температури, концентрації носія (аеросилу марки А-300) та тривалості іммобілізації) для отримання іммобілізованого препарату.

**Матеріали та методи дослідження параметрів іммобілізації гідролітичного ферментного комплексу адсорбційним методом.** В роботі використовували ферментний комплекс та готовий препарат, що синтезується мікробним штамом-продуцентом *Streptomyces albus* ІМВ Ас-5030 та містить глікозидази, мурамідази, протеїнази, протеази та інші ензими [12].

Біосинтез ГФК проводили у колбах на  $750 \text{ см}^3$  на качалках при частоті обертання  $240 \text{ хв}^{-1}$ , протягом 72-96 годин при температурі  $28 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  на середовищі наступного складу, (г/дм<sup>3</sup>): глюкоза - 6,0; соєве борошно дезодороване - 8,0; NaCl - 14,0;  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$  - 2,0;  $\text{CaCl}_2$  - 4,5;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  - 5,8;  $\text{MnCl}_2 \times 4 \text{H}_2\text{O}$  - 0,04. рН 7,8-8,2.

Для визначення літичної активності ферментних препаратів були використані мікробні тест-культури *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* як моделі грам-позитивних та грамнегативних патогенів та *Lactobacillus bulgaricus* 86 – як культуру, що є перспективним джерелом отримання біологічно активних препаратів (структур клітинної стінки, певних органел тощо).

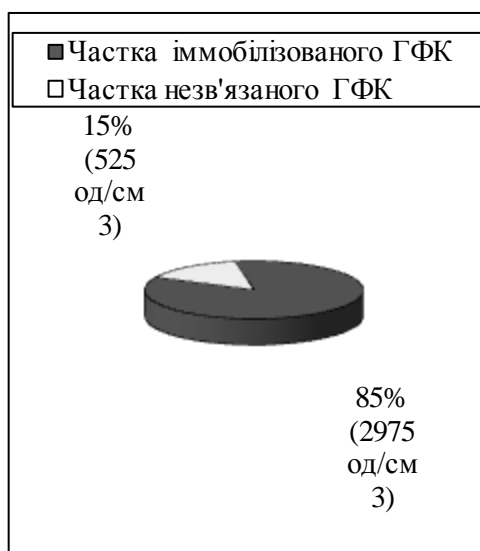
Літичну активність (ЛА) ферментного препарату визначали за здатністю до лізису суспензії тест-культур та виражали у од/мл. За одиницю ЛА приймали кількість ферменту, яка знижує густину суспензії тест-культури на 0,001 оптичної одиниці за 1хв. Визначення проводили турбідиметричним методом [12] у наступній модифікації: до 4 мл суспензії тест-культури (оптичною густиною 0,7-0,8 ОД при  $\lambda = 540 \text{ нм}$ ) додавали 0,1-0,3 мл розчину ферменту та інкубували впродовж 10 хв. при  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

У якості носія для іммобілізації використовували аеросил марки „Силікс” А-300. Іммобілізацію проводили адсорбційним способом, вносячи носій у робочий розчин ферментного препарату (40 мг/мл) до концентрації рідкого гелю (5-7 %) та перемішуючи на магнітній мішалці протягом 30 хв. [13]. Іммобілізацію проводили у водному розчині ферменту, а також у культуральному фугаті після процесу біосинтезу. Утворений гель центрифугували протягом 20 хвилин при  $5000 \text{ хв}^{-1}$  і видаляли надосадову рідину. Осад іммобілізованого препарату висушували у термостаті протя-

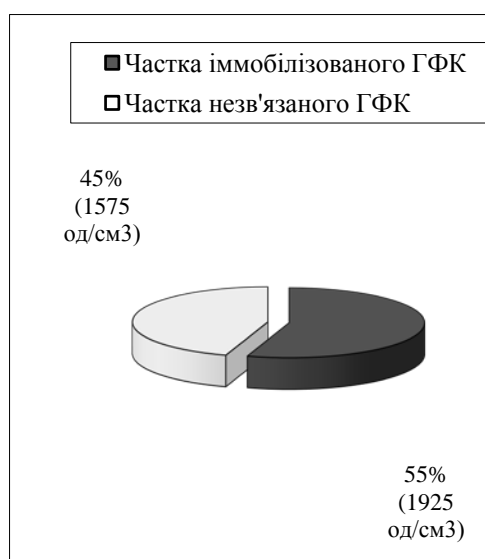
гом 1-2 годин при температурі 30 С. Активність препарату аналізували за наведеними вище методиками визначення ЛА.

**Результати дослідження параметрів іммобілізації гідролітичного ферментного комплексу адсорбційним методом.** До основних параметрів процесу іммобілізації ферментів, що визначають її ефективність, відносять рН, температуру, концентрацію носія та тривалість контакту [3 - 5]. Однак, при проведенні іммобілізації в ході біотехнологічного виробництва іммобілізованого препарату та використанні, відповідно, фугату культуральної рідини, доцільність корегування рН є сумнівним, зважаючи на багатокомпонентність фугату та рівень підвищення ефективності процесу у розчині препарату.

Для з'ясування останнього питання, було проведено порівняльну іммобілізацію ферментного комплексу з розчину готового ГФП та культурального фугату, отриманого в процесі біосинтезу ГФК (рис. 1).



а



б

Рис. 1 – Порівняння ефективності іммобілізації ГФК з використанням: а - фугату культуральної рідини продуценту; б - розчину готового ферментного препарату

Отримані дані вказують на значну різницю ефективності процесу іммобілізації ферментного комплексу у вказаних варіантах. Так, вміст ферментного комплексу у надосадовій рідині, після відділення іммобілізованого препарату з фугату значно нижчий, ніж аналогічний показник при використанні розчину готового ферменту – 15 проти 45 %.

Подані результати свідчать про високу ефективність процесу іммобілізації ферментного комплексу з фугату культуральної рідини продуценту, що, очевидно, не потребує додаткового корегування рН.

Наведене дослідження проводили, використовуючи концентрацію аеросилу 3% при температурі 22±2°C впродовж 30 хв, тому наступним етапом було визначення оптимальної температури та концентрації аеросилу (носія) в процесі іммобілізації. Вказані параметри варіювали в діапазонах, що визначалися термолабільністю об'єкту іммобілізації та технологічністю процесу. Іммобілізацію проводили, використовуючи фугат КР, що містив досліджуваній ГФК, та контролювали процес за лактолітичною активністю.

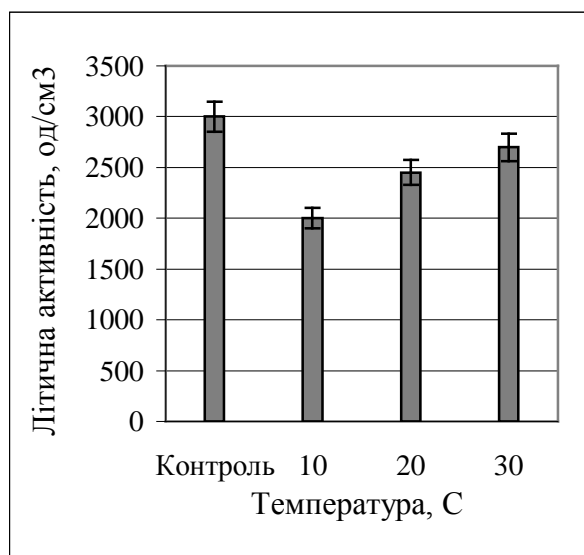
Експериментальні дані, представлені на рис. 2 (а), вказують на підвищення ефективності іммобілізації зі збільшенням температури.

Зважаючи на термолабільність білку та зв'язування ферменту при 30°C на рівні 90 %, очевидно використання більш високих температур є недоцільним, в тому числі з економічної точки зору. Тому, рекомендованою температурою для адсорбційної іммобілізації ГФК на аеросилі можна вважати 28-32 °C .

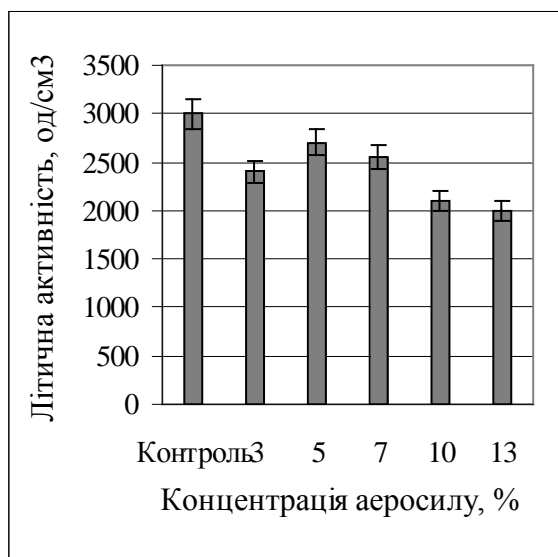
Діапазон досліджуваних концентрацій аеросилу в процесі іммобілізації був обумовлений фізичними характеристиками реакційної системи та, відповідно, технологічністю процесу. Так, при концентрації аеросилу 3 % реакційна система мала стан рідкого гелю, що надалі добре розділявся при центрифугуванні. Починаючи з концентрації носія 7% утворювався більш щільний гель, що практично не розділявся центрифугуванням.

Дані, наведені на рис. 2, вказують, що максимальне зв'язування ферменту відбувається при концентрації аеросилу 5-7 % та при підвищенні концентрації останнього ефективність іммобілізації знижується. Причому, зразки з вмістом аеросилу 10-13 % мали стан густого гелю та не розділялися центрифугуванням, а відразу висушувалися контактним способом. Тому, зниження літичної активності зразків препарату з максимальним вмістом носія може бути наслідком часткової інактивації ферменту впродовж більш тривалого висушування при 30-35 °C.

Отже, оптимальною концентрацією носія для іммобілізації ферментного комплексу при наступному контактному способі висушування є 5 %, що дозволяє досягти максимального рівня зв'язування ферменту (90 %) та дає можливість видалити рідину після центрифугування. При використанні іншого способу сушки можна використовувати концентрацію аеросилу 7-8 % без наступного відділення рідини – при цьому в препарат потрапить навіть не зв'язаний фермент, що може бути закріплений додатково в процесі сушки та виявляти свою активність при використанні препарату.



а



б

Рис. 2 – Вплив технологічних параметрів на ефективність процесу іммобілізації ГФК: а - температури; б – концентрації аеросилу

Оптимальну тривалість процесу іммобілізації визначали в інтервалі часу 15-90 хв, що вказаний як ефективний для аналогічних розробок [5, 7]. Очевидно, що впродовж 30-45 хв. відбувається максимальна адсорбція ферментного комплексу на аеросилі, а отже не доцільно подовжувати її час понад 45 хв., про що свідчить однаковий рівень активності зразків (2800 од/см<sup>3</sup>), отриманих при іммобілізації ферменту впродовж 45-75 хв. (рис. 3). Подальше збільшення часу взаємодії призводить до втрат ферменту, очевидно, внаслідок його термолабільності – інкубації досить тривалий час при 30 °С у водному середовищі.

Отже, узагальнюючи визначені технологічні режими процесу іммобілізації ферментного комплексу з культурального фугату, можна встановити, що такими є: температура 28-32 °С, концентрація аеросилу 5-7% (в залежності від способу сушки) при тривалості процесу 30-45 хв. Визначені параметри та особливості процесу можуть бути покладені в основу розробки способу іммобілізації та технічної документації

на виробництво іммобілізованого ГФП.

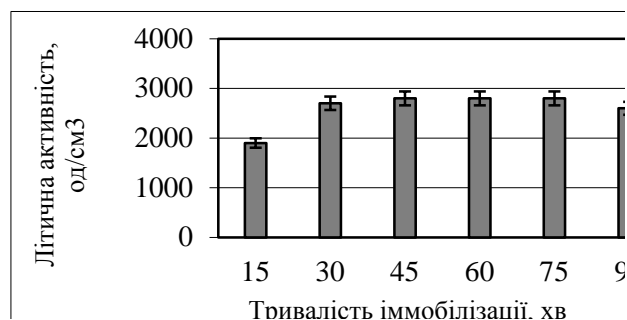


Рис. 3 – Вплив тривалості іммобілізації ГФК на ефективність процесу

**Обговорення результатів дослідження параметрів іммобілізації гідролітичного ферментного комплексу адсорбційним методом.** В представленому дослідженні проведено порівняння ефективності отримання іммобілізованого ГФП мікробного походження з фугату культуральної рідини, отриманого в процесі біотехнологічного виробництва, та з розчину готового ферментного препарату. Отримані дані свідчать, що при іммобілізації ферменту з фугату зв'язується 85 % продукту, а використання для цього готового ферменту у розчині призводить до його іммобілізації лише на рівні 55 %. Очевидно, сухий фермент містить речовини, що повністю не видаляються в процесі очистки (метаболіти та компоненти живлення) та потрапляють у розчин у підвищеній концентрації та пригнічують процес іммобілізації. Можливо, також, що саме ці речовини частково закріплюються на носії, перешкоджаючи іммобілізації окремих ферментів комплексу.

В культуральному фугаті також присутні залишки метаболітів та компонентів живлення, однак, очевидно, їх концентрація в цьому випадку є значно меншою. Можливим фактором пригнічення процесу у випадку використання розчину готового ферменту є присутність стабілізатора (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), що додається в препарат, а саме, вірогідно, іонів натрію.

Показаний вплив концентрації аеросилу на технологічні процеси подальшої обробки напівпродукту, а саме відділення, концентрування та сушки, дозволяє отримувати різні готові форми продукту. Так, подальше після іммобілізації висушування концентрованої суміші контактним способом без попереднього центрифугування дає змогу одержати гранульований препарат технічного призначення. Такий іммобілізований гідролітичний ферментний препарат може бути використаний у складі порошкоподібних синтетичних миючих засобів або для знешкодження/зnezараження побутових відходів.

У разі ж ліофільного висушування суміші іммобілізованого препарату, що попередньо може бути простерилізований та сконцентрований баромембранними методами, може бути отриманий препарат для ветеринарії або (після проведення відповідних досліджень) для лікувальної практики.

## Висновки

1. Встановлені оптимальні параметри процесу

імобілізації гідролітичного ферментного комплексу адсорбційним способом на аеросилі марки А-300: температура 28-32 °С, концентрація носія 5-7 %, тривалість процесу 30-45 хв.

2. Показані переваги отримання іммобілізованого гідролітичного ферментного препарату безпосередньо в процесі біотехнологічного виробництва, що визначає можливість поєднання процесів виділення ферменту та створення відповідної готової форми продукту.

**Список літератури:** 1. Kumar, J. P. Production of industrially important enzymes by some actinomycetes producing antifungal components [Text] / J. P. Kumar, J. Richa, P. C. Jain // Hindustan Antibiot. Bull. – 2003–2004. – Vol. 45–46. – P. 29–33. 2. Salazar, O. Enzymatic lysis of microbial cells [Text] / O. Salazar, J. Asenjo // Biotechnology letters. – 2007. – Vol. 29, No 7. – P. 985–994. 3. Chang, M-Y. Activities, stabilities and reaction kinetics of three free and chitosan-clay composite immobilized enzyme [Text] / M-Y. Chang, R-S. Juang // Enz. Microbial Technology. – 2004. – Vol. 35. – P. 437–443. 4. Jose, M. Immobilization of enzymes and cells [Text] / M. Jose // Second edition. Humana Press. – 2006. – P. 128. 5. Jose, M. Improvement of enzyme activity, selectivity and stability via immobilization techniques [Text] / M. Jose // Enzyme and Microbial Technology. – 2007. – Vol. 40, No 6. – P. 1451–1463. 6. Lageiro, M. Microbial proteases application in leather industry [Text] / M. Lageiro, M. Moura, A. Reis [et al.] // Journ. of Biotechnology. – 2007. – Vol. 131, No 2. – P. 239–240. 7. Колесник, Л. А. Иммобилизация  $\alpha$ -амилазы. Свойства иммобилизованного фермента [Текст] / Л. А. Колесник // Прикладная микробиология. – 1995. – No 2. – С. 20–25. 8. Berlin, A. Evaluation of cellulase preparations for hydrolysis of hardwood substrates [Text] / A. Berlin, N. Gilkes, D. Kilburn [et al.] // Appl. Biochem. Biotechnol. – 2006. – Vol. 129–132. – P. 528–545. 9. Маркович, Н. А. Литические ферменты Trichoderma и их роль при защите растений от грибных болезней [Текст] / Н. А. Маркович, Г. Л. Кононова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39, No 3. – С. 389–400. 10. Коваленко, Г. А. Углеродсодержащие макроструктурированные керамические носители для адсорбционной иммобилизации ферментов и микроорганизмов. II. Биокаталитические свойства адсорбированной глюкоамилазы [Текст] / Г. А. Коваленко, О. В. Комова, А. В. Симаков [и др.] // Биотехнология. – 2002. – No 5. – С. 81–93. 11. Lingui, C. Immobilized enzymes: science or art? [Text] / C. Lingui // Chemical Biology. – 2005. – Vol. 9, No2. – P. 217–226. 12. Тодосійчук, Т. С. Аналіз специфічності готових форм антимікробних препаратів з Streptomyces albus [Текст] / Т. С. Тодосійчук, О. В. Покас // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2015. – No 4/6 (76). – С. 58–61. 13. Тодосійчук, Т. С. Дослідження ефективності іммобілізації ферментного препарату циторецифен адсорбційним методом [Текст] / Т. С. Тодосійчук, М. А. Григор'єва, Н. В. Москаленко // Український журнал медичної техніки і технології. – 2007. – No 1. – С. 17–25.

**Bibliography (transliterated):** 1. Kumar, J. P., Richa, J., Jain, P. C. (2003–2004). Production of industrially important enzymes by some actinomycetes producing antifungal components. Hindustan Antibiot. Bull., Vol. 45–46, 29–33. 2. Salazar, O., Asenjo, J. (2007). Enzymatic lysis of microbial cells. Biotechnology letters, Vol. 29, No 7, 985–994. 3. Chang, M-Y., Juang, R-S. (2004). Activities, stabilities and reaction kinetics of three free and chitosan-clay composite immobilized enzyme. Enz. Microbial Technology, Vol. 35, 437–443. 4. Jose, M. (2006). Immobilization of enzymes and cells. Second edition. Humana Press, 128. 5. Jose, M. (2007). Improvement of enzyme activity, selectivity and stability via immobilization techniques. Enzyme and Microbial Technology, Vol. 40, No 6, 1451–1463. 6. Lageiro, M., Moura, M., Reis, A. [et al.] (2007). Microbial proteases application in leather industry. Journ. of Biotechnology, Vol. 131, No 2, 239–240. 7. Kolesnik, L. A. (1995). Immobilizaciya  $\alpha$ -amilazy. Svoystva immobilizovannogo fermenta. Prikladnaya mikrobiologiya, No 2, 20–25. 8. Berlin, A., Gilkes, N., Kilburn, D. [et al.] (2006). Evaluation of cellulase preparations for hydrolysis of hardwood substrates. Appl. Biochem. Biotechnol., Vol. 129–132, 528–545. 9. Markovich, N. A., Kononova, G. L. (2003). Liticheskie fermenty Trichoderma i ix rol pri zashhite rastenij ot gribnyx boleznej. Prikladnaya bioximiya i mikrobiologiya, T. 39, No 3, 389–400. 10. Kovalenko, G. A., Komova, O. V., Simakov, A. V. [i dr.] (2002). Uglerodsoderzhashhie makrostrukturirovannye keramicheskie nositeli dlya adsorbcionnoj immobilizacii fermentov i mikroorganizmov. II. Biokataliticheskie svoystva adsorbirovannoj glyukoamilazy. Biotexnologiya, No 5, 81–93. 11. Lingui, C. (2005). Immobilized enzymes: science or art? Chemical Biology, Vol. 9, No2, 217–226. 12. Todosijchuk, T. S., Pokas, O. V. (2015). Analiz specifichnosti gotovix form antimikrobnix preparativ z Streptomyces albus. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, No 4/6 (76), 58–61. 13. Todosijchuk, T. S., Grigoreva, M. A., Moskalenko, N. V. (2007). Doslidzhennya efektyvnosti immobilizacii fermentnogo preparatu citorecifem adsorbicijnim metodom. Ukraïns'kij zhurnal medichnoï tekhniki i tehnologii, No 1, 17–25.

Поступила (received) 10.12.2015

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Тодосійчук Тетяна Сергіївна** – кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «КПІ», доцент кафедри промислової біотехнології; адреса: просп. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056;

**Тодосійчук Тат'яна Сергіївна** – кандидат технічних наук, Национальный технический университет Украины «КПИ», доцент кафедри промислової біотехнології; адрес: ул. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056;

**Todosijchuk Tetiana** – PhD, National Technical University of Ukraine "KPI", Associate Professor, Department of Industrial Biotechnology Address: Str. Victory, 37, Kiev, Ukraine, 03056;

**Дуган Олексій Мартем'янович** – доктор біологічних наук, Національний технічний університет України «КПІ», декан Факультету біотехнології і біотехніки; адреса: просп. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056;

**Дуган Алексей Мартемьянович** – доктор биологических наук, Национальный технический университет Украины «КПИ», декан факультета биотехнологии и биотехники; адрес: ул. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056; тел. (044) 204-83-12; e-mail: [biotech@fbt.ntu-kpi.kiev.ua](mailto:biotech@fbt.ntu-kpi.kiev.ua).

**Dugan Aleksey** – Doctor of Biological Sciences, National Technical University of Ukraine "KPI", Dean of the Faculty of Biotechnology and Bioengineering; Address: ul. Victory, 37, Kiev, Ukraine, 03056;