

**DEFINITION OF THE HEAT TREATMENT PARAMETERS
OF THE COOKED SAUSAGE «LIKARSKA»
IN THE UNIVERSAL SMOKING-COOKING CHAMBER**

O. Nescuba, O. Chepeliuk, O. Chepeliuk
National University of Food Technologies

Key words:

*Cooked sausage
Heat treatment
Temperature
Roasting
Cooking*

Article history:

Received 05.03.2018
Received in revised form
23.03.2018
Accepted 12.04.2018

Corresponding author:

O. Nescuba
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

Heat treatment of sausages is one of the main stages of their complex and long production. The finished product's quality, including its microbiological purity, directly depends on the conditions and regimes of its carrying out. To ensure the qualitative production with economical energy resources' consumption, it is important to determine the operating modes of the smoking-cooking chambers taking into account geometric dimensions of the sausages and thermophysical properties of the minced meat.

An analytical review of the processes of heat treatment of sausages was carried out and it was found that in the scientific literature the values of the duration of treatment and temperatures at different stages were taken from reference books or on the base of field experience without substantiation of their values. The purpose of this work is to substantiate the ways of increasing the effectiveness of the heat treatment of cooked sausage "Likarska" in the universal smoking-cooking chamber, identifying the most efficient modes of its work. The subject of the research is the modes of heat treatment of sausage products with a diameter of 85 mm by steam-air mixture (working medium).

The process of heating the sausage "Likarska" was simulated in the software complex Flow Vision, taking into account the dependence of the thermophysical properties of minced meat on temperature. In the software FlowVision, the problem of conjugate heat exchange was solved, in which the heat transfers by convection — from a heated vapor-air medium (working medium) to a sausage product and heat conductivity (in the middle of a loaf) was considered. The process of heat treatment in a smoking-cooking chamber has been studied separately for the roasting and cooking stages. For roasting the temperatures of the vapor-air medium were considered to be 90...110°C, for cooking they were 75...85°C respectively.

It is established that in order to ensure the culinary readiness and microbiological purity, effective process, reduction of energy costs, it is necessary to observe rational parameters of the process of thermal treatment of cooked sausage "Likarska" with a diameter of 85 mm: at the stage of roasting, the temperature of the working medium should be 100°C, at the stage of cooking it is recommended to carry out at a temperature of 85°C.

DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-2-18

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОГО ОБРОБЛЕННЯ КОВБАСИ ВАРЕНОЇ «ЛІКАРСЬКА» В УНІВЕРСАЛЬНІЙ ТЕРМОКАМЕРІ

О.О. Нескуба, О.М. Чепелюк, О.О. Чепелюк
Національний університет харчових технологій

Теплове оброблення ковбас — один з основних етапів їх складного та тривалого виробництва. Якість готової продукції, включаючи її мікробіологічну чистоту, безпосередньо залежить від умов і режимів його проведення. Для забезпечення виробництва якісної продукції й економного споживання енергоресурсів важливо визначити режими роботи термокамер з урахуванням геометричних розмірів ковбас і термофізичних властивостей фаршу.

Проведено аналітичний огляд процесів теплового оброблення ковбасних виробів і з'ясовано, що в літературі значення тривалості оброблення й температур на різних стадіях приймалися з довідників або на основі виробничого досвіду без обґрунтування їх значень. Обґрунтовано шляхи підвищення ефективності термічного оброблення вареної ковбаси «Лікарська» в універсальній термокамері, визначено найбільш доцільні режими її роботи. Досліджено режими теплового оброблення пароповітряною сумішшю (робочим середовищем) ковбасних виробів діаметром 85 мм.

Процес прогрівання ковбасного батона ковбаси «Лікарська» змодельовано у програмному комплексі Flow Vision з урахуванням залежності теплофізичних властивостей фаршу від температури. Вирішене завдання сполученого теплообміну, розглянуто передавання теплоти конвекцією — від нагрітої пароповітряної суміші (робочого середовища) до ковбасного батона і теплопровідністю — всередині продукту. Окремо розглянуто стадії обжарювання і варіння, для яких температура робочого середовища досліджувалася в межах 90...100°C і 75...85°C відповідно.

Встановлено, що для забезпечення кулінарної готовності і мікробіологічної чистоти, ефективного здійснення процесу, зменшення енергетичних витрат потрібно дотримуватися раціональних параметрів процесу термічного оброблення ковбаси вареної «Лікарська» діаметром 85 мм: на стадії обжарювання температура робочого середовища має становити 100°C, варіння рекомендовано проводити при температурі 85°C.

Ключові слова: *ковбаса варена, теплове оброблення, температура, обжарювання, варіння.*

Постановка проблеми. Ковбасні вироби мають стабільно високий попит у споживачів і з кожним роком займають все більш вагоме місце в харчовому раціоні населення. Однією з основних операцій їх тривалого і складного виробництва є теплове оброблення. Специфіка процесів теплового оброблення ковбасних виробів полягає в тому, що під дією теплоти знищується більшість вегетативних форм мікроорганізмів, інактивуються ферменти, із продукту видаляється значна кількість вологи, денатурують і коагулюють

білки, колаген сполучної тканини переходить у глютин [1]. При термічному обробленні формуються колір і запах ковбасних виробів.

Теплове оброблення ковбасних виробів може складатися з таких стадій: підсушування, обжарювання, варіння, охолодження, копчення, запікання та сушіння. Необхідність проведення тієї чи іншої стадії залежить від виду виробів, які виготовляються. Воно може здійснюватися багатьма способами: зануренням у рідину, зрошенням, обробленням гострою парою, пароводяною і пароповітряною сумішами, продуктами спалювання газу, електронагріванням, інфрачервоним випромінюванням, ультразвуком. Однак найбільшого практичного поширення отримав метод термічного оброблення ковбасних виробів паро- або димопароповітряними сумішами в універсальних термокамерах через його відносну простоту, доступність та ефективність.

Послідовність, конкретні режими оброблення і склад середовища визначаються технологією конкретного продукту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Термокамери є одним із видів обладнання, яке споживає найбільше енергетичних ресурсів на підприємствах м'ясопереробної промисловості. Для забезпечення економічно ефективного виробництва високоякісних ковбасних виробів важливо узгодити їх характеристики (геометричні розміри і теплофізичні властивості фаршу) з режимами роботи обладнання. Особливо актуально ця проблема стоїть під час виробництва варених ковбас великого діаметра, адже потрібно, щоб теплове оброблення відбулося по всьому об'єму виробу, і температура в центрі ковбасного батона досягла необхідних значень (68—72°C) при якомога менших енергетичних витратах. Навіть незначне коливання температури при обжарюванні та варінні ковбасних виробів суттєво впливає на вихід готової продукції, її органолептичні та мікробіологічні показники.

У науковій літературі приділяється значна увага проблемам теплового оброблення варених ковбасних виробів у термокамерах. Потужні наукові школи, які займаються цією проблематикою, працюють у Національному університеті харчових технологій, Одеській національній академії харчових технологій. Проведені дослідження мають виразне технологічне спрямування. Так, у праці Н.В. Бондаренко [2] наведені результати досліджень впливу технологічних режимів на вихід готового продукту — ковбаси вареної «Лікарська» — та запропоновано новітню технологію її виробництва, в якій, порівняно з традиційною, додана стадія сушіння для забезпечення рівномірного прогрівання ковбасного батона. При цьому автор наводить дані про покращення органолептичних показників і поліпшення санітарного стану виробів.

Загальні втрати маси були в центрі уваги і роботи А.Д. Солецької [3]. Як керовані параметри розглянуто вплив співвідношення температур обжарювання і варіння, підвищення яких призводить до збільшення втрат маси продукту.

Дослідження, виконані під керівництвом В.І. Павелка у НУХТ [4], були спрямовані на скорочення тривалості теплового оброблення варених ковбас різних геометричних розмірів у термокамерах. Розроблений алгоритм теплового розрахунку установки для термічного оброблення варених ковбас, в якому використано аналітичні залежності та емпіричні співвідношення.

Однак у зазначених працях не деталізовано закономірності зміни температури в середині ковбасного батона в часі залежно від режимів теплового оброблення, які розглядалися. Така інформація потрібна для зменшення енерговитрат унаслідок обґрунтованого прийняття рішень щодо вибору необхідної тривалості процесу і раціональних значень температур на різних стадіях оброблення.

Мета статті: обґрунтувати шляхи підвищення ефективності термічного оброблення вареної ковбаси «Лікарська» в універсальній термокамері, визначивши найбільш доцільні режими її роботи.

Матеріали і методи. Об'єктом дослідження є процес теплового оброблення вареної ковбаси «Лікарська» вищого сорту в універсальній термокамері. Предметом досліджень є режими теплового оброблення пароповітряною сумішшю (робочим середовищем) ковбасних виробів діаметром 85 мм. Теплове оброблення варених ковбас здійснюється у три стадії: підсушування, обжарювання та варіння. Для кожної стадії характерні різні параметри робочого середовища. У статті вирішене завдання прогрівання ковбасного батона: розглянуті стадії обжарювання і варіння, причому результати завершення стадії обжарювання стали початковими даними для дослідження стадії варіння.

Найчастіше на підприємствах режими теплового оброблення визначають експериментально для конкретного виду ковбасних виробів. Однак проведення фізичних експериментів — досить складний і вартісний спосіб [5], тому для аналізу процесу теплового оброблення ковбасних виробів виконано комп'ютерне моделювання у програмному комплексі Flow Vision. Геометрична модель ковбасного виробу і середовища, яке його оточує (рис. 1), створена у програмному комплексі SolidWorks.

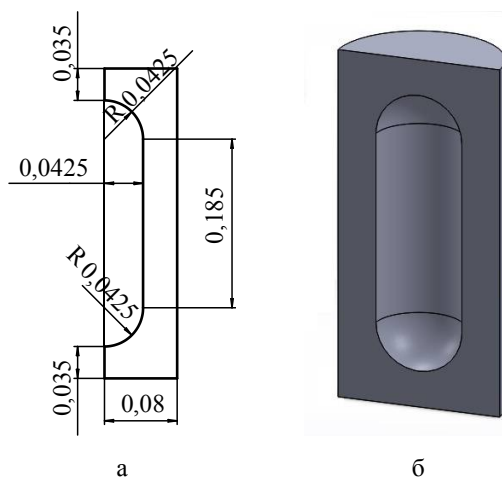


Рис. 1. Геометрична модель ковбасного виробу і середовища, яке його оточує:
а — ескіз; б — 3D модель

Вирішене завдання сполученого теплообміну, в якій розглядається передавання теплоти теплопровідністю в твердому тілі та конвекцією в газі — від нагрітого робочого середовища до ковбасного батона.

У підобласті, де відбувається обтікання робочим середовищем ковбасного виробу, обрана модель «Нестискувана рідина» і вирішене завдання турбулентної течії пароповітряної суміші. У підобласті ковбасного виробу — модель «Тверде тіло», а також вирішене завдання тепломасоперенесення у твердій фазі.

Властивості фаршу (густина, питома теплоємність і коефіцієнт теплопровідності) ковбаси «Лікарська» суттєво залежать від температури. Щоб урахувати їх при моделюванні, доповнена база даних програмного комплексу Flow-Vision, в яку додана речовина «Фарш» з відповідними характеристиками.

Для вирішення завдання сполученого теплообміну між робочим середовищем і ковбасним батонем задані граничні умови (рис. 2):

- границя 1 — вхід робочого середовища з нормальною швидкістю $v = 2$ м/с і відповідною температурою («Вхід/Вихід» → «Нормальний вхід/вихід» → «Швидкість»);

- границя 2 — симетрія («Симетрія» → «Стінка з проковзуванням»);

- границя 3 — сполучення («Сполучений» → «Швидкість» → «Стінка, логарифмічний закон»);

- границя 4 — вільний вихід («Вільний вихід» → «Нульовий тиск/вихід»).

Після завдання граничних умов були пов'язані граничні умови «Сполучений» двох підобластей.

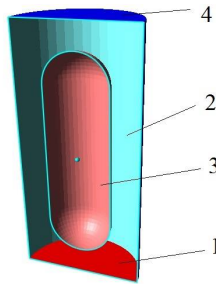


Рис. 2. Граничні умови сполученого теплообміну між робочим середовищем і ковбасним батонем

Параметром, який варіювався при моделюванні, була температура робочого середовища. Вона змінювалася для процесу обжарювання від 90 до 110°C з інтервалом 5°C, для стадії варіння — від 75 до 85°C з інтервалом 2,5°C (проведено по 5 обчислювальних експериментів).

На граничній умові 3 для підвищення точності розрахунку була згущена розрахункова сітка, для чого проведена адаптація по цій граничній умові з рівнем адаптації 1. Після адаптації розрахункова сітка має 25 852 комірки.

Розв'язання завдань сполученого теплообміну, в яких одночасно розглядається течія рідини або газу і теплопровідність у твердому тілі, наштотується на певні труднощі — характерна тривалість процесів у газі (рідині) істотно менша за характерну тривалість їх у твердому тілі. Це призводить до того, що подібні завдання доводиться вирішувати з мінімальним кроком інтегрування за часом, що, у свою чергу, визначає дуже велику тривалість розрахунку. Ця проблема може бути вирішена двома способами:

- введенням власного кроку інтегрування за часом у підобласті твердого тіла;
- введенням фіктивної теплоємності твердого тіла.

У дослідженні використаний перший спосіб — заданий власний крок по часу, що дорівнює 2 секундам. У підобласті робочого середовища, де обрана модель «Нестискувана рідина», заданий фіксований крок по часу, виходячи з пролітного часу, який прийнято рівним 0,017 с.

Для візуалізації результатів задані 10 точок в поперечному перерізі ковбасного батона від центра до краю, в яких фіксувалися значення температури.

Результати і обговорення. В результаті теплового оброблення потрібно забезпечити кулінарну готовність і гарантувати мікробіологічну безпеку продукту. Тому важливо досягти потрібної температури в центрі ковбасного батона, на величину якої впливають тривалість оброблення й температура робочого середовища на стадіях обжарювання і варіння (рис. 3 і 4 відповідно).

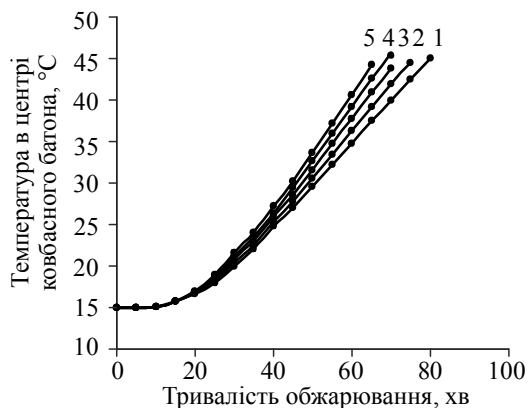


Рис. 3. Зміна температури в центрі ковбасного батона в часі в процесі обжарювання при температурах робочого середовища, °С:
1 — 90; 2 — 95; 3 — 100; 4 — 105; 5 — 110

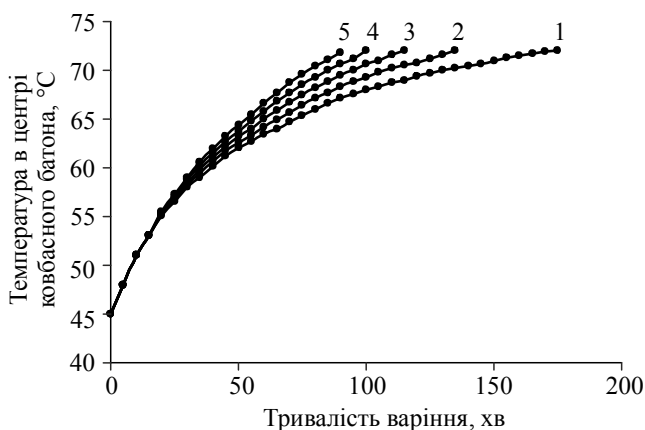


Рис. 4. Зміна температури в центрі ковбасного батона в часі на стадії варіння при температурах робочого середовища, °С:
1 — 75,0; 2 — 77,5; 3 — 80,0; 4 — 82,5; 5 — 85,0

З'ясовано, що збільшення температури робочого середовища від 90 до 110°C не досить суттєво впливає на період часу, протягом якого досягається необхідна температура в центрі батона під час обжарювання — 45°C. Стадія обжарювання за цих умов триває в межах від 67 до 81 хвилини. Для визначення температури в центрі ковбасного батона $t_{ц}$ при інженерних розрахунках залежно від температури робочого середовища $t_{сеп}$ і тривалості стадії обжарювання τ можна скористатися математичною залежністю:

$$t_{ц} = 13 + 0,01 \cdot \tau^{2,1} + 0,1 \cdot t_{сеп}^{1,77}.$$

Натомість на стадії варіння (рис. 4) зміна температур робочого середовища на 10°C — від 75 до 85°C — істотно впливає на тривалість процесу, який завершується при досягненні температури в центрі батона 72°C. Відмінність для цих двох граничних значень температур становить 83 хв — від 91 хв для температури 85°C до 174 хв для температури робочого середовища 75°C.

Температура в поперечному перерізі ковбасного батона суттєво відрізняється для периферійних і центральних ділянок наприкінці процесів обжарювання (рис. 5) і варіння (рис. 6). Тут координата 0 м відповідає зовнішній поверхні ковбасного батона; 0,0425 м — центру батона.

Рекомендованими значеннями температури робочого середовища в процесі термічного оброблення вареної ковбаси «Лікарська» на стадії обжарювання є 100°C, оскільки вона забезпечує необхідний час прогрівання при відносно менших енергетичних витратах.

Збільшення температури робочого середовища від 75 до 85°C на стадії варіння призведе до збільшення втрат теплоти в навколишнє середовище на 17%. Але загальні витрати теплоти за умови тривалішого процесу при температурі варіння 75°C будуть на 89% більшими. Тому з урахуванням співвідношення втрат у навколишнє середовище і витрат на нагрівання робочого середовища, камери і продукту доцільніше проводити варіння при температурі робочого середовища 85°C.

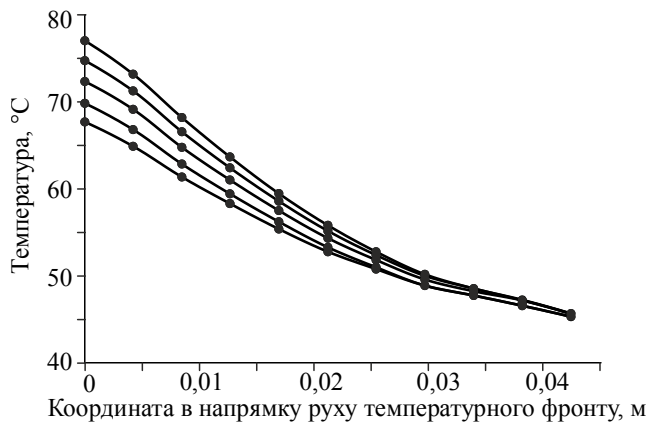


Рис. 5. Розподіл температур у поперечному перерізі ковбасного батона в напрямку руху температурного фронту наприкінці процесу обжарювання при температурах робочого середовища, °C: 1 — 90; 2 — 95; 3 — 100; 4 — 105; 5 — 110

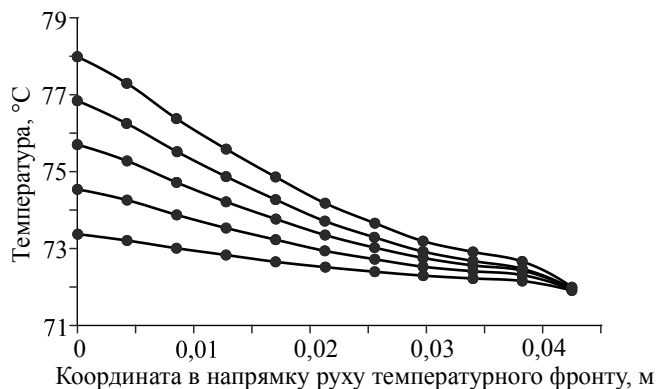


Рис. 6. Розподіл температур у поперечному перерізі ковбасного батона в напрямку руху температурного фронту наприкінці процесу варіння при температурах робочого середовища, °С: 1 — 75,0; 2 — 77,5; 3 — 80,0; 4 — 82,5; 5 — 85,0

Використання робочого середовища з температурою нижчою за вказане значення суттєво підвищує тривалість процесу, оскільки рушійна сила процесу стає незначною.

Висновки

У результаті термічного оброблення продукції — ковбаси вареної «Лікарська» — необхідно досягти температури пастеризації 72°C в центрі ковбасного батона для знищення вегетативних форм мікроорганізмів і досягнення кулінарної готовності.

Рациональною температурою робочого середовища в процесі термічного оброблення вареної ковбаси «Лікарська» на стадії обжарювання є 100°C. Варіння рекомендовано проводити при максимальній температурі 85°C, тому що оброблення при менших значеннях температури суттєво підвищує тривалість процесу, роблячи рушійну силу процесу незначною. Тривалість термічного оброблення, яке складається із стадій обжарювання і варіння, за запропонованих режимів становить 164 хвилини.

Література

1. Tornberg E. Effects of heat on meat proteins — Implications on structure and quality of meat products // *Meat Science*. — 2005. — Volume 70, Issue 3. — P. 493—508.
2. Бондаренко Н.В. Дослідження режимів теплової обробки варених ковбас у сучасних термокамерах // *Харчова наука і технологія*. — 2013. — № 2. — С. 92—94.
3. Солецька А.Д. Оптимізація режимів термічного оброблення варених ковбас // *Харчова наука і технологія*. — 2014. — № 3. — С. 73—76.
4. Павелко В.І. Дослідження впливу деяких технологічних факторів на тривалість процесу термічної обробки ковбасних виробів / В.І. Павелко, О.Ю. Соколенко, А.І. Заславський // *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. — 2012. — № 45. — С. 31—37.
5. Bakalis, S., Cox P.W., Fryer, P.J. Modelling thermal processes: heating // *Food Process Modelling*. — 2001. — P. 340—364.