

Таблиця – Результати досліджень швидкості накопичення хлориду натрію у м'язовій тканині сьомги охолодженої

Спосіб засолу	Температура м'язової тканини риби, °С						
	-4	-2	0	+2	+4	+6	+10
	термін процесу засолу, години						
сухий	240	144	120	108	96	84	72
мокрый	144	120	106	96	83	72	60
ін'єкційний	96	48	40	36	32	30	24

Висновки. За всіх досліджених температур м'язової тканини риби від -4° до +10° С процес просоловання до вмісту NaCl у кількості 3,5±0,2% у кінцевому продукті найшвидше проходить за таких умов: температура проведення процесу засолу – плюс 10° С, спосіб засолу – ін'єкційний із подальшим досолованням напівфабрикату.

Список літератури

1. Воскресенский Н. А. Посол, копчение и сушка рыбы / Н. А. Воскресенский. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – С. 159–165.
2. Коробейник А. В. Технология переработки и товароведение рыбы и рыбных продуктов / А. В. Коробейник. – Ростов н/Д. : Феникс, 2002. – 288 с.
3. Розвиток ринку риби в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.marketing.net.ua/view_subsects.php>.
4. Супермаркети краще реагують на підвищення цін на рибу, ніж на зниження [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <<http://www.kreschatik.kiev.ua/print/art/1332199634.html>>.
5. Инъектирование рыбного сырья [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <<http://www.t-sib.ru>>.

Отримано 30.10.2012. ХДУХТ, Харків.
© А.А. Дубініна, Ю.М. Хацкевич, 2012.

УДК 641.05:612.825.8

М.І. Пересічний, д-р техн. наук, проф. (*КНТЕУ, Київ*)
І.А. Магалецька, асп. (*КНТЕУ, Київ*)

**ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДУ ПОЛКОМПОНЕНТНИХ
ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
ДЛЯ ЛЮДЕЙ РОЗУМОВОЇ ПРАЦІ**

Розглянуто питання особливостей проектування складу продукції функціонального призначення для людей розумової праці. Визначено сировинні інгредієнти, що містять основні есенціальні нутрієнти для даної групи населення. Запропоновано метод математичного моделювання складу харчової композиції з урахуванням обмежень за показниками біологічної цінності та структурно-механічних властивостей.

Рассмотрены вопросы особенностей проектирования состава продукции функционального назначения для людей умственного труда. Определены сырьевые ингредиенты, содержащие основные эссенциальные нутриенты для данной группы населения. Предложен метод математического моделирования состава пищевой композиции с учетом ограничений по показателям биологической ценности и структурно-механических свойств

The article reviews the problem of designing of products functionality for people with mental activity. The raw ingredients which contain the basic essential nutrients for this population group are defined. The method of mathematical modelling of food composition according to the limitations in terms of biological value and structural and mechanical properties is proposed.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Проблема харчування належить до найважливіших глобальних проблем, які висунуті ООН перед людством, поряд із такими проблемами, як охорона довкілля, забезпечення енергією. Швидке збільшення чисельності населення потребує виробництва додаткових харчових ресурсів.

Люди розумової праці складають одну з найбільших груп працездатного населення, особливостями діяльності яких є високе нервово-емоційне напруження й виражена гіпокінезія. Як свідчать проведені дослідження, харчування людей різних професійних груп розумової праці (науковців, педагогів, інженерів, офісних працівників) надлишкове за енергоємністю, незбалансоване за основними харчовими речовинами та дефіцитне відносно незамінних нутрієнтів (ретинол, вітаміни групи В, сірковмісні амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти).

Актуальним завданням у вирішенні проблеми здорового харчування є реалізація технології нових, біологічно повноцінних, багатокomпонентних харчових продуктів для різних груп населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми технології полікомпонентних продуктів функціонального призначення для певних груп населення висвітлено в наукових працях І.С. Бериташвілі, П.О. Карпенка, М.І. Пересічного, В.І. Смоляра, В.А. Тутельяна, Г.Б. Рудавської, В.І. Ципріяна, Eiichiro Ochiai та ін. [1-9].

Мета та завдання статті: визначити сировинні інгредієнти, що містять есенціальні нутрієнти для людей розумової праці, запропонувати метод математичного моделювання складу харчової композиції з урахуванням обмежень за показниками біологічної цінності та структурно-механічних властивостей.

Виклад основного матеріалу дослідження. Технологія кулінарної продукції прогнозованого хімічного складу реалізується за допомогою харчової комбінаторики. Під час проектування

багатокомпонентних харчових продуктів значну роль відіграє можливість моделювання споживчих характеристик готових виробів, прогнозування їх біологічної безпеки, якості та функціонально-технологічних властивостей із урахуванням явища синергізму.

Одним із аспектів виготовлення нової багатокомпонентної харчової продукції, поряд із регулюванням біологічної цінності, є формування структури та консистенції.

Грунтуючись на біологічній цінності, основу для створення харчової композиції обрано рибну сировину. До рибних харчових продуктів регульованої структури відносять аналоги натуральних продуктів (структуровані), формовані та емульговані вироби.

Розроблені вироби належать до формованих, які отримують із подрібненої фаршевої маси з дієтичними добавками. Роль основного структуроутворювача у продуктах регульованої структури відіграють білки. Найвагоміший вплив на консистенцію мають зміни міофібрилярних білків, із яких міозин характеризується здатністю створювати тривимірну сітку поперечних зв'язків еластичного гелю та емульгувати жир.

Для розроблення технології фаршевих виробів сформовано інформаційний банк даних на основі довідкових таблиць із біохімічним складом інгредієнтів (табл. 1).

Таблиця 1 – Біологічна цінність харчових продуктів

Харчовий продукт	Біологічно активні речовини
Риба	Глобуліни, альбуміни, нуклеопроїєїни, ПНЖК, вітаміни А, D, В ₁ , В ₂ , В ₆ , В ₉ , В ₁₂ , РР, С
Крупка з пророщеної гречки	Легкорозчинні глобуліни, глютеніни, складні вуглеводи, вітаміни В ₁ , В ₂ , В ₆ , Е, Р, інозит, кверцетин, органічні кислоти (лимонна, яблучна, малеїнова)
Крохмаль Ні-Maize	Резистентний крохмаль
Квітковий пилок	Амінокислоти, ферменти, вітаміни Е, С, груп В, Р, РР, залізо, купрум, цинк, кальцій, манган
Пшеничні висівки	Харчові волокна (геміцелюлоза, целюлоза, лігнін, пектин), вітаміни групи В
Гарбуз	Пектини, клітковина, каротин, каротиноїди (лютеїн, лікопін, бета-каротин, бета-криптоксантин)
Шпинат	Каротин, вітаміни А, С, К, селен, залізо, біофлавоноїди, лютеїн, зеаксанти, калій, магній, мідь

Інгредієнти обиралися за принципом взаємного доповнення та синергетичного ефекту. На наступному етапі розроблено критерії оптимізації. Також визначено обмеження компонентів за впливом на органолептичні показники.



Рисунок – Комп'ютерне моделювання кулінарної продукції функціонального призначення

Проведено дослідження впливу дієтичних добавок на структурно-механічні властивості рибного фаршу. Визначено, що внесення добавок у кількості до 18...20% приводить до збільшення граничної напруги зсуву та адгезій, що пояснюється частковим руйнуванням клітинних структур фаршу та міжмолекулярною взаємодією білків рослинного та тваринного походження. Одночасно збільшується поверхня контакту частинок, що збільшує величину адгезії та «склеювання» частинок фаршу.

Часткова дезагрегація білка, що проводиться при подрібненні фаршу, та додавання рослинних добавок із високим вмістом колоїдів підвищують значення вологуютримуючої здатності білкових мас. Частинки білкових мас взаємодіють не лише в результаті прямого контакту з водою, але й через містки, утворені білковими молекулами, що пронизують водні прошарки та мають гідратну оболонку, тобто вода достатньо міцно утримується поверхнею білкових молекул маси. Вуглеводні компоненти, що є частиною рослинної сировини, взаємодіючи з білковими компонентами, утворюють білково-вуглеводні комплекси та зв'язують воду. Це спричиняє збільшення водоутримуючої здатності та вмісту зв'язаної вологи у разі додавання

добавок до критичних концентрацій. Вологоутримуюча здатність пов'язана з кислотністю багатоконпонентних систем. Додавання крупок із пророщеного зерна та пшеничних висівків спричиняє збільшення рН. Зсув рН середовища в основну сторону спричиняє підвищення вологоутримуючої здатності та розчинності білків, зменшує їх денатурацію.

Установлено математичне вираження закономірності впливу добавок на властивості фаршу (табл. 2).

Таблиця 2 – Визначення впливу дістичних добавок на структурно-механічні властивості

Харчова композиція*	Аналітичні рівняння	
	Гранична напруга зсуву	Вологоутримуюча здатність
1	$y_1 = -11,469x^2 + 477,291x + 1178,246$	$y_1 = -0,088x^2 + 3,465x + 54,022$
2	$y_2 = -26,720x^2 + 640,715x + 541,650$	$y_2 = -0,129x^2 + 3,125x + 54,877$
3	$y_3 = -23,260x^2 + 585,525x + 280,419$	$y_3 = -0,131x^2 + 3,174x + 53,094$
	Адгезія	Кислотність
1	$y_1 = -0,313x^2 + 20,664x + 17,715$	$y_1 = -0,005x^2 + 0,194x + 6,50$
2	$y_2 = -0,180x^2 + 24,479x + 105,270$	$y_2 = -0,007x^2 + 0,159x + 6,52$
3	$y_3 = -0,343x^2 + 21,579x + 21,301$	$y_3 = -0,005x^2 + 0,113x + 6,52$
	Вміст зв'язаної вологи	
1	$y_1 = -0,125x^2 + 4,051x + 58,094$	
2	$y_2 = -0,280x^2 + 5,682x + 62,254$	
3	$y_3 = -0,281x^2 + 5,724x + 60,094$	
Примітки*: 1 – композиція з додаванням крохмалю Hi-Maize; 2 – композиція з додаванням пшеничних висівків; 3 – композиція з додаванням крупки з пророщеної гречки.		

Для математичного моделювання продукції функціонального призначення для людей розумової праці встановлено обмеження за вмістом у готовому виробі збагачувальних мікронутрієнтів та інгредієнтів (з урахуванням попередніх технологічних відпрацювань та вимог нормативної документації).

Дослідження максимумів значень структурно-механічних властивостей можливе при визначенні суперпозиції емпіричних функцій для кожної добавки [8–9].

$$y_1 = -12.0x_1^2 + 505.7x_1, \quad (1)$$

$$y_2 = -27.3x_2^2 + 674.2x_2, \quad (2)$$

$$y_3 = -24.0x_3^2 + 616.1x_3. \quad (3)$$

Для знаходження значень концентрацій усіх добавок, при яких досягається оптимальне значення всіх показників, розглянуто функцію

$$f(x) = -12.0x_1^2 + 505.7x_1 - 27.3x_2^2 + 674.2x_2 - 24x_3^2 + 616.1x_3. \quad (4)$$

Визначено задачу квадратичного програмування.

$$f(x) = -12.0x_1^2 + 505.7x_1 - 27.3x_2^2 + 674.2x_2 - 24x_3^2 + 616.1x_3 \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$\begin{cases} x_1 \leq 15 \\ x_2 \leq 7 \\ x_3 \leq 20 \end{cases} \quad (6)$$

Для розв'язання задач записано функцію Лагранжа з локальними умовами Куна-Таккера. Для знаходження сідлової точки функції Лагранжа використано метод штучного базису при застосуванні симплекс-методу.

$$L(x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = -12.0x_1^2 + 505.7x_1 - 27.3x_2^2 + 674.2x_2 - 24x_3^2 + 616.1x_3 + \lambda_1(15 - x_1) + \lambda_2(7 - x_2) + \lambda_3(20 - x_3) \quad (7)$$

Локальні умови Куна-Таккера:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial L}{\partial x_1} = -24x_1 + 505.7 - \lambda_1 \leq 0 \\ \frac{\partial L}{\partial x_2} = -54.6x_2 + 674.2 - \lambda_2 \leq 0 \\ \frac{\partial L}{\partial x_3} = -48x_3 + 616.1 - \lambda_3 \leq 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = 15 - x_1 \geq 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = 7 - x_2 \geq 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda_3} = 20 - x_3 \geq 0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} 24x_1 + \lambda_1 \geq 505.7 \\ 54.6x_2 + \lambda_2 \geq 674.2 \\ 48x_3 + \lambda_3 \geq 616.1 \\ x_1 \leq 15 \\ x_2 \leq 7 \\ x_3 \leq 20 \end{array} \right. \quad (8)$$

Уведено додаткові невід'ємні змінні $v_1, v_2, v_3, \omega_1, \omega_2, \omega_3$; отримаємо:

$$\left\{ \begin{array}{l} 24x_1 + \lambda_1 - v_1 = 505.7 \\ 54.6x_2 + \lambda_2 - v_2 = 674.2 \\ 48x_3 + \lambda_3 - v_3 \geq 616.1 \\ x_1 + w_1 = 15 \\ x_2 + w_2 = 7 \\ x_3 + w_3 = 20 \end{array} \right. \quad (9)$$

У перше та друге рівняння системи введено додаткові невід'ємні змінні γ_1, γ_2 і розглянуто задачу лінійного програмування:

$$F = -My_1 - My_2 \rightarrow \max \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 24x_1 + \lambda_1 - v_1 + y_1 = 505.7 \\ 54.6x_2 + \lambda_2 - v_2 + y_2 = 674.2 \\ 48x_3 + \lambda_3 - v_3 + y_3 \geq 616.1 \\ x_1 + w_1 = 15 \\ x_2 + w_2 = 7 \\ x_3 + w_3 = 20 \end{array} \right. \quad (11)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, \lambda_1 \geq 0, \lambda_2 \geq 0, \lambda_3 \geq 0, v_1 \geq 0, v_2 \geq 0, \quad (12)$$

$$v_3 \geq 0, w_1 \geq 0, w_2 \geq 0, w_3 \geq 0, y_1 \geq 0, y_2 \geq 0, y_3 \geq 0$$

Задачу розв'язано симплекс-методом зі штучним базисом.
Оптимальним розв'язком задачі є: $x_1=15.0, x_2=7.0, x_3=12.84$.

Отже, оптимальними є: концентрація крохмалю Ні-Maize (% від маси фаршу) – 15, пшеничих висівок – 7, крупки з пророщеної гречки – 13.

Висновки. Таким чином, на основі математичного моделювання з урахуванням вимог до продуктів функціонального призначення визначено кількісний компонентний склад розробленої продукції для людей розумової праці.

Для розрахунку створено комп'ютерну програму «Anatoli©2012» з алгоритмічною мовою програмування Pascal, що може бути використана для подальшого проектування складу харчової продукції із заданими структурно-механічними властивостями.

Список літератури

1. Бериташвили И. С. Как повысить работоспособность / И. С. Бериташвили. – М. : Медицина, 1973 – 99 с.
2. Пересічний М. І. Концепція організації харчування студентів / М. І. Пересічний, П. О. Карпенко, С. М. Пересічна // Проблемы старения и долголетия. – 2011. – Вып. 20, № 2. – С. 177–188.
3. Смоляр В. І. Закони раціонального харчування в сучасній нутріціології / В. І. Смоляр // Проблеми харчування. – 2011. – № 2. – С. 5–13.
4. Тутельян В. А. Биологически активные добавки к пище: современные подходы к обеспечению качества и безопасности / В. А. Тутельян, Б. П. Суханов // Вопросы питания. – 2008. – № 4.
5. Наукові підходи та практичні аспекти оптимізації асортименту продуктів спеціального призначення / Г. Б. Рудавська [та ін.]. – К., 2002. – С. 152–263.
6. Гігієна харчування з основами нутріціології : навч. посібник / В. І. Ципріян [та ін.]. – К. : Здоров'я, 1999. – 568 с.
7. Eiichiro Ochiai. Mineral Nutrition Chemicals for Life and Living 2011. [Electronic resource] / Eiichiro Ochiai – Part 2. – P. 73–86. – Access mode : <<http://www.springerlink.com/content/mp52455t216777vp>>.
8. Заварькин В. М. Численные методы / В. М. Заварькин, В. Г. Житомирский, М. П. Лапчик. – М. : Просвещение, 1991. – 176 с.
9. Лавренчук В. П. Математика для економістів / В. П. Лавренчук, Т. І. Готинчан, В. С. Дронь. – К. : Кондор, 2007. – 596 с.

Отримано 30.10.2012. ХДУХТ, Харків.

© М.І. Пересічний, І.А. Магалецька, 2012.