

Математичне моделювання інгредієнтного складу рибного желатину

А. ІВАНЮТА, канд.техн.наук
Національний університет біоресурсів
та природокористування України



Анотація. Представлено результати математичного моделювання інгредієнтного складу желатину на основі вторинної рибної сировини з товстолобика. Визначено умови для моделі трьохфакторного експерименту. Обґрунтовано оптимальне співвідношення компонентів та час термічної обробки.

Ключові слова: математичне моделювання, вторинна рибна сировина, желатин, інгредієнтний склад.

Abstract. It's shown results of mathematical modeling ingredient composition of gelatin based on secondary raw fish of tolstolobik. Determined the conditions for a three-factor experiment model. Substantiated the optimal ratio of components and time of heat treatment.

Key words: mathematical modeling, secondary raw fish, gelatin, ingredient composition.

Проектування модельних композицій рибного желатину – один із важливих критеріїв раціоналізації інгредієнтного складу продукту. Відповідно нами було проведено ряд експериментальних досліджень з урахуванням впливу сировинних компонентів на якість, органолептичні та структурно-механічні показники.

Об'єкт дослідження – бульйони на основі голів, кісток та плавців з товстолобика.

Предмет дослідження – проектування модельних композицій рибного желатину з урахуванням методів математичного моделювання.

Найбільш ефективним для розроблення математичних моделей є використання методу регресійного аналізу, який дає змогу значно скоротити кількість досліджень, що встановлюють пряму залежність одних ознак від інших.

Основним поняттям регресійного аналізу є стохастичний зв'язок випадкових величин, який полягає в тому, що інформація про одну з випадкових величин впливає на параметри розподілу іншої величини, на відміну від функціональної залежності, яка передбачає чітку визначеність [2]. Функція регресії отримується на основі введеного виду моделі, плану експерименту, значень вихідної змінної у певних точках. Математичне моделювання виконувалось за допомогою програмного забезпечення (STAT-SENS) та MS Excel [1,3-4].

Розробка моделювання передбачала наступні етапи:

- визначення оптимального співвідношення вторинної рибної сировини та води;
- підбір оптимального часу термічної обробки.

На початковому етапі планування здійснювали пошук оптимальних параметрів із використанням трьохфакторного експерименту. Було визначено варіа-



Таблиця 1

Умови для моделі трьохфакторного експерименту

Показники	Можливі варіанти			
Час термічної обробки (X ₁), хв.	60	90	120	150
Вміст вторинної рибної сировини (X ₂), %	66,7	50	40	33,3
Вміст води (X ₃), %	33,3	50	60	66,7



тивні фактори – компоненти рецептури для структуроутворювачів на основі вторинної рибної сировини: час термічної обробки (X₁), вміст вторинної рибної сировини (X₂), вміст води (X₃) (табл.1).

Критерієм оцінки впливу різного співвідношення вторинної рибної сировини та води, часу термічної обробки на якість продукції було обрано комплексний показник якості (за органолептичними показниками), в'язкість, граничну напругу зсуву, масову частку сухих речовин. Програма дослідження була закладена в матрицю планування експерименту (табл. 2).

Відповідно до одержаного масиву експериментальних даних створено математичні описи показників (Y₁–Y₅):

1) математична модель за показником комплексного показника якості (y₁):

$$y_1 = + 56,691 - 0,22459x_1 - 0,56428x_2 - 0,56554x_3 + 0,0022758x_1x_2 + 0,0022989x_1x_3 + 1,8393 \cdot 10^{-5}x_2x_3;$$

2) математична модель за показником в'язкості (y₂):

$$y_2 = + 2339,1 - 13,295x_1 - 23,274x_2 - 23,487x_3 + 0,13295x_1x_2 + 0,13503x_1x_3 + 0,0015475x_2x_3;$$

3) математична модель за показником граничної напруги зсуву (y₃):

$$y_3 = + 8930,8 - 51,802x_1 - 88,14x_2 - 88,937x_3 + 0,5166x_1x_2 + 0,52338x_1x_3 + 0,0051535x_2x_3;$$

4) математична модель за показником масової частки сухих речовин (y₄):

$$y_4 = - 219,83 + 1,2512x_1 + 2,2172x_2 + 2,2181x_3 - 0,01233x_1x_2 - 0,012378x_1x_3 + 0,00011625x_2x_3.$$

Дослідження математичних описів проведено з метою визначення і встановлення закономірностей поведінки об'єкта в умовах, які не досліджували під час експерименту. За розробленими моделями з високою точністю можна розрахувати значення показників рибного желатину, з будь-яким співвідношенням вторинної рибної сировини і води та часом термічної обробки. Відповідні моделі дають змогу передбачити зміну відповідних показників у ситуаціях і за умов, які не знайшли відображення експериментально.

Таблиця 2

План досліді

Номер варіанта досліді	Умови для моделі експерименту		
	X ₁ (час термічної обробки, хв)	X ₂ (вміст вторинної рибної сировини, %)	X ₃ (вміст води, %)
1	60	66,7	33,3
2	120	50	50
3	90	66,7	33,3
4	60	40	60
5	150	33,3	66,7
6	120	66,7	33,3
7	60	50	50
8	150	40	60
9	90	50	50
10	120	33,3	66,7
11	90	40	60
12	60	33,3	66,7
13	150	50	50
14	90	33,3	66,7
15	120	40	60
16	150	66,7	33,3

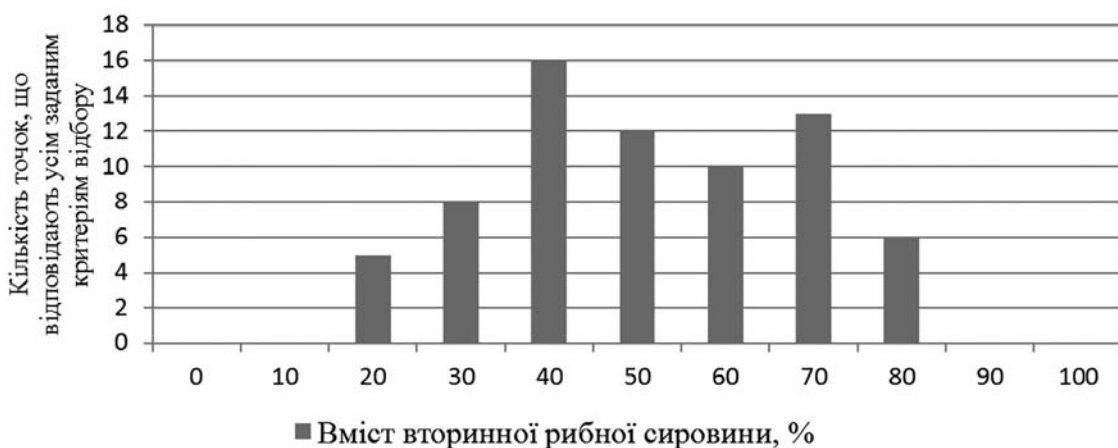


Рис. 1. Багатокритеріальна оптимізація вмісту вторинної рибної сировини

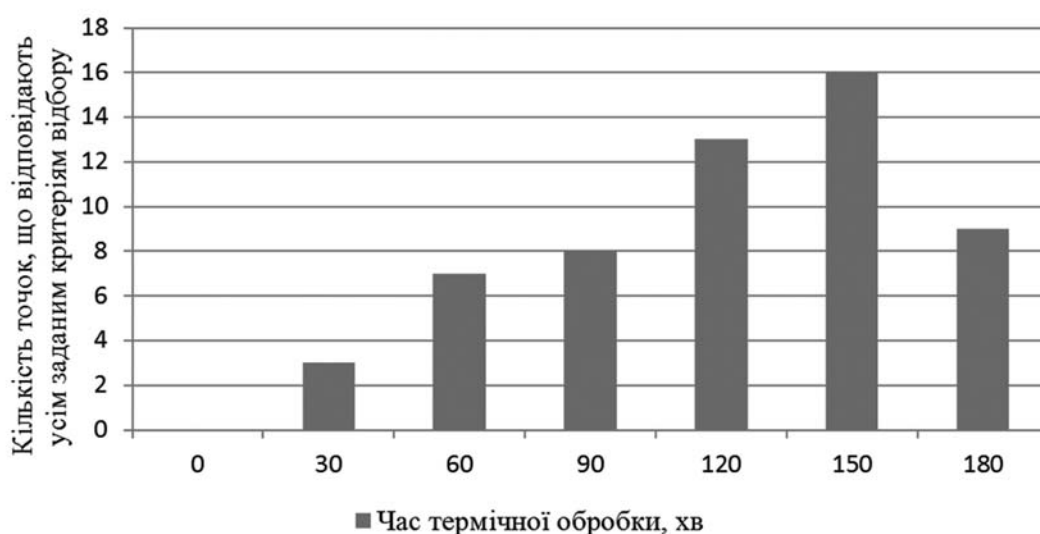


Рис. 2. Багатокритеріальна оптимізація оптимального часу термічної обробки

Визначення раціонального співвідношення вторинної рибної сировини та оптимального часу термічної обробки проводили методом багатокритеріальної оптимізації (рис 1; 2).

За результатами багатокритеріальної оптимізації встановлено оптимальне співвідношення вторинної рибної сировини – 40 %, води – 60 %.

Заданим умовам найчастіше відповідає час термічної обробки – 150 хв (9000 с).

Висновки

Отже, на основі експериментальних досліджень та із застосуванням методів математичного моделювання науково обґрунтовано інгредієнтний склад рибного желатину на основі вторинної рибної сировини з товстолобика.

Література

1. Грачев Ю.П., Плаксин Ю.М. Математические методы планирования эксперимента. – М.: ДеЛиПринт, 2005. – 34 с.
2. Корхін А.С. Розробка методів регресійного аналізу, що використовують апріорну інформацію у вигляді обмежень на параметри // Автореф. дис. докт. фіз.-мат. Наук. – К., 2006. – 32 с.
3. Статюха Г.О., Петрань А.Г. Розробка комп'ютерної системи підготовки та обробки даних у межах застосування експериментально-статистичної методології для хіміко-технологічних систем // Наукові Вісті НТУУ «КПІ». – 2000. – №1. – С. 100–106.
4. Статюха Г.О. Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку / КМХТ-2016: Збірник наукових статей П'ятої міжнар. наук.-практ. конф. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 311 с.