

УДК 663.31/.8

Н.М. ПЕНКИНА, Л.В. ТАТАР, Т.В. КАРБІВНИЧА
Харківський державний університет харчування та торгівлі**МОДЕЛЮВАННЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ НАПІВФАБРИКАТУ
ДЛЯ СЛАБОАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ**

Стаття присвячена розробці рецептурного складу напівфабрикату для слабоалкогольних напоїв та вибору за заданими параметрами інгредієнтів шляхом математичного моделювання на основі регресійних співвідношень. Отримано дані оптимального співвідношення інгредієнтів напівфабрикату, збалансованих за мікронутрієнтним складом, де кількісний склад нутрієнтів – вітамінів, мінеральних речовин, відповідає фізіологічним потребам організму людини. Розроблено новий рецептурний склад напівфабрикату, що має практичне значення.

Ключові слова: напої, моделювання, рецептура, напівфабрикат.

Н.М. ПЕНКИНА, Л.В. ТАТАР, Т.В. КАРБІВНИЧА
Харьковский государственный университет питания и торговли**МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА ПОЛУФАБРИКАТА ДЛЯ
СЛАБОАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ**

Статья посвящена разработке рецептурного состава полуфабриката для слабоалкогольных напитков и выбору за определенными параметрами ингредиентов путем математического моделирования на основе регрессионных соотношений. Получены данные оптимального соотношения ингредиентов полуфабриката за микронутриентным составом, где количественный состав нутриентов – витаминов, минеральных веществ, отвечает физиологическим потребностям организма человека. Разработано новый рецептурный состав полуфабриката, который имеет практическое значение.

Ключевые слова: напитки, моделирование, рецептура, полуфабрикат.

N. M. PENKINA, L.V. TATAR, T.V. KARBIVNYCHA
Kharkov State University of Food Technology and Trade**MODELLING THE PRESCRIPTION OF SEMI-FINISHED PRODUCTS IN SOFT DRINKS**

The article is devoted to the development of the prescription of semi-finished product for soft drinks and selection according to the specified parameter ingredients by mathematical modeling based on regression relationships. Received data the optimum ratio of the ingredients of the semi-finished products, chronotron balanced composition, the quantitative composition of the nutrients: vitamins, mineral, corresponds to physiological needs of the human body. The new prescription composition of semi-finished product that has practical value.

Keywords: beverages (drinks), modeling, prescription, semi-finished product.

Постановка проблеми

У сучасних екологічних умовах дуже гостро стоїть питання раціонального харчування. Слабоалкогольні напої (САН) користуються великим попитом у населення, тому виникає потреба у покращенні якості та пошуку способів підвищення їх біологічної цінності. Розробка рецептури напоїв, які відповідають сучасним фізіологічним нормам, полягає у забезпеченні їх збалансованого хімічного складу при високих органолептичних показниках. У теперішній час, перш ніж налагодити виробництво нового продукту, обов'язково проектується його рецептура. При вирішенні цієї проблеми сукупність вимог до якості готового продукту формується у вигляді багатьох обмежень, які стосуються елементів хімічного складу сировини. Таким чином, розробка рецептури нового напівфабрикату є актуальною, вирішення якої дозволить отримати збалансований за складом напій та розширити асортимент ринку САН.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Створення продуктів харчування із заданими якісними характеристиками є можливою за допомогою математичного моделювання їх рецептурного складу. Основоположним чинником при розробці рецептури напоїв є вибір певних видів сировини та їх співвідношення, що за безпечить високу якість готової продукції, включаючи кількісний вміст і якісний склад інгредієнтів, наявність певних

органолептичних показників, споживних та технологічних характеристик. На відміну від технологічних методів моделювання, які ґрунтуються на підборі великої кількості комбінацій інгредієнтів, математичне моделювання дозволяє скоротити витрати сировини та часу, підвищити кількість продукції, удосконалити процеси виробництва і контролю на різних етапах. На даний час праці багатьох науковців спрямовані на підвищення біологічної цінності напоїв, у яких використовується лише натуральна сировина. Останні дослідження [1] ілюструють ефективність альтернативного способу проектування рецептури з наперед заданою низкою вимог до харчової та біологічної цінності інгредієнтів. На основі натурального вітамінно-мінерального комплексу плодівих і ягідних культур вченими [2] математично змодельована рецептура дієтичних вітамінізованих напоїв з певними параметрами біохімічного складу. Також у літературі представлено системне математичне моделювання, оптимізація рецептур багатокомпонентних продуктів та моделювання в технології напоїв [3,4,5]. Тому, саме розширення можливостей оптимізації програмних засобів дозволить вийти на якісно новий рівень у розробці безпечних продуктів із заданим хімічним складом і споживними властивостями. В основу моделювання покладено принцип харчової комбінаторики, який полягає в обґрунтованому кількісному підборі основної сировини та збагачувальних добавок, що в сукупності забезпечує формування необхідних органолептичних і фізико-хімічних показників готового продукту з заданим рівнем споживних (харчової та біологічної) та енергетичних властивостей [6].

Якісні показники напоїв залежать не лише від смакових властивостей продуктів, що входять до їх складу, але і від їх складу та співвідношення. САН будуть вищої якості, якщо сировина підібрана правильно, з урахуванням специфічності готового напою. Звідси видно, наскільки важливе значення має його рецептурний склад.

Оскільки даний напрям є актуальною задачею концепції здорового харчування населення, і його рішення неможливе без математичного моделювання, що скорочують витрати часу на розрахунки, доцільно провести моделювання рецептурного складу розробленого напівфабрикату для САН.

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є теоретичне і практичне обґрунтування та моделювання рецептурного складу напівфабрикату для САН з додаванням екстрактів хмелю та хвої сосни підвищеної біологічної цінності.

Викладення основного матеріалу дослідження

Визначення раціональних значень рецептури напівфабрикату з метою досягнення необхідного показників якості готової продукції є складною технологічною задачею і її вирішення доцільно проводити на основі сучасних методів дослідження до яких у першу чергу відносяться методи математичного моделювання [7]. Нами була поставлена задача оптимізувати вміст інгредієнтів у рецептурі напівфабрикату з максимальною можливою енергетичною цінністю, при цьому він повинен бути збагачений мінеральними речовинами та вітаміном С. Однак, приймаючи до уваги складність взаємозв'язків між вхідними та вихідними змінними готового продукту, що не дає у повній мірі використати основні фізико-хімічні закони математичної моделі, моделювання рецептури доцільно будувати на основі регресійних співвідношень. Використання такої моделі дає можливість знайти співвідношення між вхідними та вихідними змінними розробленого продукту, які чітко відтворюють ці залежності.

Загальне рішення цієї проблеми складається із ретельного аналізу складових майбутнього продукту, визначення конкретних його показників та вивчення певних обмежень, які обумовлені вимогами до органолептичних показників.

Вміст харчових речовин у рецептурних компонентах розробленого напівфабрикату представлена в табл.1.

Для проведення моделювання спочатку треба визначити цільову функцію Z , яка дозволить порівнювати між собою дослідні зразки напівфабрикатів і тим самим визначити найкращі з них.

Згідно таблиці 1 для даного напівфабрикату була визначена функція цілі у вигляді:

$$Z = 0,55x_1 + 0,001x_2 + 1,869x_3 + 0,31x_4 + 0,37x_5 + 1,09x_6 + 0,181x_7 \quad (1)$$

де x_1 – чорноплідна горобина;
 x_2 – шишки хмелю сухого;
 x_3 – хвоя сосни;
 x_4 – корінь імбиру;
 x_5 – стевіозид;
 x_6 – дріжджі;
 x_7 – молочна (з під сиру кисломолочного) сироватка.

Таблиця 1

Харчові речовини		Рецептурні компоненти, в 100 г продукту							Вміст у н/ф, не менше, мг
		Чорноплідна горобина	Шишки хмелю сухого	Хвоя сосни	Корінь імбиру	Стевіозид	Дріжджі	Молочна (з під сиру кисломолочного) сироватка	
Мінеральні речовини, мг%	Na	4,0	6,8	7,0	79,0	27,2	21,0	42,0	25
	K	158,0	28,2	70,0	421,0	18,2	590,0	130,0	130
	Ca	28,0	10,7	100,2	67,0	74,7	27,0	60,0	44,5
	Mg	14,0	3,4	60,0	39,0	186,0	51,0	8,0	10,5
	P	55,0	2,5	30,0	28,0	2,8	400,0	78,0	63
	Fe	1,1	0,2	156,0	0,7	0,9	3,2	0,06	2
Вітамін С, мг%		15,0	130,0	202,15	5,0	6,5	-	0,5	10
Енергетична цінність, кКал/100г		55,0	0,1	186,9	31,0	37,0	109,0	18,1	

Коефіцієнти перед вхідними складовими визначають відносний склад даного компоненту в загальному показнику цільової функції.

Методом відсіюючого експерименту підібрана композиція з оптимальними органолептичними показниками, поєднаною з пряно-ароматичною сировиною, яка надає напою гармонійність і хвойні тони (табл.2).

Таблиця 2

Шкала оцінок за органолептичними показниками

Органолептичні показники	Інгредієнт, який впливає на значення показника	Вміст інгредієнта в напівфабрикаті, %	Значення органолептичного показника
1	2	3	4
Смак	Стевіозид – x_5	0-0,1	Не солодкий
		0,2-0,25	Слабо солодкий
		0,3-0,5	Солодкий
		Більше 0,5	Дуже солодкий
	Корінь імбиру – x_4	0-0,2	Не гіркий
		0,3-0,5	Слабо гіркий
		0,6-0,7	Гіркий
		Більше 0,7	Дуже гіркий
Колір	Дріжджі – x_6	0-0,1	Не гіркий
		0,2-0,4	Слабо гіркий
		0,5-0,6	Гіркий
		Більше 0,6	Дуже гіркий
	Молочна (з під сиру кисломолочного) сироватка – x_7	10-54	Не гіркий
		55-60	Слабо гіркий
		61-70	Гіркий
		Більше 70	Дуже гіркий
	Чорноплідна горобина – x_1	10-20	Світло фіолетовий
		21-34	Фіолетовий
		35-37	Яскравий бордо
		38-50	Бордо
Більше 50		Темний бордо	
Аромат	Хвоя сосни – x_3	0-0,5	Не виражений
		1,0-2,0	Приємний аромат хвої
		3,0-4,0	Різкий
		Більше 4,0	Дуже різкий

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
	Шишки хмелю сухого – x_2	0-1,0	Не виражений
		2,0-4,0	Приємний аромат хмелю
		5,0-6,0	Різкий
		Більше 6	Дуже різкий

З урахуванням вимог до органолептичних показників та за результатами попередніх досліджень напівфабрикату були визначені обмеження за концентрацією його рецептурних компонентів. Математична модель оптимізації вмісту інгредієнтів у рецептурі із встановленими числовими параметрами наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Математична модель оптимізації вмісту інгредієнтів у рецептурі напівфабрикату

Найменування	Технологічні обмеження
1	2
Аромат за вмістом хмелю сухого	$2 \leq x_2 \leq 4$
Аромат за вмістом хвої сосни	$1 \leq x_3 \leq 2$
Колір за вмістом чорноплідної горобини	$35 \leq x_1 \leq 37$
Колір за вмістом дріжджів	$0,2 \leq x_6 \leq 0,4$
Колір за вмістом молочної (з під сиру кисломолочного) сироватки	$55 \leq x_7 \leq 60$
Смак за вмістом кореня імбиру	$0,3 \leq x_4 \leq 0,5$
Смак за вмістом стевіозиду	$0,3 \leq x_5 \leq 0,5$

До напівфабрикату, що розробляється встановлені вимоги за складом мінеральних речовин:

$$\text{Na: } 0,04x_1 + 0,068x_2 + 0,07x_3 + 0,79x_4 + 0,272x_5 + 0,21x_6 + 0,42x_7 \geq 25; \quad (2)$$

$$\text{K: } 1,58x_1 + 0,282x_2 + 0,7x_3 + 4,21x_4 + 0,182x_5 + 5,9x_6 + 1,3x_7 \geq 130; \quad (3)$$

$$\text{Ca: } 0,28x_1 + 0,107x_2 + 1,002x_3 + 0,67x_4 + 0,747x_5 + 0,27x_6 + 0,62x_7 \geq 44,5; \quad (4)$$

$$\text{Mg: } 0,14x_1 + 0,034x_2 + 0,6x_3 + 0,39x_4 + 1,86x_5 + 0,51x_6 + 0,08x_7 \geq 10,5; \quad (5)$$

$$\text{P: } 0,55x_1 + 0,025x_2 + 0,3x_3 + 0,28x_4 + 0,028x_5 + 4,0x_6 + 0,78x_7 \geq 63; \quad (6)$$

$$\text{Fe: } 0,01x_1 + 0,002x_2 + 1,56x_3 + 0,007x_4 + 0,009x_5 + 0,32x_6 + 0,0006x_7 \geq 2; \quad (7)$$

$$\text{C: } 0,15x_1 + 1,3x_2 + 2,021x_3 + 0,05x_4 + 0,065x_5 + 0,0x_6 + 0,005x_7 \geq 10. \quad (8)$$

Останнє обмеження обумовлює вміст у розробленому напівфабрикаті вітаміну С.

До обмежень, що передбачені, додається вимога стосовно сумарного вмісту інгредієнтів у рецептурі:

$$\sum_{i=1}^7 x_i = 100 \quad (9)$$

Для знаходження складових рецептури використовується стандартна функція пакету MathCAD. Для даних розрахунків було використано функцію Maximize яка дозволяє знайти максимальне значення функції Z при заданих обмеженнях на складові компоненти рецептури.

Знайдені компоненти рецептури відповідають тим компонентам, що досліджувались. У результаті пошуку рішення отримані масові частки інгредієнтів, які забезпечують максимально можливі задані параметри, %: чорноплідна горобина – 37,0, шишки хмелю сухого – 2,0, хвоя сосни – 2,0, корінь імбиру – 0,5, стевіозид – 0,5, дріжджі – 0,4, молочна (з під сиру кисломолочного) сироватка – 57,6.

Значення функції Z, тобто максимальне значення енергетичної цінності розробленого напівфабрикату становить 35,29 ккал/100 г.

Одночасно для досягнення мети дослідження було використано програму MS Excel. Створюємо електронну таблицю відповідно математичної моделі (1) – (9) та технологічних обмежень (табл. 1). Для

визначення оптимального складу рецептурних компонентів використано вбудований засіб Excel «Поиск решения». Результати обчислення (копія електронної таблиці MS Excel) розрахунку рецептурного складу сировини нового напівфабрикату представлено в табл. 4.

Таблиця 4

Визначення оптимального складу компонентів напівфабрикату для слабоалкогольних напоїв

Ім'я	Змінні							Цільова формула	Напря́м	Вимоги
	Чорноплідна горобина	Шишки хмелю сухого	Хвоя сосни	Корінь імбиру	Стевіозид	Дріжджі	Молочна (з під сиру кисло-молочного сироватка)			
Вміст	0,37	0,02	0,02	0,005	0,005	0,004	0,576			
Енергетична цінність	55	0,1	186,9	31	37	109	18,1	35,291618	max	
Вид										
Na	4	6,8	7	79	27,2	21	42	26,563042	≥	25
K	158	28,2	70	421	18,2	590	130	139,86013	≥	130
Ca	28	10,7	100,2	67	74,7	27	60	47,95456	≥	44,5
Mg	14	3,4	60	39	186	51	8	12,385008	≥	10,5
P	55	2,5	30	28	2,8	400	78	67,682078	≥	63
Fe	1,1	0,2	156	0,7	0,9	3,2	0,06	3,5863601	≥	2
Вітамін С	15	130	202,15	5	6,5	0	0,5	12,538501	≥	10
Отримання одиниці продукту	1	1	1	1	1	1	1	1,000001	=	1

Треба зазначити, що у результаті пошуку рішення вбудованого інструменту MS Excel «Поиск решения» отримані масові частки інгредієнтів, які співпадають з даними, отриманими шляхом використання стандартної функції пакету MathCAD та мають такі значення, %: чорноплідна горобина – 37,0, шишки хмелю сухого – 2,0, хвоя сосни – 2,0, корінь імбиру – 0,5, стевіозид – 0,5, дріжджі – 0,4, молочна (з під сиру кисло-молочного) сироватка – 57,6.

Згідно таблиці, проведено розрахунок мінеральних речовин та вітаміну С в 100 г готового продукту. При цьому енергетична цінність 100 г нового напівфабрикату становить 35,29 ккал. Рівень забезпечення добової потреби споживання згідно оптимального складу інгредієнтів напівфабрикату надано в табл.5.

Таблиця 5

Харчова цінність напівфабрикату для САН

Нутрієнти	Вміст мг/100 г продукту	Рівень забезпечення добової потреби, %
Na	26,6	3,3
K	140,0	3,5
Ca	48,0	6,0
Mg	12,4	2,5
P	67,7	5,6
Fe	3,6	20,0
Вітамін С	12,5	12,5

Рецептурний склад напівфабрикату забезпечує 12,5% добової потреби у вітаміні С. Вміст мінеральних речовин в отриманому напівфабрикаті не перевищує їх добову норму споживання і знаходиться у межах норми.

Отже, використання стандартної функції пакету MathCAD та вбудованого інструменту MS Excel «Поиск решения» дозволяє вирішувати деякі задачі оптимізації рецептурного складу розробленого напівфабрикату.

Аналіз отриманої рецептури, а саме: порівняння фактичних значень обмежень з тими, що лімітуються показав, що всі умови оптимізації виконані.

У разі відхилення фізико-хімічних властивостей компонентів рецептури від досліджуваних, значення компонентів напівфабрикату буде доцільно уточнити. Відхилення показників може бути обумовлено різними умовами вирощування сировини та іншими факторами.

Практичні аспекти проведених досліджень реалізовані у вигляді рецептур і технології виробництва напівфабрикату для САН, подана заявка на винахід.

Висновки

Використання математичного моделювання значно спрощує встановлення співвідношень між компонентами, які підвищують харчову цінність і надають новому продукту високих органолептичних показників. Розроблений напівфабрикат має характерний повний кисло-солодкий смак з вираженими хвойними тонами. Пряно-ароматична сировина доповнює основний смак та аромат напою, робить його насиченим.

Отримані масові частки інгредієнтів, які забезпечують максимально можливі задані параметри, %: чорноплідна горобина – 37,0, шишки хмелю сухого – 2,0, хвоя сосни – 2,0, корінь імбиру – 0,5, стевіозид – 0,5, дріжджі – 0,4, молочна (з під сиру кисломолочного) сироватка – 57,6.

Отримані результати досліджень є базовими при відпрацюванні технології напівфабрикату для САН та створенні на їх основі збалансованих, тонізуючих напоїв, до складу яких входять лише натуральні інгредієнти збагачені вітамінами та мінералами.

Список використаної літератури

1. Заворохина Н. В. Моделирование рецептуры травяных квасов / Н. В. Заворохина, О. В. Чугунова, В. М. Позняковский // Пиво и напитки. –2012. –№6. –С. 12-14.
2. Макаров В. Н. Моделирование рецептур диетических витаминизированных продуктов./ В. Н. Макаров // Хранение и переработка сельхозсырья. –2008. –№5. –С. 48-49.
3. Мусина О. Н. Системное моделирование многокомпонентных продуктов питания/ О. Н. Мусина, П. А. Лисин//Техника и технология пищевых производств. –2012. –№4. – С. 32-37.
4. Иванов С. И. Моделирование в технологии сывороточных напитков с повышенной вязкостью./ С. И. Иванов, Е. В. Грек, Е. А. Краля // Техника и технология пищевых производств. –2014. – №3. – С. 39-45.
5. Оптимизация рецептур поликомпонентных напитков для функционального питания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.produkt.by/Science/print/227>
6. Котлик С. В. Программное моделирование оптимальных рецептур рационального питания в условиях ухудшения экологической обстановки/С. В. Котлик, М. Р. Мардарь, А. В. Ульяницкий // Екологічна безпека. –2008. –№3-4. – С. 36-38.
7. Методы исследований и организация экспериментов/под ред. проф. К. П. Власова. – Х.: Гуманитарный центр, 2002. – 256 с.