

**ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ EXCEL НА ПРИКЛАДІ
РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУР ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ
«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ»**

Основною метою навчання інформаційних технологій студентами за напрямом підготовки «Харчові технології та інженерія» є необхідність підвищення рівня і якості підготовки фахівців. Для цього потрібно вирішити такі задачі як розвиток і закріплення навичок та вмінь у сполученні з активними методами навчання. Основною задачею інженера-технолога є розроблення нових рецептур та вибір рецептури із наданих варіантів за заданими параметрами, а саме мінімальною собівартістю, високими якісними показниками, комплексним використанням складових частин інгредієнтів. Розвиток засобів інженерних та наукових розрахунків дає можливість фахівцю розв'язувати поставлені задачі без досконалого знання мов програмування, проте виникає необхідність досконалого володіння таким програмним продуктом, як система автоматизованих інженерних та економічних розрахунків.

Ключовими аспектами при створенні функціональних продуктів харчування є науково обґрунтований підбір фізіологічно функціональних харчових інгредієнтів з необхідними санітарно-гігієнічними, медико-біологічними показниками, спрямованими лікувально-профілактичними властивостями, а також розробка нових технологічних рішень, що дозволяють істотно впливати не тільки на органолептичні фізико-хімічні показники сировини та готової продукції, підвищуючи їх харчову цінність, але й надавати їм спрямовані функціональні властивості. Варіюючи склад рецептурних сумішей, збагачуючи їх есенціальним нутрієнтами, можна домогтися певної спрямованості фізіологічного впливу. Перевагами автоматизованого проектування рецептур при створенні функціональних продуктів харчування є можливість регулювання їх хімічного складу шляхом зміни співвідношення окремих компонентів з урахуванням їхніх властивостей. Оптимальні рішення цих задач при проектуванні харчових продуктів можуть бути отримані за допомогою їх формалізованих математичних описів - математичних моделей, що відображають в аналітичному вигляді безліч функціональних зв'язків між технологічними, економічними та іншими параметрами інгредієнтів сировини, необхідними характеристиками готових виробів (цільова функція) і рядом обмежень, які вимагає нормативна документація. Таким чином, математичне та імітаційне моделювання стає для технолога одним із необхідних інструментів

розв'язання задач оптимізації комплексу властивостей харчового продукту - органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних - по встановленим критеріям і обмеженням на кожному етапі його розробки.

Поняття «проектування» продуктів включає в себе розробку моделей, що описують етапи створення продуктів заданої якості і представляють собою математичні залежності, що відображають всі зміни одного або декількох ключових параметрів, на основі яких вони розробляються, а також оптимізацію вибору та співвідношення вихідних компонентів, за якими можна отримати рецептуру, яка за кількісним вмістом та якісним складом максимально відповідає формулі збалансованого харчування та медико-біологічним вимогам, має високі споживчі властивості [3, с. 120]. Одним із важливих завдань при проектуванні багатокomпонентних харчових систем є забезпечення оптимального набору та співвідношення рецептурних інгредієнтів при розробці нових видів функціональних продуктів харчування для різних категорій населення.

Серед різних моделей технологічних процесів особливе місце займають лінійні моделі, тобто моделі, де математичні залежності (рівності або нерівності) - лінійні відносно всіх змінних величин, що входять в модель. Сутність задач такого роду полягає в тому, щоб з набору можливих варіантів рецептур вибрати за заданим критерієм оптимальний варіант шляхом спрямованого варіювання кількісними співвідношеннями сировинних компонентів.

Рішення поставленої задачі здійснюється в кілька етапів: 1) формується інформаційний банк даних, який включає хімічний склад інгредієнтів; 2) на основі інформаційного банку даних складаються балансові лінійні рівняння по хімічному складу кінцевого продукту (наприклад, за вмістом жиру, води, вуглеводів); 3) визначаються технологічні обмеження на використання окремих видів інгредієнтів (солі, спецій і т.д.) згідно нормативно-технічної документації; 4) вибирається критерій (функція мети) оптимізації енергетичної цінності продукту; 5) вирішується поставлене завдання в комп'ютерній математичній системі; 6) проводиться аналіз варіантів розроблених багатокomпонентних харчових продуктів з технологічної та економічної точок зору, і вибирають той варіант, який найбільш повно відповідає поставленій меті.

Розглянемо розробку рецептури медової пасти з максимальною біологічною цінністю та за вмістом макро- і мікроелементів та вітамінів: Na - не менше 50 мг, K - не менше 500 мг, Ca - не менше 100 мг, Mg - не менше 100 мг, P - не менше 100 мг, Fe - не менше 20 мг, каротину - не менше 500 мг, B₁ - не менше 0,5 мг, B₂ - не менше 0,1 мг, C - не менше 1 мг. Можливий діапазон варіювання P_I в рецептурній композиції паст на основі меду за вмістом сухих речовин у кожному виді сировини (табл.1) [1] та біологічна цінність рецептурних інгредієнтів (табл.2) [1].

Таблиця 1

Рецептурні композиції паст на основі меду

Рецептурні інгредієнти	Можливий діапазон варіювання РІ, %	Вміст сухих речовин РІ, %
Ядро арахіса	0...25	92,1
Родзинки	0...10	82
Насіння гарбуза	0...25	95,5
Чорнослив	0...12	75
Курага	0...15	80
Мед бджолиний	50...90	82,6

Таблиця 2

Біологічна цінність рецептурних інгредієнтів медових паст

Перелік вітамінів, макро- та мікроелементів	Кількість вітамінів, макро- та мікроелементів, що входять до складу рецептурних інгредієнтів медових паст (мг/100 г)					
	Ядро арахісу	Родзинки	Насіння гарбуза	Чорнослив	Курага	Мед
Na	23,0	117	157	10	17	10
K	658	830	634	864	1717	36
Ca	76	83	360	80	160	14
Mg	182	42	311	102	106	3
P	350	129	520	83	146	18
Fe	5	3	60	3	32	0,8
Каротин	0	35	3	60	3500	0
B ₁	0,74	0,15	1,8	0,02	0,1	0,01
B ₂	0,11	0,06	0,2	0,1	0,2	0,03
C	5,3	1	2	3	4	0
Всього	1300,15	1239,21	2047	1205,12	5682,3	81,84

Створюємо математичну модель розрахунку сировини з максимальною енергетичною цінністю:

Необхідно знайти шукані значення $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$, при яких $F(x) = \max \{1300,15 x_1 + 1239,21 x_2 + 2047 x_3 + 1205,12 x_4 + 5682,12 x_5 + 81,84 x_6\}$ при дотриманні наступних умов:

1) вміст Na не менше 50

$$23 x_1 + 117 x_2 + 157 x_3 + 10 x_4 + 17 x_5 + 10 x_6 \geq 50;$$

2) вміст K не менше 500

$$658 x_1 + 830 x_2 + 634 x_3 + 864 x_4 + 1717 x_5 + 36 x_6 \geq 500;$$

3) вміст Ca не менше 100

$$76 x_1 + 83 x_2 + 360 x_3 + 80 x_4 + 160 x_5 + 14 x_6 \geq 100;$$

4) вміст Mg не менше 100

$$182 x_1 + 42 x_2 + 311 x_3 + 102 x_4 + 106 x_5 + 3 x_6 \geq 100;$$

5) вміст P не менше 100

$$350 x_1 + 129 x_2 + 520 x_3 + 83 x_4 + 146 x_5 + 18 x_6 \geq 100;$$

6) вміст Fe не менше 20

$$5x_1 + 3x_2 + 60x_3 + 3x_4 + 32x_5 + 0,8x_6 \geq 20;$$

7) вміст каротину не менше 500

$$35x_2 + 3x_3 + 60x_4 + 3500x_5 \geq 500;$$

8) вміст B₁ не менше 0,5

$$0,74x_1 + 0,15x_2 + 1,8x_3 + 0,02x_4 + 0,1x_5 + 0,01x_6 \geq 0,5;$$

9) вміст B₂ не менше 0,1

$$0,11x_1 + 0,06x_2 + 0,2x_3 + 0,1x_4 + 0,2x_5 + 0,03x_6 \geq 0,1;$$

10) вміст C не менше 1

$$5,3x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 + 4x_5 \geq 1;$$

11) наявність в рецептурі сухих речовин не менше 75%

$$92,1x_1 + 82x_2 + 95,5x_3 + 75x_4 + 80x_5 + 82,6x_6 \geq 0,75;$$

12) отримання одиниці продукту

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 1;$$

13) Обмеження змінних по нижній границі:

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0, x_6 \geq 0,5;$$

14) Обмеження змінних по верхній границі:

$$x_1 \leq 0,25; x_2 \leq 0,1; x_3 \leq 0,25; x_4 \leq 0,12; x_5 \leq 0,15; x_6 \leq 0,9.$$

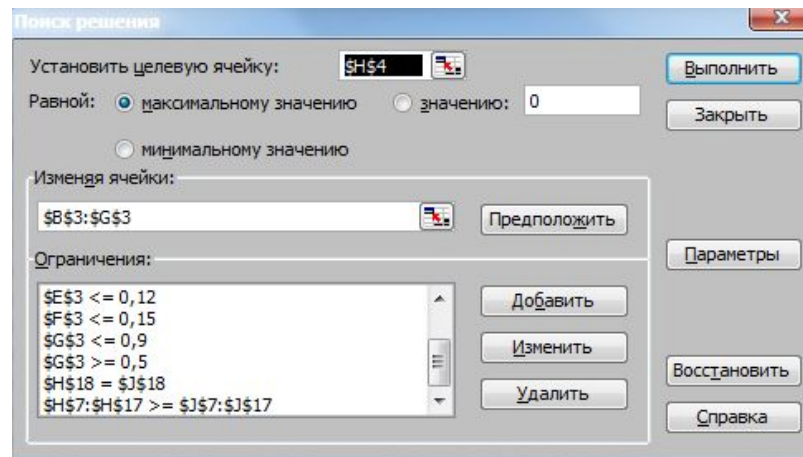
Створюємо електронну таблицю в MS Excel відповідно математичної моделі

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Змінні									
2	Імя	Ядро арахіса	Родзинки	Насіння гарбуза	Чорнослив	Курага	Мед			
3	Вміст							ЦФ	напряв	
4	Енергет.цінність	1300,15	1239,21	2047	1205,12	5682,3	81,84	0	max	
5										
6	Вид									
7	Na	23	117	157	10	17	10	0	≥	50
8	K	658	830	634	864	1717	36	0	≥	500
9	Ca	76	83	360	80	160	14	0	≥	100
10	Mg	182	42	311	102	106	3	0	≥	100
11	P	350	129	520	83	146	18	0	≥	100
12	Fe	5	3	60	3	32	0,8	0	≥	20
13	Каротин	0	35	3	60	3500	0	0	≥	500
14	B1	0,74	0,15	1,8	0,02	0,1	0,01	0	≥	0,5
15	B2	0,11	0,06	0,2	0,1	0,2	0,03	0	≥	0,1
16	C	5,3	1	2	3	4	0	0	≥	1
17	Сухі речовини	92,1	82	95,5	75	80	82,6	0	≥	0,75
18	Отримання одиниці продукту	1	1	1	1	1	1	0	=	1

Електронна таблиця даних в режимі формул

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Змінні									
2	Імя	Ядро арахіса	Родзинки	Насіння гарбуза	Чорнослив	Курага	Мед			
3	Вміст							ЦФ	напрям	
4	Енергет. цінність	1300,15	1239,21	2047	1205,12	5682,3	81,84	=СУММПРОИЗВ(B4:G4;B3:G3)	max	
5										
6	Вид									
7	Na	23	117	157	10	17	10	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B7:G7)	≥	50
8	K	658	830	634	864	1717	36	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B8:G8)	≥	500
9	Ca	76	83	360	80	160	14	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B9:G9)	≥	100
10	Mg	182	42	311	102	106	3	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B10:G10)	≥	100
11	P	350	129	520	83	146	18	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B11:G11)	≥	100
12	Fe	5	3	60	3	32	0,8	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B12:G12)	≥	20
13	Каротин	0	35	3	60	3500	0	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B13:G13)	≥	500
14	B1	0,74	0,15	1,8	0,02	0,1	0,01	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B14:G14)	≥	0,5
15	B2	0,11	0,06	0,2	0,1	0,2	0,03	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B15:G15)	≥	0,1
16	C	5,3	1	2	3	4	0	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B16:G16)	≥	1
17	Сухі речовини	92,1	82	95,5	75	80	82,6	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B17:G17)	≥	0,75
18	Отримання одиниці продукту	1	1	1	1	1	1	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$G\$3;B18:G18)	=	1

Для визначення оптимального складу компонентів було використано вбудований засіб Excel «Поиск решения»[2]. Вікно «Поиск решения» з вказаною цільовою функцією та обмеженнями



Результати обчислення розрахунку сировини

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Змінні									
2	Імя	Ядро арахіса	Родзинки	Насіння гарбуза	Чорнослив	Курага	Мед			
3	Вміст	0,090426	0,009574	0,25	0	0,15	0,5	ЦФ	напрям	
4	Енергет. цінність	1300,15	1239,21	2047	1205,12	5682,3	81,84	1534,447	max	
5										
6	Вид									
7	Na	23	117	157	10	17	10	50	≥	50
8	K	658	830	634	864	1717	36	501,4968	≥	500
9	Ca	76	83	360	80	160	14	128,667	≥	100
10	Mg	182	42	311	102	106	3	112,0096	≥	100
11	P	350	129	520	83	146	18	193,784	≥	100
12	Fe	5	3	60	3	32	0,8	20,68085	≥	20
13	Каротин	0	35	3	60	3500	0	526,0851	≥	500
14	B1	0,74	0,15	1,8	0,02	0,1	0,01	0,538351	≥	0,5
15	B2	0,11	0,06	0,2	0,1	0,2	0,03	0,105521	≥	0,1
16	C	5,3	1	2	3	4	0	1,58883	≥	1
17	Сухі речовини	92,1	82	95,5	75	80	82,6	86,2883	≥	0,75
18	Отримання одиниці продукту	1	1	1	1	1	1	1	=	1

Результати розрахунку інструменту MS Excel «Поиск решения...»:

$$x_1 = 0,904; x_2 = 0,0096; x_3 = 0,25; x_4 = 0; x_5 = 0,15; x_6 = 0,5.$$

Для отримання медової пасти з максимальною харчовою цінністю необхідно в її склад включити 9,04% арахісу, 0,96% родзинок, 25% насіння гарбуза, 15% кураги та 50% меду. При цьому максимальна харчова цінність складає 1534,4. Таким чином, використання вбудованого інструменту MS Excel «Поиск решения...» дозволяє вирішувати деякі задачі оптимізації рецептурного складу.

На думку авторів, саме розширення можливостей оптимізаційних програмних засобів дозволить вийти на якісно новий рівень в розробці нових видів харчових продуктів із заданим хімічним складом, споживчими і технологічними характеристиками. Проектування харчових продуктів оптимального складу методами математичного моделювання дозволить знизити фінансові та часові витрати на розробку продуктів харчування, своєчасно реагувати на зміну потреб людського організму в умовах техногенного суспільства, розширити асортимент продукції функціонального та лікувально-профілактичного призначення, які спрямовані на харчування окремих груп населення.

Література

1. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
2. Пикуза В. Экономические расчеты и бизнес-моделирование в Excel/ В. Пикуза. – Питер, 2012. – 400 с.
3. Олейникова А. Я. Технологические расчеты при производстве кондитерских изделий /А. Я. Олейникова, Г. О. Магомедов, И. В. Плотникова. – СПб. : Издательство РПП, 2008. – 240 с.

СЕКЦІА 18. ТЕХНІКА.
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

3. Н. Равшанов, Н.М. Курбонов, Д. Ахмедов	14
МОДЕЛЬ И ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ	
4. Н. Равшанов, Б. Палванов.....	19
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ И ЕЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ	
5. Н. Равшанов, Н.М. Курбонов, Д. Ахмедов	23
МОДЕЛЬ И ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗА В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ	
6. Седих О.Л., Маковецька С.В.	28
ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ EXCEL НА ПРИКЛАДІ РОЗРОБЛЕННЯ РЕЦЕПТУР ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ»	
7. Казаков А.В., Жуков И.В.	34
КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПО МОДЕЛИ ВИРТУАЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА	
8. Кузенкова К. І.	38