

DOI 10.31891/2307-5732-2022-313-5-243-250  
УДК 632:654.672

**АНТОНЕНКО Артем**

Київський національний університет культури і мистецтв  
ORCID ID: [0000-0001-9397-1209](https://orcid.org/0000-0001-9397-1209)  
e-mail: [artem.v.antonenko@gmail.com](mailto:artem.v.antonenko@gmail.com)

**БРОВЕНКО Тетяна**

Київський національний університет культури і мистецтв  
ORCID ID: [0000-0003-1552-2103](https://orcid.org/0000-0003-1552-2103)

**КРИВОРУЧКО Мирослав**

Державний торговельно-економічний університет  
ORCID ID: [0000-0002-7378-1050](https://orcid.org/0000-0002-7378-1050)

**СТУКАЛЬСЬКА Наталія**

Національний університет харчових технологій  
ORCID ID: [0000-0001-6590-7170](https://orcid.org/0000-0001-6590-7170)

**ТОЛОК Галина**

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
ORCID ID: [0000-0002-2971-1645](https://orcid.org/0000-0002-2971-1645)

**ТОНКИХ Олексій**

Київський національний університет культури і мистецтв  
ORCID ID: [0000-0001-7823-4761](https://orcid.org/0000-0001-7823-4761)

## МОДЕЛЮВАННЯ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ НА ОСНОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙ

*У статті наведено обґрунтування та розроблення методології моделювання рецептурного складу оздоровчих продуктів харчування на основі функціональних композицій. В основу моделювання покладений принцип харчової комбінаторики, який полягає у обґрунтованому кількісному підборі основної сировини та харчових добавок, що у сукупності забезпечують формування необхідних органолептичних і фізико-хімічних властивостей, заданий рівень поживної (харчової, біологічної) і енергетичної цінності. Моделювання харчових продуктів являє собою процес створення продукту як єдиної цільної системи, що складається з елементів, які окремо не забезпечують заданих властивостей. Концептуальні підходи до моделювання функціональних композицій і продуктів на їх основі, полягають у оптимізації вибору і співвідношень інгредієнтів, за яких можливо отримати композицію, що у найбільшій мірі відповідає за кількісним вмістом і якісним складом показникам поживної цінності і медико-біологічним вимогам. Застосування математичного апарату заснованому на формалізації якісних і кількісних показників складу, поживної цінності окремих інгредієнтів і їх сполучень у складі модельних функціональних композицій дозволяє, шляхом імітаційного моделювання, визначити загальний вміст окремого компоненту. З урахуванням вищерозглянутих факторів результати моделювання, як правило, забезпечують ефективну оптимізацію складу продукту і параметрів окремих операцій технологічного процесу. По завершенні етапу багаторівневого експериментального моделювання функціональні композиції і технології продуктів перевіряються у лабораторних і виробничих умовах, після чого проводиться остаточне їхнє корегування. На заключному етапі здійснюються комплексні дослідження основних показників якості готової продукції, розрахунок економічних показників, відпрацювання технології у виробничих умовах, підготовка, узгодження і затвердження нормативних документів і організація промислового впровадження. Застосування методології проектування модельних функціональних композицій і продуктів харчування дозволяє підвищити ступінь використання сировини і розширити асортименти продукції із заданим складом і властивостями оздоровчого призначення.*

*Ключові слова: модельні композиції, функціональні композиції, білок, жири, вуглеводи, макро- мікроелементи, вітаміни, енергетична цінність.*

ANTONENKO Artem, BROVENKO Tetiana

Kyiv National University of Culture and Arts

KRYVORUCHKO Myroslav

State University of Trade and Economics

STUKALSKA Nataliya

National University of Food Technology

TOLOK Galina

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

TONKYKH Oleksii

Kyiv National University of Culture and Arts

## SIMULATION OF THE RECIPE COMPOSITION OF HEALTHY FOOD PRODUCTS BASED ON FUNCTIONAL COMPOSITIONS

*The article provides justification and development of the methodology for modeling the recipe composition of health food products based on functional compositions. The basis of the modeling is the principle of food combinatorics, which consists in the justified quantitative selection of the main raw materials and food additives, which together ensure the formation of the necessary organoleptic and physicochemical properties, the given level of nutritional (food, biological) and energy value. Modeling of food products is the process of creating a product as a single integrated system consisting of elements that do not individually provide the specified properties. Conceptual approaches to the modeling of functional compositions and products based on them consist in optimizing the selection and ratio of*

ingredients, by which it is possible to obtain a composition that, in terms of quantitative content and qualitative composition, best meets the indicators of nutritional value and medical and biological requirements. The application of a mathematical apparatus based on the formalization of qualitative and quantitative indicators of the composition, nutritional value of individual ingredients and their combinations in the composition of model functional compositions allows, through simulation modeling, to determine the total content of an individual component. Taking into account the above-mentioned factors, the modeling results, as a rule, provide effective optimization of the product composition and parameters of individual operations of the technological process. Upon completion of the stage of multi-level experimental modeling, the functional compositions and technologies of the products are checked in laboratory and production conditions, after which their final adjustment is made. At the final stage, comprehensive studies of the main indicators of the quality of finished products, calculation of economic indicators, testing of technology in production conditions, preparation, coordination and approval of regulatory documents and organization of industrial implementation are carried out. The application of the design methodology of model functional compositions and food products allows to increase the degree of use of raw materials and expand the assortment of products with a given composition and properties for health purposes.

*Keywords:* model compositions, functional compositions, protein, fats, carbohydrates, macro- microelements, vitamins, energy value.

### **Постановка проблеми у загальному вигляді**

#### **та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями**

Наукова концепція створення технологій спеціальних харчових продуктів ґрунтується на основних положеннях теорії раціонального харчування, теоретико-практичних засадах технологій оздоровчих продуктів, з оптимізованими поживною і енергетичною цінністю, сенсорними та структурними характеристиками, на основі цілеспрямованого поєднання, шляхом математичного моделювання, функціонально активних інгредієнтів рослинного походження. [1,2]

В основу моделювання покладений принцип харчової комбінаторики, який полягає у обґрунтованому кількісному підборі основної сировини та харчових добавок, що у сукупності забезпечують формування необхідних органолептичних і фізико-хімічних властивостей, заданий рівень поживної (харчової, біологічної) і енергетичної цінності. [3]

Моделювання харчових продуктів являє собою процес створення продукту як єдиної цільної системи, що складається з елементів, які окремо не забезпечують заданих властивостей. Концептуальні підходи до моделювання функціональних композицій і продуктів на їх основі, полягають у оптимізації вибору і співвідношень інгредієнтів, за яких можливо отримати композицію, що у найбільшій мірі відповідає за кількісним вмістом і якісним складом показникам поживної цінності і медико-біологічним вимогам [4]. Застосування математичного апарату заснованому на формалізації якісних і кількісних показників складу, поживної цінності окремих інгредієнтів і їх сполучень у складі модельних функціональних композицій дозволяє, шляхом імітаційного моделювання, визначити загальний вміст окремого компоненту. [5,6]

### **Аналіз досліджень та публікацій**

Наукове обґрунтування та розроблення методології моделювання рецептурного складу оздоровчих продуктів харчування на основі функціональних композицій є актуальним завданням, розв'язання якого дозволить розширити асортимент страв з підвищеною харчовою і біологічною цінністю та одержати продукцію з заданими функціональними властивостями. [7-9]

Значний внесок у вирішення фундаментальних питань моделювання рецептурного складу оздоровчих продуктів харчування як засобу профілактики та ліквідації дефіциту мікронутрієнтів надали дослідження таких вітчизняних та зарубіжних вчених: М.І. Пересічного, Г.О. Сімахіної, О.О. Грінченко, А.Б. Горальчука, А.М. Дорохович, І.Ю. Жигаленко, А.В. Зіолковської, П.О. Карпенка, М.Б. Колесникової, В.Н. Корзуна, М.Ф. Кравченка, Г.М. Лисюк, Л.П. Малюк, Л.М. Мостової, Н.Я. Орлової, П.П. Пивоварова, Н.В. Притульської, Г.Б. Рудавської, М.Р. Ennis, J.C.F. Murrey, G.O. Phillips, W.C. Weling, P.A. Williams та ін. [10-15]

### **Формулювання цілей статті**

Метою роботи є: обґрунтування та розроблення методології моделювання рецептурного складу оздоровчих продуктів харчування на основі функціональних композицій.

Об'єкт дослідження – методологія моделювання рецептурного складу оздоровчих продуктів харчування на основі функціональних композицій.

Предмет дослідження – модельні композиції, функціональні композиції, білок, жири, вуглеводи, макро-мікроелементи, вітаміни, енергетична цінність.

### **Виклад основного матеріалу**

Процес моделювання забезпечується інформаційною базою, що містить експериментально отримані дані про макро- і мікронутрієнтний склад інгредієнтів і складається з наступних етапів:

Етап 1. Напрацювання вихідних даних для моделювання продуктів на основі функціональних композицій.

- Визначення мети: створити технології продуктів з харчовими добавками рослинного походження для оздоровчого харчування (розробити конкурентоспроможний продукт, знизити собівартість, реалізувати наявні сировинні ресурси);

- ознайомлення з існуючими вітчизняними і зарубіжними аналогами і прототипами (наукові і патентні джерела, Інтернет-видання), оцінка технічних можливостей, вибір базової технології;
- визначення обмежувальних критеріїв до складу модельних функціональних композицій і продуктів на їх основі (за окремими видами сировини та інгредієнтів, вмістом білка, жиру, вуглеводів тощо);
- вибір інгредієнтів за ознаками (хімічний склад, функціональні властивості, вартість), здатних при варіюванні їх вмісту у модельній композиції найбільш суттєво впливати на поживну цінність, структурно-механічні властивості харчової системи, органолептичні показники готового продукту, його ціну;
- формування бази даних про загальний хімічний склад компонентів модельної композиції (у т.ч. вміст незамінних амінокислот в масовій частці загального білка; ліпідного складу – вміст насичених (сума), мононенасичених (сума) і поліненасичених жирних кислот у складі жирів можливих рецептурних інгредієнтів; вуглеводного складу – масова частка моно-, ди- і полісахаридів; мінерального і вітамінного складу, енергетичної цінності);
- формулювання і конкретизація медико-біологічних вимог до кількісно-якісного складу модельованого продукту.

Етап 2. Формалізація вимог до складу і властивостей вихідних інгредієнтів і якості продуктів на основі модельних функціональних композицій.

Алгоритм вирішення задачі передбачає розрахунок і оцінку збалансованості загального хімічного складу модельних функціональних композицій і оптимізації білкової, жирової і вуглеводної складових, енергетичної цінності розроблюваного продукту. Комп'ютерне моделювання складається з структурної оптимізації складу, вмісту і співвідношення окремих нутрієнтних складових багатокомпонентних продуктів харчування і дозволяє за вибраними з бази даних компонентами і характеристиками їхнього нутрієнтного складу, визначити композицію, що максимально наближена до заданих еталонних вимог. Методика моделювання продуктів харчування на основі модельних композицій передбачає визначення бажаного вмісту:

- білка у продукті і моделювання його амінокислотного складу, з метою наближення до еталону (в якості еталону визначений "ідеальний" білок, що враховує добову потребу людини у незамінних амінокислотах);
- жиру (еталонне співвідношення між насиченими, моно- і поліненасиченими жирними кислотами);
- вуглеводів (співвідношення простих і складних вуглеводів, в т.ч. вмісту харчових волокон);
- макро- і мікроелементів (якісний склад, співвідношення окремих елементів);
- вітамінів (якісний склад і співвідношення);
- енергетичної цінності і співставлення її з бажаною Q (еталоном).

Математичне моделювання функціональних композицій і продуктів на їх основі зводиться до побудови їх моделі за заданими параметрами адекватності та якості, вибору вихідних компонентів і рецептурної оптимізації за критеріями харчової та біологічної цінності. Для цього складається параметрична модель продукту, яка враховує хімічний склад (білок, жир, волога, вуглеводи і т.д.), масові частки основних компонентів продукту, структурні співвідношення показників біологічної цінності продукту (аміно- та жирнокислотний склад). При цьому враховується специфіка продуктів для оздоровчого харчування.

В якості цільової функції оптимізації багатокомпонентного продукту встановлене мінімальне відхилення від заданої структури відповідної групи показників харчової і біологічної цінності.

1. Критерій оптимізації за показниками хімічного складу, що визначає харчову цінність модельованої функціональної композиції:

$$P(z) = \sum_{i=1}^n (z_i^0 - \sum_{j=1}^m b_{ij} x_j)^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

де,  $x_j$  – масова частка  $j$ -го компоненту композиції;

$b_{ij}$  – питомих вміст  $i$ -го елемента хімічного складу (білка, жиру і т.д.) в  $j$ -му компоненті;

$z_i^0$  – еталонний вміст  $i$ -го елемента.

2. Критерій мінімального відхилення від заданої структури показників біологічної цінності:

$$P(A) = \sum_{k=1}^n \left( \left( A_k^0 - \frac{\sum_{j=1}^m a_{kj} b_{ij} x_j}{\sum_{j=1}^m b_{ij} x_j} \right)^2 \right) \rightarrow \min \quad (2)$$

де,  $a_{kj}$  – питомих вміст  $k$ -го інгредієнту в  $i$ -му елементі хімічного складу

3. Масова частка  $l$ -ої амінокислоти (не повинна перевищувати заданого порогу  $A_l^{\max}$  в г/100 г білка):

$$\sum_{j=1}^m a_{lj} b_j^a x_j \leq A_l^{\max} \quad (3)$$

де,  $a_{ij}$  – масова частка l-ої амінокислоти в j-му компоненті, г/100 г білка

Рослинні білки характеризуються низьким вмістом лізину, лейцину, треоніну, метіоніну, триптофану та високим – глютамінової кислоти. Біологічну цінність білків визначають методом розрахунку амінокислотного скору: (амінокислотний скор = (г АК в 100 г досліджуваного білка / г АК в 100 г “ідеального” білка) · 100%.

Амінокислотний скор менший за 100% свідчить, що амінокислота є лімітуючою. Найменші значення відповідають головній лімітуючій кислоті. Для покращення амінокислотного складу білків рівень головної лімітуючої амінокислоти підвищують у відповідності до амінокислотної формули потреб і рівнів вмісту другої лімітуючої амінокислоти. Кількість першої і другої лімітуючої амінокислот співвідноситься з кількістю третьої амінокислоти.

4. Масова частка лізину по відношенню до загальної масової частки метіоніну і цистину (у прагненні до одиниці):

$$\sum_{j=1}^m [a_{ліз} - (a_{мет} + a_{цис})] \cdot b_j^a \cdot x_j \leq eps \quad (4)$$

де,  $a_{ліз}$ ,  $a_{мет}$ ,  $a_{цис}$  – масові частки лізину, метіоніну і цистину, г/100 г білка;

$b_j^a$  – масова частка білка j-го компоненту;

eps – мала величина.

відношення вмісту білка до вмісту жиру:

$$\sum_{j=1}^m b_j^a x_j / \sum_{j=1}^m b_j^* x_j = K \quad (5)$$

де,  $b_j^a$ ,  $b_j^*$  – масова частка відповідно білка та жиру в j-му рецептурному компоненті композиції;

$x_j$  – масова частка j-го компоненту;

5. Співвідношення масових часток насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот повинно відповідати заданій пропорції  $K_1:K_2:K_3$ :

$$K_2 \sum_{k=1}^7 \sum_{j=1}^m q_{kj} b_j^* x_j = K_1 \sum_{k=8}^{10} \sum_{j=1}^m q_{kj} b_j^* x_j; \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^7 \sum_{j=1}^m q_{kj} b_j^* x_j + \sum_{k=8}^{10} \sum_{j=1}^m q_{kj} b_j^* x_j = K_3 \sum_{k=11}^{13} \sum_{j=1}^m q_{kj} b_j^* x_j, \quad (7)$$

де,  $k=1-7$  – відповідає насиченим жирним кислотам;

$k=8-10$  – мононенасиченим жирним кислотам;

$k=11-13$  – поліненасиченим жирним кислотам;

$b_j^*$  – масова частка жиру j-го компоненту композиції;

$q_{kj}$  – масова частка k-ої жирної кислоти в j-му компоненті, г/100 г жиру;

В середньому кількість ПНЖК повинна забезпечувати біля 4% енергетичної цінності раціону.

6. Критерій мінімального відхилення від заданої структури вітамінного складу, мінеральних речовин:

$$P_i(V) = \sum_{k=1}^n \left( V_k^0 - \frac{\sum_{j=1}^m b_{kj} x_j}{\sum_{j=1}^m x_j} \right)^2 \rightarrow \min \quad i = 1, 2, 3 \quad (8)$$

В якості обмеження використовуються співвідношення, які виходять з структурно-параметричних моделей раціонального харчування:

7. Обмеження за елементним хімічним складом продукту:

$$L_r^{\min} \leq \sum_{j=1}^m t_{rj} x_j \leq L_r^{\max} \quad r = \overline{1, X}, \quad (9)$$

де,  $t_{rj}$  – вміст r-го елемента в j-му компоненті композиції;

$L_r^{\min}$ ,  $L_r^{\max}$  – допустимі обмеження вмісту r-го елемента.

8. Обмеження за рецептурними компонентами:

$$\sum_{j=1}^m x_j = 1; \quad x_j^{\min} \leq x_j \leq x_j^{\max}; \quad j = \overline{1, m}, \quad (10)$$

де,  $x_j^{\min}$ ,  $x_j^{\max}$  – допустимі обмеження вмісту i-ої компоненти у рецептурі продукту.

9. Обмеження за вартісними показниками:

$$\sum_{j=1}^m d_j x_j \leq D_p^{\max} \quad (11)$$

де,  $d_j$  – вартість одиниці  $j$ -го компоненту;

$D_p^{\max}$  – максимальна вартість продукту.

Задача оптимізації багатокомпонентного продукту в різних постановках і поєднаннях лінійних і нелінійних критеріїв та обмежень вирішується імітаційним моделюванням з “перебором” усіх можливих комбінацій вихідних компонентів рецептури з наступною перевіркою обмежень і кореляцією з критерієм. Пошук оптимального складу модельованого продукту з  $m$  компонентів починається з вибору масової частки першого компоненту  $x_1$  і перебором значень коефіцієнтів співвідношення  $K_j$ ;  $j = \overline{2, m-1}$ , від деякого початкового значення  $n_j = n_0$  до кінцевого  $0,9$  з кроком  $h$ , імітуючи всі комбінаторні варіанти рецептури  $m$ -компонентного продукту з визначенням масової частки  $j$ -го компоненту  $x_j$  за формулою:

$$X_j = \frac{(1-K_{j-1})}{K_{j-1}} \cdot X_{j-1} \cdot K_j, \quad j = \overline{2, m-1} \quad (12)$$

Далі, якщо  $x_j$  задовольняє граничним умовам, використовується наступне допустиме співвідношення  $n_j = K_j$  і перехід до циклу наступного співвідношення  $K_j$  для  $j = j + 1$ -го компоненту. При  $X_j < \min_j$  коефіцієнт співвідношення його частки з наступними компонентами збільшується на величину кроку, а у випадку  $X_j > \max_j$  потрібно повернутися до початкового  $j$ -го співвідношення  $n_j = n_0$  і продовженню попереднього циклу по  $K_j$  для  $j = j - 1$ -го компоненту зі стартовим значенням  $n_j = n_j + h$ . Після підбору заданих співвідношень усіх компонентів рецептури так, що масові частки в сумі дають одиницю, перевіряють параметричні і балансові обмеження з накопиченням допустимих варіантів, оцінюваних за функціоналом адекватності у виборі найкращого альтернативного рішення. Загальна оцінка рівня якості продукту визначається за сукупністю значень або відхилень визначальних факторів та їх значимістю і зводиться до адитивних, мультиплікативних і змішаних функціоналів. При цьому всі вимірювальні параметри зводяться до безрозмірної шкали відносних величин:

$$Z_i = \frac{X_i - X_i^0}{\Delta X_i} \quad (13)$$

де,  $X_i, X_i^0$  – фактичне і бажане значення параметрів;

$\Delta X_i$  – гранично допустиме відхилення від бажаного.

З урахуванням вагових коефіцієнтів  $b_i$   $i$ -го параметру при  $\sum_{i=1}^n b_i = 1$  вираз функціоналу має такий

$$\text{вигляд: } \Phi(z) = 1 - \sqrt{\sum_{i=1}^n b_i z_i^2} \quad (14)$$

або з урахуванням групи критичних показників  $Z_k$ , відхилення яких за граничні межі однозначно виключає можливість використання продукту,

$$\Phi(z) = \prod_{k=1}^{m_k} (1 - z_k^2) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\sum_{i=1}^n b_i z_i^2} \right] \quad (15)$$

При виході з поля допуску будь якого параметру критичної групи  $Z_k$  функціонал перетворюється в 0. При знаходженні критичних показників у нормі, значення критерію змінюється від 1, при повному співпадінні вимірювальних значень  $X_i$  з еталонними (краща якість) до 0, при досягненні межі рівня якості (граничне значення). При від’ємних значеннях функціоналу продукт не відповідає заданому рівню якості. Для визначення вагових коефіцієнтів та градуйованої шкали узагальненого функціоналу доцільно використовувати методику експертних оцінок або повного факторного експерименту. Значення функціоналу якості модельованого продукту градується від 1 до 0 за шкалою бажаності відповідно від найвищого до задовільного рівня якості за рівняннями розділяючих поверхонь, які отримують в результаті повного факторного експерименту: 1.0-0.7 – відмінно; 0.7-0.3 – добре; 0.3-0.1 – задовільно; 0.1-0.0 – погано, незадовільній якості продукту відповідають від’ємні значення функціоналу.

Запропонована багатокритеріальна модель може бути використана в різноманітних постановках для будь якого певного критерію, наприклад для аналізу амінокислотного, жирнокислотного, вуглеводного, макро- і мікроелементного, вітамінного складу багатокомпонентних рецептурних систем. Таким чином, оперуючи вихідними даними, що характеризують склад і властивості інгредієнтів, встановивши граничні умови та необхідні рівні окремих показників і використовуючи систему комп’ютерного моделювання можливо визначити оптимальні модельні функціональні композиції, що відповідають заданим критеріям. Системи комп’ютерного проектування модельних функціональних композицій і продуктів харчування на їх

основі функціонують у середовищі Windows 2000, XP, NT. Інтерфейси написані в Delphi, а основні процедури – в Object Pascal.

Етап 3. Конструювання модельних композицій з заданими структурними характеристиками. Етап комп'ютерного конструювання дозволяє шляхом моделювання отримувати функціональні композиції, які максимально задовольняють формалізовані потреби, рівень вмісту нутрієнтів та сукупну біологічну цінність. Однак визначений на першому етапі склад "оптимальних" композицій не гарантує їх перетворення в процесі технологічної обробки у виробничих умовах в систему з необхідними органолептичними показниками, структурно-механічними властивостями. Це обумовлено тим, що окремі компоненти рецептур мають визначені індивідуальні і часто такі, що є взаємовиключними, функціонально-технологічні властивості (ФТВ). Для ефективної реалізації другого етапу проектування необхідно мати інформацію не тільки про хімічний склад та біологічну цінність окремих компонентів рецептур але й інформацію про фактичні значення ФТВ основної сировини та допоміжних інгредієнтів в багатокомпонентних харчових системах з аналітичними та імперичними залежностями, що характеризують основні закономірності поведінки гетерогенних дисперсних систем при варіюванні фізико-хімічних факторів.

Розгляд теоретичних основ процесів структуроутворення, зокрема, у тістових системах і можливості їхньої адаптації до методології проектування свідчать про високий рівень складності поставленого завдання, що обумовлено:

- різноманіттям і багатокомпонентністю основної сировини, її морфологічною неоднорідністю, лабільністю в результаті розвитку біохімічних, мікробіологічних процесів;
- високою мінливістю її властивостей при різних способах технологічної обробки і під впливом фізико-хімічних факторів (рН середовища, температура і т.д.);

Передбачити кінцеві властивості комбінованих харчових систем, виходячи тільки з загального хімічного складу і фізико-хімічних властивостей окремих інгредієнтів рецептури практично неможливо. Навіть уявляючи, що набуття модельною композицією окремих структурних форм (консистенція, зовнішній вигляд, структура й т.п.) обумовлено особливостями протікання колоїдно-хімічних процесів не можна впевнено прогнозувати, що після технологічної обробки інгредієнти композиції перетворяться в стійку дисперсну систему з необхідними властивостями. При моделюванні функціональних композицій необхідно враховувати, що інгредієнти повинні мати певні функціонально-технологічні властивості, які забезпечують одержання стійких харчових дисперсних систем з необхідними структурно-механічними і органолептичними властивостями.

До основних ФТВ відносяться набрякання, розчинність, здатність стабілізувати дисперсні системи (драглеутворююча, водопоглинальна, емульсійна здатність), реологічні властивості. Таким чином, ступінь виразності певних ФТВ конкретних інгредієнтів композицій визначає ступінь їхньої участі у виконанні тих або інших структурних функцій у харчових системах. У свою чергу, рівень прояву конкретних ФТВ різних видів сировини і інгредієнтів залежить як від їхнього складу (білки, поліцукриди, їхні суміші), так і від фізико-хімічних і мікробіологічних факторів. Відносні значення основних функціонально-технологічних властивостей модельних функціональних композицій інтерпретовані у п'ятибальну шкалу. Вивчення й систематизація ФТВ окремих інгредієнтів композицій і продуктів, характер їхніх змін під впливом фізико-хімічних і технологічних способів обробки, розробка теоретичних основ базових процесів структуроутворення в харчових системах, дозволяють сформувати інформаційну базу і підійти до процесу моделювання продуктів харчування, з урахуванням специфіки можливої взаємодії компонентів рецептури.

Комп'ютерне багаторівневе моделювання дозволяє істотно прискорити процес розробки технологій, створити основи системного підходу до вибору модельних функціональних композицій з урахуванням можливого впливу окремих інгредієнтів на формування органолептичних показників, структурно-механічні властивості, вихід тощо.

Після завершення етапу комп'ютерного моделювання "оптимальні" композиції піддаються подальшому порівняльному аналізу з позицій можливості одержання, на базі обраної сукупності інгредієнтів, стійкої структурованої дисперсної системи певного типу з необхідним рівнем структурно-механічних властивостей (для модельних функціональних композицій) і органолептичних показників (для готових виробів). Враховуючи вихідні дані для проектування (тип продукту, базова технологія, технічні засоби) аналізують харчову систему і процеси її одержання, оцінюють ФТВ кожного з інгредієнтів композиції, характер їхніх змін, залежно від фізико-хімічних факторів, визначають ступінь їхньої функціонально-технологічної сумісності, вибирають базові структуроутворювальні параметри, що дозволяють ефективно регулювати ФТВ і процес структуроутворення, що визначає фізичну стійкість і реологічні властивості харчової системи.

На наступному етапі, шляхом багаторівневого експериментального моделювання, перевіряють рівень стійкості систем, виготовлених на основі "оптимальних" композицій і при необхідності здійснюють спрямоване регулювання ФТВ окремих інгредієнтів і модельних систем, а також органолептичних показників продукції, шляхом вибору і застосування певних механічних і фізико-хімічних факторів.

#### **Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Отже, при моделюванні одночасно враховуються особливості біотехнологічного потенціалу використовуваних інгредієнтів модельних композицій, ймовірність і інтенсивність розвитку

мікробіологічних процесів. З урахуванням вищерозглянутих факторів результати моделювання, як правило, забезпечують ефективну оптимізацію складу продукту і параметрів окремих операцій технологічного процесу. По завершенні етапу багаторівневого експериментального моделювання функціональні композиції і технології продуктів перевіряються у лабораторних і виробничих умовах, після чого проводиться остаточне їхнє корегування. На заключному етапі здійснюються комплексні дослідження основних показників якості готової продукції, розрахунок економічних показників, відпрацювання технології у виробничих умовах, підготовка, узгодження і затвердження нормативних документів і організація промислового впровадження. Застосування методології проектування модельних функціональних композицій і продуктів харчування дозволяє підвищити ступінь використання сировини і розширити асортименти продукції із заданим складом і властивостями оздоровчого призначення.

### Література

1. Мазаракі А.А. Технологія харчових продуктів функціонального призначення. Київ: КНТЕУ. 2012. 1116 с.
2. Львович И.Я. Перспективные тренды развития науки: техника и технологии. Одеса: КУПРИЕНКО СВ. 2016. 197 с.
3. Корзун В. Н., Гаркуша С. Л. Заходи профілактики та лікування метаболічного синдрому у населення. Довкілля та здоров'я. 2016. № 1. С. 9–13
4. Antiushko, D., Bozhko, T., Shapovalova, Nutritional value of a dry soluble gerodietetic product for enteral nutrition. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. № 5. С. 35–42.
5. Черевко О.І. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення. Харків: ХДУХТ. 2017. 591 с.
6. Yatsenko V.M. Financial-economic and innovative support of entrepreneurship development in the spheres of economy, tourism and hotel-restaurant business. Agenda Publishing House, Coventry, United Kingdom. 2017. 619 с.
7. Гамаюмова В.В. Інноваційні технології в житті сучасної людини. Ч. 3: Серія монографій Одеса. КУПРИЄНКО СВ. 2020. 209 с.
8. Преображенський А.П. Рівень розвитку техніки і технологій в ХХІ столітті. В 2 частинах. Частина 1: Серія монографій. Одеса. КУПРИЄНКО СВ. 2019. 227 с.
9. Сирохман І. В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення. Київ. 2009. 544 с.
10. Капрельянц Л.В., Іоргачова К.Г. Функціональні продукти. Одеса. 2003. 312 с.
11. Львович И.Я., Некрасов В.А., Преображенський А.П. Перспективні тренди розвитку науки: техніка і технології. Одеса. КУПРИЄНКО СВ. 2016. 197с.
12. Чепурда Г.М. Стратегії сталого розвитку в туризмі та готельно-ресторанному бізнесі: можливості і проблеми запровадження в Україні. Черкаси. ЧДТУ. 2021. 189 с.
13. Wissenschaft für den modernen Menschen: wirtschafts, management, marketing, tourismus, rechts und politikwissenschaften. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft» [ Brovenko T.V., Antonenko A.V. and others] Buch 4., Teil 6. 2021.
14. Brovenko T. Food design as the actual direction of the interdisciplinary researches. Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв: наук. журнал, 2018. №2. С. 91-94.
15. Мазаракі А.А. Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв функціонального призначення. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2013. 772 с.

### References

1. Mazaraki A.A. (2012). Tekhnologiya harchovih produktiv funkcional'nogo pryznachennya. Kyiv: KNTEU. 1116 s. [in Ukrainian].
2. Lvovich I.YA. (2016) Perspektivnye trendy razvitiya nauki: tekhnika i tekhnologii. Odesa: KUPRIENKO SV. 197 s. [in Ukrainian].
3. Korzun V. N., Harkusha S. L. (2016). Zakhody profilaktyky ta likuvannya metabolichnoho syndromu u naseleння. Dovkillia ta zdorovia. №.1. 9–13 [in Ukrainian].
4. Antiushko, D., Bozhko, T., Shapovalova, Nutritional value of a dry soluble gerodietetic product for enteral nutrition. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. № 5. С. 35–42. [in Ukrainian].
5. Cherevko O.I. (2017). Innovacijni tekhnologii harchovoї produkciї funkcional'nogo pryznachennya. Harkiv: HDUHT. 591 s. [in Ukrainian].
6. Yatsenko V.M. (2017). Financial-economic and innovative support of entrepreneurship development in the spheres of economy, tourism and hotel-restaurant business. Agenda Publishing House, Coventry, United Kingdom. 619 s. [in United Kingdom].
7. Gamayunova V.V. (2020) Innovacionnye tekhnologii v zhizni sovremenogo cheloveka. Odesa: KUPRIENKO SV. 209 s. [in Ukrainian].
8. Preobrazhenskij A.P. (2019) Uroven' razvitiya tekhniki i tekhnologii v HKHI veke. Odesa: KUPRIENKO S.V. 227 s. [in Ukrainian].
9. Syrokhman I. V. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення. Kyiv. 2009. 544 s.
10. Kapreljants L.V., Iorghachova K.H. Funktsionalni produkty. Odesa. 2003. 312 s. [in Ukrainian].
11. Lvovich I.Ya., Nekrasov V.A., Preobrazhenskij A.P. Perspektivni trendy razvytку nauky: tekhnika i tekhnologii. Odesa. KUPRIENKO SV. 2016. 197 s. [in Ukrainian].
12. Chepurda H.M. Stratehii staloho rozvytku v turyzmi ta hotelno-restorannomu biznesi: mozhlyvosti i problemy zaprovadzhenня v Ukraini. Cherkasy. ChDTU. 2021. 189 s. [in Ukrainian].

- 
13. Wissenschaft für den modernen Menschen: wirtschafts, management, marketing, tourismus, rechts und politikwissenschaften. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft» [ Brovenko T.V., Antonenko A.V. and others] Buch 4., Teil 6. 2021. [in Germany].
14. Brovenko T. (2018). Food design as the actual direction of the interdisciplinary researches. Visnyk Natsionalnoi akademii kerivnykh kadrov kultury i mystetstv: nauk. zhurnal. №2, 91-94. [in Ukrainian].
15. Mazaraki A.A. (2013). Zbirnyk retseptur kulinarnoi produktsii i napoiv funktsionalnoho pryznachennia. Kyiv : Kyiv. nats. torh.-ekon. un-t. 772 s. [in Ukrainian].

Надійшла/Paper received : 03.10.2022 р.    Надрукована/Printed :01.11.2022 р.