

47. ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ АНАЛІЗІ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

О.А. Коваль, к.т.н., доцент

В.С. Гуць, д.т.н., професор

Національний університет харчових технологій

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ АНАЛІЗІ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

О.А. Коваль, к.т.н., доцент, Національний університет харчових технологій

В.С. Гуць, д.т.н., професор

В технології харчових продуктів для прогнозування і визначення якості готових виробів з різноманітними добавками використовують різні за своєю складністю і функціональним призначенням математичні моделі.

Аналіз теорії оптимізації стану матеріальних систем, в конкретному випадку якості харчових продуктів, свідчить, що оптимальними математичними моделями слід вважати такі, в основу побудови яких покладено диференціальне рівняння, що описують її стан, коли відбуваються хімічні, біологічні, структурні зміни та різноманітні за своєю природою перетворення. Наприклад, зміна якості продукту відбуваються при оптимізації режимів перемішування, подрібнення, масажування, зміні рецептури та технологічних режимів.

Для аналізу якості харчових виробів при умові використання в рецептурі добавок рослинного походження, запропоновано використовувати математичну модель у вигляді диференціального рівняння

$$\frac{dy(t)}{dt} - ky(t)^n = 0, \quad (1)$$

де y – загальний (інтегральний) показник якості продукту (бальна оцінка); t – його білкова складова (відносна до ідеального продукту); n – органолептична характеристика (бальна оцінка); k – показник кількості і якості добавок рослинного походження в рецептурі продукту (оцінка на основі аналізу площ складових профіля якості).

В рівняння (1) входять основні показники стану продукту за характеристиками його якості. Рівняння (1) широко використовують при математичному моделюванні і аналізі механізмів перетворення (зміни стану) різноманітних хімічних, біологічних і інших сполук при виготовленні харчових продуктів з заданими властивостями.

Запропоновано використовувати рівняння (1) для пошуку оптимального стану продукту шляхом прогнозування показників його якості. Розроблено програму пошуку значень показників незалежних факторів і їх зв'язку з параметром оптимізації на базі методів символічної комп'ютерної математики. Використано сучасні комп'ютерні

методи розв'язання і аналізу диференціальних рівнянь, що значно розширюють можливості оптимізації процесів, які відбуваються в харчових технологіях.

Природно, що в рецептурах харчових продуктів показник кількості добавок рослинного походження в сировині буде більше нуля ($k > 0$ враховуючи наявність спецій), і органолептична (сенсорна) характеристика залежить від прийнятої бальної оцінки стану продукту.

Аналітичними дослідженнями встановлено, що у більшості випадків в харчових технологіях органолептичний показник стану продукту приймають в широкому діапазоні зміни $n = 5 \dots 100$. Білкова t складова якості буде залежати від прийнятої бази обчислення скоря білка за незамінними амінокислотами.

Виконаємо аналіз запропонованої математичної моделі. Розв'язок рівняння (1) у загальному виді буде:

$$y(t) = (kt - ktn + C_1)^{\frac{1}{1-n}} \quad (2)$$

Постійну інтегрування C_1 знайдемо прийнявши початкові умови, які відповідають аналізу стану показників якості продукту визначеним профільним методом при різній кількості добавок. Наприклад, для м'ясних ковбасних виробів з добавками рослинної сировини $t = 2,83 \Rightarrow y(t) = Y_0 \Rightarrow y(2,83) = Y_0$. Остаточо розв'язок рівняння (2) буде

$$y(t) = \{kt - ktn + 100^{\frac{n}{1-n}} \left[\frac{1}{Y_0} 100^{\frac{1}{n-1}} \right]^n Y_0 - 2,83k + 2,83kn\}^{\frac{1}{1-n}} \quad (3)$$

Слід мати на увазі, що для ідеального білоквмісного продукту, біологічна цінність якого визначена за оптимальним скором восьми незамінних амінокислот, маємо $t = 2,83$. Для неідеального білоквмісного продукту вона менше. Тому для аналізу стану запропонованої математичної моделі, беремо інтервал значень $t = 2,83 \dots 1,2$. Аналогічно, показник якості продуктів з різною за вмістом кількістю добавок рослинного походження, приймаємо $k = 0,5 \dots 15$.

Загальний показник якості продукту (харчової цінності), який припадає (приходиться) на одиницю білкової складової якості продукту за амінокислотним скором незамінних амінокислот, знайдемо виконавши диференціювання рівняння (4).

$$\frac{dy(t)}{dt} = k[kt - ktn + 100^{\frac{n}{1-n}} \cdot \left(\frac{1}{Y_0} 100^{\frac{1}{n-1}} \right)^n Y_0 - 2,83k + 2,83kn]^{\frac{n}{1-n}} \quad (4)$$

Коли за максимально можливу якість продукту приймемо умовну одиницю, тоді, враховуючи початкові умови $t = 2,83 = y(2,83) = 1$, розв'язок (4) рівняння (1) запишемо

$$y(t) = (kt - ktn + 100^{\frac{n}{1-n}} 10^{\frac{2n}{n-1}} - 2,83k + 2,83kn)^{\frac{1}{1-n}} \quad (5)$$

Відповідно після диференціювання рівняння (5) маємо

$$\frac{dy(t)}{dt} = k(kt - ktn + 100^{\frac{n}{1-n}} 10^{\frac{2n}{n-1}} - 2,83k + 2,83kn)^{\frac{n}{1-n}} \quad (6)$$

З аналізу даних профільного дослідження консистенції м'ясних виробів з рослинними добавками приймаємо, що для різних зразків сенсорна оцінка якості буде змінюватись в межах $n=59,40...50,21$.

Для ідеального білкового продукту біологічна цінність якого визначена за скором восьми незамінних амінокислот, показник білкової складової продукту буде дорівнювати $t = 2,83$. Для реального продукту, враховуючи що він не ідеальний за харчовою цінністю, бо має різні добавки, вибираємо інтервал значень $t = 2,83...1,2$. Також вважаємо, що показник кількості добавок рослинного походження в сировині буде змінюватись в інтервалі $k= 0,5...15$ (визначається за аналізом стану профілю якості продукту).

Запропонована математична модель дасть можливість визначити (зробити прогноз) щодо якості продуктів харчування (харчової цінності) при використанні різних добавок рослинного походження знаючи їх хімічний склад.

Використавши описану вище модель можна побудувати 3d графіки і візуально провести аналіз якості продукту.