

УДК 641.55

I. М. ДУДАРЄВ, С. Г. ПАНАСЮК, О. М. КРАГЛИК

Луцький національний технічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОЗИЦІЙ ПІЦЦІ

I. DUDAREV, S. PANASYUK, O. KRAHLYK

Lutsk National Technical University

OPTIMIZATION OF PIZZA RECIPE COMPOSITIONS

<https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2022-15-29>

Мета статті – розроблення математичної моделі для оптимізації рецептурних композицій піци за енергетичною цінністю із урахуванням необхідного співвідношення компонентів начинки піци, вмісту білків, жирів та вуглеводів у них, а також віку споживачів та прийому їжі.

Методика. Під час розроблення математичної моделі для оптимізації рецептурних композицій піци використовувався метод лінійного програмування.

Результати. Трендом у ресторанному бізнесі є те, що відвідувачі цікавляться калорійністю страв та їх поживною цінністю. Тому, щоб утримати клієнтів та відповідати тенденціям розвитку галузі, ресторатори намагаються урахувати побажання споживачів, зокрема щодо калорійності та поживності страв. Найбільш поширеною стравою в усьому світі, зокрема серед дітей та молоді, є піца. За рахунок різноманітних начинок цей багатокomпонентний продукт дозволяє задовільнити смакові уподобання будь-якої категорії споживачів. Тому важливо, щоб у піцеріях була можливість коригування та оптимізації рецептурних композицій піци із урахуванням дієти, яка рекомендується для певної вікової групи. Споживачі, які дотримуються здорового способу харчування, повинні обмежуватися споживанням порції піци з енергетичною цінністю до 2510 кДж. Для покращення раціону харчування дітей та молоді рекомендується, щоб рецептурні композиції піци формувалися на основі стандартів Системи харчового профілю Nestlé (Nestlé Nutritional Profiling System – NNPS) або на основі нормативних документів країни, де вона виготовляється. Під час складання рецептурних композицій піци необхідно знати, які обмеження в харчуванні передбачені дієтою та на які продукти можливі алергічні реакції у клієнта. Розроблена математична модель дозволяє проводити оптимізацію рецептурних композицій піци за енергетичною цінністю із урахуванням необхідного співвідношення компонентів начинки піци, вмісту білків, жирів та вуглеводів у них, а також віку споживачів та прийому їжі.

Практична значимість. Розроблена математична модель може бути використана під час створення комп'ютерного програмного забезпечення для формування замовлення у піцерії, оскільки дозволяє самостійно клієнту закладу вибрати рецептурну композицію піци та визначити оптимальне співвідношення між обраними компонентами начинки для забезпечення рекомендованої калорійності готового виробу для вікової групи населення, яку представляє клієнт.

Ключові слова: піца, рецептура піци, оптимізація рецептури, інгредієнти піци, начинка піци, калорійність піци.

Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Одним із трендів ресторанного бізнесу в світі є розроблення меню із урахуванням принципів здорового харчування, а також стану здоров'я, вікової групи та побажань клієнтів. Це дозволяє закладам ресторанного господарства запропонувати своїм відвідувачам безпечну та збалансовану їжу.

Піца є однією з найбільш популярних страв у всьому світі [1]. За рахунок різноманітних начинок, що можуть містити сир, м'ясо та м'ясопродукти, яйця, гриби, рибу та морепродукти, зелень, овочі та фрукти, різноманітні соуси, спеції та прянощі, цей багатокomпонентний продукт дозволяє задовільнити смакові уподобання будь-якої категорії споживачів і забезпечити необхідну кількість поживних речовин та енергії для них [2]. Піца найбільш популярна серед дітей та молоді, тому цей продукт має бути максимально корисним і в мінімальній кількості містити цукор, сіль та насичені жири, оскільки неправильне харчування зумовлює хвороби, зокрема цукровий діабет 2 типу та гіпертонію. Споживання піци може забезпечити понад 20% від необхідного добового споживання калорій для дітей та молоді, тому її споживання може також спричиняти ожиріння. Із урахуванням зазначеного, необхідно покращувати рецептурні композиції піци, яка реалізується в школах і ресторанах, а також постачається через мережі магазинів [3]. Для покращення раціону харчування дітей та молоді науковцями рекомендується [4], щоб рецептурні композиції піци формувалися на основі стандартів Системи харчового профілю Nestlé (Nestlé Nutritional Profiling System – NNPS) або на основі нормативних документів країни, де вона виготовляється.

Споживачі, які дотримуються здорового способу харчування, повинні обмежуватися споживанням порції піци з енергетичною цінністю до 2510 кДж (600 ккал) і уникати додаткового споживання високоенергетичних закусок і напоїв, які активно пропагуються в закладах ресторанного господарства разом із піцою [5]. Результати дослідження [5] підтверджують, що споживачі готові надавати перевагу піці, яка збалансована за харчовою цінністю та може забезпечити необхідну кількість енергії для них. Це спонукає рестораторів розробляти індивідуальні, функціональні продукти, підвищуючи тим самим їх конкурентоспроможність. Розроблення рецептур страв здорового харчування не можливе без глибоких знань з дієтології та моделювання рецептур, знання властивостей сировини, її енергетичної та харчової цінності, а також їх зміни під час кулінарного оброблення. Із урахуванням зазначеного, дослідження,

спрямоване на розроблення математичної моделі, яка б дозволила оптимізувати рецептурні композиції піци, є надзвичайно актуальним.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. Піцерія – це один з найбільш гнучких та демократичних форматів закладів ресторанного бізнесу [6], що розрахований на різні категорії споживачів. У цих закладах доступна цінова політика та широкий асортимент страв, і, що важливо у сучасних умовах, є послуга доставки. На розвиток індустрії піцерій вплинули зміни в уподобаннях споживачів, до яких індустрія повинна адаптуватися. Зокрема, споживачів найбільше хвилює якість інгредієнтів та наявність алергенів у готовому продукті. Споживачі надають перевагу закладам, де в якості інгредієнтів піци використовується місцева, бажано органічна, сировина. Заклади, у свою чергу, пропонують піцу без глютену, а також веганську піцу. Крім того, для виробників важливим є підвищення продуктивності виробництва за одночасного зменшення споживання енергії та викидів забруднюючих речовин в атмосферу під час приготування піци. Науковці пропонують вирішувати ці питання шляхом використання інфрачервоного випромінювання на останньому етапі процесу приготування піци в духових шафах, що дозволить мінімізувати тривалість приготування піци на 50%, зменшити споживання енергії на 27% і викиди CO₂ на 27,1%, але при цьому зберегти якісні властивості піци [7].

У ресторанному бізнесі активно впроваджуються інформаційні технології. На сайтах закладів можна не тільки ознайомитися із меню, але й замовити піцу додому [8]. Крім того, використовуються інтерактивні електронні меню, які дозволяють подавати більше інформації стосовно страв та передбачають можливість вибирання інгредієнтів начинки та підрахування калорійності готового продукту. Разом із тим, вони не дозволяють оптимізувати рецептурну композицію піци із урахуванням віку споживача, способу життя, стану здоров'я, прийому їжі тощо. Саме тому важливі подальші наукові дослідження у цьому напрямі.

Цілі статті. Розроблення математичної моделі для оптимізації рецептурних композицій піци за енергетичною цінністю із урахуванням необхідного співвідношення компонентів начинки піци, вмісту білків, жирів та вуглеводів у них, а також віку споживачів та прийому їжі (сніданок, обід, вечеря).

Об'єкт дослідження. Рецептурні композиції піци.

Методи дослідження. Під час розроблення математичної моделі для оптимізації рецептурних композицій піци використовувався метод лінійного програмування.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Усе більше відвідувачів піцерій цікавляться калорійністю страв та їх поживною цінністю. Таким чином, щоб утримати клієнтів та відповідати тенденціям розвитку галузі необхідно урахувати побажання споживачів піци, зокрема щодо її калорійності та поживності. Також важливо, щоб у піцеріях була можливість коригування та оптимізації рецептурних композицій піци із урахуванням дієти, яку дотримується відвідувач закладу.

Під час складання рецептурних композицій піци дієтичного призначення необхідно знати, які обмеження в харчуванні передбачені дієтою та на які продукти можливі алергічні реакції у клієнта. У піцах дієтичного призначення, наприклад, можна замінити борошно пшеничне вищого ґатунку цільозерновим борошном або житнім чи вівсяним. Особливу увагу необхідно приділяти начинці піци для дітей та молоді. У піці для цієї категорії споживачів має бути велика кількість овочів. Для зменшення її калорійності жирне м'ясо рекомендується замінити на м'ясо курки або індички, або ж нежирну яловичину. Під час вибирання сиру, який є одним із основних компонентів піци, доцільно надавати перевагу низькокалорійному сиру. Також доцільно замінити соуси на йогурт чи сметану низької жирності. Копченості у піці для дітей та молоді недоцільно використовувати, їх можна замінити прянощами та часником.

Склад начинки піци для дітей та молоді, а також співвідношення у ній рецептурних компонентів необхідно підбирати із урахуванням норм харчування різних вікових груп цієї категорії споживачів [9]. Рекомендована кількість калорій, білків, жирів та вуглеводів на сніданок, обід та вечерю для різних вікових груп дітей і молоді представлена в таблиці 1 [9]. Оптимізацію рецептурних композицій піци необхідно проводити із урахуванням даних таблиці 1, а також із урахуванням того, коли буде споживатися піца (сніданок, обід, вечеря).

Розробимо математичну модель для оптимізації рецептури піци за її енергетичною та поживною цінністю із урахуванням вікової групи дітей і молоді. Алгоритм оптимізації рецептурних композицій передбачає три кроки (рис. 1).



Рис. 1. Алгоритм оптимізації рецептурних композицій піци

Перший крок – вибирання вікової групи клієнтів та часу приймання їжі, а також визначення рекомендованої для них кількості калорій, білків, жирів і вуглеводів; другий крок – вибирання розміру (маси) піци та тіста, соусу і інгредієнтів начинки для неї, а також визначення поживної та енергетичної цінності усіх рецептурних складових піци; третій крок – складання математичної моделі для оптимізації рецептурної композиції піци (складання цільової функції та задання обмежень (умов) щодо кількості білків, жирів та вуглеводів у піці, а також вмісту рецептурних компонентів начинки піци) та її реалізація, за результатами якої рекомендується рецептурна композиція піци.

Таблиця 1. Рекомендована кількість калорій, білків, жирів та вуглеводів на сніданок, обід та вечерю для різних вікових груп дітей і молоді [9]

Вікова група	Енергетична цінність (E_{\min} – E_{\max}), ккал	Кількість білків (B_{\min} – B_{\max}), г	Кількість жирів (J_{\min} – J_{\max}), г	Кількість вуглеводів (V_{\min} – V_{\max}), г
4–6 років:				
- сніданок і вечеря	425–510	14–17	14–16	60–72
- обід	510–595	17–20	16–19	72–84
6–11 років:				
- сніданок і вечеря	525–630	18–21	17–21	73–88
- обід	630–735	21–25	21–24	88–103
11–14 років:				
- сніданок і вечеря	600–720	21–25	21–25	81–98
- обід	720–840	25–29	25–29	98–114
14–18 років:				
- сніданок і вечеря	675–810	23–27	23–27	93–112
- обід	810–945	27–32	27–32	112–131

Нехай, піца для певної категорії споживачів повинна мати якомога меншу калорійність. Будемо визначати калорійність піци без урахування втрат поживних речовин під час її теплового оброблення (випікання). Тоді цільовою функцією буде калорійність піци (напівфабрикату):

$$E = K_{11} \cdot x_{11} + K_{12} \cdot x_{12} + \dots + K_{1n} \cdot x_{1n} + K_{21} \cdot x_{21} + K_{22} \cdot x_{22} + \dots + K_{2k} \cdot x_{2k} + K_{31} \cdot x_{31} + K_{32} \cdot x_{32} + \dots + K_{3l} \cdot x_{3l} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де E – калорійність піци (напівфабрикату), ккал;

$K_{11}, K_{12}, \dots, K_{1n}, K_{21}, K_{22}, \dots, K_{2k}, K_{31}, K_{32}, \dots, K_{3l}$ – калорійність 1 г рецептурних складових тіста піци (індекси 11, 12, ..., 1n), соусу піци (індекси 21, 22, ..., 2k) та складових начинки піци (індекси 31, 32, ..., 3l), ккал;

$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}, x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2k}, x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3l}$ – маса рецептурних інгредієнтів тіста піци (індекси 11, 12, ..., 1n), соусу піци (індекси 21, 22, ..., 2k) та інгредієнтів начинки піци (індекси 31, 32, ..., 3l), г;

n, k, l – відповідно, кількість рецептурних інгредієнтів тіста, соусу та начинки.

Складемо обмеження для цієї оптимізаційної задачі. Загальна маса рецептурних інгредієнтів має дорівнювати M :

$$M = x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} + x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2k} + x_{31} + x_{32} + \dots + x_{3l}, \quad (2)$$

де M – маса напівфабрикату піци (рецептурних інгредієнтів), г.

Оптимізаційну задачу можна спростити, якщо прийняти, що споживач обирає вид тіста для піци із відомою калорійністю та вмістом поживних речовин і розмір піци (тобто масу тіста x_1 , що необхідна для заготовки коржа піци), а також вид соусу для змащування заготовки коржа із відомою калорійністю та вмістом поживних речовин і його масу x_2 . Тоді оптимізації підлягатиме лише начинка піци. Із урахуванням зазначеного цільова функція (1) матиме вигляд:

$$E = K_1 \cdot x_1 + K_2 \cdot x_2 + K_{31} \cdot x_{31} + K_{32} \cdot x_{32} + \dots + K_{3l} \cdot x_{3l} \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$x_1 = x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n}, \quad (4)$$

$$x_2 = x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2k}, \quad (5)$$

$$M - x_1 - x_2 = x_{31} + x_{32} + \dots + x_{3l}, \quad (6)$$

де K_1, K_2 – відповідно, калорійність 1 г тіста та соусу для піци, ккал;

x_1, x_2 – відповідно, маса тіста та соусу для піци, г.

До складу начинки входять рецептурні інгредієнти, які можуть змінюватися залежно від уподобань споживачів або їх вимог до поживної та енергетичної цінності готової страви. Оскільки рекомендований вміст білків, жирів та вуглеводів у піці залежить від вікової категорії споживачів та прийому їжі (сніданок, обід, вечеря), то це також необхідно урахувати у математичній моделі. Вважатимемо, що піца є єдиною стравою, яку споживає клієнт певної вікової категорії протягом певного прийому їжі (сніданок, обід, вечеря), тоді:

- обмеження задачі щодо вмісту білків:

$$B_1 \cdot x_1 + B_2 \cdot x_2 + B_{31} \cdot x_{31} + B_{32} \cdot x_{32} + \dots + B_{3l} \cdot x_{3l} \leq B_{\max}, \quad (7)$$

$$B_1 \cdot x_1 + B_2 \cdot x_2 + B_{31} \cdot x_{31} + B_{32} \cdot x_{32} + \dots + B_{3l} \cdot x_{3l} \geq B_{\min}, \quad (8)$$

- обмеження задачі щодо вмісту жирів:

$$J_1 \cdot x_1 + J_2 \cdot x_2 + J_{31} \cdot x_{31} + J_{32} \cdot x_{32} + \dots + J_{3l} \cdot x_{3l} \leq J_{\max}, \quad (9)$$

$$\mathcal{J}_1 \cdot x_1 + \mathcal{J}_2 \cdot x_2 + \mathcal{J}_{31} \cdot x_{31} + \mathcal{J}_{32} \cdot x_{32} + \dots + \mathcal{J}_{3l} \cdot x_{3l} \geq \mathcal{J}_{\min}, \quad (10)$$

- обмеження задачі щодо вмісту вуглеводів:

$$B_1 \cdot x_1 + B_2 \cdot x_2 + B_{31} \cdot x_{31} + B_{32} \cdot x_{32} + \dots + B_{3l} \cdot x_{3l} \leq B_{\max}, \quad (11)$$

$$B_1 \cdot x_1 + B_2 \cdot x_2 + B_{31} \cdot x_{31} + B_{32} \cdot x_{32} + \dots + B_{3l} \cdot x_{3l} \geq B_{\min}, \quad (12)$$

- обмеження задачі щодо кількості рецептурних інгредієнтів начинки:

$$x_{31\min} \leq x_{31} \leq x_{31\max},$$

$$x_{32\min} \leq x_{32} \leq x_{32\max},$$

.....

$$x_{3l\min} \leq x_{3l} \leq x_{3l\max}, \quad (13)$$

де $B_1, B_2, B_{31}, B_{32}, \dots, B_{3l}$ – маса білків в 1 г рецептурних компонентів напівфабрикату піци, відповідно, тіста, соусу і складових начинки, г;

B_{\max}, B_{\min} – відповідно, максимальна та мінімальна маса білків, що згідно рекомендацій (таблиця 1) має міститися в піці, яку споживає особа певної вікової категорії упродовж певного прийому їжі (сніданок, обід, вечеря), г;

$\mathcal{J}_1, \mathcal{J}_2, \mathcal{J}_{31}, \mathcal{J}_{32}, \dots, \mathcal{J}_{3l}$ – маса жиру в 1 г рецептурних компонентів напівфабрикату піци, відповідно, тіста, соусу і складових начинки, г;

$\mathcal{J}_{\max}, \mathcal{J}_{\min}$ – відповідно, максимальна та мінімальна маса жиру, що згідно рекомендацій (таблиця 1) має міститися в піці, яку споживає особа певної вікової категорії упродовж певного прийому їжі (сніданок, обід, вечеря), г;

$B_1, B_2, B_{31}, B_{32}, \dots, B_{3l}$ – маса вуглеводів в 1 г рецептурних компонентів напівфабрикату піци, відповідно, тіста, соусу і складових начинки, г;

B_{\max}, B_{\min} – відповідно максимальна та мінімальна маса вуглеводів, що згідно рекомендацій (таблиця 1) має міститися в піці, яку споживає особа певної вікової категорії упродовж певного прийому їжі (сніданок, обід або вечеря), г;

$x_{31\min}, x_{32\min}, \dots, x_{3l\min}$ – мінімальні маси рецептурних компонентів начинки піци, г;

$x_{31\max}, x_{32\max}, \dots, x_{3l\max}$ – максимальні маси рецептурних компонентів начинки піци, г.

Таким чином, рівняння (3), (6) та нерівності (7)–(13) утворюють математичну модель, яка дозволяє оптимізувати рецептурну композицію піци для певної вікової категорії споживачів, яка буде спожита упродовж певного прийому їжі (сніданок, обід, вечеря). Теоретичну калорійність 100 г рецептурних складових піци можна розрахувати за формулою:

$$K = k_{\sigma}B + k_{ж} \mathcal{J} + k_{\epsilon}B, \quad (14)$$

де $k_b, k_{ж}, k_v$ – відповідно, калорійність 1 г білків (4,0 ккал), жирів (9,0 ккал) і вуглеводів (3,75 ккал), ккал;

$B, Ж, В$ – масовий (або відсотковий) вміст білків, жирів та вуглеводів у 100 г продукту (рецептурного компонента), г (або %).

Розглянемо застосування математичної моделі на прикладі піци, для якої клієнт віком 12 років вибрав тісто, соус та інгредієнти начинки (вибрана рецептурна композиція піци – у таблиці 2).

Таблиця 2. **Рецептурна композиція піци та поживна і енергетична цінність її компонентів**

Рецептурний компонент	Маса, г	Поживна (г) та енергетична цінність (ккал) 100 г продукту			
		Білки (B)	Жири ($Ж$)	Вуглеводи ($В$)	Калорійність (K)
Тісто з цільнозернового пшеничного борошна	x_1	7,3	11,5	35,3	265
Соус сметанный з часником	x_2	3,6	6,7	2,6	84
Начинка:					
Філе куряче	x_{31}	23,1	1,2	-	103
Томати	x_{32}	0,6	0,2	4,2	20
Перець солодкий	x_{33}	1,3	-	7,2	32
Цибуля	x_{34}	1,4	-	10,4	45
Сир твердий «Російський» жирністю 20%	x_{35}	26,0	20,0	-	284
Петрушка свіжа	x_{36}	3,7	0,4	7,6	47
Всього M , г	450				

Нехай, піца буде споживатися на вечерю, а маса її напівфабрикату $M = 450$ г. Калорійність піци із вибраними тістом, соусом та інгредієнтами начинки має бути мінімальною, тобто необхідно знайти мінімум цільової функції E . Відповідно до рекомендацій (таблиця 1) для цієї вікової групи дітей для вечері матимемо такі значення поживних компонентів:

- рекомендовані межі вмісту білків у піці: $B_{\min} = 21$ г та $B_{\max} = 25$ г;
- рекомендовані межі вмісту жирів у піці: $Ж_{\min} = 21$ г та $Ж_{\max} = 25$ г;
- рекомендовані межі вмісту вуглеводів у піці: $В_{\min} = 81$ г та $В_{\max} = 98$ г.

Після підстановки значень з таблиці 2 (поділених на 100) у рівняння (3)–(6), матимемо:

$$E = 2,65 \cdot x_1 + 0,84 \cdot x_2 + 1,03 \cdot x_{31} + 0,2 \cdot x_{32} + \\ + 0,32 \cdot x_{33} + 0,45 \cdot x_{34} + 2,84 \cdot x_{35} + 0,47 \cdot x_{36} \rightarrow \min, \\ x_1 = 180 \text{ г}, x_2 = 20 \text{ г},$$

$$450 - 180 - 20 = 250 = x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36}.$$

Обмеження (7)–(13) відповідно до даних таблиці 2 (поділених на 100), матимуть вигляд:

- для вмісту білків:

$$0,073 \cdot x_1 + 0,036 \cdot x_2 + 0,231 \cdot x_{31} + 0,006 \cdot x_{32} + 0,013 \cdot x_{33} + \\ + 0,014 \cdot x_{34} + 0,26 \cdot x_{35} + 0,037 \cdot x_{36} \leq 25;$$

$$0,073 \cdot x_1 + 0,036 \cdot x_2 + 0,231 \cdot x_{31} + 0,006 \cdot x_{32} + \\ + 0,013 \cdot x_{33} + 0,014 \cdot x_{34} + 0,26 \cdot x_{35} + 0,037 \cdot x_{36} \geq 21;$$

- для вмісту жирів:

$$0,115 \cdot x_1 + 0,067 \cdot x_2 + 0,012 \cdot x_{31} + 0,002 \cdot x_{32} + 0,2 \cdot x_{35} + 0,004 \cdot x_{36} \leq 25;$$

$$0,115 \cdot x_1 + 0,067 \cdot x_2 + 0,012 \cdot x_{31} + 0,002 \cdot x_{32} + 0,2 \cdot x_{35} + 0,004 \cdot x_{36} \geq 21;$$

- для вмісту вуглеводів:

$$0,353 \cdot x_1 + 0,026 \cdot x_2 + 0,042 \cdot x_{32} + 0,072 \cdot x_{33} + 0,104 \cdot x_{34} + 0,076 \cdot x_{36} \leq 98;$$

$$0,353 \cdot x_1 + 0,026 \cdot x_2 + 0,042 \cdot x_{32} + 0,072 \cdot x_{33} + 0,104 \cdot x_{34} + 0,076 \cdot x_{36} \geq 81;$$

- припускаємо, що для вмісту рецептурних компонентів начинки клієнт встановив такі межі:

$$25 \text{ г} \leq x_{31} \leq 100 \text{ г}, 2 \text{ г} \leq x_{32} \leq 100 \text{ г}, 2 \text{ г} \leq x_{33} \leq 70 \text{ г},$$

$$2 \text{ г} \leq x_{34} \leq 100 \text{ г}, 10 \text{ г} \leq x_{35} \leq 100 \text{ г}, 2 \text{ г} \leq x_{36} \leq 40 \text{ г}.$$

Розрахунок оптимальної рецептури для піци проведено із використанням комп'ютерної програми Mathcad 14. У результаті розрахунку було встановлено, що мінімальна калорійність порції піци становить 623 ккал, що незначно (на 3,8%) перевищує рекомендоване обмеження за калорійністю для порції піци, яке становить 600 ккал. У разі значного перевищення рекомендованої калорійності для порції піци (більше 10%) пропонується переглянути рецептурні компоненти начинки, соусу та тіста. Калорійність піци (623 ккал) забезпечується, якщо рецептурні компоненти будуть використані у кількості: тісто – 180 г; соус – 20 г; філе куряче – 25 г; помідори – 50,4 г; перець солодкий – 70 г; цибуля – 92,6 г; сир твердий – 10 г; петрушка свіжа – 2 г. При цьому порція піци забезпечить поживну цінність: білків – 24,8 г; жирів – 24,4 г; вуглеводів – 81 г. Таким чином, клієнт віком 12 років за вечерю отримає необхідну кількість білків, жирів та вуглеводів, що рекомендована для його вікової категорії.

Необхідно зазначити, що межі для кількості рецептурних компонентів начинки піци (умови (13)) рекомендується задавати в інтервалі:

$$0 < x_{3l} < M - x_1 - x_2.$$

Оскільки суттєве звуження меж для кількості рецептурних компонентів начинки може призвести до того, що оптимізаційна задача не матиме розв'язку.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розроблена математична модель дозволяє проводити оптимізацію рецептурних композицій піци за енергетичною цінністю із урахуванням необхідного співвідношення компонентів начинки піци, вмісту білків, жирів та вуглеводів у них, а також віку споживачів та прийому їжі (сніданок, обід, вечеря). Ця математична модель може бути використана під час створення комп'ютерного програмного забезпечення для формування замовлення у піцерії, оскільки дозволяє самостійно клієнту закладу вибрати рецептурну композицію піци та визначити оптимальне співвідношення між вибраними компонентами начинки для забезпечення рекомендованої калорійності готового виробу для вікової групи населення, яку він представляє.

Список використаних джерел

1. Барсукова А. В., Борисова А. В. Исследование влияния вида сыра на органолептические и физико-химические свойства коно-пиццы. *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 1, С. 103–109. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-1-103-109>
2. Singh P., Goyal G. K. Functionality of pizza ingredients. *British Food Journal*. 2011. № 113(11). P. 1322–1338. <https://doi.org/10.1108/00070701111179960>
3. Powell L. M., Nguyen B. T., Dietz W. H. Energy and nutrient intake from pizza in the United States. *Pediatrics*. 2015. № 135(2). P. 322–330. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-1844>
4. Masset G., Mathias K. C., Vlassopoulos A., Mölenberg F., Lehmann U., Gibney M., et al. Modeled dietary impact of pizza reformulations in US children and adolescents. *PLoS ONE*. 2016. № 11(10):e0164197. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164197>
4. Combet E., Jarlot A., Aidoo K., Lean M. Development of a nutritionally balanced pizza as a functional meal designed to meet published dietary guidelines. *Public Health Nutrition*. 2014. № 17(11). P. 2577–2586. <https://doi.org/10.1017/S1368980013002814>
6. Савенко Ю. М. Основні тенденції ринку громадського харчування. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2014. № 4(78). С. 31–37.
7. Mastrascusa D., Vázquez-Villegas P., Huertas J. I., Pérez-Carrillo E., García-Cuellar A. J., Nevarez R. Increasing productivity and reducing energy consumption in the pizza industry by the synergetic combination of cooking technologies. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. № 45:e15286. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15286>

8. Орленко О. В., Жуйков Г. Є. Економічні передумови розвитку ринку гастрономічних послуг та нові ресторани тренди. *Бізнес-навігатор*. 2017. № 2(41). С. 38–42.

9. Постанова Кабінету Міністрів України «Норми харчування у закладах освіти та дитячих закладах оздоровлення та відпочинку», № 305 від 24 березня 2021 року.

Reference

1. Barsukova A. V., Borisova A. V. Issledovanie vliyaniya vida syira na organolepticheskie i fiziko-himicheskie svoystva kono-pitstsyi [The study of the influence of cheese on organoleptic and physical and chemical properties of kono-pizza]. *Vestnik KrasGAU*. 2020. № 1, P. 103–109. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-1-103-109>

2. Singh P., Goyal G. K. Functionality of pizza ingredients. *British Food Journal*. 2011. № 113(11). P. 1322–1338. <https://doi.org/10.1108/00070701111179960>

3. Powell L. M., Nguyen B. T., Dietz W. H. Energy and nutrient intake from pizza in the United States. *Pediatrics*. 2015. № 135(2). P. 322–330. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-1844>

4. Masset G., Mathias K. C., Vlassopoulos A., Mölenberg F., Lehmann U., Gibney M., et al. Modeled dietary impact of pizza reformulations in US children and adolescents. *PLoS ONE*. 2016. № 11(10):e0164197. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164197>

4. Combet E., Jarlot A., Aidoo K., Lean M. Development of a nutritionally balanced pizza as a functional meal designed to meet published dietary guidelines. *Public Health Nutrition*. 2014. № 17(11). P. 2577–2586. <https://doi.org/10.1017/S1368980013002814>

6. Savenko Yu. M. Osnovni tendentsiyi rinku gromadskogo harchuvannya [Tendencies of the modern public aliment market]. *Visnik Kiyivskogo natsionalnogo universitetu tehnologiy ta dizaynu*. 2014. № 4(78). P. 31–37.

7. Mastrascusa D., Vázquez-Villegas P., Huertas J. I., Pérez-Carrillo E., García-Cuéllar A. J., Nevarez R. Increasing productivity and reducing energy consumption in the pizza industry by the synergetic combination of cooking technologies. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. № 45:e15286. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15286>

8. Orlenko O. V., Zhuykov G. E. Ekonomichni peredumovi rozvitku rinku gastronomichnih poslug ta novi restoranni trenди [Economic prerequisites for the development of the market for gastronomic services and new restaurant trends]. *Biznes-navigатор*. 2017. № 2(41). P. 38–42.

9. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayini «Normi harchuvannya u zakladah osviti ta dityachih zakladah ozdorovlennya ta vidpochinku» [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine «Nutrition standards in educational institutions and children's health and recreation facilities»], № 305 of March 24, 2021.

The aim of the article is to develop a mathematical model for optimizing pizza recipe compositions by energy value, taking into account the required ratio of pizza toppings, protein, fat and carbohydrate content, as well as the age of consumers and food intake.

Methodology. During the development of a mathematical model for the optimization of pizza recipe compositions, the method of linear programming was used.

Results. The trend in the restaurant business is that visitors are interested in the caloric content of dishes and their nutritional value. Therefore, in order to retain customers and respond to industry trends, restaurateurs try to take into account the wishes of consumers, in particular regarding the caloric and nutritional value of food. Pizza is the most common dish around the world, especially among children and

young people. Due to the variety of fillings, this multi-component product allows us to satisfy the taste preferences of any category of consumers. Therefore, it is important that pizzerias have the opportunity to adjust and optimize the recipe of pizza compositions based on the diet recommended for a certain age group. Consumers who follow a healthy diet should limit themselves to a portion of pizza with an energy value of up to 2510 kJ. To improve the diet of children and young people, it is recommended that pizza recipes be based on the standards of the Nestlé Nutritional Profiling System (NNPS) or on the regulations of the country where it is made.

When preparing pizza recipes, it is necessary to know what dietary restrictions are provided by the diet and which products may cause allergic reactions in the client. The developed mathematical model allows us to optimize the recipe compositions of pizza in terms of energy value, taking into account the required ratio of components of pizza filling, the content of proteins, fats and carbohydrates in them, as well as the age of consumers and meals.

Practical significance. The developed mathematical model can be used when creating computer software for ordering a pizzeria, as it allows the customer to choose the recipe of the pizza and determine the optimal ratio between the selected components of the filling to ensure the recommended caloric content of the finished product for the client age group.

Keywords: pizza, pizza recipe, recipe optimization, pizza ingredients, pizza filling, pizza calories.

*Стаття рекомендована до друку доктором технічних наук,
професором Ягелюк С.В.*

Дата надходження в редакцію 21.01.2021 р.