

ГІГІЄНІЧНІ АСПЕКТИ БІОТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

В.І. Смоляр, доктор мед. наук, професор, Г.І. Петрашенко, кандидат мед. наук
Інститут екогігієни і токсикології ім. Л.І. Медведя, м. Київ

Резюме. В статті наведені приклади використання біотехнології у виробництві харчових продуктів. Показані напрямки розвитку біотехнології харчових продуктів, а також продукція, вироблена з використанням біотехнології в харчовій промисловості, роль мікробів у синтезі білка та екзополісахаридів.
Ключові слова: біотехнології, харчові продукти, синтез, білок.

Резюме. В статье приведены примеры использования биотехнологии в производстве пищевых продуктов. Показаны направления развития биотехнологии пищевых продуктов, а также продукция, произведенная с использованием биотехнологии в пищевой промышленности, роль микробов в синтезе белка и экзополисахаридов.
Ключевые слова: биотехнологии, пищевые продукты, синтез, белок.

Summary. The examples of utilization of biotechnology in food industry are given in the article. Directions of development of biotechnology in food industry, role of microbes in protein and polysaccharide synthesis are presented in the article.
Key words: biotechnology, food industry, synthesis, protein.

Широке використання продукції сучасної біотехнології — один із перспективних шляхів забезпечення харчовими продуктами. У наш час сфера використання продукції біотехнології в харчовій промисловості постійно розширюється [1]. На її основі створені та створюються нові технологічні процеси, нові продукти харчування та харчові речовини.

Методи біотехнології широко використовуються в різних галузях промисловості та сільського господарства (рис. 1). Розрізняють класичну і нову біотехнологію. До класичної відносять використання біотехнологічних процесів у промисловості, для селекції рослин, для одержання ферментів у харчовій промисловості. Принципово новими методами є генна інженерія за допомогою ДНК, а також використання різних негенетичних методів (міко-білків, спеціальних жирів, модифікованих жирів і цукрів, мікроорганізмів).

Подальший розвиток технологічних процесів, що ґрунтуються на біотехнології, буде залежати від удосконалення існуючих процесів (ферментація, іммобілізуєча біокаталітична технологія та виробництво харчових добавок), а також від розробки нових галузей використання біотехнології (рис. 2). Шляхом біотехнології виробляють різноманітні продукти і харчові речовини (табл. 1).

Пошуки ефективних шляхів збільшення білкових ресурсів є одним з головних завдань сучасної біотехнології. Вирішення цієї проблеми знайшло конкретне відображення в налагодженні багатотонажного виробництва кормового білка мікробного синтезу на основі нехарчової сировини (вуглеводів

нафти, синтетичних спиртів, природного газу та інших джерел) [2].

Білки одноклітинних організмів за вмістом незамінних амінокислот, вітамінів та мікроелементів порівнянні з рослинними і тваринними білками (табл. 2). Особливий інтерес до одержання білка шляхом біотехнології пояснюється високою швидкістю і економічною вигодою його виробництва: в середньому за 1-6 годин виникає подвоєння мікробної біомаси, що містить найрізноманітніші джерела вуглеводів: крохмаль, целюлозу, парафіни нафти, природний газ, вуглекислий газ, відходи картоплепереробної і цукрової промисловості. Незаперечною перевагою виробництва білка мікробіологічного синтезу є можливість направленої селекції штамів, невисока трудомісткість виробничих процесів порівняно з сільським господарством, компактність приладів для безперервного культивування мікроорганізмів незалежно від сезону і клімату за наявності точного обліку і планування виробництва.

Тепер для одержання білка шляхом мікробіологічного синтезу використовують дріжджі, бактерії, нижчі гриби. Дріжджову масу, що одержала назву БВК, використовують лише на корм сільськогосподарським тваринам. Цьому передувало широке вивчення хімічного складу, а також медико-біологічної дії білка на п'ять видів лабораторних тварин.

При цьому не виявлено канцерогенної, лейкозогенної дії, а також не встановлено ембріотоксичного, тератогенного і мутагенного ефекту на ряді поколінь експериментальних тварин. Але в БВК, крім нестачі метіоніну, були виявлені невластиві

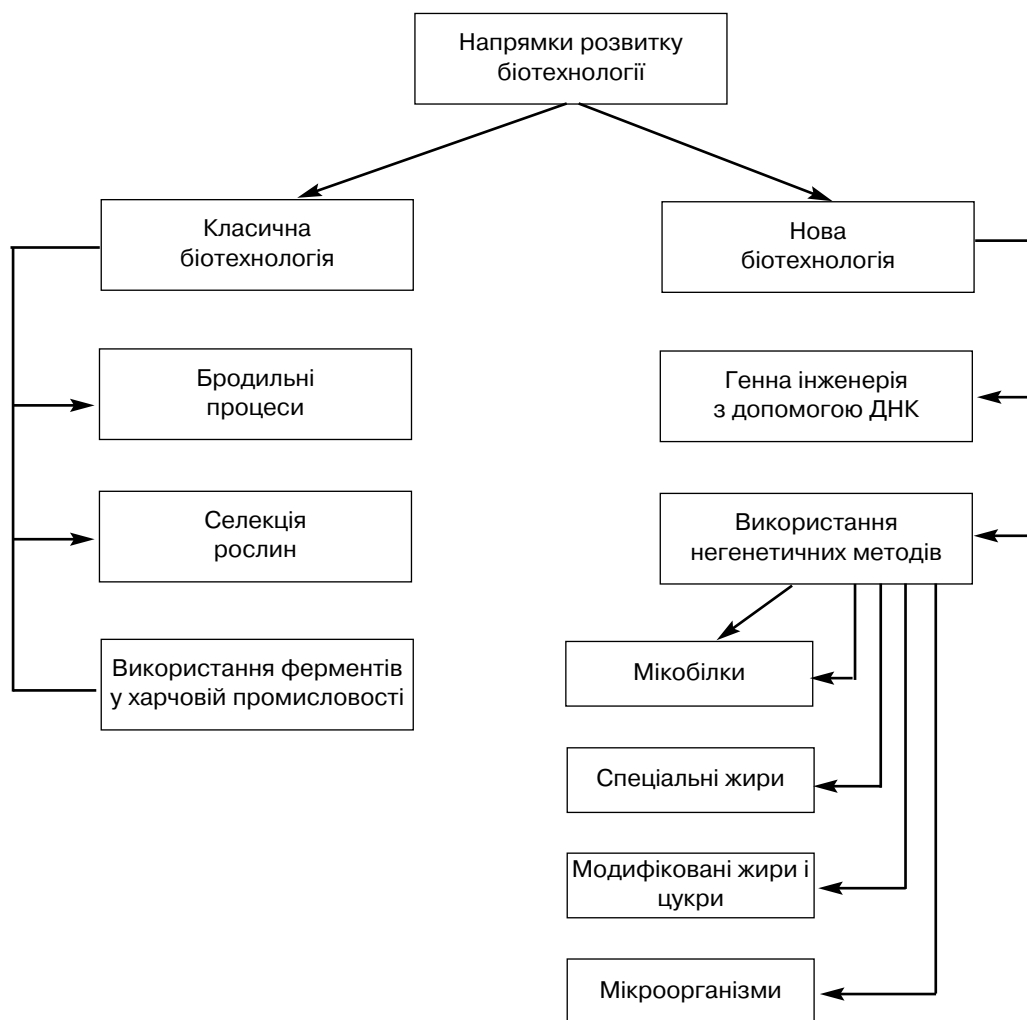


Рис. 1. Напрямки розвитку біотехнології харчових продуктів

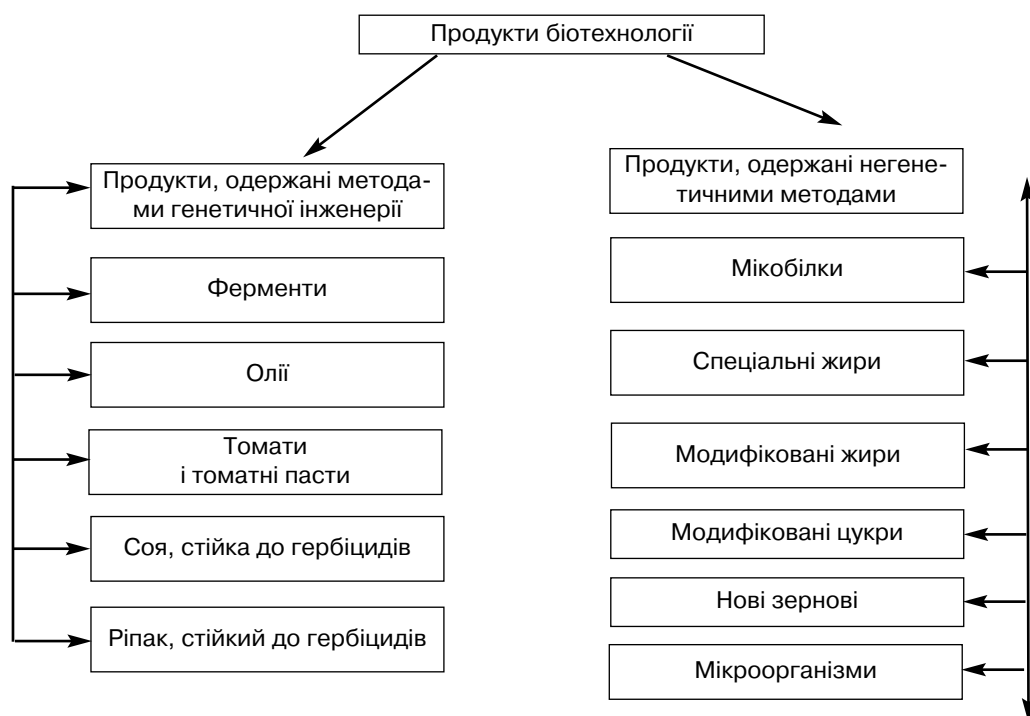


Рис. 2. Класифікація харчових продуктів, одержаних методами біотехнології

Таблиця 1

Продукція, вироблена з використанням біотехнології в харчовій промисловості

Продукти	Основний кінцевий продукт
Амінокислоти	Смакові добавки, вітаміни, консерванти
Лимонна кислота	Харчові добавки, допоміжні речовини для обробки
Ферменти	Допоміжні речовини для обробки
Вітаміни	Харчові і кормові добавки, вітамінізовані продукти
Пекарські дріжджі	Зернові та вітамінізовані продукти, харчові добавки
Пиво	Напої
Сири	Їжа
Продукти бродіння	Їжа

Таблиця 2

Амінокислотний склад білків, синтезованих різними продуктами, г/100 г білка

Амінокислоти	Еталон ФАО	Дріжджі	Бактерії	Грибний білок			Білок ЕНЕОС
				№ 1	№ 2	№ 3	
Лейцин	4,8	9,1	5,6	7,2	8,7	6,3	8,6
Ізолейцин	4,2	6,0	3,6	3,6	3,1	3,4	6,0
Валін	4,2	7,3	4,5	5,8	6,9	5,0	6,2
Лізин	4,2	7,1	6,5	7,0	3,3	4,4	9,1
Метіонін	2,2	1,6	2,0	2,8	2,0	2,2	2,5
Цистин	2,0	0,4	0,6	3,5	3,7	2,9	
Фенілаланін	2,8	5,3	2,9	3,9	3,8	5,6	5,1
Треонін	2,8	6,1	4,0	4,3	3,1	5,3	1,5
Триптофан	1,4	1,5	1,2	—	—	—	—

організму людини жирні кислоти з непарною кількістю вуглецевих атомів, нехарактерні для харчових продуктів, а також незвичні амінокислоти, Д-оптичні ізомери амінокислот, стеринів, аміноцукрів і пептидів, високий вміст нуклеїнових кислот (6–22 %). За показниками, що характеризують біо-

логічну цінність, білки БВК значно поступаються казеїну. Широкі дослідження, виконані на сільськогосподарських тваринах, дозволили встановити, що найбільш ефективною є заміна не більше 25 % білків корму тварин на білок БВК. Причому оптимальною є величина 10–15 %. За гігієнічною оцін-

кою м'яса тварин з'ясувалося, що воно за своїми фізико-хімічними властивостями практично не відрізнялося від звичайного м'яса, а в разі збільшення кількості БВК до 20–25 % відбувалося зменшення вологості в м'ясі, зниження маси тіла наступних поколінь, наявність вуглеводів в сільськогосподарських продуктах, особливо в печінці, м'язах і яйцях курей, в молочних продуктах. Ці факти дослідники пов'язують з перебудовою білкової молекули та дисферментозом підшлункової залози, що проявлялось зниженням активності амілази, протейнази і хімотрипсину. Молочні продукти, одержані від тварин, яким згодовували БВК, викликали зміни ліпідного обміну у лабораторних тварин. Включення до харчування тричі на день 100 г м'яса сільськогосподарських тварин, які одержували 25 % білка БВК, загалом свідчило про їхню прийнятність. Разом з тим, у 7 добровольців були виявлені окремі прояви непереносимості (відрижки, блювота, неприємні смакові відчуття).

Як з'ясувалось, проблема використання білка мікробіологічного синтезу безпосередньо в їжу людини пов'язана з наявністю низки негативних ефектів [3]. Встановлена можливість продукування мікроскопічними грибами токсичних і канцерогенних метаболітів. Найнебезпечнішими з них є мікотоксини, особливо афлатоксини. Високий вміст в біомасі одноклітинних, крім порушення пуринового обміну, не виключає їхньої мутагенної дії. Роль нуклеїнових кислот пов'язана не лише з передачею генетичної інформації. Виявлено їхню широкую загальнобіологічну дію, зокрема на процеси імуногенезу. Тому надлишкове надходження нуклеїнових кислот не може не викликати великої тривоги. Вміст нуклеїнових кислот у біомасі бактерій становить 10–16 %, дріжджів — 6–12%, і менше за все їх в біомасі нижчих грибів — 1,2–2,8%, що переважно визначається джерелом вуглецю.

У зв'язку з низкою істотних недоліків визнано, що мікробна біомаса — це лише сировина, придатна для виділення з неї харчових речовин у чистому вигляді [4].

Перспективним напрямком слід вважати розробки технології одержання білкових ізолятів (табл. 3). Виділення білкових компонентів пов'язане з трьома основними моментами: дезінтеграцією клітинних оболонок, екстракцією білків і нуклеїнових кислот і їхнім розділенням. Необхідність дезінтеграції нині є загальноновизнаною. Для виділення білків запропоновані різні екстрагенти, але водні розчини лугів є найбільш універсальними, тому що в них розчинна найбільша частина білків біомаси.

Надлишкове споживання нуклеїнових кислот організмом людини призводить до низки аномалій, тому їхній вміст повинен бути мінімальним (не більше 2 %). У таблиці 3 наведений хімічний склад білкових ізолятів, виділених з кормових і пекарських дріжджів.

Реалізація цих досліджень вимагає всебічного вирішення багатьох технологічних, медико-біологічних і гігієнічних питань.

У відповідності до рекомендацій FAO/WHO дослідження таких продуктів повинні носити комплексний, багатоетапний характер.

На першому етапі важливе значення має токсикологічна та імунологічна оцінка білкових ізолятів. У токсикологічних дослідженнях ізоляту білка з дріжджової біомаси (паприну) в досліді на одному поколінні щурів виявлена виражена прибавка маси тіла, відсутність ознак білкової недостатності, змін з боку крові та внутрішніх органів. Показана стовідсоткова виживаємість і 82 % перетравлюваність такого білка [4], але біологічна цінність його була на 30–50 % нижчою, ніж у казеїна, що на думку дослідників пов'язане з дефіцитом сірковмісних амінокислот, з тієї ж причини у щурів виявлена жирова інфільтрація печінки.

Вирішуючи питання про можливість включення до харчування людей білків мікробіологічного синтезу, мова може йти лише про очищені ізоляти з вуглеводних дріжджів. Але і в цьому випадку зменшення кількості нуклеїнових кислот, а також невластивих організму стеринів і жирних кислот з непарним числом вуглецевих атомів ще не вирішує основного питання про безпечність білкового ізоляту з біомаси одноклітинних у зв'язку з відсутністю критеріїв для встановлення МДР біогенних амінів, Д-форм амінокислот та інших недостатньо вивчених у наш час речовин. Крім цього, в процесі одержання очищених ізолятів білка виникає можливе додаткове забруднення їх хімічними речовинами технологічного виробництва.

Тому білкові ізоляти з дріжджової маси слід розглядати як нову маловивчену харчову сировину. Їхньому використанню у харчуванні людини повинні передувати широкі фізико-хімічні і медико-біологічні дослідження на тваринах. Необхідно простежити дію білкових ізолятів на всіх етапах дослідження (від абсорбції, розподілу, метаболізму і екскреції), виявити можливі зміни при проходженні через біологічні системи, дослідити їхній вплив на ферменти і морфологію тканин організму. Жодна речовина не може бути додана до харчового продукту, доки не будуть вивчені її загальнотоксичні, канцерогенні (або коканцерогенні) і мутагенні властивості. Також має бути гарантія, що їхня наявність у харчуванні безпечна при щоденному тривалому або постійному вживанні. До того ж слід пам'ятати: до цього часу немає специфічних проб на мутагенність і тератогенність — непряме уявлення дає тривале спостереження за потомством лабораторних тварин у кількох поколіннях (не менше 5) [5].

Доцільно дослідити вплив таких доз ізолятів білка: 20, 50, 100 і 200 % від норми білка в раціоні лабораторних тварин. Як контроль необхідно використати казеїн.

Таблиця 3

Хімічний склад ізолятів білка

Хімічні компоненти, %	Ізолят з паприну (кормових дріжджів)	Ізолят з пекарських дріжджів
Білок	81,0	85,0
Нуклеїнові кислоти	2,4	8,0
Зола	3,4	—
Ліпіди	1,8	—
Вуглеводи	8,5	—
Волога	2,9	—
Амінокислоти:		
Триптофан	1,1	—
Ізолейцин	5,6	6,0
Лейцин	8,0	8,6
Метіонін + цистин	2,4	2,0
Лізін	10,0	9,7
Фенілаланін + тирозин	8,6	11,6
Треонін	5,4	5,1
Валін	6,0	6,2
Аргінін	—	5,9
Аспарагінова кислота	—	11,5
Серин	—	5,1
Глутамінова кислота	—	12,2
Пролін	—	3,9
Гліцин	—	4,3

У процесі тривалих (не менше 18 місяців) досліджень проводилась порівняльна оцінка загального стану тварин, вивчалось поїдання корму, стан випорожнення та охайність тварин, зважування (один раз на тиждень). При забитті досліджувались макроскопічно внутрішні органи і визначались їхні масові коефіцієнти. В сироватці крові визначалась активність ряду ферментів: лужна фосфатаза, глутаматдегідрогеназа та ін. Вивчення імунологічної реактивності проводилось на морських свинках. Для вивчення специфічної імунологічної реактивності використовують тести і реакції (пошкодження нейтрофілів, специфічну агломерацію лейкоцитів, непряму дегрануляцію тучних клітин), а також визначають антитіла в агарі, антитілоутворюючі клітини, рівень гістаміну в крові до і після внутрішньо-серцевого введення дозвільної

дози специфічного антигена.

Для характеристики природної резистентності організму досліджують рівень комплементу і С-реактивний білок у сироватці крові.

Білкові ізоляти з паприну (кормові дріжджі) в екстремальних дозах (200 %) викликали певне підвищення кислоти ДНК-ази і трансамідази, що пов'язують з адаптаційними процесами в організмі щурів. Реакція Шульц-Дейля, яка виявляє сенсibilізацію тонкого кишечника до специфічних антигенів, була негативною. Не виявлено пошкодження нейтрофілів і специфічної агломерації лейкоцитів. На цій основі зроблено висновок, що ізолят не впливає на функціональний стан клітин-мішеней і не викликає сенсibilізуючої дії на організм. У сироватці крові не знайдено антитіл. Рівень аутогемолізину в крові при введенні фізрозчину

знаходився в межах норми. Але при вивченні рівня специфічних аутогемолізінів у крові тварин встановлено незначне їхнє збільшення, що вказує на слабку імунологічну активність ізоляту білка в дозі 50–100 %.

Виявлено також зниження рівня комплементу в сироватці крові, особливо після внутрішньокардіального введення специфічного антигена, що свідчить про гальмування природної резистентності організму морських свинок, які одержували з харчовим раціоном ізолят білка в дозі 20 і 50 % від адекватного рівня.

Доведено, що 20–50 % ізоляту білка з паприну від загальної кількості його в раціоні протягом трьох тижнів не впливає на характер специфічної імунологічної відповіді і не має сенсibilізуючої дії. В той же час у морських свинок, які одержували з кормом ізолят білка в дозі 20–50 %, виявлено зниження природної резистентності організму, особливо після внутрішньокардіального введення специфічного антигена.

Останнім часом у харчовій промисловості широко використовуються полісахариди мікробного походження. Різниця в будові та властивості окремих полісахаридів зумовлюють розмаїття функцій, які вони виконують як харчові добавки. Вони виступають у ролі желуючого фактора, який попереджає кристалізацію і синерезис піноутворюючого агента (табл. 4).

Жодна харчова добавка не виконує так багато різноманітних функцій як мікробні полісахариди. В США полісахариди як харчові добавки посідають друге місце (після речовин, які покращують смак і запах). Вони не лише збільшують в'язкість продуктів, а й можуть сприяти підвищенню їхньої біологічної харчової цінності. В США, Японії, країнах ЄС мікробні полісахариди широко використовують як добавки при виготовленні салатів, пудингів, соусів, приправ, кремів, у виробництві сирів і молочних продуктів, супів-концентратів, заморожених

десертів, у виробництві пива як піноутворювачі, а також фруктових напоїв (для суспендування м'якоти фруктів), у випіканні хліба (для підвищення якісних показників хліба і його виходу), а також як пакувальний матеріал. Полісахариди мають важливе значення у виробництві гіпокалорійних дієтичних продуктів, основною вимогою до яких є їхня об'ємність при малій калорійності.

Серед популярних мікробних полісахаридів у багатьох країнах Європи та Америки використовують як харчову добавку ксантан. Ксантан утворює в'язкі розчини у воді, причому їх в'язкість практично не залежить від температури і рН. Розчини ксантану добре сумісні з багатьма солями і кислотами. У Європі, зокрема у Франції, використовують склероглюкан. Його водні розчини характеризуються високим рівнем пластичності, стабільності при нагріванні чи зміні рН у межах від 1 до 11, сумісністю з багатьма електролітами. В багатьох країнах виробляють декстрини, бактеріальні альгірати. Альгірати використовують у харчовій промисловості як стабілізатори морозива, швидко виготовлених десертів, у виробництві пива і фруктових напоїв.

Нами разом з Л.Ф. Лаврушенко [6] та С.М. Григоренко [7] показано, що мікробні екзополісахариди (поліміксан, етаполан та етаполан-К) викликають збільшення розмірів (довжини і ширини) тонких і товстих кишок, підвищення активності травних ферментів, потовщення м'язового шару стінки кишок (рис. 3). При включенні до раціону мікробного полісахариду ПС-2 відбувається гальмування окисного фосфорилування в мітохондріях печінки щурів (рис. 4), що стало серйозним аргументом проти використання цього мікробного полісахариду в харчовій промисловості.

У подальшому передбачається збільшення в харчуванні населення продуктів, одержаних з допомогою біотехнології. Завдання гігієністів полягає в недопущенні до реалізації продукції, небезпечної для здоров'я людей.

Таблиця 4

Використання полісахаридів мікробного походження в харчовій промисловості США

Функціональні властивості полісахаридів	Використання (% виробництва)
Стабілізатори, суспензійні агенти, диспергенти	25
Згущувачі	23
Плівкоутворювачі	17
Водоутримуючі агенти	12
Коагулянти	7
Колоїди	6
Інші	10

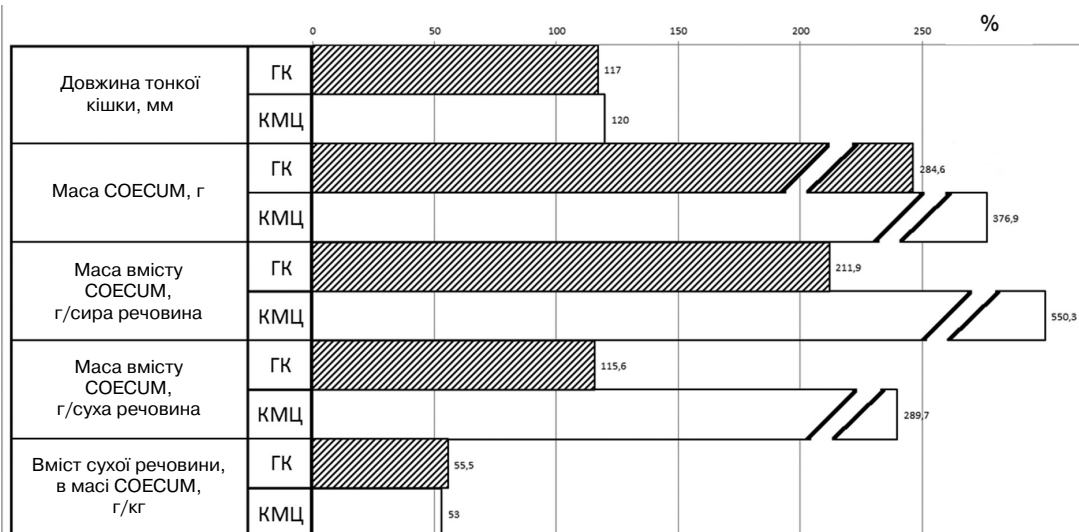


Рис. 3. Довжина тонкої кишки, маса COECUM та її вміст у щурів, які одержували розчинні незасвоювані полісахариди

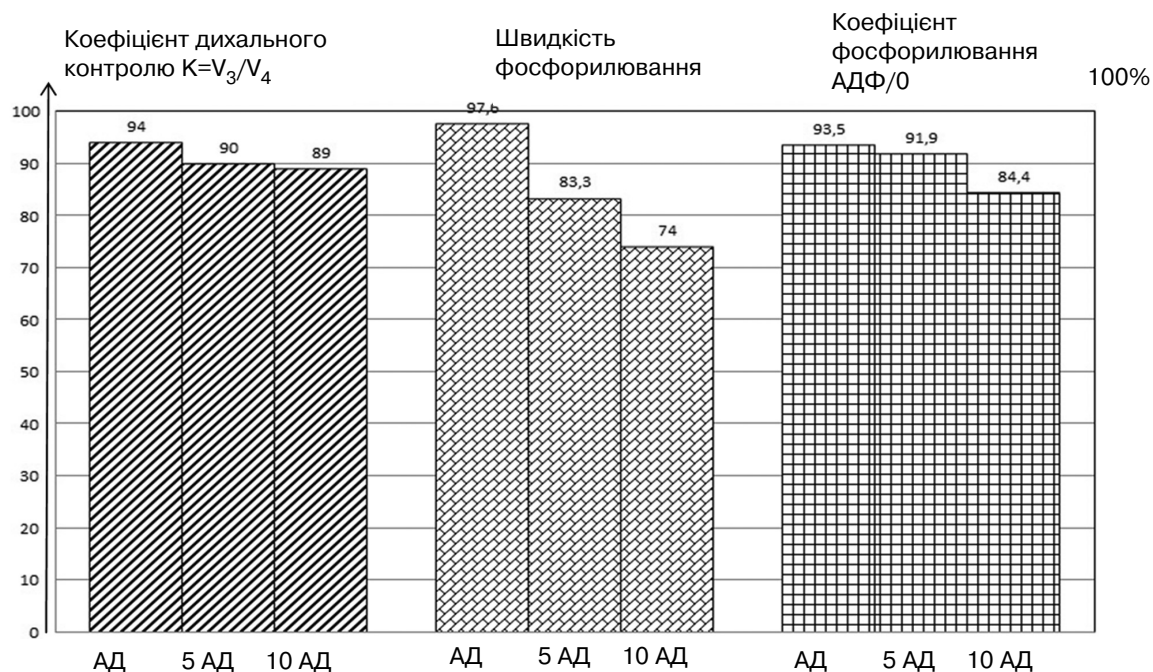


Рис. 4. Окисне фосфорилування в мітохондріях печінки щурів при включенні ПС-2 в раціон

ЛІТЕРАТУРА

- Knorr D. Biotechnology in food production and processing / D. Knorr, A. Sinskey // Science, 1985. –v. 229. –№ 9. –Р. 1224–1229/
- Burke D. Food technology / D. Burke // Food and Technol. Today. — 1997. –11 № 4. –Р. 202-209.
- Смоляр В.І. Токсичні ефекти харчових добавок / В.І.Смоляр // Проблеми харчування. — 2005. –№1. С. 5–15.
- Європейські вимоги до харчових добавок. Довідник. –Львів: Леноран, 1997. –126 с.
- Булгаков А.С. Пищевые добавки. Справочник / А.С. Булгаков // СПб.:Ит., 1996. –240 с.
- Лаврушенко Л.Ф. Влияние пищевых добавок на окислительные процессы в митохондриях печени крыс / Л.Ф. Лаврушенко // Укр. біохім. журн. –1998. –т.70, №2. –С. 136–139.
- Григоренко С.М. Вплив мікробних полісахаридів на організм: Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата мед. наук: спец. „гігієна” / С.М. Григоренко. –Київ, 1988. –20 с.

Надійшла до редакції 2.07.2012