

ТЕЛЕЖЕНКО Л.М., д-р техн. наук, професор, КАШКАНО М.А., аспірант

Одеська національна академія харчових технологій

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО СКЛАДУ СУХИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СНИДАНКІВ

Робота присвячена розробці рецептур сухих сумішей для виготовлення сніданків та інстантних каш, що відповідають вимогам раціонального та здорового харчування. Для розробки рецептурного складу композиційних сумішей із заданими властивостями застосовано математичне моделювання, що дозволило збалансувати білково-вуглеводний склад продукту та підвищити його біологічну цінність. Представлена модель формування узагальненого критерію якості для пошуку оптимального рішення при проектуванні рецептур з урахуванням численних локальних критеріїв якості. Встановлено, що споживання сніданків, отриманих за розробленими рецептурами, забезпечує третину добової потреби в незамінних амінокислотах.

**Ключові слова:** сухі багатокомпонентні суміші, інстантні каші, збалансований склад продукту, математичне моделювання, комп'ютерне проектування, нечіткі критерії якості, коефіцієнт збалансованості.

The article is concerned with the development of the recipes of dry mixtures for producing breakfast cereals and instant porridges which comply with the requirements of balanced and healthy nutrition. The method of mathematical modeling is applied for developing the recipes of the compositional mixtures with prescribed properties. This method allowed to balance protein-carbohydrate composition and raise bioavailability of the product. The model of forming generalized quality criterion for optimizing developing recipes with account of numerous local quality criteria is recommended. It is established that consuming breakfasts produced in accordance with the developed recipes provides the third part of the daily dose of indispensable amino acids.

**Keywords:** dry polycarbonate mixtures, instant porridges, balanced product composition, mathematical modeling, computer-assisted design, fuzzy measures of quality, balance coefficient.

Однією з обов'язкових умов здорового харчування є наявність у раціоні високоякісного сніданку. Дієтологи підраховали, що повноцінний сніданок повинен складати за калорійністю 25...30 % від щоденного раціону і містити третину добової норми білка, трохи більше половини вуглеводів, не менше 20 % денної норми жирів, значну частину вітамінів та приблизно третину мінералів.

Каші із злакових культур тисячоліттями складали важливу частину раціону людства, як легка, швидкозасвоювана та в той же час досить поживна страва. Сучасні технології обробки цільного неочищеного і нешліфованого зерна, що застосовуються у ряді технологій при виробництві каш, дозволяють зберегти максимум корисних речовин. Численними дослідженнями доведено, що вживання цільнозернових продуктів знижує ризик виникнення багатьох хронічних захворювань. За словами доктора Джоан Славін, автора огляду наукових публікацій про значення цільних зерен в харчуванні [1,2], регулярне включення такої сировини в раціон знижує ризик інфарктного стану на 30...36 %, серцево-судинних захворювань – на 25...28 %, діабету другого типу – на 21...30 %, а також дозволяє значно легше контролювати вагу. Цільнозернові злакові продукти, з яких виготовляють каші, містять у своєму складі: біля 85 % вуглеводів, причому до однієї чверті з них припадає на харчові волокна; до 7 % жирів, з яких тільки 10 % складають насичені (при цьому холестерин в них відсутній); близько 17 % білків.

Незважаючи на користь, яку несуть для здоров'я каші із злакових, віднести їх до збалансованих продуктів

не можна. Каші, приготовлені із однієї злакової культури лише частково задовольняють потребу організму в незамінних амінокислотах, що зумовлене біологічною неповноцінністю білків більшості злакових. Крім того, значна тривалість термічної обробки деяких видів каш обмежує коло споживачів таких страв.

Аналіз ринку харчових продуктів України показує збільшення попиту на продукцію, що відповідає вимогам швидкого та водночас здорового харчування. Широке визнання з боку споживачів отримали концепції у вигляді сухих сніданків, серед яких інстантні (швидкокорозчинні) каші, що є продуктами готовими до вживання, як правило, без додаткової кулінарної обробки. В той же час асортимент таких продуктів, у тому числі вітчизняного виробництва, недостатній і потребує розширення і збалансованості згідно з теорією раціонального харчування.

Розробка технології сухих сумішей для виробництва сніданків швидкого споживання з урахуванням потреб людини в основних поживних речовинах, згідно з нормами харчування, дозволить забезпечити виробництво такої продукції, що сприятиме збереженню і зміцненню здоров'я, нормалізації обмінних процесів в організмі.

Метою досліджень є розробка технології сухих сумішей для виробництва сніданків зі збалансованим білково-вуглеводним складом.

Основними завданнями досліджень є:

- обґрунтування вибору сировини для виробництва сухих сумішей;
- побудова математичної моделі рецептур, що розробляються;
- комп'ютерне проектування композиційних сумішей із заданими властивостями;
- пошук оптимального рішення для нечітких локальних критеріїв якості рецептур;
- підтвердження біологічної повноцінності отриманих продуктів.

Відповідно теорії раціонального харчування людина має потребу в споживанні продуктів з певними нутрієнтами, що є збалансованими за співвідношенням основних компонентів. Збалансоване харчування передбачає найкращий кількісний та якісний взаємозв'язок основних харчових речовин: білків, вуглеводів, жирів, вітамінів, мінеральних речовин. Особливе значення, на думку засновника сучасних принципів раціонального харчування О.О. Покровського, має також збалансованість есенціальних харчових речовин: незамінних амінокислот, вітамінів та мінералів.

Білки, жири та вуглеводи повинні надходити з їжею в наступних пропорціях: енергія білків – 10...15 %, енергія жирів – не більше 30 %, енергія вуглеводів – 55...65 %. В нормальному раціоні харчування вуглеводів повинно бути в чотири рази більше, ніж білків. Потреба в вуглеводах визначається вели-

Хімічний склад зернових та зернобобових культур

Культура	Вода, г	Білки, г	Жири, г	Моно- і дисахариди, г	Крохмаль, г	Клітковина, г	Зола, г	Енергетична цінність, ккал
Зернові								
Пшениця тверда	14,0	13,0	2,5	1,0	56,5	11,3	1,7	301
Жито	14,0	9,9	2,2	1,5	54,3	16,4	1,7	287
Тритікале	14,0	12,8	2,2	1,0	56,3	12,0	1,7	293
Овес	13,5	10,0	6,2	1,1	54,0	12,0	3,2	250
Ячмінь	14,0	10,3	2,4	1,3	55,1	14,5	2,4	264
Просо	13,5	11,2	3,9	1,9	52,7	13,9	2,9	311
Гречиха	14,0	10,8	3,2	1,5	54,5	14,0	2,0	295
Рис	14,0	7,5	2,6	1,6	60,7	9,7	3,9	283
Сорго	13,5	10,6	4,1	1,6	64,5	3,5	2,2	323
Кукурудза зубовидна	14,0	10,3	4,9	1,6	58,4	9,6	1,2	320
Зернобобові								
Горох	14,0	20,5	2,0	4,5	45,0	11,2	2,8	298
Фасоля	14,0	21,0	2,0	3,4	43,6	12,4	3,6	292
Маш	14,0	23,5	2,0	3,8	42,4	10,8	3,5	300
Чина	14,0	24,4	2,2	3,1	40,4	12,9	3,0	286
Сочевиця	14,0	21,0	2,0	3,2	43,8	12,4	3,6	284
Нут	14,0	20,1	4,3	3,2	43,2	12,2	3,0	309
Соя	12,0	34,9	17,3	5,7	11,6	13,5	5,0	332

чиною енергетичних витрат: чим інтенсивніше фізичні навантаження, тим вища потреба в вуглеводах. Для різних груп населення спеціально розроблені норми фізіологічних потреб у харчових речовинах та енергії, що базуються на наукових даних фізіології, біохімії, дієтології та інших галузях науки, які аналізують роль, взаємовідносини, засвоєність окремих харчових речовин та норми потреб в них. В середньому співвідношення кількості білків, жирів та вуглеводів повинно складати 1:1:4, при великих фізичних навантаженнях – 1:1:5, для працівників розумової праці – 1:0,8:3. Отже, співвідношення між основними нутрієнтами при раціональному харчуванні знаходиться в інтервалі: 1:0,8...1:3...5 [3, 4].

Важливість споживання білків та вуглеводів за один прийом їжі та їхнє співвідношення обґрунтовані з фізіологічної точки зору. Вуглеводи необхідні організму для стимуляції утворення інсуліну та транспортування амінокислот до м'язів. Повне виключення з раціону вуглеводів, як і окреме споживання білків та вуглеводів, приводить до зниження енергетичних запасів м'язових тканин. Крім того, під дією білка процес розщеплення вуглеводів уповільнюється, насичення крові цукром стає більш повільним та рівномірним. Зворотна реакція – вироблення інсуліну теж відбувається без різких сплесків.

Для розробки технології виробництва продукції, що відповідає заданим вимогам, в якості основної сировини доцільно використовувати зернові та бобові культури як сировину високої харчової цінності. Хімічний склад основних представників зернових та бобових був визначений на кафедрі біохімії, мікробіології та фізіології харчування за допомогою ІЧ Аналізатора ДА-7200 та отриманий із літературних джерел (таблиця 1).

Традиційно для виготовлення сніданків застосовують зернові культури, які за співвідношенням загального вмісту білків та вуглеводів наближаються до рекомендованого значення (таблиця 1). Однак, для забезпечення кращого амінокислотного скору кулінарної продукції, доцільно увести зернобобові компоненти. Зерно першої групи (таблиця 1) містить більше крохмалю (у середньому на 15 %) у порівнянні із зернобобовими. За рахунок значного вмісту вуглеводів зернові культури володіють високою енергетичною цінністю. Порівняно високий вміст жирів в зерні проса (до 4 %), вівса (до 6 %) і кукурудзи (до 5 %). Більше клітковини міститься в зерні півчастих злаків. Зерно другої групи містить більше білків. Запасні білки хлібного зерна представлені альбумінами, глобулінами, проламінами та глютелінами. Характерною особливістю злаків є наявність проламінів (гліадіну) в складі зернових білків. Значний вміст білка та його висока біологічна цінність надає бобовим особливе значення в вирішенні питання білкового харчування. Аналіз амінокислотного складу сумарних білків різних злакових культур з точки зору складу ідеального білка для харчування людей показує, що всі вони, за винятком вівса, бідні лізином (2,2...3,8 %), а за винятком рису і сорго – ізoleyцином. Білки кукурудзи містять недостатню кількість триптофану (0,6 %). Найбільш збалансованими за амінокислотним складом є овес, жито і рис. Амінокислотний склад білків бобових вважають повноцінним: вміст в них лізину в 2...2,5 рази більше, ніж в білках злакових культур. Але при цьому білки бобових лімітовані за вмістом метіоніну і цистеїну (таблиця 2).

Таким чином, біологічна цінність сніданків, що містять білки злакових культур, може бути відрегульована додаванням лімітуючої амінокислоти або внесенням компонента з її високим вмістом. Так, біологічна цінність білка пшениці може бути підвищена в два рази за рахунок додавання 0,3...0,4 % лізину, білка кукурудзи – 0,4 % лізину та 0,7 % триптофану [5]. Отже, при розробці рецептур сухих сумішей для виготовлення сніданків важливим є підбір компонентів, комбінування сировини, підвищення біологічної цінності продукту. Слід зазначити, що правильна підготовка і поєднання зернових сумішей матиме синергетичний ефект – взаємне доповнення впливу окремих компонентів. Такий підхід дозволяє підвищити біологічної цінності готового продукту.

Зважаючи на багатоконпонентність рецептурного складу, обумовлену необхідністю досягнення рекомендованого співвідношення основних нутрієнтів

Таблиця 2

Вміст незамінних амінокислот в сумарних зернових білках, %

Найменування	Пшениця	Жито	Ячмінь	Овес без плівки	Рис	Просо	Кукурудза	Сорго	Горох	Соя	Потреба людини за даними ФАО
Лізин	2,6	3,8	3,2	4,2	3,5	2,2	2,5	2,5	6,5	6,6	4,2
Метіонін	1,7	1,7	1,7	2,5	2,9	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	2,2
Триптофан	1,3	1,6	1,2	1,9	1,3	1,4	0,6	0,9	0,8	1,3	1,4
Валін	4,6	5,3	5,4	5,3	6,5	4,8	4,4	5,2	4,5	5,4	4,2
Ізолейцин	3,4	3,5	3,5	3,5	3,9	4,6	3,9	2,7	5,6	5,0	5,3
Лейцин	6,9	7,5	7,2	7,4	8,0	9,6	11,2	12,7	6,5	7,9	4,8
Треонін	2,6	3,2	2,9	3,3	3,5	3,3	3,2	2,7	3,8	3,8	2,8
Фенілаланін	4,3	5,2	5,1	5,3	5,2	4,8	4,1	4,3	4,8	5,1	2,8

та регулювання вмісту незамінних амінокислот, процедура підбору компонентів є довготривалою та ускладненою. Досягати поставленої мети можна за допомогою математичного моделювання композиційного складу сухих сумішей.

Сьогодні в літературі все частіше фігурує поняття «проекування» харчових продуктів. Такий науковий напрям досліджень є порівняно новим та дозволяє розробляти рецептури багатокомпонентних продуктів із заданим комплексом показників якості. Даний напрям включає розробку моделей, що регламентують всі етапи створення продуктів заданої якості і представляють собою математичні залежності, що відображають всі зміни одного або декількох ключових параметрів, на основі яких вони розробляються. Дана методологія дозволить також створити продукти з певним вмістом білків, жирів і вуглеводів, вітамінів, харчових волокон, амінокислот. Рецептури, що розробляються таким чином, базуються на концепції збалансованого харчування [3], згідно якої для нормальної життєдіяльності людини необхідне надходження в організм адекватної кількості енергії і основних харчових речовин, а також дотримання встановлених співвідношень між основними факторами харчування.

Таким чином, виникла необхідність моделювання та розробки рецептур продуктів харчування нового покоління, збалансованих за нутрієнтним складом (кількісний вміст харчових речовин в яких відповідає фізіологічним потребам організму). В основу моделювання покладено принцип харчової комбінаторики, який полягає в обґрунтованому кількісному підборі основної сировини і збагачуючих добавок, що в сукупності забезпечує формування продуктів із заданим рівнем поживної (харчової, біологічної) та енергетичної цінності. Даний напрямок є актуальним завданням, що відповідає державній політиці та концепції здорового харчування населення [6].

На основі аналізу ряду літературних джерел [6,7], присвячених питанню автоматизованого проектування харчових продуктів, для моделювання рецептур сухих сумішей нами було застосоване лінійне програмування у табличному процесорі Excel. Основним завданням при цьому стала побудова відповідної математичної моделі, що включає наступні етапи:

– вибір критерію оптимальності відповідно до мети дослідження;

– виявлення основних обмежень;

– математична формалізація.

Метою проектування є оптимізація рецептури сухих сумішей за основними показниками хімічного складу, які б відповідали потребам певної групи споживачів (відповідно до фізіологічних норм харчування для різних груп дорослого населення). Відповідно до поставленої мети було визначено критерій оптимальності. В якості критерію оптимальності або цільової функції математичної

моделі нами було обрано співвідношення вуглеводів і білків, що є встановленим для відповідної групи інтенсивності праці [4].

$$Z(x) = \frac{c_{2i} \sum_{i=1}^n x_i}{c_{1i} \sum_{i=1}^n x_i} \quad (1)$$

де  $Z(x)$  – цільова функція, що відображає співвідношення вуглеводів і білків, що відповідає фізіологічним нормам харчування для певної групи інтенсивності праці;

$c_{1i}$  – вміст білків в компоненті  $x_i$ , г;

$c_{2i}$  – вміст вуглеводів в компоненті  $x_i$ , г.

Співвідношення вуглеводів та білків відображає збалансованість розробленої рецептури за вмістом основних харчових речовин. Розроблені рецептури сухих сумішей характеризуються коефіцієнтами збалансованості  $K_{зб}$ , що відповідають цільовим функціям, встановленим при проектуванні.

На етапі виявлення обмежень було враховано вміст незамінних амінокислот, що є лімітуючими в обраній сировині, а також вміст крохмалю, моно- і дисахаридів та частка деяких рецептурних компонентів. Математична формалізація зазначених обмежень полягала в записі системи алгебраїчних обмежень.

В якості рецептурних компонентів для проєктованих сумішей була вибрана така сировина: зернові (пшениця, жито, овес, ячмінь, рис, гречка, кукурудза), бобові (горох, сочевиця, соя), олійні (насіння соняшника, арахіс, льон), горіхи (грецький горіх, мигдаль), сухе молоко, сіль. Основними критеріями при виборі сировини для сухих сніданків були висока харчова цінність та можливість поєднання компонентів з метою отримання продукту з підвищеною біологічною цінністю та високими органолептичними показниками. В результаті проектування в MS Excel з використанням надбудови «Пошук рішення» були отримані три рецептури сухих сумішей для сніданків з відповідними коефіцієнтами збалансованості (таблиця 3).

Враховуючи те, що ряд введених обмежень



Таблиця 3

Рецептури сухих сумішей для сніданків, отримані шляхом комп'ютерного проектування

Рецептура № 1 ( $K_{зб} = 4,0$ )		Рецептура № 2 ( $K_{зб} = 3,2$ )		Рецептура № 3 ( $K_{зб} = 4,0$ )	
Інгредієнти	Масова частка, %	Інгредієнти	Масова частка, %	Інгредієнти	Масова частка, %
Рис	46,0	Пшениця тверда	17,4	Гречка	45,7
Кукурудза зубовидна	15,0	Гречка	43,6	Кукурудза зубовидна	26,1
Горох	20,0	Горох	20,0	Горох	18,0
Насіння соняшника	5,0	Насіння соняшника	5,0	Мигдаль	1,2
Мигдаль	5,0	Арахіс	5,0	Сухе молоко	8,0
Сухе молоко	8,0	Сухе молоко	8,0	Сіль	1,0
Сіль	1,0	Сіль	1,0		

(таких як відсотковий вміст рецептурних компонентів, вміст незамінних амінокислот та ін.) безпосередньо впливає на якість готового продукту, виникла проблема пошуку оптимального рішення при проектуванні рецептур. Важливим є те, щоб розроблена рецептура відповідала одночасно декільком вимогам стосовно її харчової та біологічної цінності. Зрозуміло, що поставлена задача зводиться до пошуку компромісного рішення, при якому розроблений продукт буде мати показники якості, що задовольняють ряду вимог. В нашому випадку важливими критеріями якості є коефіцієнт збалансованості (що є цільовою функцією при лінійному програмуванні) та вміст незамінних амінокислот, які є лімітуючими в сировині різних груп.

Проблема пошуку узагальненого критерію якості розглянута як проблема нечіткого нелінійного програмування з  $n$  несумісними критеріями,  $m$  змінними управління і  $k$  нелінійними обмеженнями:

$$\text{Optimize } K[K_1(X), K_2(X), \dots, K_n(X)] \quad (2)$$

$$\text{за умови } C_i \equiv G_{Li} \leq G_i(X) \leq G_{Ui}, \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

$$x_{Li} \leq x_i \leq x_{Ui}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (4)$$

де  $K_1(X)$  представляють нечіткі локальні критерії якості продукту;

$X(x_1, x_2, \dots, x_m)$  – вектор перемінних управління, що визначаються;

$G_{Li}, G_{Ui}$  – нижня і верхня межі обмежень, відповідно,  $x_{Li} \leq x_i \leq x_{Ui}$  – нижня і верхня межі для перемінних управління, що визначаються.

Параметри моделі  $X_{opt}$  ототожнюють компромісне рішення для заданих критеріїв ефективності. Багатокритеріальний підхід базується на комбінації формальної і неформальної процедур прийняття рішення для знаходження альтернативного вирішення проблеми. Остаточне рішення визначається як результат перетину всіх нечітких критеріїв і обмежень, відображених їхніми функціями приналежності  $\mu(X)$ :

$$\mu_k(X) = \mu_{k1}(X) \cap \dots \cap \mu_{kn}(X) \cap \mu_{Gi}(X), \quad i = 1, 2, \dots, k; \quad X \in X_p \quad (5)$$

Максимальна та мінімальна межі критеріїв визначаються:

$$K_i^{\min} = \min K_j(X_j^0) = K_i(X_i^0), \quad i = 1 \dots n \quad (6)$$

$$K_i^{\max} = \max K_j(X_j^0), \quad i = 1 \dots n \quad (7)$$

Функція приналежності для всіх нечітких цілей представлена у вигляді:

$$\mu_{Ki}(X) = \begin{cases} 0, & \text{if } K_i(X) > K_i^{\max} \\ \frac{K_i^{\max} - K_i}{K_i^{\max} - K_i^{\min}}, & \text{if } K_i^{\min} < K_i \leq K_i^{\max} \\ 1, & \text{if } K_i(X) \leq K_i^{\min} \end{cases} \quad (8)$$

Формуються нечіткі обмеження:

$$C_j(X) \leq C_j^{\max} + d_j, \quad j = 1, 2, \dots, q, \quad (9)$$

де  $d_j$  – реальний параметр, який позначає відстань від допустимого зміщення для межі  $C_j^{\max}$   $j$ -ого обмеження.

Таким чином, узагальнений критерій якості визначається як перетин всіх нечітких критеріїв і обмежень, представлених їхніми функціями приналежності. Ця проблема зводиться до нестандартної проблеми нелінійного програмування: знайти такі значення  $X$  і  $\lambda$ , що  $\lambda = \mu_{Ki}(X), \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \lambda = \mu_{Cj}(X), \quad j = 1, 2, \dots, q$

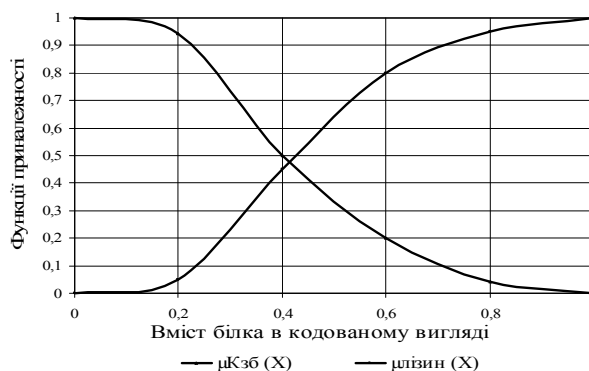


Рис. 1. Оптимальне рішення для нечітких функцій приналежності

На рис. 1 ілюструється оптимальне рішення для двох критеріїв якості проектованої рецептури. Перший критерій характеризує зміну коефіцієнта збалансованості, другий – вміст незамінної амінокислоти (лізину), що міститься в зерновій сировині в найменшій кількості. Змінна управління – вміст білка в рецептурній суміші, що відображена в кодованому вигляді. Точка перетину нечітких критеріїв і обмежень, які представлені відповідними функціями приналежності, характеризує вміст лізину (1,17 мг/100 г суміші) та коефіцієнт збалансованості ( $K_{зб} = 4,0$ ), що є оптимальними для рецептури № 1 при відповідному вмісті білка. Аналогічно були отримані оптимальні рішення для інших рецептур, враховуючи коефіцієнт збалансованості та вміст амінокислот, які є лімітуючими в сировині, що входить до композиційного складу продуктів.

З метою встановлення біологічної цінності сухих

Вміст незамінних амінокислот в сухих сумішах

Назва амінокислоти	Вміст в рецептурі № 1, г	Задоволення добової потреби, %	Вміст в рецептурі № 2, г	Задоволення добової потреби, %	Вміст в рецептурі № 3, г	Задоволення добової потреби, %	Потреба індивідуума, г/доб
Ізолейцин	1,16	27	1,21	30	1,09	27	4
Лейцин	1,93	37	1,96	39	1,87	37	5
Лізин	1,17	29	1,31	33	1,17	29	4
Метіонін	0,54	21	0,66	22	0,63	21	3
Фенілаланін	1,25	35	1,27	42	1,06	35	3
Треонін	0,93	30	1,03	35	0,91	30	3
Триптофан	0,26	25	0,33	33	0,25	25	1
Валін	1,25	29	1,34	34	1,16	29	4

сумішей для сніданків було визначено амінокислотний склад розроблених рецептур. Задоволення добової потреби в незамінних амінокислотах (відповідно до рекомендацій FAO/ВОЗ) при споживанні 100 г сніданку, виготовленого на основі сухої суміші, представлено в таблиці 4.

Показано, що амінокислотний скор сніданків, виготовлених за розрахованими рецептурами, задовольняє третину добової потреби, а лімітуючі амінокислоти відсутні.

Висновки.

Математичне моделювання рецептур сухих сумішей для виготовлення сніданків дозволяє отримати багатокomпонентні продукти із заданими харчовими та біологічними властивостями. Цільова функція, що має спільний характер для розроблених рецептур, відображає коефіцієнт збалансованості продуктів за співвідношенням білків і вуглеводів в їхньому складі. Отримані рецептури композиційних сумішей відповідають нормам раціонального харчування та забезпе-

чують повне надходження есенціальних компонентів при споживанні інстантних каш на сніданок у рекомендованому об'ємі.

Незважаючи на ефективність запропонованого підходу при розробці рецептурного складу сухих сумішей на етапах встановлення цільових функцій та введення обмежень виникають певні проблеми, пов'язані з широким спектром запропонованої сировини та локальних критеріїв якості. Застосовано пошук узагальненого критерію якості для визначення оптимального коефіцієнта збалансованості та вмісту лімітуючих амінокислот в рецептурах. В роботі розглянута гнучка модель формування узагальненого критерію якості, що базується на багатокритеріальній природі процесу прийняття рішення, та дозволяє зменшити невизначеність при наявності конфліктів і нечіткості формувань безлічі локальних показників якості.

Поступила 11.2012

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Slavin, J. Whole grains and human health [Text] / J. Slavin // Nutrition Research Reviews. – 2004. – Vol. 17. – P. 99-110.
2. Slavin, J. Why whole grains are protective: biological mechanisms [Text] / J. Slavin // Proceedings of the Nutrition Society. – 2003. – Vol. 62. – P. 129-134.
3. Мицьк, В.Е. Рациональное питание и пищевые продукты [Текст] / В.Е. Мицьк, В.Ф. Невольниченко. – К.: Урожай, 1993. – 336 с.
4. Позняковский, В.М. Физиология питания [Текст] / В.М. Позняковский, П.Е. Влощинский, Т.М. Дроздова. – СУИ, 2007. – 352 с.
5. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки [Текст] / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
6. Котлик, С.В. Програмное моделирование оптимальных рецептур рациона питания в условиях ухудшения экологической обстановки [Текст] / С.В. Котлик, М.Р. Мардарь // Екологічна безпека. – 2008. – № 3. – С. 83-87.
7. Николаева, С.В. Программа оптимизации многокомпонентной рецептурной смеси [Текст] / С.В. Николаева, И.М. Головин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 12 – С. 68-71.

УДК [547.458:66.094.0941]:664.642

ЧЕРНО Н.К., д-р техн. наук, професор, КОВАЛЕНКО О.В., канд. техн. наук, ШАПКИНА К.І., аспірант  
Одеська національна академія харчових технологій

### ВОДОРозчинний БЕТА-ГЛЮКАН *Saccharomyces cerevisiae*

Вивчено закономірності перебігу гідролізу структурного β-глюкану клітинних стінок дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, отриманого пероксидним методом, ферментним препаратом Rovabio Excel AP, що володіє ендо-1,3-β-глюканазою активністю. Встановлено умови, за яких біля 70 % сухої маси вихідного глюкану перетворюється на водорозчинний фрагмент, що містить макромолекули з молекулярними масами в діапазоні 1-30 кДа. Описано удосконалений спосіб ізолювання β-глюкану з клітинної оболонки дріжджів.

**Ключові слова:** дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, β-глюкан клітинних стінок дріжджів, контрольована ферментативна деструкція, водорозчинний β-глюкан.

The β-glucan cell wall of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* was obtained peroxide method. Trends of the hydrolysis this polysaccharide by using enzyme preparation Rovabio Excel AP that possesses endo-1,3-β-glucanase activity were investigated. The conditions of obtaining the water-soluble β-glucan more than 70 % low molecular weight (1-30 kDa) from the insoluble one were established. It was described the improved method of the β-glucan isolation from the yeast cell wall.

**Keywords:** yeast *Saccharomyces cerevisiae*, β-glucan cell walls of yeast, controlled enzymatic degradation, water-soluble β-glucan.

Бета-глюкани визнано ефективними імунокоректорами, використання яких доцільно як з метою профілактики імунозалежних патологій, так і у комплексному лікуванні багатьох захворювань – від серцево-судинних до онкологічних.

За структурою макромолекул глюкани різного походження дещо відрізняються. Так, зернові глюкани мають лінійну будову. До складу їхніх макромолекул входять блочні фрагменти – три- або тетраметри, побудовані з залишків β-D-глюкопіраноз, сполучених (1→4)-глікозидними зв'язками. Ці блоки розділені між собою β-(1→3)-зв'язками, а їх співвідношення варіабельне. На відміну від таких β-(1→4)/(1→3)-глюканів, в деяких видах грибів, як макро- так і мікроскопічних, дріжджах, бактеріях знайдено β-(1→3)/(1→6)-глюкани розгалуженої будови, які відрі-