

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ СТЕРИЛІЗАЦІЇ М'ЯСНИХ ПАШТЕТІВ

Приліпко Т.М., акад. МААО д.с.г.н., проф.

Куций В.М., інж.-мех.,

Подільський державний аграрно-технічний університет

м. Кам'янець-Подільський, Україна

Анотація. За результатами проведених експериментальних досліджень та випробувань розробленого обладнання та технології для стерилізації м'ясних паштетів на основі побудованих поверхонь відгуку якісних показників означеного процесу визначено його оптимальні технологічні параметри. Встановлено істинні значення факторів матриці рототабельного центрально-композиційного планування багатofакторного експерименту на основі здійснення пошукових експериментів.

Ключові слова: м'ясоконсервна галузь, паштет, стерилізація, тиск, автоклав, параметри, фактор, регресія, сировина.

Важливим завданням м'ясоконсервної галузі [1, 7] є збільшення випуску і поліпшення якості продукції шляхом оптимізації технологічних процесів, виявлення і використання прихованих в них резервів, економії сировинних, енергетичних ресурсів. Виробництво комбінованих продуктів, до яких можна віднести і консервовані паштети, можна розглядати як частину штучно створеної людиною технологічної сфери.

Спосіб консервування стерилізацією у харчовій промисловості та громадському харчуванні є основним і найбільш надійним серед всіх методів збереження харчових продуктів. При цьому ставиться завдання, що стерилізація не повинна проводити до зміни білкових і екстрактивних речовин, вітамінів органолептичних властивостей, зниження харчової та біологічної цінності продукту. Залежно від фізичних властивостей продуктів, які стерилізуються, та мети стерилізації, застосовують різні методи стерилізації: гарячий (волога, дробова, суха стерилізація) і холодний (механічна стерилізація, іонізація,

стерилізація ультразвуком та ультрафіолетовим випромінюванням). Основним з них є теплова стерилізація за рахунок нагрівання продукту до високих температур (100°C та вище) [4].

Наукове обґрунтування оптимальних режимів стерилізації паштетів повинно зводитися не тільки до вивчення можливості зниження стерилізуючого ефекту при отриманні промислових стерильних продуктів, але і встановлення залежностей об'єктивних критеріїв якісних показників та харчової цінності. Особлива увага повинна бути приділена вивченню структурних змін білків і ліпідів у консервованих паштетах залежно від складу і режимів теплової обробки [5].

Особливе значення приділяється питанню термінів придатності нових видів консервованих м'ясопродуктів. У зв'язку з чим необхідно провести дослідження якості розроблених паштетів у процесі зберігання при агравірованій та контрольній температурах за об'єктивними критеріями, що характеризують процес абіогенних детеріоративних процесів в консервах [146, 193].

Матеріал і методика досліджень. Згідно наукової тематики кафедри технології переробки продукції тваринництва біотехнологічного факультету Подільського державного аграрно – технічного університету в умовах ТОВ «Кам'янець – Подільський м'ясокомбінат» Хмельницької області проводилися дослідження з оптимізації процесу стерилізації та режимних і конструктивних параметрів вертикального автоклава періодичної дії для отримання консервованого м'ясного паштету, що відповідає сучасним вимогам ринку та принципам здорового харчування.

Основна частина. Ґрунтуючись на результатах попередніх експериментальних даних досліджуваних процесу стерилізації м'ясних паштетів за використання розробленої технології, здійснено статистичний аналіз якісних параметрів вихідної продукції. Якісними параметрами оптимізації досліджуваних процесів визначено: величина колоніє утворюючих одиниць – КУО / 1 гр×10⁴; вміст амінокислот – А_к, (г/100г); вміст жирних кислот – ЖКС, %; кислотність оброблюваної продукції – рН, кислотне число – КЧ, мгКОН/г; перекисне число – ПЧ, моль/г; вміст вітамінів – В₂, мг.

КУО, A_k , ЖКС, рН, КЧ, ПЧ, $B_2 = f(P, T, t_{нг}, t_{ох}, t_{cmp})$,

де P – робочий тиск в камері автоклава, атм; T – температура нагріву, С; $t_{нг}$ – час нагріву, с; $t_{ох}$ – час охолодження, с; t_{cmp} – час стерилізації, с.

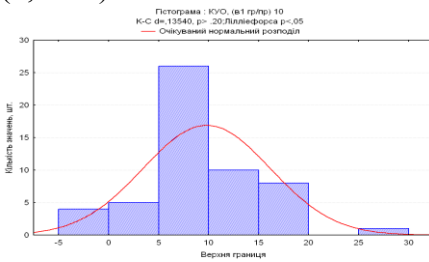
Дослідження впливу перерахованих вище факторів на технологічні параметри досліджуваного процесу під час здійснення однофакторних експериментів пов'язане зі значними труднощами та об'ємами робіт. Тому доцільно здійснити статистичний аналіз для отримання функціональної залежності у вигляді множинної регресії другого порядку за допомогою рототабельного центрально-композиційного планування (РЦКП) багатфакторного експерименту [2].

Метод РЦКП дає змогу більш точно отримати математичний опис розподілу даних за рахунок збільшення кількості експериментів у центральних точках матриці плану і спеціального вибору величини “зіркового значення” α .

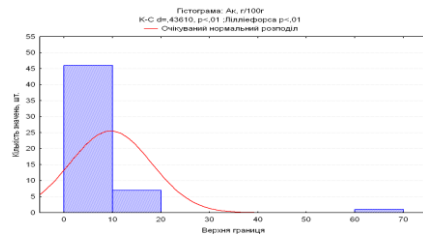
Кількість факторів (РЦКП) становить:

$$k = k_{я} + 2n + k_0,$$

де $k_{я}$ – кількість факторів у ядрі плану; n – кількість факторів; $2n$ – кількість досліджень у зіркових точках; k_0 – кількість факторів у центрі плану з координатами $(0,0\dots0)$.



а)



б)

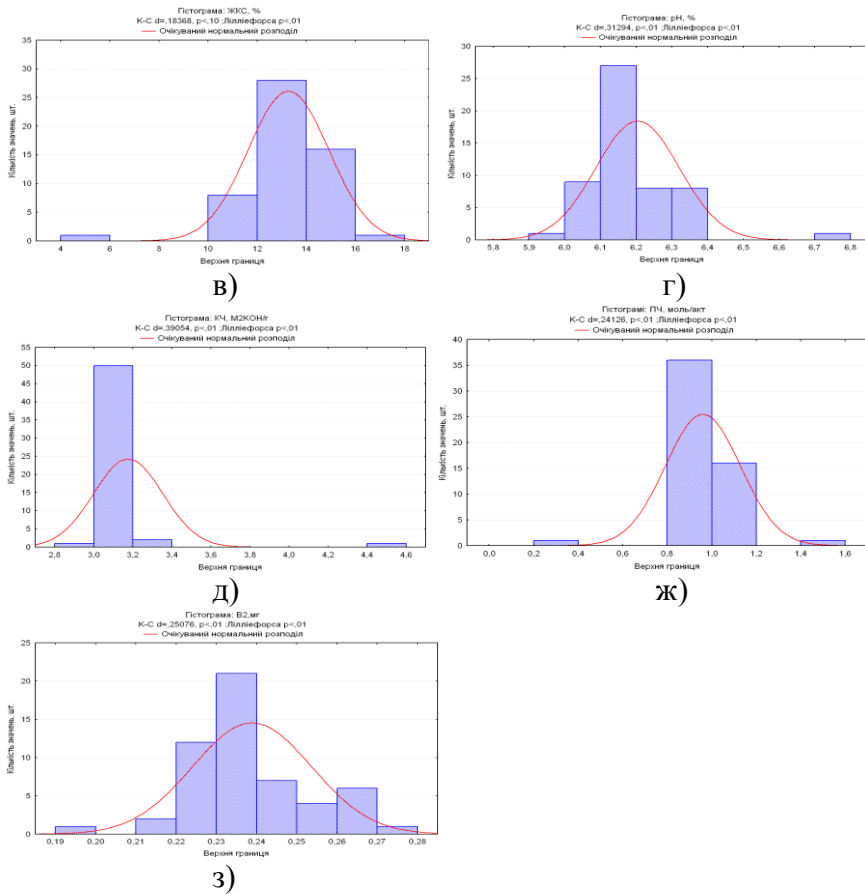


Рисунок 1 - Гістограма розподілу отриманих даних якісних параметрів досліджуваного процесу: а) колоніє утворюючих одиниць КУО; вміст амінокислот A_K ; б) вміст жирних кислот ЖКС; в) кислотність оброблюваної продукції рН; г) кислотне число КЧ; д) перекисне число ПЧ; ж) вміст вітамінів B_2

Рототабельність композиційного плану набувається за умови, що зіркове значення α вибирається з інтервала $\alpha^{\frac{(n-1)}{4}}$ при $n \geq 5$, тобто для п'ятифакторного експерименту $\alpha = 2$.

Аналіз статистичних характеристик отриманих даних показав, що коефіцієнти їх асиметрії прямують до нуля, тобто розподіл експериментальних даних є симетричним та апроксимується за нормальним законом.

За негативного значення асиметрії несиметричність вибірки за зміщенням центру розподіляється праворуч, у про-

тилежному разі – навпаки. Негативний коефіцієнт ексцесу свідчить про закругленість піка досліджуваного розподілу, додатний – про загостреність вершин. Також було проведено статистичний аналіз параметрів якості вихідної сировини та встановлено інтервали групування вихідних зразків отриманої продукції за якісними характеристиками досліджуваного процесу.

Вибір діапазонів варіювання факторів функції проводився таким чином, щоб будь-яка їх сукупність, передбачена планом експерименту, могла бути реалізована в даних інтервалах і не призводила до протиріч.

Для цього було здійснено пошукові експерименти для визначення областей, у яких необхідні сполучення рівнів факторів були б стійко реалізовані. Усі фактори, які входять до функції, є величинами, що мають різну розмірність, а значення цих величин факторів мають різні порядки. Тому, для отримання поверхні відгуку цих функцій було здійснено операцію кодування факторів, що являє собою лінійне перетворення факторного простору [30].

Встановлено такі значення рівнів факторів в умовному масштабі: мінімальний -1 , середній 0 , максимальний $+1$ та зіркові значення $-\alpha$; $+\alpha$. Істинні значення факторів матриці РЦКП встановлені на основі здійснення пошукових експериментів і наведені в табл. 1.

Заплановано отримати рівняння множинної регресії 2-го порядку:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_i^2 + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_i x_j,$$

де y – одна з якісних функцій КУО, A_k , ЖКС, рН, КЧ, ПЧ, B_2 ; b_0 , b_i , b_{ij} – коефіцієнти регресії, отримані методом найменших квадратів.

Таблиця 1 - Рівні факторів та інтервали варіювання параметрів оптимізації

| Фактори | Рівні факторів | | | | | Інтервал варіювання |
|--|----------------|-----|-----|-----|-----------|---------------------|
| | $-\alpha$ | -1 | 0 | +1 | $+\alpha$ | |
| Процес подрібнення | | | | | | |
| x_1 – робочий тиск, P, атм. | 0 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 0,5 |
| x_2 – температура, T, C | 101 | 105 | 110 | 115 | 120 | 5 |
| x_3 – час нагріву, $t_{\text{нр}}$ | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 5 |
| x_4 – час охолодження, $t_{\text{ох}}$ | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 5 |
| x_5 – час стерилізації, $t_{\text{стр}}$ | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 5 |

Для оцінки адекватності отриманих регресійних рівнянь використаємо аналітичні та графічні методи аналізу. Гіпотезу про відтворюваність дослідів перевіряємо за допомогою критерію Кохрена, який показує, що на 95% рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні, тому що розрахункове значення критерію менше за табличне. Після обробки експериментальних даних у статистичному середовищі STATISTICA 6.0 було отримано коефіцієнти комплексних рівнянь множинної регресії 2-го порядку та побудовано функціональні залежності для досліджуваних параметрів від робочого тиску в камері автоклава, температури та часу нагріву, часу охолодження та часу стерилізації:

– кількість умовних мікроорганізмів

$$\begin{aligned} \text{КУО} = & 823,76 - 6,2P - 15,1T + 0,99t_{\text{нр}} - 2,3t_{\text{ох}} + 5,4t_{\text{стр}} + 2P^2 + \\ & + 0,07T^2 + 0,03t_{\text{нр}}^2 + 0,02t_{\text{ох}}^2 + 0,04t_{\text{стр}}^2 - 0,01PT - 0,01Pt_{\text{нр}} - 0,01Pt_{\text{ох}} - \\ & - 0,01Pt_{\text{стр}} - 0,01Tt_{\text{нр}} - 0,01Tt_{\text{ох}} - 0,07Tt_{\text{стр}} - 0,04t_{\text{нр}}t_{\text{стр}} - 0,01t_{\text{ох}}t_{\text{стр}} \end{aligned}$$

– вміст амінокислот:

$$\begin{aligned} A_{\text{к}} = & 836 - 117,6P + T - 11,8t_{\text{нр}} + 13t_{\text{ох}} - 11,24t_{\text{стр}} + 2P^2 + 0,03T^2 + \\ & + 0,02t_{\text{нр}}^2 + 0,02t_{\text{ох}}^2 + 0,02t_{\text{стр}}^2 + 0,75PT + 0,75Pt_{\text{нр}} - 0,75Pt_{\text{ох}} + 0,75Pt_{\text{стр}} + \\ & + 0,076Tt_{\text{нр}} - 0,074Tt_{\text{ох}} + 0,075Tt_{\text{стр}} - 0,075t_{\text{нр}}t_{\text{ох}} + 0,074t_{\text{нр}}t_{\text{стр}} - 0,074t_{\text{ох}}t_{\text{стр}} \end{aligned}$$

– вміст жирних кислот:

$$\text{ЖКС} = -103 - 3,5P + 2,9T - 0,44t_{\text{нз}} - 0,9t_{\text{ох}} - 0,5t_{\text{cmp}} + 0,87P^2 - \\ - 0,015T^2 + 0,01t_{\text{нз}}^2 + 0,01t_{\text{ох}}^2 + 0,01t_{\text{cmp}}^2$$

– кислотність оброблюваної продукції:

$$\text{pH} = 39,93 - 0,06P - 0,54T - 0,01t_{\text{нз}} + 0,01t_{\text{ох}} - 0,13t_{\text{cmp}} + 0,02P^2$$

– кислотне число:

$$\text{КЧ} = 53,3 + 0,46P - 0,97T + 0,06t_{\text{нз}} + 0,07t_{\text{ох}} + 0,13t_{\text{cmp}} - 0,12P^2$$

– перекисне число:

$$\text{ПЧ} = 24,66 - 0,42P - 0,33T - 0,04t_{\text{нз}} - 0,05t_{\text{ох}} - 0,12t_{\text{cmp}} + 0,1P^2$$

– вміст вітамінів:

$$B_2 = 1,33 - 0,017P - 0,0168T + 0,004P^2 + 0,001T^2 + 0,001t_{\text{ох}}^2 + \\ + 0,001t_{\text{cmp}}^2 + 0,001Tt_{\text{cmp}}$$

Таблиця 2 - Оптимальні технологічні параметри досліджуваного процесу дезінтегрування

| Технологічний параметр | Раціональне значення |
|------------------------------------|----------------------|
| Робочий тиск, P, атм. | 2...2,1 |
| Температура, T, С | 115...118 |
| Час нагріву, $t_{\text{нг}}$ | 24...26 |
| Час охолодження, $t_{\text{ох}}$ | 24...26 |
| Час стерилізації, $t_{\text{стр}}$ | 39...41 |

За результатами проведених експериментальних досліджень та випробувань розробленого обладнання та технології для стерилізації м'ясних паштетів на основі побудованих поверхонь відгуку якісних показників означеного процесу визначено його оптимальні технологічні параметри. Після лінеаризації отриманих рівнянь компромісне значення шуканих оптимумів отримано методом Крамера в математичному середовищі “Mathcad 15”.

Визначено, що за цих параметрів якісні характеристики вихідного продукту (м'ясного паштету) набувають своїх значень: кількість колоніє утворюючих одиниць 10×10^4 в 1 гр/пр; вміст амінокислот 8 г/100г; вміст жирних кислот 12,9 %; кислотність оброблюваної продукції 6,16 %; кислотне число 3,15 мг КОН/г; перекисне число 0,87 моль/акт; вміст вітамінів 0,235 мг.

Висновок. Встановлено істинні значення факторів матриці рототабельного центрально-композиційного планування багатофакторного експерименту на основі здійснення пошукових експериментів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аграрний сектор економіки України (стан і перспективи розвитку) за редакцією М.В. Зубця, П.Т. Саблука, В.Я. Мельсель-Веселяка, М.М. Федорова. - К.: ННЦІАЕ, 2011. - 1008 с.

2. Алексеев Г.В. Компьютерные технологии проектирования и эксплуатации технологического оборудования / Г.В. Алексеев. - СПб. : ГИОРД, 2006. – 296 с.

3. Афанасов Э.Э. Аналитические методы описания технологических процессов мясной промышленности / Э.Э. Афанасов, Н.С. Николаев, И.А. Рогов. - М.: Мир, 2003. - 184 с. - ISBN: 5-03-00-35-95-8

4. Безгубов М.А. Разработка системы моделирования и оптимизации термических процессов для объектов с переменным состоянием среды : Автореферат дисс... кандидата технических наук : 05.18.12 / М. А. Безгубов. - М., 2005. - 25 с.

5. Зубов Н.Н. Моделирование и оптимизация технологических процессов: Учебное пособие / Н.Н. Зубов, В.А. Титов. - СПб. : Изд-во СПбГУСЭ, 2009. - 183 с. - ISBN/ISSN:978-5-228-00267-8

6. Лисицын А.Б. Современные аспекты теплового консервирования мясопродуктов / А.Б. Лисицын, Л.Б. Сметанина, Ю.Г. Костенко // под общ. ред. акад. РАСХН Лисицына А.Б. - М.: ВНИИМП, 2007. - 576 с.

7. Мамчур Л.В. Оцінка сучасного виробництва м'яса в Україні / Л. В. Мамчур // Економіка АПК. – 2008. – № 12. – С.55 - 58.

BIBLIOGRAPHY

1. Agrarian sector of economy of Ukraine (state and perspectives of the development) za red. M.V. Zubtsya, P.T. Sabluka, V.Ya. Mesel' - Veseliaka, M.M. Fedorova. - K.: NNTsIAE, 2011. - 1008 s.
2. Alekseev G.V. Computer technologies of designing and maintenance of production equipment / G.V.Alekseev. - SPb. : GIOR, 2006. – 296 s.
3. Afanasov E.E. Analytical methods of meat industry production process description/ E.E.Afanasov, N.S.Nikolaev, I.A.Rogov. - M.: Mir, 2003. - 184 s. - ISBN: 5-03-00-35-95-8
4. Bezgubov M.A. System development of modelling and optimization of thermal processes for objects with variable environment state: Avtoreferat dis. kand. tehn. nauk: 05.18.12 / M. A. Bezgubov. - M., 2005. - 25 s.
5. Zubov N.N. Model operation and optimization of production processes: uchebnoe posobie / N.N.Zubov, V.A. Titov. - SPb: SPbGUSE, 2009. - 183 s. - ISBN/ISSN:978-5-228-00267-8
6. Lisitsyn A.B. Modern aspects of meat food heat canning/ A.B. Lisitsyn, L.B.Smetanina, Yu.G. Kostenko; pod obshch.red.akad. RASHN A.B. Lisitsyna.-M.: VNIIMP, 2007. - 576 s.
7. Mamchur L.V. Estimation of modern meat production in Ukraine / L.V.Mamchur. – Ekonomika APK, 2008. – № 12. – S.55 - 58.

PARAMETER OPTIMIZATION OF MEAT PASTE STERILIZATION PROCESS

T.M. Prylipko, V.M. Kutsy

Summary

The optimal technological parameters based on the research findings and testing of developed equipment and technologies for sterilizing meat paste on the ground of constructed response surface of quality indicator of this process have been defined. True values of matrix factors of centric composition planning of multiple-factor experiment based on search experiments have been determined.

Key words: meat-packing industry, paste, sterlization, pressure, autoclave, parameters, factors, regression, raw material.