

*Людмила МАЛЮК,  
Світлана ДУБІНІНА*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУР ОВОЧЕВО-СИРКОВИХ ПАСТ**

На сьогодні головною інновацією виробників є створення продуктів здорового харчування. Сучасний споживач позитивно реагує на знижений вміст жиру в продуктах, короткий термін їх зберігання, збагачення різними натуральними харчовими добавками, про- та пребіотиками тощо. Такі продукти створюються на основі медико-біологічних вимог до їх харчової, біологічної та енергетичної цінності. Кількість таких продуктів на світовому ринку зростає з кожним роком і, за прогнозами спеціалістів, у найближчому майбутньому вони на 30–50 % замінять традиційні препарати лікувально-профілактичного направлення [1].

Сучасний ринок продуктів здорового харчування на 54 % складається із молочних продуктів. Останнім часом новим напрямом у їх виробництві є створення сиркових виробів із овочевими наповнювачами. У цьому сегменті кисломолочний сир позиціонується як дієтичний продукт, а для смакових відтінків використовуються томати, паприка, часник, хрін, зелень, цибуля, солоні огірки, гриби. Українському споживачеві відомі продукти виробників: *ТМ President* (Польща),

---

© Людмила Малюк, Світлана Дубініна, 2010

*Buko* (Данія), *Uniliver* (Росія), *Almette* (Нідерланди). Однак вони містять у своєму складі понад десяти інгредієнтів різного походження і завдяки консервантам мають термін зберігання до чотирьох місяців. Саме тому їх не можна віднести до продуктів здорового харчування.

Удосконалення інноваційних рішень при створенні комбінованих молочних продуктів є актуальним, оскільки переважна їх кількість має дієтичні властивості, а овочі містять легкозасвоювані вуглеводи, харчові волокна, вітаміни, мінеральні та інші корисні речовини. Поєднання такої сировини уможливорює виготовлення цілої серії продуктів здорового харчування [2; 3].

Сучасні принципи створення високоякісних харчових продуктів засновані на виборі та обґрунтуванні певних видів сировини у таких співвідношеннях, які б забезпечували прогнозовані якість, споживні й функціональні властивості та максимальну збалансованість харчових компонентів за хімічним складом готової продукції.

При створенні нових рецептур застосовують метод комп'ютерного проектування композицій. В його основі лежить моделювання рецептурної суміші шляхом варіювання інгредієнтів, які входять до її складу. Задача моделювання зводиться до пошуку області  $G$  в  $n$ -мірному факторному просторі, яка відповідає заданим вимогам до хімічного складу рецептурної суміші, де  $n$  – кількість варіювальних факторів (інгредієнтів рецептурної суміші).

Вітчизняними та закордонними науковцями проведено дослідження, які пов'язані з розробкою методів аналітичного проектування харчової цінності багатокомпонентних продуктів харчування, перспективними з яких є методи лінійного програмування [4; 5].

Мета роботи – оптимізація рецептур овочево-сиркових паст методом математичного програмування.

Моделювання рецептури овочево-сиркових паст розпочато з побудови цільової функції, тобто з прагнення досягти органолептичних властивостей майбутнього продукту, близьких до еталонних, і балансу в суміші білків, до складу яких входять незамінні амінокислоти; жирів, у т. ч. фітостеролів і поліненасичених жирних кислот (ПНЖК); вуглеводів; мінеральних речовин і вітамінів.

При моделюванні рецептур використано векторну (багатокритеріальну) оптимізацію, яка уможливорює пошук оптимального рішення за декількома показниками, тобто знаходить компроміс між параметрами, за якими потрібно оптимізувати рішення [5].

Для створення нових овочево-сиркових паст використано таку сировину: пюре із селери (пастернаку, петрушки), сир кисломолочний нежирний, рапсову олію, імбир, хлорид натрію.

Білі коренеплоди є джерелом вітамінів А, Е, К, С, РР, групи В і мінеральних речовин – солей калію, кальцію, фосфору, натрію,

заліза, магнію, цинку, марганцю. Вони багаті на ефірні олії, вуглеводи, фітостероли. Білі коренеплоди мають лікувальні властивості й відносяться до лікарської рослинної сировини. Вживання продуктів з них поліпшує загальний обмін речовин (особливо вуглеводний), заспокоїливо діє на нервову систему, стимулює травлення, сприяє виведенню токсичних речовин із організму [6].

Сир кисломолочний – продукт універсального призначення з високою засвоюваністю, містить повноцінний молочний білок, кальцій, фосфор і незначну кількість жиру. Споживання його позитивно впливає на нервову систему, обмін речовин, функціонування шлунково-кишкового тракту та підвищує імунітет людини. Жирнокислотний склад сиру кисломолочного не є ідеальним, тому для його модифікації необхідно застосування рослинних олій.

Рапсова олія – цінне джерело незамінних поліненасичених жирних кислот і вітаміну Е. Вміст лінолевої кислоти в ній досягає 25 %, ліноленової – 10 %, сума насичених кислот у два рази менша (6–7 %), ніж в оливковій (14–16 %), завдяки чому рапсова олія визнається дієтологами оптимальною для здоров'я людей. Фітостероли, Р-активні речовини та вітамін Е олії сприяють укріпленню стінок судин, зниженню рівня холестерину в крові, запобігають ризику тромбоутворень.

Імбир – пряність, до хімічного складу якої входять ефірні олії (1–3 %), камфін, феландрин, цинеол, борнеол, цитрал, гінгерол (1.5 %). Він багатий на вітаміни, мінеральні солі, містить всі незамінні амінокислоти. У пастах імбир використовується як допоміжна сировина для надання витонченого смаку та підвищення антиоксидантних властивостей продукту.

Хлорид натрію – природна сполука, яка містить 97–99.7 % хлористого натрію та незначну кількість солей кальцію, магнію, калію тощо. Він регулює водно-соляний обмін і приймає участь у багатьох функціях організму людини.

Роботу розпочато з підбору композиції інгредієнтів для одержання овочево-сиркових паст із органолептичними властивостями, близькими до еталонних: колір – білий з кремовим відтінком; смак і запах – гармонійний, кисломолочний, в міру солоний з присмаком овочевої та пряно-ароматичної сировини (ПАС); консистенція – однорідна, пластична, помірно мазка.

Композиції мають бути максимально збалансованими за вмістом харчових речовин відповідно до Норм фізіологічних потреб населення України [7] (табл. 1).

При цьому сума мас інгредієнтів для цієї задачі повинна дорівнювати необхідній масі готового продукту, тобто 100 г. У табл. 2 наведено граничні значення органолептичних показників.

**Вміст харчових речовин у рецептурних компонентах паст  
і їх критеріальні значення**

Харчові речовини	Сир не-жирний	Олія рапсова	Селера	Пастер-нак	Пет-рушка	Сіль	Імбир мелений	Рекомендована добова норма	
Вода, %	77.7	0.15	90.0	83.0	85.0	3.0	12.0		
Білки, г	18.0	–	1.3	1.4	1.5	–	9.2	73	
Незамінні амінокислоти, мг	валін	990	–	–	–	–	–	3000	
	ізолейцин	1000	–	–	–	–	–	3000	
	лейцин	1850	–	–	–	–	–	4000	
	лізин	1450	–	–	–	–	–	3000	
	метіонін	480	–	–	–	–	–	2000	
	треонін	800	–	–	–	–	–	2000	
	триптофан	180	–	–	–	–	–	1000	
	фенілаланін	930	–	–	–	–	–	2000	
Жири, г, у т. ч.:	0.6	99.85	–	–	–	–	5.9	74	
ПНЖК	–	22.40	–	–	–	–	–	2.0	
фітостероли	–	0.30	1.31	0.54	0.70	–	–	0.9	
Вуглеводи, г, у т. ч.:	1.5	–	6.7	11.0	11.0	–	70.9	424	
крохмаль	–	–	0.6	4.0	0.4	–	4.0	425	
моно- та дицукри	1.5	–	5.5	6.5	9.4	–	64.0	75	
Клітковина, %	–	–	1.0	2.4	1.3	–	5.9	10	
Мінеральні речовини, мг	натрій	44	–	77	8	–	38710	32	4000
	калій	115	–	393	342	262	9	1.34	2500
	кальцій	176	–	63	57	86	368	116	1200
	магній	24	–	33	22	41	22	184	400
	фосфор	224	–	27	73	82	–	148	1200
	залізо	0.3	–	0.5	0.7	1.8	293	11.52	15
Вітаміни, мг	А	0.01	–	–	–	–	–	0.015	-
	β-каротин	Сліди	–	0.01	0.02	0.01	–	–	3.0
	В <sub>1</sub>	0.04	–	0.03	0.08	0.08	–	0.046	1.6
	В <sub>2</sub>	0.25	–	0.04	0.13	0.1	–	0.19	2.0
	В <sub>3</sub>	0.21	–	0.4	0.5	–	–	–	5.0
	В <sub>6</sub>	0.19	–	0.15	0.11	0.6	–	–	2.0
	біотин	0.008	–	0.0001	0.0001	–	–	–	0.15
	ніацин	0.45	–	0.85	0.94	1.0	–	5.2	22
	фолатин	0.04	–	0.07	0.02	0.024	–	–	0.2
	С	0.5	–	8	20	35	–	12	80
Е	–	59	–	–	–	–	–	15	
Енергетична цінність, ккал	86	899	31	47	47	–	392		

Таблиця 2

## Граничні значення органолептичних показників

Показник	Інгредієнт, що впливає на значення показника	Вміст інгредієнта в пасті, %	Значення органолептичного показника
Смак	Сіль	0–0.5	Не солоний
		0.5–1.0	У міру солоний
		Більше 1.0	Солоний
	Пряно-ароматична сировина	0–0.1	Присмак імбиру не відчутний
		0.1–0.5	Присмак пряно-ароматичної сировини
		0.5–1.0	Надмірний присмак ПАС
	Олія рапсова	0–5	Не відчувається смак олії
		0.5–1.0	Смак гармонійний, виражений
		Більше 1.0	Занадто відчувається смак рапсової олії
	Білий коренеплід	40–50	Майже не відчутний смак овочевої сировини
		50–60	Приємний, притаманний овочевій сировині
		Більше 60	Занадто відчувається смак овочевої сировини
	Сир кисломолочний	30–40	Майже не відчутний смак сиру
		40–50	Приємний чистий кисломолочний смак, притаманний сировині
		Більше 50	Кисломолочний, майже не відчутний смак овочевої сировини
Запах	Пряно-ароматична сировина	0–0.1	Кисломолочний, запах ПАС не відчувається
		0.1–0.5	Кисломолочний з приємним запахом ПАС
		0.5–1.0	Сильний пряний запах
	Сир кисломолочний	30–40	Слабко виражений кисломолочний запах
		40–50	Чистий кисломолочний
		Більше 50	Сильно виражений кисломолочний, не відчувається запах овочевої сировини
	Білий коренеплід	40–50	Кисломолочний, не відчувається запах овочевої сировини
		50–60	Приємний кисломолочний із запахом, притаманним овочевій сировині
		Більше 60	Сильно виражений запах овочевої сировини, майже не відчутний кисломолочний
Колір	Пряно-ароматична сировина	0–0.1	Білий
		0.1–0.5	Білий з кремовим відтінком
		0.5–1.0	Білий з жовтим відтінком
	Сир кисломолочний	0–40	Білий з жовтуватим відтінком
		40–80	Білий з кремовим відтінком
		Більше 80	Білий
	Білий коренеплід	0–20	Білий
		20–60	Білий з кремовим відтінком
		Більше 60	Білий з жовтим відтінком
Консистенція	Сухі речовини	10–17	Пюреподібна
		17–22	Однорідна, ніжна, пластична, помірно мазка
		22–25	Однорідна, в міру щільна

Математична постановка задачі оптимізації харчових сумішей має вигляд:

$$F = \sum_{j=1}^m \left( \frac{B_j - E_j}{E_j} \right)^2 \rightarrow \max$$

$$\left. \begin{aligned} & \left( \sum_{j=1}^n x_j \right) - 100 = 0 \\ & a \leq \sum_{j=1}^n \left( \frac{100 - w_j}{100} x_j \right) \leq b \\ & x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max} \\ & j = \overline{1, n} \end{aligned} \right\},$$

де  $B_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} X_i}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n a_{ij} X_i}$ ,  $E_j = \frac{l_j}{\sum_{j=1}^m l_j}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,

де  $w_j$  – процентний вміст води в  $i$ -му інгредієнті;

$a, b$  – межі вмісту сухих речовин у суміші (вимоги до консистенції);

$x_j^{\min}$ ,  $x_j^{\max}$  – межі зміни мас інгредієнтів (вимоги до смаку та кольору);

$l_j$  – еталонний вміст  $j$ -ї харчової речовини за нормами фізіологічних потреб;

$a_{ij}$  – вміст  $j$ -ї харчової речовини в  $i$ -му інгредієнті;

$n$  – кількість інгредієнтів суміші;

$m$  – кількість розглянутих харчових речовин (білків, фітостеролів ( $\beta$ -ситостерол і кампестерин), вуглеводів, мінеральних речовин і вітамінів).

У такій постановці – це задача умовної (бо є обмеження) нелінійної оптимізації з нелінійною цільовою функцією і лінійними обмеженнями та граничними умовами.

При рішенні цієї задачі обрано метод Ньютона, у якому використовуються другі похідні, що вимагає обчислень на кожній ітерації, але оптимальне рішення знаходиться за меншого числа ітерацій, чим у градієнтних методах, у яких використовуються перші похідні [8].

Рішення задачі реалізовано за допомогою програми мовою Паскаль.

Оптимізовані рецептури овочево-сиркових паст мають склад: пюре із селери (петрушки, пастернаку) – 54 г, сир кисломолочний нежирний – 44.2 г; олія рапсова – 0.75 г; імбир мелений – 0.3 г; хлорид натрію – 0.75 г.

Отримані результати оптимізованої харчової цінності овочево-сиркових паст наведено у *табл. 3*.

Таблиця 3

## Оптимізована харчова цінність овочево-сиркових паст

Речовина хімічного складу		Паста сиркова із селерою		Паста сиркова із пастернаком		Паста сиркова із петрушкою		Рекомендована добова норма
		вміст, %	процент норми	вміст, %	процент норми	вміст, %	процент норми	
Вода, %		83.0	–	79.2	–	80.3	–	–
Білки, г		8.7	11.9	8.8	12.1	8.8	12.1	73.0
Незамінні амінокислоти, мг	валін	437.5	14.6	437.5	14.6	437.5	14.6	3000
	ізолейцин	441.9	14.7	441.9	14.7	441.9	14.7	3000
	лейцин	817.5	20.4	817.5	20.4	817.5	20.4	4000
	лізин	640.8	21.4	640.8	21.4	640.8	21.4	3000
	метіонін	212.1	10.6	212.1	10.6	212.1	10.6	2000
	треонін	353.5	17.7	353.5	17.7	353.5	17.7	2000
	триптофан	79.5	8.0	79.5	8.0	79.5	8.0	1000
	фенілаланін	411.0	20.6	411.0	20.6	411.0	20.6	2000
Жири, г, у т. ч.:		1.04	1.4	1.04	1.4	1.04	1.4	74.0
ПНЖК		0.17	8.5	0.17	8.5	0.17	8.5	2.0
фітостероли		1.31	145.6	0.54	60	0.7	77.8	0.9
Вуглеводи, г, у т. ч.:		4.5	1.06	6.82	1.61	6.78	1.6	424
моно- та дицукри		3.9	5.2	4.4	5.9	6.0	8.0	75
крохмаль		0.3	0.07	2.2	0.5	0.2	0.05	425
Клітковина, %		0.56	5.6	1.32	13.2	0.72	7.2	10.0
Мінеральні речовини, мг	натрій	351.4	8.8	314.1	7.9	309.8	7.7	4000
	калій	263.2	10.5	235.6	9.4	192.4	7.7	2500
	кальцій	114.9	9.6	111.7	9.3	127.4	10.6	1200
	магній	29.1	7.3	23.2	5.8	33.4	8.4	400
	фосфор	114	9.5	138.8	11.6	143.7	12.0	1200
	залізо	2.6	17.3	2.7	18	3.3	22.0	15.0
Вітаміни, мг	A	0	–	–	–	0	–	1.5
	β-каротин	0.01	0.33	0.01	0.33	0.01	0.33	3.0
	B <sub>1</sub>	0.04	–	0.06	–	0.06	–	1.6
	B <sub>2</sub>	0.23	11.5	0.28	14.0	0.26	13.0	2.0
	B <sub>3</sub>	0.31	6.2	0.36	7.2	0.09	1.8	5.0
	B <sub>6</sub>	0.16	8.0	0.14	7.0	0.4	20.0	2.0
	біотин	0.004	2.7	0.003	2.0	0.003	2.0	0.15
	ніацин	0.68	3.1	0.73	3.3	0.76	3.5	22.0
	фолацин	0.02	10.0	0.03	15.0	0.03	15.0	0.2
	C	4.58	5.7	11.06	13.8	19.16	24.0	80.0
	E	0.44	2.9	0.44	2.9	0.44	2.9	15.0
Енергетична цінність, ккал		62.6	–	71.3	–	71.3	–	–

Аналіз розрахованих даних свідчить, що нові продукти – овочево-сиркові пасти на основі селери, пастернаку, петрушки – повинні мати багатий хімічний склад, представлений білками (8.8 %), жирами (1 %), вуглеводами (4.5–6.8 %), мінеральними речовинами та вітамінами. Вони низькокалорійні – 62–71 ккал. Кількість фітостеролів у пастах із петрушкою та пастернаком на 60 і 78 % відповідно задовольняють добову норму, а в пасті з селерою їхній вміст відповідає лікувальній дозі. Амінокислотний склад білків представлений усіма незамінними амінокислотами, причому споживання 200 г пасти на 30–40 % покриває добову потребу в них.

Таким чином, за допомогою математичного програмування змодельовано рецептури нових овочево-сиркових паст, які за хімічним складом можна віднести до продуктів дієтичного та лікувально-профілактичного напрямку.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Кочеткова А. А.* Функциональные продукты в концепции здорового питания / А. А. Кочеткова // Пищ. пром-сть. — 1999. — № 3. — С. 4—5.
2. *Лунев О. Н.* Разработка творожных паст функционального назначения с использованием добавок растительного происхождения и "йодказеина" : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / О. Н. Лунев ; Воронеж. гос. технол. акад. — Воронеж, 2005. — 22 с.
3. *Павлова Ж. П.* Творожные изделия с фитокомпонентами / Ж. П. Павлова, Т. В. Парфенова, Ю. А. Гречкина // Молочная пром-сть. — 2006. — № 10. — С. 58—59.
4. *Norback J. P.* Optimization and Making Products / J. P. Norback, R. E. Steven // Food Technology. — 1983. — N 1. — P. 73—80.
5. *Пахомов А. Н.* Разработка метода многокритериальной оптимизации пищевых рационов по показателям сбалансированности и функциональности / А. Н. Пахомов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. — 2004. — № 5—6. — С. 124—125.
6. *Улянич О. І.* Зелені та пряносмакові овочеві культури / О. І. Улянич. — К. : Дія. — 2004. — 167 с.
7. *Про затвердження* Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії : наказ Міністерства охорони здоров'я України № 272 від 18 лист. 1999 р.
8. *Курицкий Б. Я.* Оптимизация вокруг нас / Б. Я. Курицкий. — М. : Машиностроение, 1989. — 144 с.