

$$\left(\frac{4}{3}(p\delta)^2 - 1\right)T - \frac{(p\delta)^2}{3}T^* = -\frac{q}{\lambda_t}\delta - t_c, \quad \left(\frac{2}{3}(p\delta)^2 + 1\right)T + \left(2 - \frac{7}{15}(p\delta)^2\right)T^* = -\frac{q}{\lambda_t}\delta + t_c. \quad (12)$$

Система (12) приводиться до такої системи рівнянь, що розділилась:

$$\Lambda \Delta \varphi_i - \alpha^* \varkappa_i^+ \varphi_i = C \phi_i - Q_i, \quad (13)$$

$$\text{де } \Lambda = 2\delta\lambda_t, \quad C = 2\delta c_v, \quad Q_i = \alpha^* \varkappa_i^+ t_c + \frac{2}{3} \varkappa_i^- q, \quad \varphi_i = T + \mu_i T^*, \quad \varkappa_i^- = 1 - 5\mu_i, \\ \varkappa_i^+ = 1 + \frac{5}{2}\mu_i, \quad \alpha^* = \frac{4\lambda_t}{\delta}, \quad \mu_{1,2} = \frac{7 \pm 2\sqrt{31}}{15}, \quad i=1,2.$$

**Висновок.** Отриманий розв'язок задачі нестационарної теплопровідності для неоднорідної пластинки доводить ефективність використання запропонованого операторного методу. Процес розкладу операторів у степеневі ряди дозволяє значно спростити отримання розв'язків систем диференціальних рівнянь безмежно високого порядку та записувати наближення шукані розв'язки із наперед заданою точністю. Великою перевагою запропонованого методу є те, що він «автоматично» задовольняє повне виконання умов ідеального теплового контакту на границях різномірних матеріалів та дозволяє розклад операторів у нескінченні тригонометричні і степеневі ряди та наступне зберігання довільної кількості членів розкладу. Крім того, цей метод у сукупності із методами безмежних і скінченних інтегральних перетворень (Ханкеля, Мелліна, та ін.) дає можливість розглядати неоднорідні структури інших видів (неоднорідні суцільні і порожнисті циліндри, шаруваті кулі, тіла із чужорідними наскрізними і ненаскрізними включеннями різної товщини і висоти).

#### Література

1. Стабников В. Н. Общая технология пищевых продуктов: Учебное пособие для вузов / В. Н. Стабников, Н.В. Остапчук.-К. : Вища школа. 1980. – 303 с.
2. В. Я. Плахотін, І. С. Тюрікова, Г. П. Хомич Теоретичні основи технологій харчових виробництв. Київ, 2006. – 634 с.
3. Ванкевич П. І., Бурнаєв О. М. Дослідження температурних режимів борошномельного вальця/ Машинознавство. – 2002. №5 (59). – С. 42–44.
4. Кальняк Н. И., Гладыш Р. В., Волос В. А., Каинский И. Е. // Проблемы прочности, 1990, №10, С. 88–93.
5. Подстригач Я. С., Коляно Ю. М. Неустановившиеся температурные поля и напряжения в тонких пластинках. Киев, 1972.
6. Подстригач Я. С., Ломакин В. А., Коляно Ю. М. – Термоупругость тел неоднородной структуры. М., 1984.

Стаття надійшла до редакції 15.04.2015

УДК 664.85.55

Юкало В. Г., д.б.н., професор<sup>©</sup>

E-mail: biotech@tu.edu.te.ua

Мельнічук О. Є., к.т.н., доцент, Сельський В. Р., к.б.н, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

#### РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ ОВОЧЕВОГО СОУСУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ (ПЕРЦЮ ЧІЛІ)

Проаналізовано ринок соусної продукції України, який виявився надто складним та таким, що хаотично розвивається, оскільки окремі його сегменти мають різну тенденцію виробництва, споживання, імпорту та експорту. Сегмент білих, червоних і гірчичних соусів на межі перенасичення; а соєвих, гострих овочевих та солодких фруктових, навпаки, залишається залежним від імпорту.

Через високу ціну асортимент овочевих гострих соусів на сьогодні штучно звужений, тому не користується великим попитом серед споживачів.

У роботі обґрунтовано доцільність виробництва гострих соусів з використанням нетрадиційної для України овочевої сировини (перецю чілі). Досліджено способи очищення перцю чілі та обрано оптимальний, оскільки від нього буде залежати консистенція готового соусу. Рецептuru запропонованого соусу, базувалась на використанні інгредієнтів, які найчастіше використовують при виробництві гострих соусів у європейській кухні: томати, цибуля, часник, лайм, імбир, рослинна олія, прянощі та спеції. У математичній моделі рецептури соусу з перцю чілі, яка була обрана, враховано раціональне співвідношення рецептурних компонентів та хімічний склад його інгредієнтів.

**Ключові слова:** перець чілі сорту хабанеро, капсаїцин, поліфеноли, лайм, імбир, алліцин, антиоксиданти.

УДК 664.85.55

**Юкало В. Г.**, д.б.н., професор,  
**Мельничук О. Є.**, к.т.н., доцент, **Сельський В. Р.**, к.б.н., доцент  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### **РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ОВОЩНЫХ СОУСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ (ПЕРЦА ЧИЛИ)**

Проанализирован рынок соусной продукции Украины, который оказался слишком сложным и таким который хаотически развивается, поскольку отдельные его сегменты имеют разную тенденцию производства, потребления, импорта и экспорта. Сегмент белых, красных и горчичных соусов на грани перенасыщения; а соевых, острых овощных и сладких фруктовых - наоборот остается зависимым от импорта. Высокая цена на овощные острые соусы, на сегодня искусственно сужает их ассортимент, поэтому такая продукция не пользуется большим спросом среди потребителей.

В работе обоснована целесообразность производства острых соусов с использованием нетрадиционного для Украины овощного сырья (перца чили). Исследованы способы его очистки и выбран оптимальный, поскольку от него будет зависеть консистенция готового соуса. Рецептuru предложенного соуса, базировалась на использовании ингредиентов, которые чаще всего используются в производстве острых соусов в европейской кухне: томаты, лук, чеснок, лайм, имбирь, растительное масло, пряности и специи. В математической модели рецептуры соуса с перца чили, которая была использована, учтено рациональное соотношение рецептурных компонентов и химического состава их ингредиентов.

**Ключевые слова:** перец чили сорта хабанеро, капсаицин, полифенолы, лайм, имбирь, алліцин, антиоксиданти.

UDC 664.85.55

**V. G. Yukalo, O. E. Melnychuk, V. R Selskuy**  
Ternopil Ivan Pui'uj national technical university

### **DEVELOPMENT OF A VEGETABLE SAUSE FORMULA WITH THE USE OF ALTERNATIVE RAW MATERIALS (CHILLI)**

A market of sauce production of Ukraine was analyzed. It was revealed that it was too complex and so chaotically developing, as far as its individual segments have different tendency of production, consumption, imports and exports. A segment of white, red and mustard sauce is at the verge of saturation; at the same time a segment of soy, spicv vegetable and sweet fruit sauces - on the contrary is still dependent on imports. A segment of vegetable spicy sauces today is artificially narrowed and introduced to the

market with products from high price segment, therefore it is not very popular among consumers.

*An expediency of spicy sauce production with the use of alternative raw materials for Ukraine (chili peppers) was justified in the article. The ways to clean up pepper was researched and an optimal method was selected. Therefore the method of cleaning the pepper will influence the consistency of the finished sauce. Sauce recipe that has been proposed, was based on the use of ingredients, oriented to European cuisine (tomatoes, onions, garlic, lime, ginger, vegetable oil, herbs and spices). A mathematical model of chili sauce formula was defined with a rational correlation of prescription components based on a chemical composition of its ingredients.*

**Key words:** variety of chili pepper called Habanera, capsaicin, polyphenols, lime, ginger, allitsyn, antioxidants.

**Вступ.** Чілі – приправа, яка відома в усьому світі, цінується в багатьох кухнях, серед інших, в індійській, мексиканській та європейській. В Європу перець чілі потрапив завдяки Колумбу. Сьогодні цей продукт входить в десятку кращих за даними ФАО, його рекомендують споживати для покращення здоров'я та довголіття. Згідно зі статистикою ФАО/ВОЗ у 2012 р. світове виробництво перцю чілі перевищило 31 млн тонн на рік. Найбільшим виробником перцю чілі із середньорічним об'ємом, який складає 51 % від загального обсягу світового виробництва, є Китай. Україна в 2012 р. виростила 189,700 тонн перцю чілі, що забезпечило їй 17 місце у світі та 6 – в Європі [1].

Поширеними сортами перцю чілі, які вирощуються в Європі – Халапеньо, Хабанеро, Пташине око, Анахейм, Поблано. За даними ФАО/ВОЗ, найбільший об'єм у загальному виробництві перцю чілі займає сорт Хабанеро, оскільки він є стійким до різних захворювань [1]. Незрілі Хабанеро зеленого кольору, досягаючи вони змінюють колір. Зустрічаються також оранжеві, червоні, білі, коричневі й рожеві сорти перцю чілі Хабанеро. Як правило стиглі перці Хабанеро мають від 2 до 6 см в довжину. Дуже пекучі, їх пекучість може сягати до 577 тис. SHU [1]. Фруктово-цитрусовий та квітковий аромат Хабанеро зробили його популярним інгредієнтом для гострих соусів.

На відміну від інших соусів, які є відомі у світі, соуси на основі перцю чілі є найбільш поширеними та популярними й налічують більше тисячі рецептур. Гострі соуси також є дуже популярними серед європейців. Так, два найгостріші соуси в світі, з сортів перцю чілі Infinity Chili та Naga Viper, були розроблені у Великобританії. Гострота перцю за шкалою Сковілля оцінюється в 1,19 млн. SHU. До моменту появи у продажі соусу «Нью Мехіко Скорпіон», на першому місці за пекучістю довгий період часу був соус Naga Viper (гострота якого не перевищувала 1млн. SHU) [5]. В Іспанії виробляють майже 650 різних соусів з використанням перцю чілі, але рецептури більшості з них взяті з країн Латинської Америки. Основними інгредієнтами іспанських соусів є томати, часник, цибуля, перець чілі, солодкий перець, кінза. Всі інші компоненти додають в залежності від назви соусу (соус з манго, соус пікантний з оливками) [5]. Основним соусом, який використовують, в угорській кухні є гостра паста з перцю чілі, а найпопулярнішим соусом португальської кухні – соус пілі пілі.

Проаналізувавши літературні дані та провівши детальний аналіз ринку соусів на основі перцю чілі, можна зробити такий висновок, що українського ринку гострих соусів не існує.

Тому, розробка технології виробництва соусу з використання перцю чілі, яка б мала якнайменший вплив на зміни компонентів сировини та органолептичні показники вже готової продукції, є актуальною.

**Метою** роботи було розробити технологію овочевого соусу з використанням нетрадиційної для України сировини перцю чілі сорту Хабанеро.

**Матеріали та методи.** Об'єктом досліджень було обрано перець чілі сорту Хабанеро, який вирощується в Україні. Досліджували плоди: середнього розміру, округлої форми з тонкою шкіркою та невеликою насінневою камерою, в стадії технічної стиглості.

Для отримання необхідної текстури соусу з перцю чілі, визначальною технологічною операцією є очищення, але й процес відокремлення насіння також має значення. Не менш важливе значення має й процес подрібнення перцю чілі, тому для проведення якісно цієї операції необхідно було відокремити насіння від часточок перцю та подрібнювати його самостійно. Оскільки саме насіння відповідає за гостроту перцю, а його вилучення до подрібнення швидше за все буде мати вплив на гостроту вже готового соусу.

**Результати досліджень.** Було запропоновано два способи очищення перцю чілі. Перший – очищення перцю від насіння перед подрібненням. Після миття перець чілі різали на великі шматки та відокремлювали насіння. Відокремлене насіння, подрібнювали окремо від м'якоти. Кількість відходів при такому способі очищення була високою. Тому для зменшення відходів перцю чілі запропонували використати інший спосіб, який передбачав такий прийом: до подрібненого насіння додавали воду в кількості 20–30 мл. Її використовували для вимивання гостроти, яка в основному міститься у насінні. Отриманий розчин фільтрували та змішували з подрібненим перцем чілі в кінці процесу подрібнення. Використовуючи такий спосіб, можна регулювати гостроту соусу. Отримані результати досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Втрати при очищенні перцю чілі (насіння) (n=3, p≥0,05)**

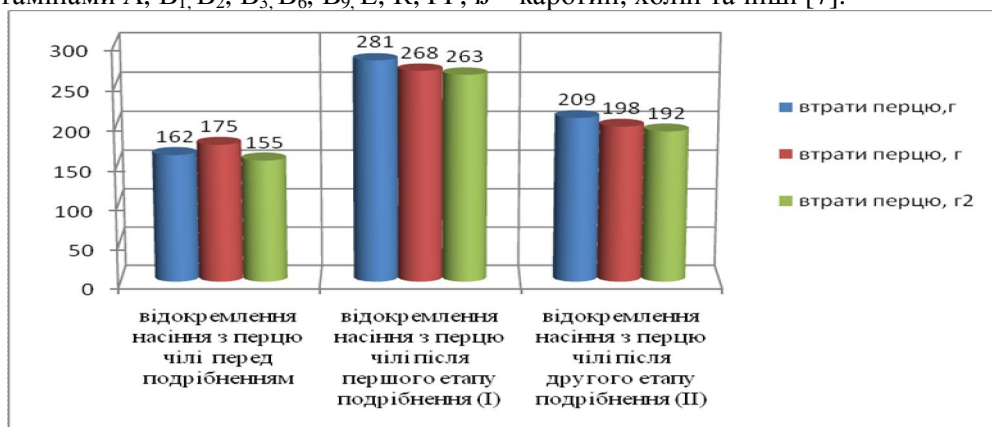
Спосіб очищення	Втрати при очищенні перцю чілі, г (на 1000 г перцю чілі)			
	I	II	III	Середнє значення
Відокремлення насіння перцю перед подрібненням	162	175	155	164,0
Відокремлення насіння після першого етапу подрібнення	281	268	263	270,7
Відокремлення насіння після другого етапу подрібнення	209	198	192	199,7

Провівши аналіз отриманих результатів (табл. 1 та рис. 1), можна зробити висновок, що найменші втрати при очищенні перцю чілі отримали при використанні першого способу очищення, тобто відокремлення насіння від м'якоти перед подрібненням. Оскільки, втрати при такому способі очищення найменші й склали  $\approx 20\%$ .

Необхідно зазначити, що соуси – не самостійні продукти харчування, а використовуються під час приготування й реалізації страв, кулінарних виробів. Тому вміст жиру в одному виді соусу, створює можливість його використання з різними стравами, у відповідності з принципами раціонального харчування населення [4]. На сьогодні, особлива увага відводиться створенню нових збалансованих за хімічним складом продуктів, які б були збагачені макро- та

мікроелементами. Відмінність таких продуктів – включення в рецептуру сировини з високим вмістом природних антиоксидантів – вітамінів та поліфенолів [2, 3]. В основу, специфічних критеріїв оптимізації рецептурного складу соусу з перцю чілі, було покладено наявність у його складі харчових речовин (табл. 2). Але визначальними критеріями при виборі сировини залишалась максимально можлива кількість нутрієнтів (зазвичай вітамінів, поліфенолів) та була підтверджена балансовим рівнянням на даний вид продукту й враховувала основні задані якісні показники готової продукції (мг/100г) [2, 3].

Основним компонентом соусу з перцю чілі є гіркий перець, який відноситься до цінних овочевих продуктів. Плоди перцю чілі містять до 88,0 % води, до 5,1 % цукрів, від 1,3 до 2,0 % білків, сирової клітковини в середньому 1,5 %, вітаміну РР (0,9 мг в 100 г сирової маси). Перець особливо багатий аскорбіновою кислотою, вміст якої в плодах різних сортів перцю чілі 242,5 мг [6, 7]. Тому, для підвищення харчової цінності готового продукту до рецептури соусу було додатково введено іншу рослинну сировину: томати, часник, цибулю та сік лайму та імбирю. Використання цієї сировини дозволить збагатити соус багатьма корисними компонентами, такими як: ефірні масла, аскорбінова кислота, мінеральні речовини, вітамінами А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, Е, К, РР, β – каротин, холін та інші [7].



**Рис. 1. Втрати перцю при очищенні різними способами, г**

Часник містить 35–42 % сухих речовин, у тому числі 6,0–7,9 % білків, 7,0–28 мг% вітаміну С (у листі – до 80 мг%), 0,5 % цукрів, 20–27 % полісахаридів; мікроелементи (натрій, калій, кальцій, марганець, залізо, фосфор, магній, йод, цинк), вітаміни С, В, D, Р; володіє антиоксидантною активністю. Його смак і запах обумовлені наявністю ефірного масла (0,23–0,74 %), до складу якого входить алліцин та інші органічні сполуки сульфідної групи (фітонциди), фітостерини, інулін [6, 7]. Завдяки своїм унікальним лікувальним властивостям часник займає почесне місце серед інших біологічно активних харчових добавок. Тому, не дарма його вважають антибіотиком широкого спектру дії.

Моделювання рецептури соусу проводили з врахуванням підбору основної та допоміжної сировини, яка б дозволила забезпечити не тільки його прогнозовану харчову та енергетичну цінність, відповідала б рекомендованими нормами фізіологічного харчування дорослої людини: вітамін С – 50–70 мг; вітамін А – 1,5–2,5 мг; вітамін К – 0,2–3,0 мг; вітамін РР – 15–25 мг та β-каротину – 3,0–5,0 мг; [3, 7]; але й враховувала б уподобання європейських споживачів.

$$\beta - \text{каротин: } X=0,00671 \times x_1 \pm 0,012 \times x_4 = 0,4555$$

вітамін С:  $X=2,425 \times x_1 \pm 0,4 \times x_2 \pm 0,1 \times x_3 \pm 0,25 \times x_4 = 128,55$   
 вітамін РР:  $X=0,0095 \times x_1 \pm 0,002 \times x_2 \pm 0,01 \times x_3 \pm 0,0053 \times x_4 = 0,628$

Таблиця 2

**Хімічний склад інгредієнтів, які входять в рецептуру соусу з перцю чілі  
(специфічні критерії оптимізації рецептурного складу соусу)**

Інгредієнти	Масова частка, %	Хімічні показники, мг/100г				
		вітамін С	β - каротин	вітамін А	вітамін К	вітамін РР
Перець чілі сорту Хабанеро, $x_1$	50	242,5	0,671	59	14,3	0,95
Цибуля ріпчаста, $x_2$	10	40	–	–	–	0,20
Часник, $x_3$	8	10	0,005	–	–	0,10
Томати, $x_4$	10	25	1,20	–	7,9	0,59

В основу специфічних критеріїв оптимізації рецептурного складу соусу було покладено наявність у їх складі харчових речовин (табл. 3).

Таблиця 3

**Критерії оптимізації органолептичних показників**

Органолептичні показники	Соус чілі	Граничні умов та обмеження за вмістом окремих рецептурних компонентів
Колір	Яскраво-червоний	$45 \leq x_1 \leq 50$ (перець чілі) $8 \leq x_2 \leq 10$ (цибуля ріпчаста) $6 \leq x_3 \leq 8$ (часник) $8 \leq x_4 \leq 10$ (томати)
Смак	Гострий з вираженим після смаком перцю чілі	$1,0 \leq x_5 \leq 2,0$ (сіль) $0,4 \leq x_6 \leq 0,6$ (цукор) $0,05 \leq x_7 \leq 0,1$ (перець чорний мелений) $16 \leq x_8 \leq 18$ (олія)
Запах	Присмний запах овочів та пряний аромат	$45 \leq x_1 \leq 50$ (перець чілі) $8 \leq x_2 \leq 10$ (цибуля ріпчаста) $6 \leq x_3 \leq 8$ (часник) $8 \leq x_4 \leq 10$ (томати)
Консистенція	Зерниста, допускається з часточками насіння перцю чілі	$45 \leq x_1 \leq 50$ (перець чілі) $8 \leq x_2 \leq 10$ (цибуля ріпчаста) $6 \leq x_3 \leq 8$ (часник) $8 \leq x_4 \leq 10$ (томати) $18 \leq 7 \times x_1 + 13 \times x_2 + 30 \times x_3 + 6 \times x_4 + 97 \times x_5 + 99,85 \times x_6 + 97 \times x_7 + 0,1 \times x_8 \leq 20$

Обмеженнями виступали вимоги за органолептичними показниками, на які комплексно впливали кілька інгредієнтів (консистенція залежить від вмісту сухих речовин, що містяться у всіх інгредієнтах), а також обмеження на загальну масу суміші.

Для вибору оптимальної кількості соку лайму виготовляли зразки з додаванням соку в кількості 0,5 %, 1,0 %, 1,5 % до маси соусу. Результати органолептичних досліджень показали, що оптимальна кількість соку з лайма в соусі – 1 %, так як 0,5 % – майже не відчутна; а при – 1,5 % відзначався надто кислий смак. Рецептурну кількість соку з імбирю обирали аналогічно ( $0,1 \div 0,5$  %), виходячи з таких же міркувань, при концентрації  $0,1 \div 0,3$  % – смак був ледь відчутний, при 0,5 % – відчувалась легка гірчинка. Тому достатньою вважали концентрацію – 0,4 % до маси соусу.

У результаті представленого розрахунку за математичною моделлю оптимізації складу соусу з перцю чілі й комплексу проведених досліджень було представлено рецептурне співвідношення компонентів для соусу:

- овочі – (перець чілі 50 %, томати – 10 %, цибуля – 10 %, часник – 8 %);
- сипучі компоненти – (сіль – 2,0 %, цукор – 0,5 %);

- рослинна олія – 18,0 %;
- прянощі – (перець чорний мелений – 0,1 %);
- сік лайму – 1,0%, а сік імбирю – 0,4 %.

**Висновок.** У результаті проведеного комплексу досліджень: виборі оптимального способу очищення, підборі рецептурного складу соусу не тільки за органолептичними показниками, а й за харчовою та енергетичною цінністю, було запропоновано оптимальний спосіб очищення перцю чілі та рецептурний склад соусу.

Науково обґрунтовано та розроблено технологічні схеми та рецептуру соусів з перцю чілі. Враховуючи той факт, що перець чілі – джерело біологічно активних речовин (вітаміни С та К, β- каротину). Було підтверджено шляхом розрахунків, що в 100г соусу в середньому буде міститись 180 мг/100 г – вітаміну С; 10 мг/100 г – вітаміну К; 45 мг/100 г – вітаміну А; а відповідно – 50г можуть забезпечити добову потребу організму дорослої людини в вітамінах. Таким чином, соус чілі, виготовлений за запропонованою технологією є джерелом вітамінів для організму людини.

Розроблені соуси мали однорідну, рівномірну структуру, гарний властивий доданим інгредієнтам колір; приємний, типовий, добре виражений запах і характерний для цього продукту смак; виготовлені з використанням недорогої та доступної сировини, не містить консервантів та барвників, мають високу харчову та біологічну цінність.

#### Література

1. Дані ФАО ВОЗ Режим доступу: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/>.
2. Здоровье и химическая безопасность на пороге XXI века: учебник. — СПб.: МАЛО, 2000. — 146 с.
3. Соуси салатні. Технічні умови: ДСТУ 4561:2006. — [Чинний від 2008—01—01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2008. — 19 с.
4. Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії (Наказ МОЗ України №272 від 18.11.1999 р., Київ, 1999).
5. Тележенко Л. М. Тенденції розвитку виробництва соусів / Л. М. Тележенко, А. В. Жмудь // Харчова наука і технологія. — 2009. — № 2 (7). — С. 21–23.
6. Химический состав пищевых продуктов: справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. — М.: Агропромиздат, 1987. — 310 с.
7. Химический состав пищевых продуктов: справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. — М.: Агропромиздат, 1987. — 326 с.

Стаття надійшла до редакції 18.03.2015

УДК 637.33

**Ющенко Н. М.**, к.т.н., доцент (YuNM\_NUFT@ukr.net),  
**Радзівська І. Г.**, к.т.н., доцент, **Білоцерківець О. М.**, **Романова С. О.** ©  
*Національний університет харчових технологій*

#### НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ КУПАЖІВ РОСЛИННИХ ОЛІЙ У ТЕХНОЛОГІЇ ПРОДУКТІВ МОЛОКОВМІСНИХ СИРНИХ

*Виробництво молочних продуктів на основі натуральної сировини, які за складом відповідають сучасним вимогам нутриціології, є перспективним напрямом наукових досліджень.*