

УДК 330.43:664.87

Маковецька С.В., асистент, Сєдих О.Л., старший викладач, Запотоцька О.В., аспірант, Ковбаса В.М., д.т.н., професор, (НУХТ, Київ)

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ РЕЦЕПТУРИ КОРПУСУ ДЛЯ КОЕКСТРУЗІЙНИХ ПРОДУКТІВ ШЛЯХОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ З ДОДАВАННЯМ КВАСОЛІ АБО ЧЕЧЕВИЦІ

У статті було досліджено оптимальне використання рецептурних композицій корпусу для коекструзійних продуктів з підвищеним вмістом білка з використанням квасолі або чечевиці. За допомогою MS Excel було розроблені рецептурні композиції з урахуванням технологічних особливостей процесу виробництва та вимог нутріціології до продуктів харчування.

Ключові слова: математичне моделювання, коекструзійні продукти, квасоля, чечевиця, вбудований засіб Excel «Поиск решения»

Харчування людини є найбільш суттєвим фактором, який безпосередньо впливає на її здоров'я. Сьогодні в усьому світі, зокрема в Україні зростає попит на продукти «швидкої їжі», а саме на сухі сніданки екструзійної технології (палички, кільця, кульки, пластинки, пластівці, подушечки з начинками).

Сировиною для виробництва даних продуктів є зернові культури, в більшості випадків кукурудза, пшениця, рис, овес, що можуть використовуватись при виготовленні екструдатів окремо або в сумішах, а також різноманітні смакові і ароматичні добавки. Такі продукти перевантажені крохмалем і характеризуються невеликим вмістом білку, незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин. Систематичне споживання продуктів, які містять недостатню кількість незамінних амінокислот, вітамінів та мінеральних речовин може викликати незворотні зміни в організмі людини.

Метою досліджень є розробка корпусу для коекструзійних виробів з підвищеним вмістом білка шляхом комп'ютерного моделювання рецептурних композицій з урахуванням вимог нутріціології та особливостей технології екструдування та органолептичних показників готових екструдатів.

Застосування поряд з традиційною для виробництва продуктів коекструзії (продукти екструзійної технології з начинкою) такої нетрадиційної сировини як квасоля або чечевиця дозволять розширити асортимент коекструзійних продуктів та покращити харчову і біологічну цінність. Білок зернобобових культур біологічно повноцінний - багатий на амінокислоти, характеризується високою перетравлюваністю. Рослинні білки можуть використовуватись для підвищення вмісту білка і заміни частини дорогої основної сировини та зниження енергетичної цінності продуктів.

Встановлено, що вміст білків в квасолі становить від 24 до 32%, крохмалю міститься 40-56%, жирів 1,5-2,8%. Білковий комплекс представлений в основному глобулінами (80-90%), альбумінами (5-15%) і глютенінами (5-10%). Засвоюваність білків квасолі може становити до 87% [1,3].

Життєво важливі складові квасолі володіють також оздоровчо-профілактичними властивостями і виконують важливу фізіологічну роль в харчуванні людини. Так, білки квасолі при їх регулярному вживанні сприяють зниженню рівня ліпідів в сироватці крові, загального та "шкідливого" холестерину (ліпопротеїнів низької густини), підвищенню рівня "корисного" холестерину (ліпопротеїнів високої густини). Тому білки квасолі розглядаються як засіб профілактики і лікування таких захворювань, як атеросклероз, цукровий діабет, ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба, ожиріння [5].

Суттєвим джерелом білка рослинного походження є чечевиця. Публікації вітчизняних та закордонних вчених свідчать про перспективність використання в їжу цього унікального джерела повноцінного білка, мінеральних речовин та вітамінів. До складу білка чечевиці входить весь комплекс незамінних амінокислот, що складає більше 36% від загальної суми амінокислот. Також чечевиця багата на вітаміни групи В, РР та бета-каротин. Характерна практична повна відсутність антипоживних та шкідливих факторів, таких як олігоцукри, інгібітори трипсину [4].

Отримані дані стали підставою щодо використання квасолі та чечевиці при виробництві сухих сніданків. Були визначені можливі межі дозування квасолі від 10 до 30% та чечевиці до 25 %.

Розв'язок задачі пов'язано з підбором компонентів сировини, які задовольняють потребам людини за вмістом основних поживних та біологічно-активних речовин.

Для постановки задачі оптимального складу нового продукту необхідно мати наступну інформацію:

- перелік усіх видів сировини і матеріалів, які можуть увійти до складу продукту;
- кількісні характеристики кожного виду сировини, що входять до продукту;
- допустимі межі або співвідношення кожного виду сировини [6].

Вимоги до органолептичних показників на основі яких створюємо математичну модель наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Хімічний склад та енергетична цінність компонентів

Назва	Вміст, %						Енергетична цінність, ккал
	Волога	Вуглеводи	Жири	Зола	Клітковина	Білок	
Рис	14,0	74,0	1,0	3,9	0,3	7,5	333
Овес	12,0	59,5	61,0	2,1	8,0	12,0	342
Пшениця	14,0	68,0	13,0	7,0	4,6	11,0	329
Молоко сухе	4,0	52,6	1,0	7,9	0	33,2	362
Цукор	0,2	99,8	0	0	0	0	399
Сіль	0,2	0	0	99,8	0	0	0
Квасоля	14,0	47,0	2,0	3,6	12,4	21,0	298
Чечевиця	14,0	46,3	1,5	2,7	11,5	24,0	295

Створюємо математичну модель розрахунку сировини з додаванням квасолі.

Введемо позначення $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$ - кількість сировини кожного виду.

$F(x)$ – цільова функція, яка визначає вміст білка.

Математична модель даної задачі буде мати вигляд:

$$F(x) = 0.075x_1 + 0.12x_2 + 0.11x_3 + 0.332x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0.21x_7 \rightarrow \max$$

Обмеження за основними поживними речовинами:

$$\text{Волога: } 0.14x_1 + 0.12x_2 + 0.14x_3 + 0.04x_4 + 0.002x_5 + 0.002x_6 + 0.14x_7 \leq 20$$

$$\text{Вуглеводи: } 0.74x_1 + 0.595x_2 + 0.68x_3 + 0.526x_4 + 0.998x_5 + 0x_6 + 0.47x_7 \leq 70$$

$$\text{Жир: } 0.01x_1 + 0.061x_2 + 0.013x_3 + 0.01x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0.2x_7 \leq 10$$

$$\text{Зола: } 0.039x_1 + 0.021x_2 + 0.07x_3 + 0.079x_4 + 0x_5 + 0.998x_6 + 0.036x_7 \leq 20$$

$$\text{Клітковина: } 0.003x_1 + 0.08x_2 + 0.046x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0.124x_7 \leq 20$$

Енергетична цінність:

$$3.33x_1 + 3.42x_2 + 3.29x_3 + 3.62x_4 + 3.99x_5 + 0x_6 + 2.98x_7 \leq 400$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 100$$

Обмеження по змінних:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 \geq 0$$

Обмеження по продуктам:

$$15 \leq x_1 \leq 40, \quad x_2 \leq 20, \quad 20 \leq x_3 \leq 40, \quad 0 \leq x_4 \leq 9$$

$$5 \leq x_5 \leq 10, \quad x_6 = 1, \quad x_7 \leq 40$$

Створюємо електронну таблицю в MS Excel відповідно математичної моделі (рисунок 1):

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Змінні										
2	Імя	Рис	Овес	Пшениця	Молоке сухе	Цукор	Сіль	Квасоля			
3	Вміст								ЦФ	напрям	
4	білку в ЦФ	0,075	0,12	0,11	0,332	0	0	0,21	0	max	
5											
6	Вид										
7	Волога	0,14	0,12	0,14	0,04	0,002	0,002	0,14	0 ≤		20
8	Вуглеводи	0,74	0,595	0,68	0,526	0,998	0	0,47	0 ≤		70
9	Жир	0,01	0,061	0,013	0,01	0	0	0,02	0 ≤		10
10	Зола	0,039	0,021	0,07	0,079	0	0,998	0,036	0 ≤		20
11	Клітковина	0,003	0,08	0,046	0	0	0	0,124	0 ≤		20
12	Енерг.цін	3,33	3,42	3,29	3,62	3,99	0	2,98	0 ≤		400
13	Отримання одиниць продукта	1	1	1	1	1	1	1	0		100

Рисунок 1 – Електронна таблиця в MS Excel

Електронна таблиця даних в режимі формул представлена на рисунку 2:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Змінні										
2	Імя	Рис	Овес	Пшениця	Молоке сухе	Цукор	Сіль	Квасоля			
3	Вміст								ЦФ	напрям	
4	білку в ЦФ	0,075	0,12	0,11	0,332	0	0	0,21	=СУММПРОИЗВ(B3:H3;B4:H4)	max	
5											
6	Вид										
7	Волога	0,14	0,12	0,14	0,04	0,002	0,002	0,14	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$H\$3;B7:H7)	≤	20
8	Вуглеводи	0,74	0,595	0,68	0,526	0,998	0	0,47	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$H\$3;B8:H8)	≤	70
9	Жир	0,01	0,061	0,013	0,01	0	0	0,02	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$H\$3;B9:H9)	≤	10
10	Зола	0,039	0,021	0,07	0,079	0	0,998	0,036	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$H\$3;B10:H10)	≤	20
11	Клітковина	0,003	0,08	0,046	0	0	0	0,124	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$H\$3;B11:H11)	≤	20
12	Енерг.цін	3,33	3,42	3,29	3,62	3,99	0	2,98	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$H\$3;B12:H12)	≤	400
13	Отримання одиниць продукта	1	1	1	1	1	1	1	=СУММПРОИЗВ(\$B\$3:\$H\$3;B13:H13)		100

Рисунок 2 – Електронна таблиця в режимі формул

Для визначення оптимального складу компонентів було використано вбудований засіб Excel «Поиск решения»[5]. Вікно «Поиск решения» з вказаною цільовою функцією та обмеженнями наведено на рисунку 3:

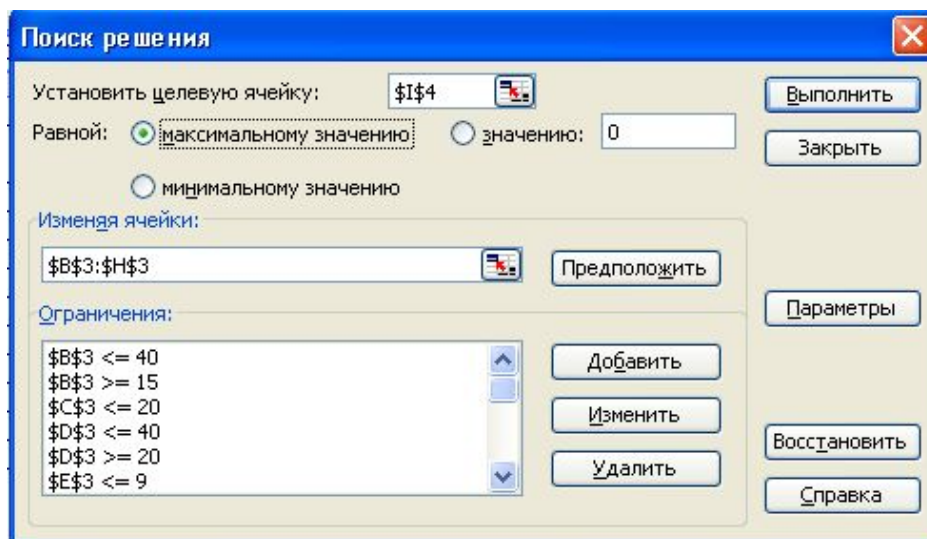


Рисунок 3 – Вікно «Поиск решения»

Результати обчислення розрахунку сировини з додаванням квасолі відображені на рисунку 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Змінні										
2	Імя	Рис	Овес	Пшениця	Молоке сухе	Цукор	Сіль	Квасоля			
3	Вміст	15	10	20	9	5	1	40	ЦФ	напрям	
4	білку в ЦФ	0,075	0,12	0,11	0,332	0	0	0,21	15,913	max	
5											
6	Вид										
7	Волога	0,14	0,12	0,14	0,04	0,002	0,002	0,14	12,072	≤	20
8	Вуглеводи	0,74	0,595	0,68	0,526	0,998	0	0,47	59,174	≤	70
9	Жир	0,01	0,061	0,013	0,01	0	0	0,02	1,91	≤	10
10	Зола	0,039	0,021	0,07	0,079	0	0,998	0,036	5,344	≤	20
11	Клітковина	0,003	0,08	0,046	0	0	0	0,124	6,725	≤	20
12	Енерг.цін	3,33	3,42	3,29	3,62	3,99	0	2,98	321,68	≤	400
13	Отримання одиниць продукта	1	1	1	1	1	1	1	100		100

Рисунок 4 – Результати обчислення

Оптимальний склад компонентів з додаванням квасолі згідно проведених розрахунків (на 100 г) складає:

рис – 15 г, овес – 10 г, пшениця – 20 г, молоко сухе – 9 г, цукор – 5 г, сіль – 1 г, квасоля – 40 г.

Вміст білка на 100 г продукту складає 15,913 ккал.

Аналогічно виконуємо розрахунки вмісту білка продукту з додаванням чечевиці

Математична модель даної задачі буде мати вигляд:

$$F(x) = 0.075x_1 + 0.12x_2 + 0.11x_3 + 0.332x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0.24x_7 \rightarrow \max$$

Обмеження за основними поживними речовинами:

$$\text{Волога: } 0.14x_1 + 0.12x_2 + 0.14x_3 + 0.04x_4 + 0.002x_5 + 0.002x_6 + 0.14x_7 \leq 20$$

$$\text{Вуглеводи: } 0.74x_1 + 0.595x_2 + 0.68x_3 + 0.526x_4 + 0.998x_5 + 0x_6 + 0.463x_7 \leq 70$$

$$\text{Жир: } 0.01x_1 + 0.061x_2 + 0.013x_3 + 0.01x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0.15x_7 \leq 10$$

$$\text{Зола: } 0.039x_1 + 0.021x_2 + 0.07x_3 + 0.079x_4 + 0x_5 + 0.998x_6 + 0.027x_7 \leq 20$$

$$\text{Клітковина: } 0.003x_1 + 0.08x_2 + 0.046x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0.115x_7 \leq 20$$

Енергетична цінність:

$$3.33x_1 + 3.42x_2 + 3.29x_3 + 3.62x_4 + 3.99x_5 + 0x_6 + 2.95x_7 \leq 400$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 100$$

Обмеження по змінних:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 \geq 0$$

Обмеження по продуктам:

$$15 \leq x_1 \leq 40, \quad x_2 \leq 20, \quad 20 \leq x_3 \leq 40, \quad 0 \leq x_4 \leq 9$$

$$5 \leq x_5 \leq 10, \quad x_6 = 1, \quad x_7 \leq 25.$$

Таким же самим чином виконуємо розрахунки для визначення оптимального складу компонентів з додаванням чечевиці. Результати обчислення відображені на рисунку 5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Змінні										
2	Імя	Рис	Овес	Пшениця	Молок е сухе	Цукор	Сіль	Чечевиця			
3	Вміст	15	20	25	9	5	1	25	ЦФ	напрям	
4	білку в ЦФ	0,075	0,12	0,11	0,332	0	0	0,24	15,263	max	
5											
6	Вид										
7	Волога	0,14	0,12	0,14	0,04	0,002	0,002	0,14	11,872	≤	20
8	Вуглеводи	0,74	0,595	0,68	0,526	0,998	0	0,463	61,299	≤	70
9	Жир	0,01	0,061	0,013	0,01	0	0	0,015	2,16	≤	10
10	Зола	0,039	0,021	0,07	0,079	0	0,998	0,027	5,139	≤	20
11	Клітковина	0,003	0,08	0,046	0	0	0	0,115	5,67	≤	20
12	Енерг.цін	3,33	3,42	3,29	3,62	3,99	0	2,95	326,88	≤	400
13	Отримання одиниць продукта	1	1	1	1	1	1	1	100		100

Рисунок 5 – Результати обчислення

За результатами обчислень отримали оптимальний склад компонентів з додаванням чечевиці (на 100 г):

рис – 15 г, овес – 20 г, пшениця – 25 г, молоко сухе – 9 г, цукор – 5 г, сіль – 1 г, чечевиця – 25 г.

Вміст білка на 100 г продукту складає 15,263 ккал.

Висновки:

За допомогою вбудованого засобу Excel «Поиск решения» був визначений оптимальний склад компонентів з максимальним вмістом білка для сухих сніданків з додаванням квасолі або чечевиці. На основі проведеного аналізу було встановлено оптимальне дозування квасолі або чечевиці згідно вимог нутріціології при виробництві сухих сніданків з підвищеним вмістом білка.

Література.

1. Химия и биохимия бобовых растений / Пер. с англ.. К.С. Спектрова, Под. ред.. М.Н. Запрометова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 335 с.
2. 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.
3. Ильчакова Ж.А., Гринченко О.А., Пивоваров П.П. Технологическая оценка бобового сырья для производства кулинарной продукции // Продукты & ингредиенты.-2006.-№ 12.-с.70-71.
4. Леонтьев В.М. Чечевица.-Л.:Колос,1996.-256с.
5. Экономические расчеты и бизнес- моделирование в Excel/ В. Пикуза - Питер, 2012. - 400 с.
6. Научные принципы конструирования комбинированных продуктов питания:// Н.В.Колесникова, С.Ю. Лескова, И.В. Брянская, К.М. Миронов – издательство ВСГТУ, -Улан-Удэ, 2005, 45 с.

Автори

Маковецька С.В., Маковецкая С.В., Makovetska Svetlana

Сєдих О. Л., Сєдых О. Л., Seidykh Olga

Запотоцька О.В., Запотоцкая Е. В., Zapototskaya Elena

Ковбаса В. М., Ковбаса В.Н., Kovbasa Vladimir

Назва документу

Інформаційна підтримка визначення оптимальної рецептури корпусу для коекструзійних продуктів шляхом комп'ютерного моделювання з додаванням квасолі або чечевиці

Информационная поддержка определения оптимальной рецептуры корпуса для коэкструзионных продуктов путем компьютерного моделирования с добавлением фасоли или чечевицы

Information support to determine the optimal formulation for the case koekstruziynyh products by computer simulation with the addition of beans or lentils

Ключові слова

Ключові слова: математичне моделювання, коекструзійні продукти, квасоля, чечевиця, вбудований засіб Excel «Поиск решения»

Ключевые слова: математическое моделирование, коэкструзионные продукты, фасоль, чечевица, встроенный инструмент Excel «Поиск решения»

Keywords: modeling, extrusion products, beans, lentils, a tool Excel «Search solutions»

Анотація

У статті було досліджено оптимальне використання рецептурних композицій корпусу для коекструзійних продуктів з підвищеним вмістом білка з використанням квасолі або чечевиці. За допомогою MS Excel було розроблені рецептурні композиції з урахуванням технологічних особливостей процесу виробництва та вимог нутриціології до продуктів харчування.

В статье были исследованы оптимальное использование рецептурных композиций корпуса для коэкструзионных продуктов с повышенным содержанием белка с использованием фасоли или чечевицы. С помощью MS Excel было разработаны рецептурные композиции с учетом технологических особенностей процесса производства и требований нутрициологии к продуктам питания.

The paper was investigated the optimal use of prescription compositions case for koekstruziynyh products with high protein content using beans or lentils. Use MS Excel was developed prescription compositions based on the technological characteristics of the production process and requirements nutritsiolohiyi to food.

Дата публікації документа та джерело

Обладнання та технології харчових виробництв: збірник наукових праць.
 Випуск №30, – Донецьк ДонНУЕТ, 2013. – 410 с.
 С. 288-293

ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ
 ТЕМАТИЧНИЙ ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Пошук...

Головна Авторам Членам редколегії Про збірник Архів

2013

Випуск № 30, 2013 р.

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ І ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Наші партнери

Концепція

Назва статті	Сторінка
Заплетніков І.М., Пільненко А.К., Топольник В.Г. Оцінка технічного рівня та якості машин для нарізання гастрономії	268
Запотоцька О.В., Ковбаса В.М., Сєдих О.Л., Маковецька С.В. Створення корпусу для коекструзійних продуктів підвищеної харчової цінності шляхом комп'ютерного моделювання	277
Кюрчев С.В., Змєєва І.М. Моделювання гідродинамічної поведінки струменя за умови падіння його на дно банки	281
Маковецька С.В., Сєдих О.Л., Запотоцька О.В., Ковбаса В.М. Інформаційна підтримка визначення оптимальної рецептури корпусу для коекструзійних продуктів шляхом комп'ютерного моделювання з додаванням квасолі або чечевиці	288
Машта Н.О. Математична модель залежності реологічного показника плавлених сирних продуктів від кількості та співвідношення нетрадиційних добавок, що додавали	294