

Список літератури

1. Belitz H.-D. Food chemistry / H.-D. Belitz, W. Grosch, P. Schiebele. – Berlin; Heidelberg : Springer, 2009. – 1070 p.
2. Damodaran S. Fennema's food chemistry / S. Damodaran, K. L. Parkin, O. R. Fennema. – Boca Raton; London; New York : CRC Press, 2009. – 1144 p.
3. Nielsen S. S. Food analysis / S. S. Nielsen. – New York; Dordrecht; Heidelberg; London : Springer, 2010. – 602 p.
4. Нечаев А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. – М. : Колос, 2001. – 256 с.
5. Родина Т. Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров / Т. Г. Родина. – М. : Академия, 2004. – 208 с.
6. Булдаков А. С. Пищевые добавки. / А. С. Булдаков. – М. : ДеЛипринт, 2003. – 436 с.
7. Сарафанова Л. А. Применение пищевых добавок. Технические рекомендации / Л. А. Сарафанова. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 200 с.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© Г.О. Пестіна, 2012.

УДК 664.8.022.7:635.63

Г.А. Селютіна, канд. техн. наук, доц.

О.Г. Дьяков, канд. техн. наук, доц.

В.І. Білуос, асп.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ОГІРКІВ

Проведено дослідження технологічного процесу обробки огірків із метою забезпечення заданих значень показників якості продукції. Визначення технологічних параметрів здійснено шляхом використання теорії планування експерименту та методів багатокритеріальної оптимізації.

Проведены исследования технологического процесса обработки огурцов для получения заданных значений показателей качества продукции. Определение технологических параметров осуществлено путем использования теории планирования эксперимента и методов многокритериальной оптимизации.

The researches of technological process of treatment the cucumbers in order to receive the set values of the indexes of quality of products are conducted. Determination of the technological parameters was carried out by the use of theory of planning of experiment and methods of multicriterion optimization.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Знаходження раціональних технологічних режимів попередньої обробки огірків із метою досягнення необхідного значення вмісту сухих речовин у різних анатомічних частинах є складним технологічним завданням. Ви- рішення цієї проблеми може бути досягнуто шляхом використання методів математичного моделювання, для якого недоцільно використовувати основні фізико-хімічні закони, оскільки немає можливості отримати достовірну інформацію щодо окремих параметрів сировини та її співвідношень [1]. Тому, беручи до уваги складність взаємозв'язків між вхідними та вихідними змінними технологічного процесу, математичну модель доцільно будувати на основі регресійних співвідношень [2]. Використання таких моделей дає можливість знайти взаємозв'язки між змінними процесу, які в середньому правильно відтворюють його протікання, незважаючи на можливі відхилення вхідних змінних. Крім того, за рахунок використання сучасної теорії планування експерименту, який полягає в проведенні цілеспрямованих дослідів, можна зменшити їх кількість та скоротити загальний час проведення досліджень [3–5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зусилля дослідників спрямовані не тільки на створення сучасних технологій переробки сировини, а й на забезпечення оптимального рівня якості продукту протягом терміну його зберігання. Дослідження, проведені багатьма вченими, показали доцільність використання методів математичного моделювання та багатокритеріальної оптимізації для визначення параметрів різних технологічних процесів. Однією з таких технологій і є технологія охолодження огірків, які як продукт переробки характеризуються певними показниками якості [6]. Найважливіші з них визначають напрям цього дослідження. Тому встановлення раціональних параметрів технологічного процесу обробки огірків є актуальним завданням.

Мета та завдання статті. Метою даної роботи є вивчення технологічного процесу охолодження огірків і визначення його раціональних параметрів на основі знайденої математичної моделі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальне вирішення проблеми, що розглядається в статті, складається з трьох етапів. На першому етапі знаходять об'єктивні залежності між параметрами технологічного процесу та показниками якості продукту й уточнюють коефіцієнти моделі. На другому етапі за допомогою методів багатокритеріальної оптимізації знаходять параметри процесу, які забезпечують максимальне наближення до бажаних значень показників якості майбутнього продукту. На третьому етапі остаточно перевіряють знайдені параметри на відповідність установленим

показникам якості та за потреби їх коректують. У більшості випадків це необхідно для уточнення органолептичних показників, адже вони під час побудови математичної моделі визначаються суб'єктивно, тому можливі деякі відхилення порівняно з вимогами, що були встановлені на початку проведення досліджень.

Аналіз технологічного процесу обробки огірків дозволив установити, що він характеризується трьома вхідними та чотирма вихідними змінними, сукупність яких і визначає остаточну якість готового продукту. Вхідними змінними є масова частка солі кухонної (x_1), термін охолодження (x_2) та температура охолодження (x_3). Показниками, що визначають якість готового продукту, обрано вміст сухих речовин в епідермі (y_1), провідних пучках (y_2), паренхімі (y_3) та плаценті (y_4).

Оскільки більша частина сучасного холодильного обладнання має можливість підтримувати температуру -18°C , температуру охолодження було вилучено з майбутньої моделі.

Для опису залежностей між вихідними змінними та вхідними параметрами було обрано квадратичну модель виду:

$$M_i(x_1, x_2) = a_{1,i} + a_{2,i}x_1 + a_{3,i}x_2 + a_{4,i}x_1^2 + a_{5,i}x_2^2 + a_{6,i}x_1x_2, \quad (1)$$

де $a_{i,j}$ – коефіцієнти математичної моделі; $i = 1..4$ – відношення до конкретних показників якості сировини, що обробляється. Використання моделі (1) дає можливість знайти найкращі сполучення параметрів технологічного процесу залежно від показників якості продукту.

Відповідно до загальної теорії проведення експериментальних досліджень, для визначення коефіцієнтів моделі було побудовано таблицю, що складається з 9 дослідів і відповідає D – оптимальному плану [4]. У цій таблиці відтворено всі можливі варіанти сполучення між вхідними змінними та межі їх змін. Виходячи з результатів попереднього дослідження технологічного процесу, було встановлено наступні межі зміни вхідних величин: $2 \leq x_1 \leq 4, 40 \leq x_2 \leq 60$.

Таблиця – План експерименту

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x_1	4	3	2	2	3	3	4	2	4
x_2	40	40	40	50	70	50	70	70	40

Далі створюється матриця експерименту F , яка враховує обраний вид математичної моделі. У кожній точці експерименту проводилось не менше двох вимірювань із метою зменшення впливу похибок. Для подальшого обчислення коефіцієнтів моделі брали середнє значення проведених вимірювань. На основі проведених досліджень побудовано матрицю даних експерименту Y .

Визначення коефіцієнтів моделі проводилося за формулою:

$$a = (F^T F)^{-1} F^T Y. \quad (2)$$

Таким чином, для даного технологічного процесу отримано чотири моделі виду (1) для кожного показника якості готового продукту. На рисунку наведено результати моделювання залежності зміни вмісту сухих речовин в епідермі (Y_1) та провідних пучках (Y_2) від масової частки солі кухонної та часу витримки.

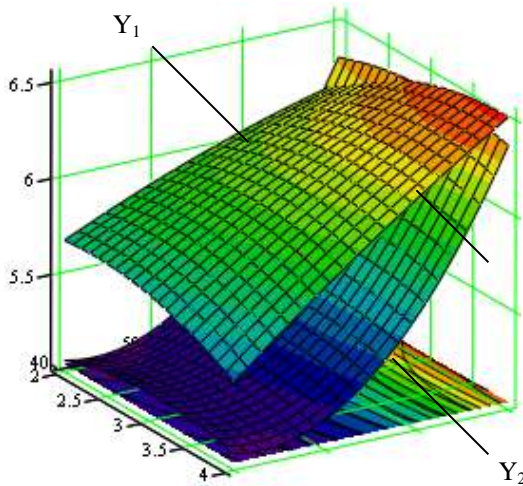


Рисунок – Зміна вмісту сухих речовин в епідермі (Y_1) та провідних пучках (Y_2) від масової частки солі кухонної та часу витримки

Із рисунку видно, що максимальне значення сухих речовин досягається під час наближення вхідних параметрів до їх максимальних значень, що відповідає фізичній суті технологічного процесу.

Перевірка за статистичними критеріями на адекватність показала, що моделі правильно відтворюють показники технологічного процесу та можуть бути використані для проведення

подальших досліджень. Таким чином, кожний показник якості готового продукту може бути описаний відповідними співвідношеннями, де вхідні параметри процесу використовуються як змінні.

На основі отриманої моделі (1) визначено вхідні параметри процесу, за яких можливе досягнення максимального значення сухих речовин, що і є метою проведення досліджень. Критерієм знаходження сукупності вхідних змінних x_i буде таке рівняння:

$$x_i = \max_{x_i \in x_d} u_i, \quad (3)$$

де u_i – значення i -ї вихідної величини,

x_d – дозволений діапазон зміни вхідних величин.

Для наступного дослідження було використано програму Maximize пакету MathCAD [7]. Проведені розрахунки дозволили встановити, що немає такої сукупності вхідних даних, де можливе одночасне досягнення максимального значення всіх вихідних величин. Отримано наступні дані: найбільше значення сухих речовин для кожного показника якості має місце за максимальної тривалості обробки та наступних значень масової частки солі кухонної 3,2; 3,3; 3,76 та 3,9. Це означає, що треба знайти такі значення вхідних величин, які забезпечать деякий компроміс у величинах сухих речовин для кожного вихідного показника. Вирішення цієї задачі ґрунтується на використанні методів багатокритеріальної оптимізації [2; 7], що дозволяють знайти наближені значення параметрів технологічного процесу обробки огірків, які можуть забезпечити максимальне за деяким критерієм якості наближення до тих значень, що відповідають певним заданим показникам якості продукту.

У більшості випадків використовують критерій найменших квадратів, який забезпечує найкраще наближення до заданих величин. Тому за критерій наближення до показників якості продукту обрано наступний:

$$q = k_i (u_i - u_{i3})^2, \quad (4)$$

де u_i – показник якості, значення якого визначається за результатами обчислення математичної моделі;

u_{i3} – заданий показник якості відповідного параметра;

k_i – коефіцієнти вагомості, які дозволяють виділяти окремі показники серед загальної їх кількості та повинні відповідати умові

$$\sum_i k_i = 1.$$

Обраний критерій (4) має широке використання, тому що він дає можливість наблизитись до заданого значення без урахування можливих великих відхилень від певних значень на малому інтервалі коливань значень параметрів технологічного режиму.

Проведений аналіз результатів математичного моделювання показав, що найкращі значення критеріїв якості не відповідають єдиному сполученню вхідних параметрів технологічного процесу. Тому необхідно «згорнути» їх в один комплексний критерій, за результатами розрахунків якого можна знайти такі сполучення вхідних параметрів процесу, що дозволять максимально наблизитись до заданих значень.

Загальна постановка задачі до даного технологічного процесу має наступне формулювання: необхідно одночасно мінімізувати чотири критерії показників якості готової продукції:

$$q_i(X) \rightarrow \min_{X \in \Omega}, i=1, \dots, 4, \quad (5)$$

де $q(X)$ – загальний критерій якості, Ω – множина дозволених рішень щодо використання критеріїв.

Під множиною дозволених рішень (Ω) розуміють усі можливі сполучення вхідних показників технологічного процесу, які можуть бути реалізовані. Вибір загального критерію якості продукту зумовлений значеннями вихідних показників якості процесу після проведення експерименту. Аналіз отриманих даних показав, що всі вихідні показники мають приблизно один порядок, і тому немає потреби приводити їх до відносних значень одного порядку. За критерій наближення, що дозволяє «згорнути» всі чотири критерії до одного, було обрано критерій, який відповідає вимогам методу найменших квадратів і має наступний аналітичний вираз:

$$Q(X) = \sum_{i=1}^4 q_i(X) - W_i \cdot k_i, \quad (6)$$

де $q_i(X)$ – значення i -го показника, що обчислюється за математичною моделлю;

W_i – необхідне значення показника якості продукту відповідно до вимог до даного технологічного процесу.

Вагові коефіцієнти k_i дозволяють більш точно наблизити відповідні показники якості процесу до наперед заданих значень. Вони також дають можливість урахувати окремі вимоги до показників якості готового продукту, які можуть оперативнo змінюватися.

Остаточно формула, за якою будуть визначатися параметри технологічного процесу, має вигляд:

$$c = \text{Min}(Q, X), \quad (7)$$

де c – значення вектора параметрів технологічного процесу, який забезпечує виконання (7); X – вектор вхідних змінних процесу.

За заданими якісними показниками $y_1 = 6,5$; $y_2 = 5,5$; $y_3 = 5,0$; $y_4 = 4,5$ шляхом моделювання знайдено наближені значення параметрів технологічного процесу. Вони дорівнюють наступним величинам: концентрація солі кухонної – 2,94%; тривалість технологічного процесу – 58 хв. Значення параметрів процесу було перевірено під час проведення додаткових експериментів, які дали можливість уточнити параметри процесу охолодження огірків з урахуванням коливання технологічних та органолептичних показників. Остаточо було обрано наступні значення: масова частка солі кухонної – 3,0%, тривалість обробки – 60 хв; температура обробки -18°C .

Висновки. Проведені дослідження показали можливість використання методів математичного моделювання та багатокритеріальної оптимізації для визначення параметрів технологічного процесу. Шляхом математичного моделювання знайдено найбільш вірогідне значення потрібних вихідних параметрів процесу та умов його здобуття. Проведені дослідження показали, що точність визначення параметрів процесу охолодження та їх значення значним чином зумовлені значеннями та стабільністю технологічних показників якості сировини. Тому, якщо вони будуть суттєво відрізнятися від значень, що використовувалися під час розробки та досліджень математичних моделей, доцільно провести додаткові дослідження, що мають за мету уточнення коефіцієнтів математичних моделей для кожного показника якості. Це дасть змогу шляхом математичного моделювання без проведення фізичних експериментів унести необхідні корективи та визначити змінені значення вхідних параметрів технологічного процесу. Такий підхід доцільно використовувати й тоді, коли змінюються й показники якості технологічного процесу.

Список літератури

1. Методы исследований и организация экспериментов / под ред. проф. К. П. Власова. – Х. : Гуманитарный центр, 2002. – 256 с.
2. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М. : Вильямс, 2007. – 912 с.
3. Теорія планування експерименту / В.П. Нечаєв [та ін.]. – К. : Кондор, 2005. – 232 с.
4. Пінчук С. І. Організація активного експерименту / С. І. Пінчук, І. Г. Рослик. – Дніпропетровськ : Системні технології, 2004. – 160 с.

5. Планирование эксперимента / под ред. проф. А. А. Янцевича. – Х. : НУА, 2004. – 208 с.

6. Болотських А. С. Огірки / А. С. Болотських. – Харків : Фоліо, 2002. – 287 с.

7. Льяконов В. П. Mathcad 11/12/13 в математике : справочник / В. П. Льяконов. – М. : Горячая линия : Телеком, 2007. – 928 с.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© Г.А. Селютіна, О.Г. Дьяков, В.І. Білоус, 2012.

УДК 664. 663. 252 (075)

І.В. Гайдай, викл. (Уманський національний університет садівництва, Умань)

ДОСЛІДЖЕННЯ ФЕНОЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ПЛОДІВ ДЕРЕНУ ТА РОЗРОБКА Й ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЙОГО ПЕРЕРОБКИ

Показано, що сік із плодів дерену відноситься до антиокислювачів завдяки наявності в ньому концентрації вільних фенольних речовин. Установлено, що термічна обробка дерену з водою при співвідношенні 1:1 протягом 48 годин сприяє переходу антоціанів у екстракт порівняно із свіжовідпресованим соком, що підвищує їх концентрацію у 25 разів.

Показано, что сок из плодов кизила относится к антиокислителям благодаря содержанию в нём концентрации свободных фенольных соединений. Установлено, что термическая обработка кизила с водой при соотношении 1:1 на протяжении 48 часов способствует переходу антоцианов в экстракт в сравнении со свежотпрессованным соком, что повышает их концентрацию в 25 раз.

It has been shown that cornel fruit juice referred to antioxidants thanks to high concentration of free polyphenolis. It has been found thermal processing of a cornel in water in the ratio of 1:1 during 48 hour ensures converting of antocyanogen into extract incomparision with fresh juice that raises their concentration in 25 times.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Поліпшення екологічного стану та структури харчування в країні визначають і актуальність проблеми пошуку й поглибленого вивчення натуральних інгредієнтів рослинної сировини, багатой біологічно активними речовинами (БАР), які підвищують неспецифічну резистентність