

УДК 637.523.274.524.5:613.162

І.Г. БАБАНОВ – кандидат технічних наук, доцент кафедри Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій, м. Київ

РЕГУЛЮВАННЯ ВІДНОСНОЇ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ ПРИ СУШЦІ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ

Визначені раціональні режими сушки сирокочених ковбас шляхом визначення залежності зміни відносної вологості повітря, яка дозволяє суттєво знизити вірогідність появи дефектів на поверхні ковбасних виробів.

Ключеві слова: сушка, сирокочені ковбаси, відносна вологість, сушильні агрегати.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ.

Від режиму і способу ведення теплової обробки ковбасних виробів залежать їх якісні показники. Розробка раціонального режиму сушіння сирокочених ковбас є актуальною задачею.

При сушінні можливі два основних дефекти: утворення «закалу», тобто надмірного зневоднення зовнішнього шару ковбасного батону; утворення плісняви на поверхні ковбасних батонів, яке пов'язане з підвищеною вологістю поверхневих шарів.

При сушці сирокочених ковбас в сушарках зального типу ці явища усувають шляхом переміщення ковбасних батонів по об'єму сушильної зали відповідно до вологості ковбас і відносної вологості повітря, таким чином щоб виключити надмірне зневоднення і зайве зволоження поверхні ковбасного батону. Але ці переміщення по об'єму сушильної зали пов'язані з трудоемністю ручних операцій.

В літературі [1] неодноразово обговорювались пропозиції по сушці сирокочених ковбас в сушарках камерного типу і сушильних агрегатах. Фізичні методи інтенсифікації сушки, як правило, знижують якість готового продукту і можуть застосовуватися з способами, що забезпечують розвиток ферментативних процесів в короткі строки сушки [2].

Використання сушарок камерного типу передбачає визначення залежності зміни відносної вологості повітря при сушці сирокочених ковбас, яка дозволить суттєво знизити вірогідність появи відмічених дефектів.

МЕТА РОБОТИ.

Розрахунки процесу сушки сирокочених ковбас з урахуванням змінення відносної вологості повітря.

ВИКЛАДЕННЯ МАТЕРІАЛУ.

Сушку сирокочених ковбас можливо розглядати як сукупність двох процесів – дифузія вологи від внутрішніх шарів до зовнішніх і випаровування вологи з поверхні зовнішнього шару в оточуюче пароповітряне середовище. Внутрішній перенос вологи пропорційний градієнту вологовмісту, тобто підчиняється закону Фіка.

Зовнішній перенос вологи пропорційний різниці парціальних тисків у поверхні продукту і в оточуючому повітрі, тобто підкорюється закону Дальтона.

Сушку можливо розглядати як ізометричний процес.

В реальних умовах внутрішній перенос вологи при сушці сирокочених ковбас ускладнюється наступними факторами, які не враховуються при розгляді даної моделі процесу:

- складним зв'язом вологи з м'язовою тканиною і наявністю в ній розчинних речовин (наприклад, солі);
- дифузією фенольних речовин від периферії до центру;
- наявністю шпику – з точки зору переносу вологи баластного матеріалу;
- переносом вологи не через весь переріз ковбасного батону, а через «містки», утворені фаршем.

Процес внутрішнього переносу вологи може бути описаний наступним рівнянням:

$$\Delta W = DF \frac{\Delta c}{\Delta x} \Delta \tau, \quad (1)$$

де ΔW – кількість продифундованої вологи, % до сухого залишку; D – коефіцієнт дифузії, $\text{м}^2/\text{доб}$; F – поверхня, м^2 ; $\frac{\Delta c}{\Delta x}$ – градієнт концентрації, % вологи в сухому залишку / м^4 ; τ – тривалість сушки, доб.

Процес зовнішнього переносу вологи можна описати наступним відношенням:

$$\Delta W_1 = KF(P_{II} - P_s)\Delta\tau, \quad (2)$$

де ΔW_1 – кількість вологи, що випаровується з поверхні ковбасного батону, % вологи / до сухого залишку; K – коефіцієнт зовнішнього масо переносу, % вологи сухого залишку / $\text{м}^2 \cdot \text{доб}$ Па; P_{II} – парціальний тиск пари у поверхні продукту рівний тиску насичення при температурі поверхні, Па; P_s – парціальний тиск водяного пару в повітрі, Па.

Очевидно, що при $\Delta W = \Delta W_1$ не відбудеться надмірного перенасичення поверхневого шару ковбасних виробів.

З відношень (1) та (2) отримаємо:

$$P_s = P_{II} - \Theta(\tau)\frac{\Delta c}{\Delta x}, \quad (3)$$

де $\Theta(\tau)$ – відношення коефіцієнта дифузії D до коефіцієнта зовнішнього масо переносу K , тобто функція тривалості сушки і повинна бути знайдена експериментально.

Наявні експериментальні данні [3] показують, що залежності $D(\tau)$ і $K(\tau)$ можуть бути апроксимовані наступними емпіричними відношеннями:

$$D(\tau) = 0,147 \exp[-0,055\tau], \quad (4)$$

$$K(\tau) = 0,87 \exp[-0,09\tau]. \quad (5)$$

В виразах (4) і (5) τ змінюється від 0 до 30 діб, а $D(\tau)$ і $K(\tau)$ мають розмірність, вказану в виразах (1) і (2).

Тоді функція $\Theta(\tau)$ прийме вид:

$$\Theta(\tau) = 0,169 \exp[0,035\tau] \quad (6)$$

В цьому випадку вираз (3) запишеться:

$$P_s = P_{II} - 0,169[\exp 0,035\tau]\frac{\Delta c}{\Delta x} \quad (7)$$

Задаючись градієнтом концентрації, з рівняння (7) можна знайти відповідні значення парціального тиску водяних парів в повітрі.

Градієнт концентрації вологи змінюється в процесі сушки. Практичний інтерес являє градієнт концентрації вологи готового продукту.

По даним О.О. Соколова [4] в якості мінімальної допустимої вологості зовнішнього шару в першому приближенні може бути прийняте значення 23,3 % по відношенню до сухого залишку, а в якості максимального значення вологості центральних шарів – 37,7 %.

Об'ємні концентрації вологи для рекомендованих значень вологості, розраховані в відповідності з результатами випробувань Г.М. Слепих [5], складуть відповідно 69 кг вологи/м³ і 110 кг вологи/м³. Щоб використати вираз (7), необхідно виразити концентрацію вологи в % до сухого залишку на одиницю об'єму.

Даних, що характеризують (щільність) густину сирокочених ковбас в залежності від вологості фаршу, в літературі знайти не вдалося. Тому щільність можна оцінити коствено. Є.И. Гуйго [6] визначена щільність м'яса сублімаційної сушки при відсутності усадження:

$$\rho_{с.м.} = 330 \text{ кг/м}^3.$$

Тоді концентрація вологи зовнішніх шарів рівна:

$$c_{з.ш.} = [69 : 330] \cdot 100\% = 20,9\% \text{ вологи/}(\text{сухий залишок/м}^3).$$

Рахуємо, що щільність центральних шарів ($\rho_{ц.ш.}$) зростає пропорційно усадці:

$$\rho_{ц.ш.} = \rho_{с.м.} \cdot \mu.$$

Згідно експериментальних даних Г.М. Слепих [5] усадженням по довжині батону можна знехтувати. В цьому випадку усадження можна визначити як відношення квадратів радіусів ковбасного батону до і після сушки. Згідно [5]:

$$\mu = (22,5)^2 : (18,5)^2 = 1,473.$$

Тоді щільність центральних шарів:

$$\rho_{ц.ш.} = 330 \cdot 1,473 = 486 \text{ кг/м}^3.$$

Концентрація вологи центральних шарів:

$$C_{ц.ш.} = (110 : 486)100\% = 22,6\% \text{ вологи}/(\text{сухий залишок}/\text{м}^3).$$

Значення градієнта концентрації готового продукту складе:

$$\frac{\Delta c}{\Delta x} = \frac{22,6 - 20,9}{(0,0225 - 0,0185) : 2} = 850\% \text{ вологи}/(\text{сухий залишок}/\text{м}^4) \quad (8)$$

Підставляючи отримане значення градієнта в вираження (7), отримаємо кінцеве рівняння, яке дозволяє визначити значення парціального тиску парів в повітрі:

$$P_e = P_{II} - 0,169[\exp 0,035\tau]850 \quad (9)$$

Вираз (9) при постійній температурі еквівалентін визначенню закону зміни відносної вологості повітря в сушильній камері:

$$\varphi = [1 - 1,21 \cdot 10^4 (\exp 0,035\tau)850]100\% \quad (10)$$

Вираження (9) і (10) дійсні тільки для сушки від 0 до 30 діб. Це пов'язане з тим, що в даному інтервалі відносна вологість повітря являє експоненціальну убуючу функцію від значення $\varphi=89\%$ в початковий період сушки до значення $\varphi=67\%$ в кінці сушки.

ВИСНОВКИ

Відносну вологість рекомендується змінювати в більш широких межах від 90 % на початку сушки до 55 % в кінці сушки, так як згідно експериментальних досліджень [1,3], проведених в різний час, було встановлено, що порівняно висока відносна вологість повітря в кінці сушки (67%) сирокочених ковбас відображається на їх якісних показниках.

Контроль і регулювання відносної вологості і температури робочого середовища в апаратах для теплової обробки і сушки ковбасних виробів нами рекомендується здійснювати на основі автоматичного термогігрометра, який забезпечує можливість програмування в широкому діапазоні температур [7,8] і запропонованого способу термічної обробки м'ясних виробів [9].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аклександров С.А. Совершенствование тепловой обработки мясных продуктов в среде повышенной влажности: Обзорная информация / С.А. Аклександров, И.Г. Бабанов – М.: АгроНИИТЭИММП, 1987. – 32 с
2. Жаринов А.И. Использование многокомпонентных добавок для интенсификации производства сыровяленых колбас / А.И. Жаринов, М.О. Тироян, Г.М. Слепых – Мясная индустрия СССР, 1984, № 11 – 26-29 с.
3. Бражников А.М. Теория термической обработки мясопродуктов: Учебник / А.М. Бражников – М.: Агропромиздат, 1987. – 269 с.
4. Соколов А.А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов: учебник / А.А. Соколов – М.: Пищевая промышленность, 1965. – 489 с.
5. Слепых Г.М. Исследование процесса сушки сыровяленых колбас с применением бактериальных культур : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г.М. Слепых, МГУПБ. – Москва, 1967. – 25 с.
6. Гуйго Э.И. Массообмен при сублимационной сушке мясопродуктов: автореф. дис. ... докт. техн. наук / Э.И. Гуйко, МТИПП. – Москва, 1968. – 36 с.
7. Автоматический термогигрометр для камер тепловой обработки. / С.И. Суханова, И.Г. Бабанов, Г.В. Бауэр, П.А. Пиджимян, Г.И. Калмыков – Мясная индустрия СССР, 1986, № 3 – 34-36 с.
8. А. с. № 1435897 (СССР). Способ автоматического регулирования параметров воздуха в помещении / В.Г. Муратов, С.И. Суханова, И.Г. Бабанов (СССР). – опубл. 1990, бюл. № 7.
9. А. с. № 1205867 (СССР). Способ термической обработки мясных изделий / С.А. Александров, С.И. Суханова, А.С. Большаков, Л.И. Морозова, И.Г. Бабанов (СССР). – опубл. 1986, бюл. № 3.

И.Г. БАБАНОВ

РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА ПРИ СУШКЕ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Определены рациональные режимы сушки сырокопченых колбас путем определения зависимости изменения относительной влажности воздуха,

которая позволяет существенно снизить вероятность появления дефектов на поверхности колбасных изделий.

Ключевые слова: сушка, сырокопченые колбасы, относительная влажность, сушильные агрегаты.

I.G. BABANOV

**ADJUSTING THE RELATIVE HUMIDITY OF AIR DRYING WITH
SAUSAGE**

Oredeleny rational modes of drying raw sausages by determining the variation of relative humidity, which can significantly reduce the probability of occurrence of defects on the surface of the sausages.

Keywords: drying, smoked sausage, relative humidity, drying units.