

УДК 613.292:635.82-021.632

**Анотація.** Встановлено оптимальні режими отримання дієтичної добавки з печериці двоспорової, яка містить 40,0 % глюкану, 38,6 % амінополісахариду, 3,8 % білка. Це досягається обробкою грибною сировини, з якої попередньо було вилучено водо- та кислоторозчинні сполуки, розчином з масовою часткою гідроксиду натрію 6,8 % протягом 4,5 годин. Дієтична добавка такого складу одночасно проявляє дві функції: ентросорбційну та імуномодулюючу.

**Ключові слова:** дієтична добавка, печериця двоспорова (*Agaricus bisporus*), ентросорбент, імуномодулятор, математичне планування багатofакторних експериментів

**Аннотация.** Установлены оптимальные режимы получения диетической добавки из шампиньона двуспорового, которая содержит 40,0 % глюкана, 38,6 % аминополисахаридов, 3,8 % белка. Это достигается в результате обработки грибного сырья, из которого предварительно удалили водо- и кислоторастворимые вещества, раствором с массовой долей гидроксида натрия 6,8 % в течение 4,5 часов. Диетическая добавка такого состава одновременно проявляет две функции: энтросорбционную и иммуномодулирующую.

**Ключевые слова:** диетическая добавка, шампиньон двуспоровый (*Agaricus bisporus*), энтросорбент, иммуномодулятор, математическое планирование многофакторных экспериментов

## ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ОТРИМАННЯ ДІЄТИЧНОЇ ДОБАВКИ КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ З ПЕЧЕРИЦІ ДВОСПОРОВОЇ (*AGARICUS BISPORUS*)

**Н.К. Черно**

Доктор технічних наук, професор  
Кафедра харчової хімії\*  
cherno\_n\_k@mail.ru

**Г.М. Станкевич**

Доктор технічних наук, професор  
Кафедра технології зберігання зерна\*  
georg-st@mail.ru

**С.О. Озоліна**

Кандидат хімічних наук, старший  
науковий співробітник  
Проблемна науково-дослідна лабораторія\*  
ossofol@mail.ru

**О.В. Нікітіна**

Молодший науковий співробітник  
Проблемна науково-дослідна лабораторія\*  
alex.nikitina@gmail.com

\*Одеська національна академія харчових технологій,  
вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039

### Вступ

Однією з головних умов протікання фізіологічних процесів в організмі людини в заданому напрямку є сталість його внутрішнього середовища. В підтримці гомеостазу важливу роль відіграє імунна система, оскільки вона забезпечує збереження біологічної індивідуальності. Порушення її функціональної активності призводить до розвитку імунодефіцитних станів, алергічних та аутоімунних захворювань [1]. Дисфункцію імунної відповіді викликає низка факторів різної природи, зокрема ксенобіотики та продукти їх метаболізму [2, 3].

### Постановка проблеми

Раніше в профілактиці та корекції патологічних станів, викликаних дією екотоксикантів, використовували препарати та дієтичні добавки, що проявляють тільки ентросорбційні властивості. Сьогодні до складу детоксикаційних заходів також включають імуномодулятори [4]. Вочевидь, доцільно застосувати препарати комплексної дії, які одночасно виконують дві функції: зв'язують і елімінують з організму людини ксенобіотики та відновлюють імунологічну реактивність. Проте такі препарати в Україні відсутні.

Вищевикладене зумовлює актуальність розроблення дієтичної добавки, яка проявляє ентросорбційні та імуномодулюючі властивості. При цьому для запобігання виникнення небажаних побічних ефектів її основною діючою речовиною повинна бути сполука природного походження.

### Літературний огляд

На підставі аналізу літературних даних встановлено, що жоден з відомих природних ентросорбентів не зарекомендував себе як засіб, що здатен модулювати імунну відповідь, а існуючі речовини, які відновлюють функціональну активність імунної системи, майже не проявляють сорбційну активність. Так, один з найбільш ефективних природних імуномодуляторів вуглеводної природи – глюкан – характеризується низькою сорбційною ємністю, в той же час амінополісахариди та їхні похідні, які активно зв'язують та елімінують з організму людини ксенобіотики, не здатні впливати на різні елементи імунної системи та внаслідок цього змінювати силу, характер і спрямованість імунних реакцій [1, 4]. Це обумовлює необхідність включення до складу препарату глюканової та хітинової складових.

Основним джерелом амінополісахаридів є панциривмісна сировина. Глюкани виділяють переважно з дріжджів. Єдиним сировинним джерелом, що містить одночасно ці два види полісахаридів, є гриби [5].

За умовами вирощування гриби можна поділити на дикорослі та культивовані. Перевагами останніх є те, що завдяки контрольованим умовам вирощування вони не зазнають мутацій, доступні цілий рік та характеризуються сталими об'ємами виробництва.

В Україні в основному культивують печерицю двоспорову (*Agaricus bisporus*) та гливу звичайну (*Pleurotus ostreatus*). Вони відрізняються за хімічним складом. Глива характеризується значним вмістом глюкану при одночасно низькій масовій частці хітину. В той же час у складі печериці знаходиться приблизно однакова кількість цих полісахаридів. Цей факт обумовлює доцільність виділення фізіологічно активних компонентів саме з печериці [6].

Окрім амінополісахариду та глюкану до складу клітинної стінки грибів входять меланіни і білок. Виділення окремих компонентів призведе до зниження виходів цільових продуктів та неконтрольованої модифікації їх властивостей, тому раціонально отримувати ці полісахариди у вигляді біополімерного комплексу. При цьому фізіологічні ефекти таких комплексів значно вищі, ніж окремих складових.

Попередніми дослідженнями показано [7], що варіюючи умови обробки печериць, з яких попередньо було вилучено водо- та кислоторозчинні речовини, можна отримати зразки біополімерного комплексу з різною масовою часткою у його складі амінополісахариду, глюкану, меланінів та білка. Проте дієтична добавка комплексної дії, яка буде одночасно ефективним ентеросорбентом і імунomodulatory, повинна містити приблизно рівну кількість глюкану та амінополісахариду при мінімальній масовій частці супутніх речовин, оскільки

вони можуть екранувати активні центри біологічно активних полісахаридів, що, в свою чергу, призводить до зниження їх фізіологічної активності.

### Визначення оптимальних умов отримання дієтичної добавки заданого складу

Метою роботи було встановлення оптимальних режимів отримання дієтичної добавки комплексної дії, у складі якої міститься глюкану понад 40,0 % амінополісахариду – більше 30,0 % при мінімальній масовій частці білка.

Для цього на першому етапі необхідно встановити вплив концентрації розчину гідроксиду натрію та тривалості його контакту з грибною сировиною, з якої попередньо було вилучено водо- та кислоторозчинні речовини, на компонентний склад біополімерного комплексу.

З метою зменшення кількості дослідів та отримання достовірних даних про закономірності перебігу процесу виділення біополімерного комплексу заданого складу доцільно застосувати методи математичного планування багатofакторних експериментів. В зв'язку з цим, реалізовували план повного двофакторного експерименту ПФЕ-2<sup>2</sup>. Для визначення впливу квадратичних ефектів додатково проводили дослід у центрі експерименту.

Рівні та інтервали варіювання факторів, які впливають на компонентний склад препарату, вибирали на підставі результатів наших попередніх досліджень. Досліди проводили в трьох паралелях. Однорідність отриманих результатів оцінювали за критерієм Кохрена. Для виключення впливу систематичних помилок, викликаними зовнішніми умовами, проводили рандомізацію дослідів [8].

Матрицю плану експериментів, отримані результати (усереднені дослідні  $\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3$ ) а також відносні похибки між паралельними дослідями ( $\delta_{\bar{Y}_1}, \delta_{\bar{Y}_2}, \delta_{\bar{Y}_3}$ ) наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Матриця плану експериментів та результати залежності вмісту глюкану, амінополісахариду та білка при різних умовах обробки грибною сировиною

Номер дослідів	Умови дослідів в розмірності				Результати дослідів, %			Відносні похибки, %			Довірчий інтервал $\epsilon_{b_i}$		
	натуральної		кодованої		глюкан $\bar{Y}_1$	амінополісахарид $\bar{Y}_2$	білок $\bar{Y}_3$	глюкан $\delta_{\bar{Y}_1}$	амінополісахарид $\delta_{\bar{Y}_2}$	білок $\delta_{\bar{Y}_3}$	глюкан	амінополісахарид	білок
	$C_{NaOH}, \%$	$\tau, \text{год}$	$x_1$	$x_2$									
1	3,0	1,5	-1	-1	58,0	14,5	9,3	0,53	4,31	0,62	0,146	0,662	0,149
2	7,0	1,5	1	-1	46,4	19,3	11,0	0,54	4,66	0,45			
3	3,0	4,5	-1	1	56,0	15,3	9,4	0,21	4,00	2,21			
4	7,0	4,5	1	1	39,3	39,7	3,5	0,39	3,88	2,86			
5	5,0	3,0	0	0	49,8	22,7	8,2	1,90	0,76	4,10			

З наведеної таблиці видно, що відносні похибки в паралельних дослідях не перевищують 5 %, що свідчить про достатньо високу точність у

визначенні всіх досліджених показників ( $\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3$ ).

Використовуючи метод найменших квадратів, послідовний регресійний аналіз та програму PLAN [8], отримали наступні рівняння регресії, які описують експериментальні дані залежності вмісту глюкану ( $y_1$ ), амінополісахариду ( $y_2$ ) та білка ( $y_3$ ) в отриманих препаратах від досліджуваних факторів:

$$y_1 = 49,908 - 7,092x_1 - 2,292x_2 - 1,258x_1x_2; \quad (1)$$

$$y_2 = 22,275 + 7,225x_1 + 5,375x_2 + 4,825x_1x_2; \quad (2)$$

$$y_3 = 8,308 - 1,075x_1 - 1,842x_2 - 1,892x_1x_2. \quad (3)$$

де  $x_1, x_2$  – кодовані значення факторів, які визначаються за формулами

$$x_1 = \frac{C_{\text{NaOH}} - 5}{2}; \quad x_2 = \frac{\tau - 3}{1,5}.$$

В усіх рівняннях коефіцієнти регресії є значимими, оскільки за модулями вони більше довірчого інтервалу (табл. 1). Зважаючи на це, розрахункові значення  $\hat{y}_1, \hat{y}_2, \hat{y}_3$  абсолютно точно співпадають з дослідними даними і в цьому випадку перевірка адекватності отриманих рівнянь не проводиться.

На підставі порівняння величини вмісту вказаних компонентів в складі біополімерного комплексу з дослідом № 5 ( $y_i$ ) з коефіцієнтами впливає, що:

для глюкану

$$|b_0 - y_1| = |49,908 - 49,800| = 0,108 \leq \varepsilon_{b_i} = 0,146;$$

для амінополісахариду:

$$|b_0 - y_2| = |22,275 - 22,700| = 0,425 \leq \varepsilon_{b_i} = 0,662;$$

для білка:

$$|b_0 - y_3| = |8,308 - 8,200| = 0,108 \leq \varepsilon_{b_i} = 0,149.$$

Це говорить про те, що для математичного опису процесу виділення біополімерного комплексу в усьому діапазоні змін факторів  $C_{\text{NaOH}}$  і  $\tau$  достатньо мати лінійні рівняння регресії (1, 2 і 3), які адекватно описують цей процес.

В усіх отриманих рівняннях коефіцієнти парної взаємодії значущі та мають достатньо великі значення, тому однозначного висновку про силу впливу досліджуваних факторів на процес виділення біополімерного комплексу зробити неможливо. Більш наочно це простежується на графічно представлених поверхнях, побудованих на підставі наведених рівнянь.

На підставі аналізу поверхні відгуку залежності  $y_1 = f(C_{\text{NaOH}}, \tau)$ , наведеної на рис. 1, а, встановлено, що на масову частку глюкану в складі біополімерного комплексу переважно впливає концентрація лужного агента і значно меншою мірою – тривалість обробки. Проте, при використанні більш концентрованих розчинів лугу вплив тривалості на цей показник зростає. Найбільше глюкану можна отримати при мінімальних значеннях концентрації лужного агента та тривалості обробки.

Протилежний характер (рис. 1, б) має вплив концентрації  $C_{\text{NaOH}}$  та тривалості  $\tau$  на масову частку амінополісахариду – при низьких значеннях концентрації лужного агента тривалість обробки май-

же не збільшує масову частку амінополісахариду. Але при концентрації  $C_{\text{NaOH}} = 7,0$  % збільшення тривалості обробки  $\tau$  з 1,5 до 4,5 год. проявляється дуже сильно – масова частка амінополісахариду зростає більше, ніж у 2 рази (з 19,3 до 39,7 %).

З рис. 1, в видно характер впливу досліджуваних факторів  $C_{\text{NaOH}}$  та  $\tau$  на масову частку білка – в області мінімальних значень  $C_{\text{NaOH}}$  та  $\tau$  масова частка білка практично не змінюється, а при максимальних їх значеннях – досягає мінімально можливих значень. Тобто, для ефективного видалення білка зі зразків необхідно використання розчину лугу концентраціями, близькими до 7,0 % (рис. 1, в). При цьому провідним фактором є тривалість обробки сировини – при її подовженні вміст білка у складі біополімерного комплексу може бути знижений до 3,5 %.

Отже, для збільшення вмісту амінополісахариду при одночасному видаленні білка доцільно обробляти сировину концентрованим розчином лужного агента протягом тривалого часу. Масова частка глюкану навпаки, зростає при використанні більш розведеного розчину реагенту.

Це наочно ілюструє рис. 2, на якому зображено ізолінії залежності вмісту зазначених компонентів від умов проведення процесу. Межі області, що відповідає припустимим значенням параметрів оптимізації (масова частка глюкану перевищує 40,0 %, а амінополісахариду – більше 30,0 %), позначено літерами ABCD. З рисунка також видно, що мінімально можливого вмісту білка в зазначеній області можна досягти в точці С.

Проведені розрахунки пошуку мінімуму вмісту білка при дотриманні вимог до нормованих значень вмісту глюкану та амінополісахариду, дозволили встановити координати оптимальних режимів обробки грибною сировини –  $C_{\text{NaOH}} = 6,8$  %,  $\tau = 4,5$  год. При цьому масова частка глюкану в біополімерному комплексі становить 40,0 %, амінополісахариду – 38,6 %, а білка – 3,8 %.

Для підтвердження ефективності дії отриманої дієтичної добавки в умовах *in vivo* проводили досліди на тваринах. Встановлено, що при дії на організм ксенобіотиків вона не тільки активізувала системи детоксикації, але й сприяла модулюванню імунної відповіді.

## Висновки

Встановлені оптимальні умови отримання дієтичної добавки на основі біополімерного комплексу з заданим співвідношенням глюкану, амінополісахариду та білка – концентрація лужного агента  $C_{\text{NaOH}} = 6,8$  %, тривалість обробки печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*),  $\tau = 4,5$  год. Цю добавку доцільно включати як профілактичний засіб до раціонів харчування людей, що мешкають в районах з високим антропологічним навантаженням. Її також можна застосовувати як допоміжний засіб

при корекції патологічних станів, обумовлених дією ксенобіотиків.

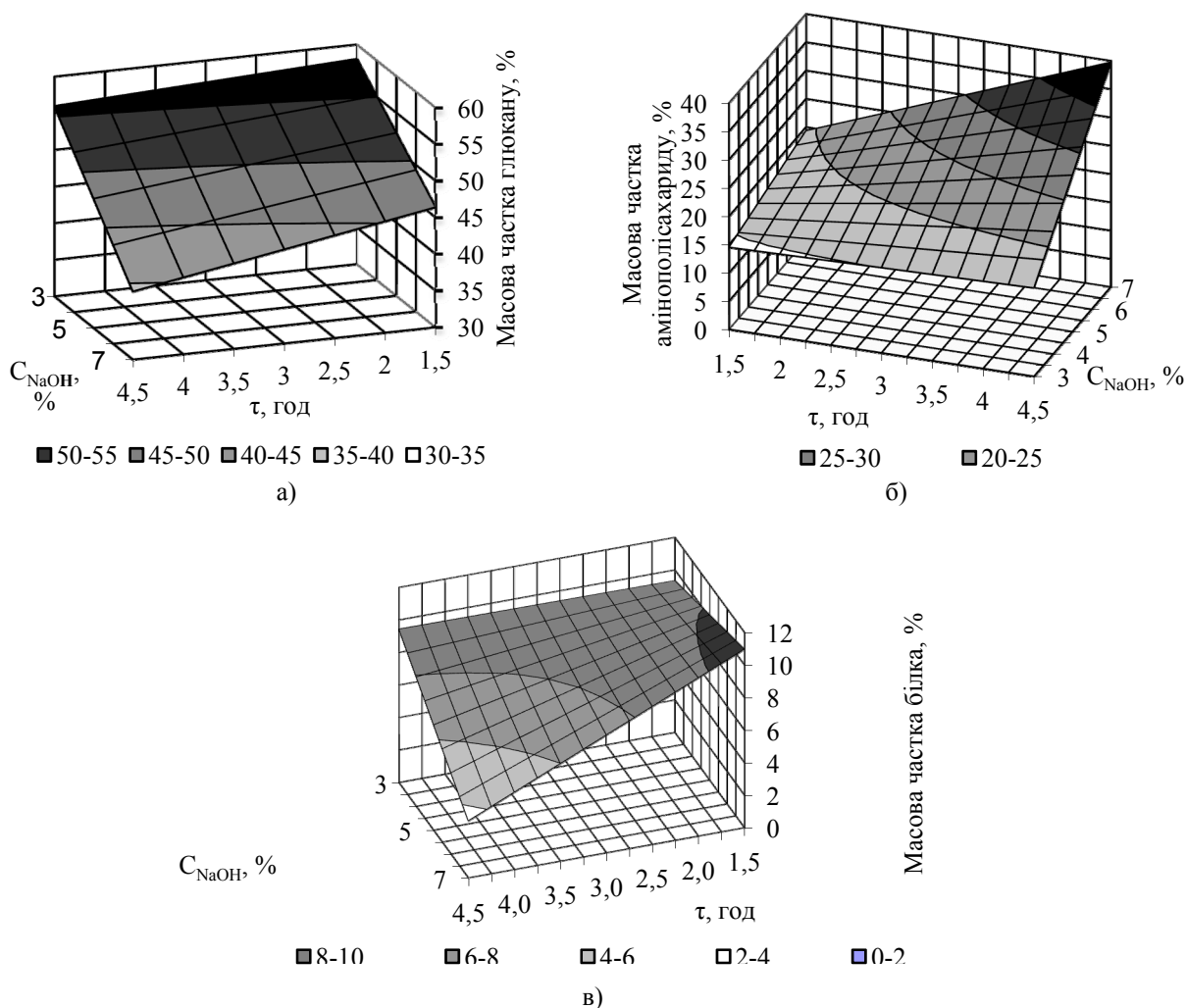


Рис. 1 Залежність компонентного складу дістичної добавки від масової частки NaOH ( $C_{\text{NaOH}}$ ) і тривалості обробки ( $\tau$ ): а) глюкоза; б) амінополісахарид; в) білок

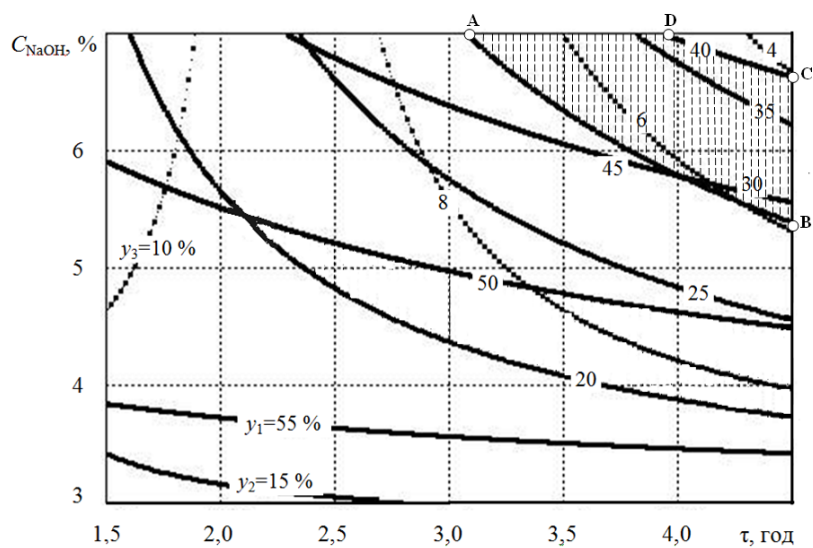


Рис. 2 Ізолінії залежності вмісту глюкозу ( $y_1$ ), амінополісахариду ( $y_2$ ) та білка ( $y_3$ ) від масової частки NaOH ( $C_{\text{NaOH}}$ ) і тривалості обробки ( $\tau$ )

**Список літератури:**

1. Ahmed R. Immunological memory / R. Ahmed, B. Rouse // Immunol Rev. – 2005. – Vol. 211. – P. 5-337.
2. Xianchun Li. Molecular Mechanisms of Metabolic Resistance to Synthetic and Natural Xenobiotics / Li Xianchun, M. Schuler, R. Berenbaum // Annual Review of Entomology. – 2007. – Vol. 52. – P. 231-253.
3. Approaching Resonant Absorption of Environmental Xenobiotics Harmonic Oscillation by Linear Structures / C. Bulucea, M. Rosen, N. Mastorakis, C. Bulucea, C. Brindusa // Sustainability. – 2012. – Vol. 4. – P. 561–573.
4. House R. Immunotoxicology and Immunopharmacology / R. House, R. Luebke, I. Kimber. – 3rd Ed. – 2006. – CRC Press. – 627 p.
5. Chang S.-T. Mushrooms. Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact / S.-T. Chang, P.G. Miles. – 2nd Ed. – CRC Press: Boca Raton, 2004. – 451 p.
6. Chernо N. Chemical composition of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* fruiting bodies and their morphological parts / N. Chernо, S. Osolina, A. Nikitina // Food and Environment Safety. – Romania, 2013. – Vol. 4. – P. 561-573.
7. Comparative analysis of biopolymer complexes from mushrooms (*Agaricus bisporus*) / N.K. Chernо, S.A. Osolina, L.S. Gural, A.V. Nikitina // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013». – Выпуск 1. Том 37. – С. 54-59.
8. Математическое моделирование процессов пищевых производств / Н.В. Остапчук, В.Д. Каминский, Г.Н. Станкевич, В.П. Чучуй; Под ред. Н.В. Остапчука. — К.: Вища шк., – 1992. – 175 с.

**Анотація.** У роботі наведено результати експериментальних досліджень щодо визначення раціональної масової частки стандартизованого молокозсідаального ферменту СНУ-МАХ у молоці при виробництві м'яких пробіотичних сирів в залежності від режиму пастеризації молока, синеретичних властивостей та тривалості утворення си-чужних згустків, вмісту сухих речовин і білка в сироватці.

**Ключові слова:** молокозсідальний фермент, згусток, пастеризація, синерезис, пробіотик, функціональний продукт.

**Аннотация.** В работе приведены результаты экспериментальных исследований по определению рациональной массовой доли стандартизованного молокосвёртывающего фермента СНУ-МАХ в молоке при производстве мягких пробіотических сыров в зависимости от режима пастеризации молока, синеретических свойств и длительности образования си-чужных сгустков, содержания сухих веществ и белка в сыворотке.

**Ключевые слова:** молокосвёртывающий фермент, сгусток, пастеризация, синерезис, пробіотик, функциональный продукт.

УДК 637.353-027.242:577.15

## ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВМІСТУ МОЛОКОЗСІДАЛЬНОГО ФЕРМЕНТУ СНУ-МАХ У ВИРОБНИЦТВІ М'ЯКИХ ПРОБІОТИЧНИХ СИРІВ

**Н. А. Ткаченко**

доктор технічних наук, професор\*

E-mail: nataliya.n-2013@yandex.ru

**Д. М. Скрипніченко**

аспірант

E-mail: Skripnichenko\_dm@mail.ru

\*кафедра технології молока, жирів і парфумерно-косметичних засобів.

Одеська національна академія харчових технологій.

вул. Канатна, 112, м. Одеса, Україна, 65039

### Вступ

Роль функціональних продуктів росте у всьому світі. Попит споживачів на нові продукти харчування дуже великий; сьогодні споживча здатність світового ринку функціональних продуктів оцінюється в 1,4-1,7 мільярдів доларів США, з них 65 % складають молочні функціональні продукти [1-3]. Молоко і молочні продукти, займаючи істотне місце в щоденному раціоні українців, знаходяться сьогодні на одній з перших позицій серед функ-

ціональних продуктів, які попереджають виникнення і прогресування дисбактеріозів. 80 % світового ринку молочних продуктів функціонального харчування (МПФХ) представлені продуктами, що містять про- або пребіотики; 12 % – продуктами з біологічно активними добавками; 8 % – іншими МПФХ [1-6].

Комерційний успіх пробіотиків на ринку кисломолочних напоїв змусив розробників звернутися до інших видів молочних продуктів, в тому числі й до сирів. Увагу привернули такі цікаві з