

ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ОБСМАЖУВАННЯ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ**Петриченко С.В.**, канд. техн. наук, доц.,**Олексієнко В.О.**, канд. техн. наук, доц.,*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Швидкий розвиток та вдосконалення обладнання м'ясної промисловості потребує наукового обґрунтування та розробки нових режимів обробки м'ясної сировини. В першу чергу, це стосується термічної обробки ковбасних виробів у сучасних універсальних термокамерах, які дають можливість комп'ютерного програмування процесу теплової обробки для кожного виду м'ясних виробів.

Теплова обробка в м'ясній промисловості є одним з основних технологічних процесів при виробництві м'ясопродуктів. Її організація суттєво впливає на якість, вихід, а отже, собівартість готової продукції. У нормативній документації зазначені умови і режими теплової обробки традиційних м'ясних виробів. Однак, при розробці нових продуктів, їх технології і рецептур, а також при зміні обладнання необхідно враховувати зміни, що відбуваються, пов'язані з тепло-, масопереносом.

На деяких підприємствах режими теплового оброблення для конкретного виду ковбасних виробів підбирають експериментальним шляхом. Однак, такі роботи не носять системного характеру та не мають наукового підґрунтя. У зв'язку з цим доцільно теоретично обґрунтувати та розробити практичні рекомендації для оптимізації режимів термообробки м'ясопродуктів.

Традиційна технологія виробництва варених ковбасних виробів передбачає проведення термічної обробки в три стадії: підсушування, обсмажування і варіння, що розрізняються режимами середовища, що гріє.

Всі три процеси термічної обробки полягають у перерозподілі теплоти, що підводиться продукту від середовища, що гріє. При цьому перенесення маси і енергії відбувається внаслідок теплового руху мікрочастинок. Перенесення маси здійснюється за рахунок процесів дифузії. При дифузії в результаті теплового руху частинок речовини відбувається взаємне проникнення частинок дотичних тіл. Дифузія, в кінцевому рахунку, призводить до вирівнювання концентрації.

Обсмажування проводять димовими газами (продукти повного згоряння дерева) при високих температурах з метою обробки поверхневого шару батона. Після обсмажування оболонка підсихає, стає прозорою і стійкішою проти дії мікроорганізмів, а також міцнішою. При обсмажуванні закріплюється колір фаршу. Обсмажування вважають закінченим, коли поверхня батона стає червоно-бурого кольору; температура в середині виробу досягає 40...50 °С для батонів з невеликим діаметром і 35...45 °С з більшим діаметром. Якщо температура обсмажування понижена, а тривалість процесу збільшена, то колір втрачається, фарш стає ніздрюватим. Обсмажують усі варені та напівкопчені ковбаси; легкому обсмажуванню піддають фаршировані ковбаси.

Тривалість обсмажування залежить від діаметра ковбасних батонів і становить від 15 хв. для сосисок до 2,5 год для ковбас з великим діаметром оболонки; температуру в них підтримують від 110 до 160 °С залежно від діаметра батонів і конструкції камер. Якщо в обсмажувальну камеру завантажують батони з вологою поверхнею, їх підсушують при температурі 20...40 °С і після цього подають дим. Велику роль відіграє відносна вологість суміші коптильного диму та повітря, що має бути не нижче 3%, інакше оболонка втрачає еластичність, і не вище 25%, інакше процес обсмажування сповільнюється. При цьому вологість димоповітряної суміші повинна бути такою, щоб виключалася можливість конденсації водяної пари на поверхні батона [5].

Перенесення теплової енергії при термічній обробці відбувається внаслідок теплопровідності. Теплота переноситься від більш нагрітих до менш нагрітих частин тіла. Процес перенесення енергії і маси можливий лише при наявності рушійної сили, тобто при відхиленні системи від стану рівноваги. Основний закон теплопровідності - закон Фур'є встановлює пряму пропорційну залежність між щільністю теплового потоку (наслідок) і градієнтом температури (причина або рушійна сила) і має наступний вигляд

$$q = -\lambda \cdot \text{grad } t, \quad (1)$$

де q – щільність теплового потоку по нормалі, проведеної в напрямку зменшення температури, до ізотермічної поверхні, Вт/м;

λ – коефіцієнт пропорційності, що називається коефіцієнтом теплопровідності, Вт/(м·К);

$\text{grad } t$ – градієнт температури, що характеризує зміну температури t , що припадає на одиницю відстані між ізотермічними поверхнями по нормалі в напрямку зменшення температури, К/м.

Вираз (1) пов'язує щільність теплового потоку з температурним полем, що дозволяє звести рішення задачі про розподіл теплоти в тілі до дослідження зміни температурного поля в часі [1].

Коефіцієнт теплопровідності - один з найважливіших теплофізичних параметрів різних тіл. Він чисельно дорівнює щільності теплового потоку при $\text{grad } t = 1$. Значення коефіцієнта теплопровідності змінюється в широких межах.

При встановленні тривалості теплової обробки (обсмажування) ковбасних виробів в першу чергу необхідно знайти значення тепловіддачі від середовища, що гріє, до ковбасних батонів. Згідно з даними А. І. Пелеєва [2], значення коефіцієнта тепловіддачі α , Вт/(м²·К) при термічній обробці ковбасних виробів можна визначити за виразом

$$\alpha = \alpha_c \cdot (1 + 1,9 \cdot d), \quad (2)$$

де α_c – коефіцієнт тепловіддачі від гарячої води або повітряного середовища, Вт/(м²·К);

d – вологовміст продукту (при підсушуванні, де температура середовища ($t_{сер} = 100$ °С) і відносна вологість повітря ($\varphi = 10$ %) $d = 76$ г/кг = 0,076 кг/кг).

Значення α_c , Вт/(м²·К) можна визначити за відомими критеріальними залежностями конвективного теплообміну або за емпіричною формулою Юргеса [1]

$$\alpha_c = 6,16 + 4,19 \cdot W, \quad (3)$$

де W – швидкість руху середовища, м/с ($W = 2$ м/с).

Оскільки обсмажування здійснюють при тих же режимах, що і підсушування (відмінність полягає в тому, що при обсмажуванні в камеру подають коптільний дим), цей процес доцільно розраховувати з тих же початкових умов, що і підсушування [4].

У зв'язку з ростом середньооб'ємної температури на другій стадії термічної обробки (обсмажування) радіус ковбасних батонів збільшується на 3,6...4,7 %. Тому на підставі результатів досліджень розмір ковбасного батона на стадії обсмажування можна виразити емпіричним співвідношенням

$$R_{об} = R_0 \cdot K_{об}, \quad \text{м} \quad (4)$$

де R_0 - початковий радіус батона, м;

$K_{об}$ - емпіричний коефіцієнт, що характеризує розширення продукту при обсмажуванні ковбасних виробів ($K_{об} = 1,023$);

$R_{об}$ - радіус продукту на стадії обсмажування, м.

Середнє значення радіуса ковбасного батона на стадії обсмажування визначаємо за формулою

$$R_{об.сер} = (R_{нідс} + R_{об})/2, \quad \text{м} \quad (5)$$

Визначаємо значення критерію Біо – безрозмірного коефіцієнта, який характеризує інтенсивність теплообміну між поверхнею тіла і навколишнім середовищем, і який можна розглядати як відношення термічного опору тіла до термічного опору теплообміну між навколишнім середовищем і поверхнею тіла. Фізичний сенс критерію Біо полягає в тому, що він характеризує відношення інтенсивностей підведення теплоти в процесі тепловіддачі і відведення теплоти до внутрішніх шарів тіла в результаті процесу теплопровідності.

$$Bi_{об} = (\alpha/\lambda) \cdot R_{об}, \quad (6)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності (для варених ковбас $\lambda = 0,465$ Вт/(м·К)).

Значення критерію Фур'є ($Fo_{об}$) відповідного часу, протягом якого для обсмажування температура в центрі ковбасного батона ($t_{центр}$) досягає необхідного значення, визначається за формулою

$$Fo_{об} = [(Bi_{об} + 4)/(8Bi_{об})] \cdot \ln [2/((Bi_{об} + 2) \cdot (1 - Tn_{об}))] + Fo^{(I)}, \quad (7)$$

де $Fo_{об}$ – тривалість обсмажування в безрозмірному вираженні;

$Tn_{об}$ – безрозмірне значення температури поверхні продукту у процесі обсмажування, яке виражається залежністю

$$Tn_{об} = (tn_{об} - t_o)/(t_{сер} - t_o), \quad (8)$$

де $tn_{об}$ – температура поверхні ковбасного батона в кінці процесу обжарювання, °C;

t_o – початкова температура ковбасного батона, °C;

$t_{сер}$ – температура середовища, °C.

Тривалість процесу обсмажування в безрозмірному вираженні обчислимо за формулою

$$Fo_{об} = [(Bi_{об} + 4) / (8Bi_{об})] \cdot \ln [(t_{сер} - t_o) / (t_{сер} - t_{об})] + Fo^{(I)} - Fo_{відс}, \quad (9)$$

де $t_{об}$ – температура в центрі ковбасного батона в кінці процесу обсмажування, °C;

Визначимо значення температури поверхні ковбасного батона до моменту закінчення процесу обсмажування за виразом

$$Tn_{об} = 1 - [Bi_{об} / (Bi_{об} + 2)] \cdot \exp (-8 Bi_{об} \cdot Fo_{об} / Bi_{об} + 4). \quad (10)$$

Розмірне значення температури поверхні ковбасного батона в кінці процесу обсмажування (°C) обчислюємо за формулою

$$tn_{об} = t_o + Tn_{об} \cdot (t_{сер} - t_o). \quad (11)$$

Отримані залежності дозволяють з достатнім ступенем вірогідності розрахувати необхідну тривалість обсмажування ковбасних виробів при розробці нових продуктів, їх технології і рецептур, а також при зміні обладнання, що дозволить проводити корегування технологічних режимів термічної обробки з метою забезпечення високої якості продукції при мінімальних витратах енергоносіїв.

Література:

1. Моделирование производственных процессов мясной и молочной промышленности / Ю. А. Ивашкин и др. Москва: Агропромиздат, 1987. 256 с.

2. Бражников А. М., Карнычев В. А., Пелеев А. И. Аналитические методы исследования процессов термической обработки мясопродуктов. Москва: Пищевая промышленность, 1974. 232 с.

3. Петриченко С. В., Лобода О. І. Особливості мікропроцесорної системи контролю і управління технологічним процесом термообробки варених ковбас

// Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 2011. Вип. 1, т. 1.

4. *Петриченко С. В., Олексієнко В. О.* Визначення тривалості підсушування ковбасних виробів //Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки. – 2019. – №. 19, т. 2. – С. 18-24.

5. *Петриченко С. В., Назаренко І. П., Берека О. М.* Вплив температури і вологості на структурно-механічні та електричні властивості харчових продуктів //Праці Таврійської державної агротехнічної академії: наукове фахове видання. Випуск. – 2005. – Т. 25. – С. 161-168.