

УДК 664.8.047

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО РЕЖИМУ СУШІННЯ М'ЯСА КУРЯТИНИ ПРИ ЙОГО ВИКОРИСТАННІ В ПРОДУКТАХ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ

Снєжкін Ю.Ф.¹, академік НАН України., Петров П.І.², аспірант¹Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Канніст, 2а, Київ, Україна, 03057, ittf_ntps@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9049-3392>²Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Канніст, 2а, Київ, Україна, 03057, petrov.mriya@gmail.com<https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2024.6>

Визначено кінетику та встановлено раціональні режими сушіння м'яса грудки курятини за комбінованим інфрачервоно-конвективним способом 100Вт + 55 °С та формою (кубики, гранули). Визначено відновлювані властивості сушеного м'яса від форми зразків.

The kinetics and rational modes of drying chicken breast meat using the combined infrared-convective method of 100 W + 55 °C and the form (cubes, granules) were determined. The renewable properties of dried meat from the shape of the samples were determined.

Бібл. 10, рис. 5., табл. 1.

Ключові слова: конвективне сушіння, інфрачервоне випромінювання, ефективні режими сушіння, м'ясо курятини.

Вступ. В сучасних умовах ведення бойових дій на території України існує потреба якісного харчування бійців на передовій та населення в екстремальних умовах, де забезпечити нормальне гаряче харчування неможливо. Пропонуються страви, які зручні у використанні, мають тривалий термін зберігання, відповідають сучасним уявленням про здорове та функціональне харчування. З огляду на це, застосування в продуктах швидкого приготування, а саме в різних супах та борщу, спеціально підготовленого сушеного м'яса курятини, яка є натуральним продуктом і підвищує його калорійність, що є досить актуальною справою.

Сушіння м'яса застосовувалося давно для якісного та тривалого збереження цього продукту. Його використовували у Стародавньому Єгипті, Іспанії, Мексиці. А в античній літературі у Платона, Евріпіда і Гомера зберігся опис бенкетів, в яких йшлося про велику різноманітність м'ясних продуктів. На столах давньогрецьких, давньоримських правителів і вельмож у величезній кількості були присутні солоне, сушене, копчене, в'ялене м'ясо свійських і диких тварин [1].

Сушіння м'яса застосовували індіанці Південної Америки та кочові племена північноамериканських жителів. Такий спосіб оцінили іспанські конкістадори, які подорожуючи під палючим сонцем, просто розклали шматочки м'яса на дахи своїх возів, де вони висувалися. І в наші часи кількість любителів сушеного м'яса не зменшується, і воно досі залишається популярним. Тому в сучасних магазинах представлений величезний асортимент такого делікатесу.

Даних по зневодненню вареного м'яса мало, а воно сьогодні починає широко використовуватись в продуктах швидкого приготування (супів, каш та ін.).

М'ясо є незамінним джерелом білка, з якого будується м'язова тканина людини. Воно особливо необхідне для людей, які займаються важкою фізичною працею, а також для військовослужбовців, спортсменів, мандрівників та туристів. У висушеному м'ясі зберігаються протеїни, мікроелементи, амінокислоти в більш концентрованому вигляді, у ньому є цинк, залізо, вітаміни групи В, які корисні для здоров'я людини.

Сушене м'ясо при вживанні поступово розбухає у шлунку, повільно насичуючи організм корисними харчовими компонентами, даруючи почуття ситості і приплив сил. Це простий і швидкий перекус, який допомагає швидко відновити сили. Що дуже важливо для людей, які отримують посилені фізичні навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В Україні функціонують декілька підприємств із виробництва сушеного м'яса. Проте обсяг їх виробництва та асортимент продукції обмежені. На сьогодні відомі способи сушіння м'яса в камерних, каналних, шафових сушарках, а також на відкритому повітрі. Враховуючи тривалість даних способів сушіння сировину перед сушінням спеціально обробляють [1]. Основними недоліками конвективного методу сушіння м'яса в камерних, каналних, шафових сушарках є втрати в сухому продукті розчинних білків та

значна тривалість процесу. Тому ці способи сушіння застосовуються обмежено на дрібних підприємствах [2]. Відоме промислове використання мікрохвильової НВЧ-енергії для сушіння різних харчових продуктів, у тому числі й м'яса. Характер сушіння дозволяє різко інтенсифікувати процеси тепло- і масообміну та зменшити тривалість сушіння.

За останні роки запропоновані різні варіанти сушильних установок із використанням НВЧ-енергії, в тому числі в різних комбінаціях з іншими методами: конвекцією, інфрачервоним випромінюванням, ультрафільтрацією і ін. Але такі установки вітчизняного виробництва відсутні. Сублімаційне сушіння є найбільш поширеним способом зневоднення. Воно полягає в тому, що в умовах вакууму із замороженого продукту сублімують лід, який перетворюється на пару, минаючи рідку фазу. При такому висушуванні забезпечуються мінімальні зміни фізико-хімічних і біологічних властивостей продукту не тільки в процесі сушіння, але й при тривалому зберіганні [3].

Проте, сублімаційне сушіння є досить складне і вартісне, тому не набуло широкого використання. Специфічні властивості окремих м'ясних продуктів зумовлюють різні вимоги до процесу сушіння, а, отже, і до режиму його проведення. Під час організації сушіння необхідно врахувати технологічні властивості продуктів, як об'єктів сушіння. Значення цих властивостей і закономірностей зміни їх під час сушіння залежно від параметрів процесу дає можливість вибору найбільш раціонального способу і режиму сушіння. Раціональні параметри сушіння забезпечують мінімальні витрати енергії при максимальному збереженні високої якості продуктів. Інтенсифікація багатьох способів сушіння відбувається, головним чином, за рахунок підвищення температури сушильного агента. Проте для деяких продуктів застосування високих температур взагалі неприпустимо з технологічних міркувань (сушіння м'яса, овочів, фруктів тощо) [4]. Для удосконалення технології виробництва сушеного м'яса, надання йому певних функціонально-технологічних властивостей виникає необхідність застосування нових способів сушіння м'ясної сировини. У Харківському державному університеті харчування та торгівлі використовували сушіння зі змішаним теплопідведенням. На відміну від інших розповсюджених способів є створення особливих умов взаємодії матеріалу, що зневоднюється, з сушильним агентом – повітрям, зниженням енерговитрат та тривалості процесу, високій якості отриманого продукту за харчовою цінністю, яка не поступається сублімованим продуктам [4]. Метод зі змішаним теплопідведенням є непоширеним через відсутність таких сушарок.

Усе вищесказане, зумовило розроблення комбінованого інфрачервоно-конвективного способу сушіння.

Постановка проблеми є ефективна переробка білковомісної сировини тваринного походження високої біологічної цінності. Дослідження кінетики процесу зневоднення курячої грудки з урахуванням властивостей матеріалу і режимів сушіння інфрачервоно-конвективним та конвективним способами.

Мета роботи і постановка завдань досліджень. Метою роботи є встановлення раціональних параметрів сушіння м'яса курятини комбінованим інфрачервоно-конвективним та конвективним способами. Завданням роботи було вивчення кінетики сушіння та дослідження відновлювальних властивостей сушеного м'яса курятини, отриманого при різних режимах зневоднення.

Методика проведення досліджень. При проведенні досліджень застосовували експериментальні методи з використанням сучасних засобів вимірювання параметрів сушіння: часу проведення досліду, температури теплоносія та зменшення маси матеріалу за допомогою автоматизованих систем збору та обробки інформації в розроблених програмах "Sooshka", та "Cooler" на спеціально спроектованих і виготовлених установках. Для обробки експериментальних даних використовувались методи математичного планування експерименту, а отримані дані оброблялись у сучасних інтегрованих системах Excel та Mathcad.

Для оцінки якості м'яса курятини використані стандартні методи досліджень. Теоретичні дослідження проведені з використанням методів, що ґрунтуються на основних положеннях теорії тепло- і масообміну, теорії подібності, що оброблялись за допомогою комп'ютерних технологій.

Виклад основного матеріалу та отриманих наукових результатів.

Одним із основним параметрів сушіння є температура теплоносія, яка сприяє формуванню відповідних функціонально-технологічних властивостей сушеного м'яса. Параметрами сушіння формують відповідні функціонально-технологічні властивості сушеного м'яса. Під час досліджень було використано курячу грудку.

На функціональні властивості отриманої продукції впливає попередня підготовка сировини (нарізання, варіння). Теплова обробка м'яса доводить продукт до споживчої якості, зменшує мікробне та гельмінтне забруднення. М'ясо курячої грудки нарізали на шматочки 10x10x10 см та варили протягом 10 хв з моменту закипання. Після цього, для дослідження процесу сушіння, нарізали м'ясо на кубики формою 5x5x5 мм. Для отримання гранул використовували побутову м'ясорубку з діаметром сітки 5 мм, на якій перекручували відварене м'ясо, в результаті чого були отримані гранули діаметром 5 мм.

Дані для побудови кривих сушіння були отримані на експериментальному стенді з автоматичним збором та обробкою інформації [5]. При цьому автоматично фіксувалась маса зразка та зміни його температури в процесі сушіння. Зневоднення відбувається нагрітим повітрям при постійному режимі, тобто при постійній температурі повітря t_c , його відносній волозі φ та швидкості руху теплоносія v . Для інтенсифікації процесу сушіння було використано стенд із встановленим в сушильну камеру блоком інфрачервоних ламп з можливістю регулювання теплового потоку від 100 Вт/м² до 3800 Вт/м². Зміна потужності ламп відбувається регулятором реостатного типу [6, 7, 8].

Інфрачервоне або радіаційне сушіння – видалення рідини, найчастіше всього води з матеріалів при підводі до них теплоти ІЧ випромінюванням (ІЧВ). Пристрої з ІЧВ сушінням знайшли використання в різних галузях промисловості. Основним недоліком ІЧВ сушіння є нерівномірність випромінювання, яке надходить на нерівну поверхню дисперсних матеріалів при їх зневодненні через що відбувається їх локальний перегрів або недогрів. Найбільше ці недоліки проявляються при сушінні ІЧВ термолабільних матеріалів, температура яких не може перевищувати 50 °С. До них відносяться матеріали рослинного і тваринного походження, а також велика кількість полімерів. При цьому треба мати на увазі, що термічне руйнування, наприклад, матеріалів тваринного походження призводить не тільки до «обуглювання» продуктів сушіння, а й до теплового руйнування в продукті амінокислот, втрати вітамінів та інших біологічно активних компонентів сировини [9].

Теплове випромінювання, яке використовується в техніці, має довжину хвилі в інтервалі $\lambda = 0,8-800$ мкм [9]. Передача необхідної для випарювання енергії від джерела випромінювання до молекул води в складі, матеріалу, що зневоднюється, відбувається збудженням теплових коливальних процесів резонансними частотами спектра випромінювання молекул води і молекул самого матеріалу. В загальному випадку для взаємодії теплового випромінювання з матеріалом, сушіння є актуальним в усьому інфрачервоному діапазоні довжини хвиль. Тому, при виборі джерела випромінювання можливо розглядати його як абсолютно чорне або сіре тіло, яке має цілий спектр випромінювання з розподілом, яке описується законом Планка [10].

$$e(\lambda n T) = 2\pi C_1(n) \left(\lambda^5 \left[e^{\frac{C_2(n)}{\lambda T}} - 1 \right] \right)^{-1} \quad (1)$$

де, $e(\lambda n T)$ – спектральна напівкуляста густина випромінювання абсолютно чорного тіла, Вт/м³; λ – довжина хвилі, м; T – абсолютна температура, К; $C_1(n) = h C(n)^2$;

$$C_2(n) = \frac{hc(n)}{K}; \quad C(n) = \frac{C_0}{n}; \quad C_0 = 2.9979 \cdot 10^8 \text{ – швидкість}$$

світла в вакуумі, м/с; n – коефіцієнт переломлення середовища; $h = 6,6262 \cdot 10^{-34}$ – постійна Планка, Дж*с; $K = 1,3806 \cdot 10^{-23}$ – постійна Больцмана.

Дослідженнями встановлено, що найбільш оптимальний при використанні в установках ІЧВ сушіння є лампові джерела випромінювання – лінійні газонаповнені лампи розжарювання з вольфрановою спіраллю. Такі лампи малоінерційні, що забезпечує високу керованість процесом теплового впливу на матеріал, а також в найбільшій мірі відповідають вимогам екологічної чистоти при переробці термолабільних матеріалів.

Тому при дослідженнях кінетики сушіння м'яса курятини був використаний ламповий ІЧВ нагрівач, а тривалість його дії керувалась значенням температури, матеріалу, що зневоднюється [9].

Сушильна камера має прозоре скло через яке можна спостерігати за станом матеріалу в процесі сушіння (рис. 1). Через скло видно зміни кольору матеріалу та усадку.

Всі ці зміни взаємопов'язані та впливають на механізм перенесення теплоти та вологи в матеріалі під час сушіння. Процес сушіння є нестаціонарним, він ускладнений випаровуванням вологи та переносом теплоти. Процес сушіння описується за допомогою кривих сушіння кривими швидкості сушіння та температурними кривими.



Рис. 1. Зовнішній вигляд сушильної камери із застосуванням інфрачервоних ламп з можливістю регулювання теплового потоку від 100 Вт/м² до 3800 Вт/м²

На рис. 2. представлена кінетика сушіння м'яса курятини (грудка) при різних режимах конвективним сушінням (55 °С, 80 °С) та комбінованим інфрачервоним випромінюванням із конвективним 100 Вт+55 °С.

Криві сушіння характеризують зміну середньої (інтегральної) вологості матеріалу W в часі t і мають характерний для колоїдних капі-лярно-пористих матеріалів вигляд.

Як видно з рис. 2, конвективне сушіння при температурі теплоносія 80 °С, відбувається досить інтенсивно. Температура матеріалу швидко досягає критичної межі 57 °С на 18-19 хвилині процесу (крива 3'), при цьому вологість матеріалу знизилась більше, ніж на половину $W=30\%$ (крива 3). Висушений до кінцевої вологості матеріал був неякісний. За рахунок розкладання цінних харчових компонентів його кінцева вологість більша, ніж при режимі 55 °С. Це показує, що інтенсивний режим 80 °С досить небезпечний і його можна застосовувати лише нетривалий час, поки температура матеріалу не перевищила критичну межу 57 °С.

При температурі теплоносія 55 °С, процес сушіння досить повільний. Тривалість сушіння (крива 1, 1') біля 120 хв, що у 2 рази довше, ніж при режимі 80 °С. але при цьому режимі прогрів матеріалу дуже повільний кінцева його температура не перевищує критичну межу 57 °С.

Дослідження комбінованого режиму, при якому відбувається весь час конвективний спосіб сушіння при

55 °С, але для інтенсифікації процесу на початку експерименту матеріал піддавався ще й ІЧВ. В результаті відбулося інтенсивне прогрівання матеріалу, при якому вже через 5 хв матеріал досягнув температури майже 55 °С, при цьому вологість була $W=58\%$, тобто вона знизилась від початку процесу всього на 15 %. Щоб матеріал не перетнув критичну температурну межу, ІЧВ було вимкнено і далі відбувалось лише конвективне сушіння при 55 °С.

Отже, при застосуванні на початковому етапі сушіння ІЧВ показало, що інтенсивність сушіння висока. Вона, як видно з кривої 2, на початку процесу сушіння така як при конвективному сушінні 80 °С (крива 3). Це дозволило скоротити процес сушіння до кінцевої вологості матеріалу в порівнянні з безпечним конвективним режимом 55 °С на 25 %. Висушений матеріал був якісний і відповідав всім вимогам технічних умов на нього.

Криві швидкості сушіння, які показують зміну вологості матеріалу за одиницю часу (dW/dt , %/хв), представлені на рис 3.

Криві сушіння побудовані методом графічного диференціювання за кривими сушіння. Швидкість сушіння в даний час визначається як тангенс кута нахилу дотичної, проведеної через точку кривої сушіння, яка відповідає відповідній волозі матеріалу.

Як видно з кривих 1,2,3, на рис. 3 крива 2 з комбінованим нагрівом матеріалу, на початку процесу

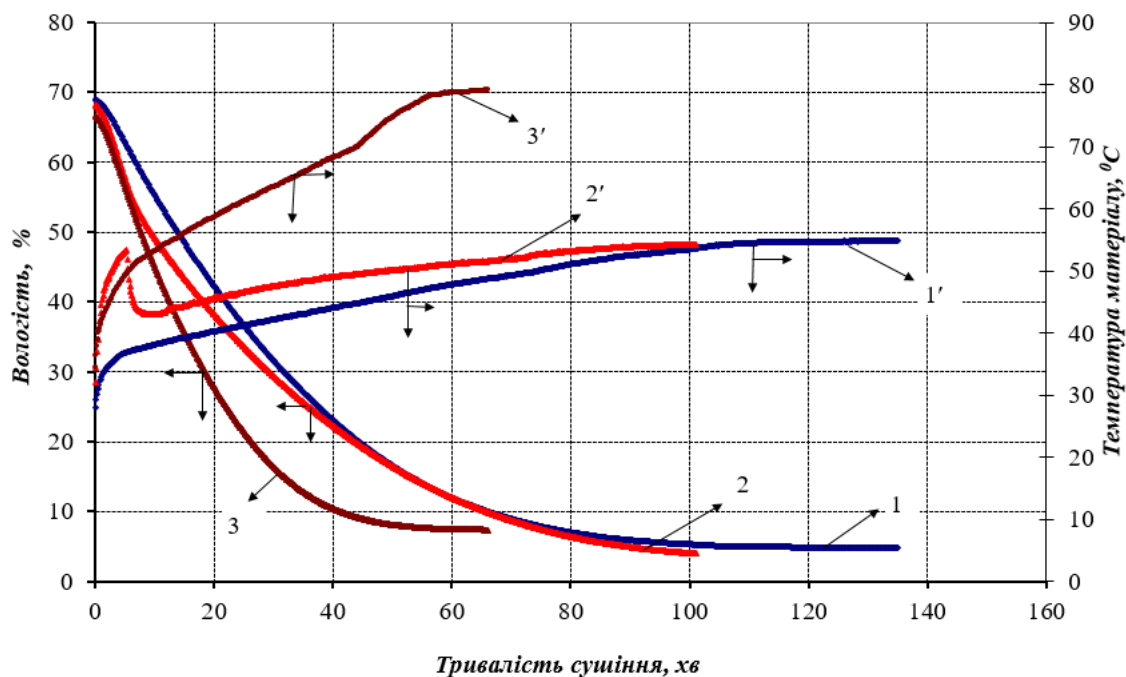


Рис. 2. Зміна вологості м'яса курятини за різних режимів сушіння в елементарному шарі, гранули $d=5 \times 6$ мм, $v = 3$ м/с, $d=10$ г/кг с.п.: 1, 1' – 55 °С; 2 – ІЧ 100 Вт+55 °С; 3 – 80 °С

має найбільшу швидкість сушіння завдяки ІЧВ прогріву м'яса, і яка перевищує конвективний режим сушіння 80 °С на 6 %, а при 55 °С – на 40 °С. Після вимикання ІЧВ швидкість різко знижується, але в подальшому вирівнюється. Найменша швидкість сушіння відповідає температурі режимного параметру 55 °С, що безпечно для м'яса.

Дослідження кінетики сушіння м'яса курятини у вигляді кубиків з розміром 5x5x5 мм при тих самих режимах зневоднення, що і для гранул, представлені на рис. 4. Як видно з рис. 2, початкова вологість гранул становить біля 69 %, а початкова вологість кубиків біля 63 %, що на 6 % менша. Зразок у вигляді гранул поглинає більше води на етапі підготовки, ніж зразок м'яса у вигляді кубиків.

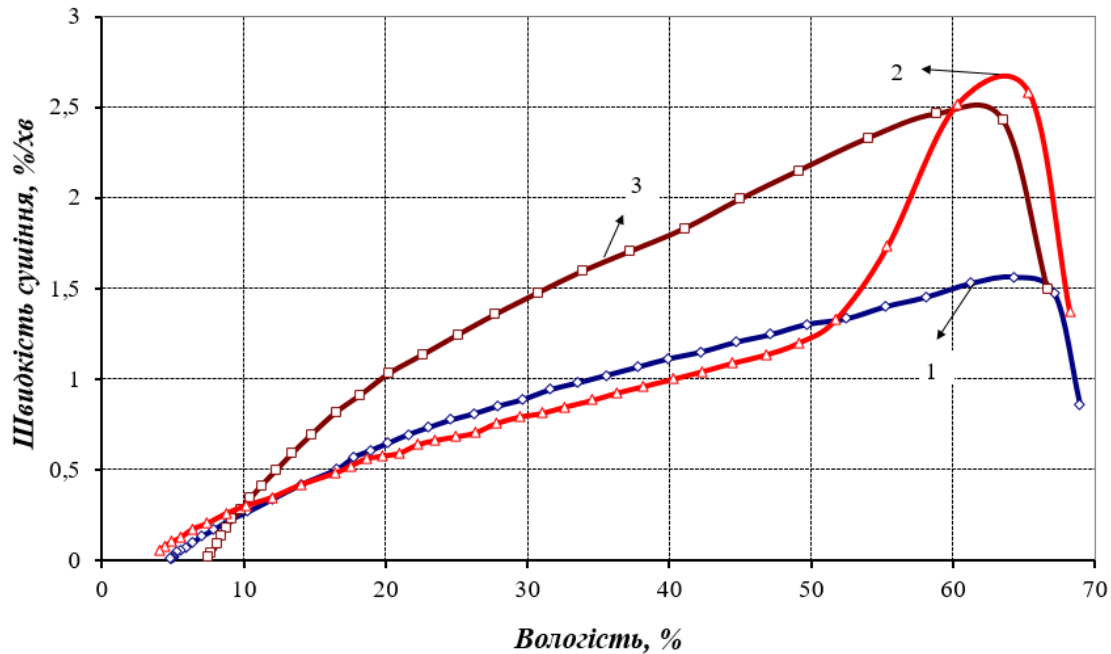


Рис. 3. Зміна швидкості сушіння м'яса курятини за різних режимів сушіння в елементарному шарі, гранули $d=5 \times 6$ мм, $v = 3$ м/с, $d=10$ г/кг с.п.: 1 – 55 °С; 2 – ІЧ 100 Вт+55 °С; 3 – 80 °С

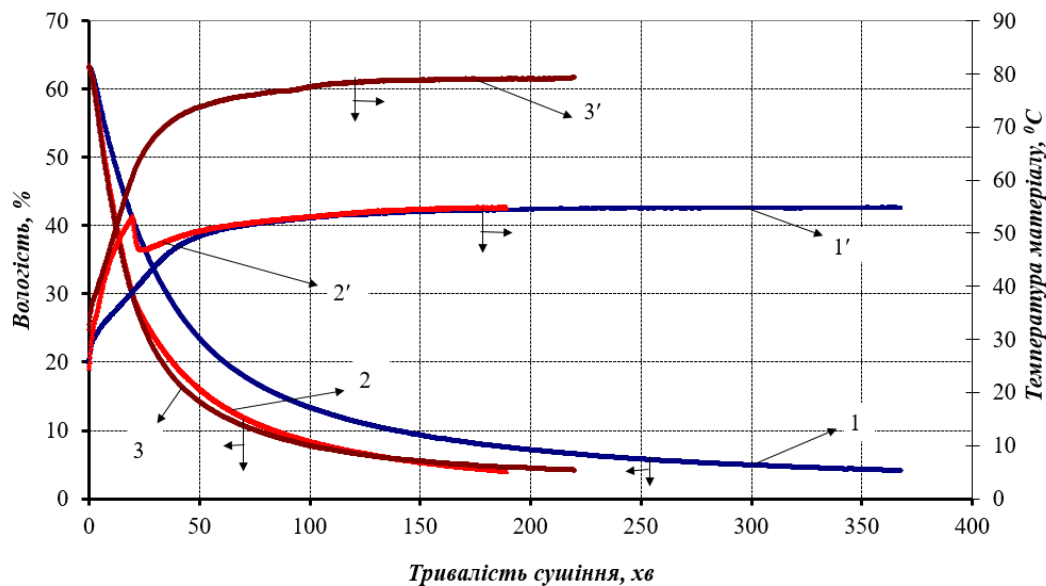


Рис. 4. Зміна вологості м'яса курятини за різних режимів сушіння в елементарному шарі, кубики 5x5x5 мм, $v = 3$ м/с, $d=10$ г/кг с.п.: 1 – 55 °С; 2 – ІЧ 100 Вт+55 °С; 3 – 80 °С

З рис. 4 видно, що криві сушіння при інтенсивному режимі 80 °С та комбінованому

100 Вт+55 °С до вологості 28-29 % співпадають. Але температурні криві показують, що комбінований режим безпечний (рис. 4., крива 2'), тому що температура матеріалу не перевищує критичну межу 57 °С і зразок м'яса мав високу якість. В той же час при режимі 80 °С, якість м'яса була краща, ніж при сушінні гранул при тому ж режимі, але теж не відповідала вимогам технічних умов на м'ясо. Тривалість сушіння при комбінованому режимі на 43 % менша, ніж при конвективному режимі 55 °С, а якість відповідає технічним умовам на м'ясо.

Порівняння кривих сушіння гранул і кубиків м'яса, (рис. 2,3) показує, що тривалість сушіння гранул при комбінованому режимі 100 Вт+55 °С менша за тривалість сушіння при тому ж режимі кубиків в 2,2 рази. При цьому вага гранули та кубика однакова та становить 0,5 г. Порівняння тривалості конвективного сушіння при температурі 55 °С показує, що гранули зневоднюються швидше за кубики в 2,5 рази.

Аналіз кривих швидкості сушіння кубиків показує, що вони відрізняються від кривих сушіння гранул. При зневодненні кубиків максимальна швидкість зневоднення при конвективному сушінні 80 °С більша, ніж

при комбінованому режимі на 4 %. При комбінованому сушінні прогрів матеріалу відбувається значно повільніше у кубиків, ніж у гранул.

Різниця в сушінні м'яса курятини у вигляді гранул і кубиків цільного вареного м'яса пояснюється різницею в структурі зразків. При утворенні гранул була порушена структура білків м'яса, в той час як у кубиках цільного м'яса вона не порушувалась і тому випаровування вологи з гранул відбувається краще, а від цього і інтенсивність процесу зневоднення вища.

Основними речовинами протоплазми клітини, які зв'язують воду за допомогою водневих зв'язків є білки, в поліпептидному ланцюгу яких знаходяться гідрофільні групи CO, NH₂, NH, ON, COH. Під час сушіння сировини білки частково денатурують та коагулюють, в результаті чого можлива колоїдна незворотність сушених продуктів. Взаємодія води з висušеним м'ясом має важливе значення в подальшому його використанні в продуктах швидкого приготування. Білкові речовини, у білкововмісних продуктах, в технологічному процесі приготування супів можуть мати важливе значення лише при наявності певної кількості води, яка йде на їх відновлення. Як правило, продукти з високим вмістом білку в значній кількості здатні до додаткової гідратації, оскільки вони можуть зв'язувати воду в значно більшій

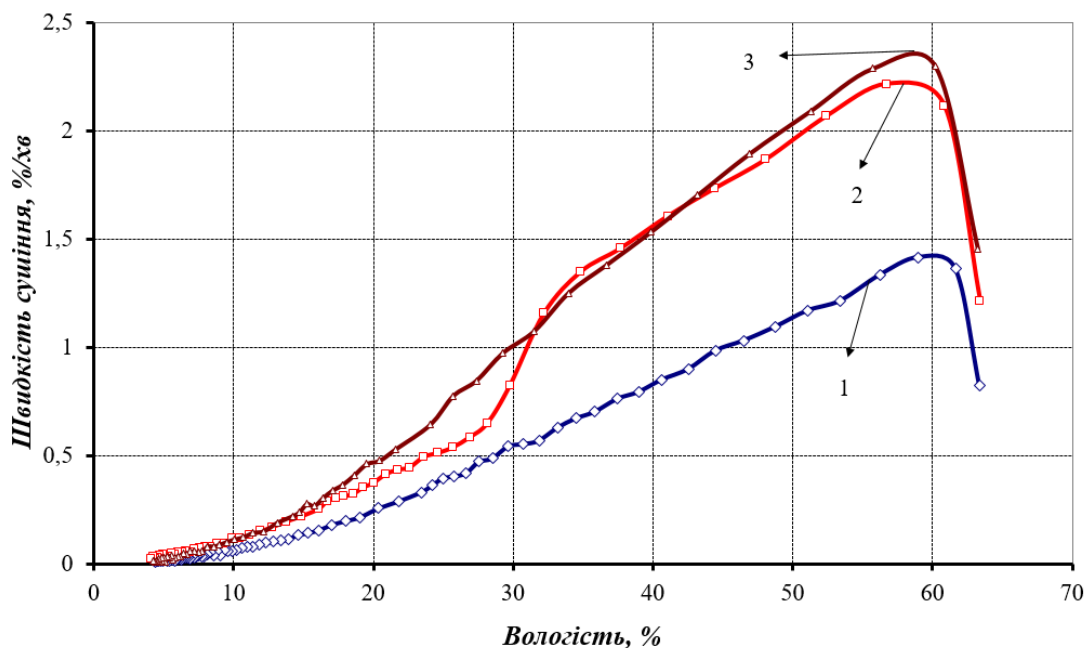


Рис. 5. Зміна швидкості сушіння м'яса курятини (кубики) за різних режимів сушіння в елементарному шарі, кубики $d=5 \times 5 \times 5$ мм, $v = 3$ м/с, $d=10$ г/кг с.п.:

1 – 55 °С; 2 – ІЧ 100 Вт+55 °С; 3 – 80 °С

кількості, ніж вона фізично присутня в продукті. До таких продуктів відноситься м'ясо, риба, яйця. Продукти, в складі яких наявна значна кількість вологи та мало білків, останні повністю гідратовані та не здатні на додаткову гідратацію. До таких продуктів відносять молоко, більшість овочів та фруктів.

Білки, які знаходяться у висушеному стані, проходять гідратацію в кілька етапів. Одним із таких етапів є процес набухання. Набухання – це спонтанний процес поглинання високомолекулярним білком низькомолекулярної рідини, у даному випадку, води. Цей процес призводить до значного збільшення маси та об'єму висушеного м'яса. Під час набухання високомолекулярної речовини вода проникає в глибину завдяки нещільній структурі висушеного білку м'яса. Молекула води, проникаючи всередину зразка, заповнює простір між макромолекулами, відсовуючи їх один від одного, послаблюючи при цьому міжмолекулярний простір. У утворені щілини проникають нові молекули води, в результаті цього збільшується об'єм висушеного зразка під час набухання. Так, наприклад, при набуханні желатину, його об'єм збільшується в 14 разів [10].

Оцінка набухання проводиться за допомогою коефіцієнту набухання (K_n), який показує відносне збільшення маси продукту після набухання і визначає здатність до відновлення початкових якостей матеріалу при зневодненні.

Коефіцієнт набухання визначається за формулою:

$$K_n = \frac{G_2}{G_1}, \quad (2)$$

де K_n – коефіцієнт набухання;

G_1 та G_2 – маса матеріалу до та після набухання відповідно, г.

Таблиця 1. Визначення коефіцієнту набухання сушеного м'яса курячого при температурі відновлення 45 °C та 90 °C та співвідношення води 1:10

№ п/п	Форма матеріалу	Режим сушіння	K_n		Відновлюваність, %	
			<i>t води при відновленні, °C</i>			
			45	90	45	90
1	гранули	55 °C	3,78	4,08	120,9	130,7
2	гранули	100 Вт+55 °C	3,66	3,77	116,4	120,3
3	гранули	80 °C	1,95	2,08	77,1	80,1
4	кубики	55 °C	2,09	2,24	97,7	98,9
5	кубики	100 Вт+55 °C	2,06	2,23	98,1	106,2
6	кубики	80 °C	1,72	1,87	75,2	80,6

Відновлюваність матеріалу B – величина, яка показує наскільки вологість відновленого матеріалу наближується до вихідної маси, яка приймається за 100 %. Визначається за формулою:

$$B = \frac{S_0}{S_1} * K_n * 100 \% , \quad (3)$$

де S_0 - вміст сухих речовин у вихідному матеріалі, %, $S_0 = 100 \% - W_{\text{поч}}$

S_1 - вміст сухих речовин у висушеному матеріалі, %, $S_1 = 100 \% - W_{\text{кінець}}$

Тому важливим етапом є дослідження регідратаційних властивостей сушеного м'яса, отриманого при різних способах його підготовки та режимах сушіння. Був визначений коефіцієнт набухання (K_n) та відновлюваність (B) курячого м'яса у воді з температурою 45 °C і 90 °C при співвідношенні 1:10. Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Відомо з літературних даних, відновлюваність білків висока завдяки їх структурі. Відновлюваність м'яса у формі гранул навіть при температурі сушіння 80 °C $B = 77,1 - 80,1 \%$, а кубиків $B = 75,2 - 80,6 \%$, що є досить високим показником, якщо його порівнювати із висушеною рослинною сировиною, але для м'яса – це низький показник і пояснюється впливом високої температури на білок.

Як видно з таблиці 1, м'ясо сушене у вигляді гранул має високу відновлюваність при комбінованому способі 100 Вт + 55 °C сушіння з t становить $B = 120,3 \%$ та конвективному з температурою 55 °C

$B = 130,7 \%$ відповідно. Також на відновлюваність має великий вплив форма і структура зразка. При однакових режимах сушіння кубики відновлюються на 12-24 % менше, ніж гранули, що негативно впливатиме на якість супів швидкого приготування. Як видно з таблиці 1, температура води при відновленні м'яса, яка становить

45 °С та 90 °С не суттєво впливає на процес. Температура води 90 °С дає максимальне відновлення зразків. Температура води 45 °С також має наблизені показники до оптимальних.

Дослідження з визначення коефіцієнту набухання та відновлюваності показали про можливість використання значно нижчих температур для відновлювання м'яса курятини при заварюванні супів, що дає ширший діапазон у їх використанні.

Висновки.

Встановлено ефективний комбінований інфрачервоно-конвективний режим сушіння м'яса курятини 100 Вт + 55 °С.

Встановлена енергоефективна температура відновлення м'яса курятини 45 °С при його використанні в продуктах швидкого приготування.

Відновлюваність вареного подрібненого в м'ясорубці і висушеного м'яса курятини вища на 12 - 24 %, ніж відновлюваність зварених висушених кубиків того ж м'яса.

Використання м'яса курятини в продуктах швидкого приготування більш раціонально використовувати подрібненим на м'ясорубці та зневодненим у вигляді гранул.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клименко М.М., Віннікова Л.Г., Береза І.Г., Гончаров Г.І., Пасічний В.М., Баль-Прилипко Л.В., Кишенько І.І., Буша О.О., Ткаченко К.Д. Технологія м'яса та м'ясних продуктів. Підручник під ред. М.М. Клименка. К.: Вища освіта, 2006; 640 с. ISBN 966-8081-64-1.
2. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Самойленко К.М., Слободянюк К.С. Тепломасообмінні процеси отримання комбінованих функціональних порошків. Монографія. Тропея, 2022 р. ,150 с.

3. Погожих М. І., Євлаш В.В., Неміріч О.В., Максименко А.Є. Кінетика сушіння м'яса яловичини способом змішаного теплопідведення. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2013; 1 (1): 79-84. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt_2013_1\(1\)_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt_2013_1(1)_12).

4. Погожих Н.И. Научные основы теории и техники сушки пищевого сырья в массообменных модулях: дис. д-ра техн. наук, Харьков, 2002; 365.

5. Петрова Ж.О., Пазюк В.М., Вишневський В.М., Граков Д.П., Граков, О.П. Сушіння капусти білокачанної на конвективному сушильному стенді. Теплофізика та теплоенергетика, 2021; 43 (3), 24-29.

6. Petrova Zh., Grakov O. Vishnevsky V. Overview of existing researches of the process of drying purple cabbage. Збірник тез доповідей XX міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання». Київ: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021; 22 – 24.

7. Петрова Ж.О., Слободянюк К.С., Вишневський В.М., Граков О.П. Дослідження кінетики сушіння червонокочанної капусти на конвективній сушарці. Збірник тез доповідей XX міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів». Київ: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022; 25-27.

8. Петрова Ж.О., Слободянюк К.С., Вишневський В.М., Граков, О.П. Дослідження кінетики сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів у конвективній сушильній установці. Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції «Удосконалення процесів та обладнання харчових та хімічних виробництв». Одеса: ОНТУ, 2022; 14-16.

9. Завалий А.А., Снежкін Ю.Ф. Разработка і тепловое моделирование устройств инфракрасной сушки термостабильных материалов. Монографія. ИТ Ариал, Симферополь, 2016; 262 с.

10. Енциклопедія харчування (в десяти томах). Під ред. Л.З. Шильмана. Том 6. Харків, Мир книг, 2017.

CHOICE OF A RATIONAL MODE OF DRYING CHICKEN MEAT WHEN USED IN FAST COOKING PRODUCTS

Sniezhkin Yu. F.¹, Petrov P. I.²

¹Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, 2a, Marii Kapnist Str., Kyiv, Ukraine, 03057, <https://orcid.org/0000-0002-9049-3392>, email: itf_ntps@ukr.net

²graduate student, Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, 2a, Marii Kapnist Str., Kyiv, Ukraine, 03057, <https://orcid.org/0009-0006-0632-3558>, petrov.mriya@gmail.com

<https://doi.org/10.31472/tpe.4.2024.6>

In modern conditions conducting military operations on the territory of Ukraine, there is a need for quality food for soldiers on the front line and the population in extreme conditions, where it is impossible to provide normal hot food. The main requirement for such products is increased caloric content, which is provided by protein-containing raw materials of animal origin (chicken meat).

With this in mind, the use of specially prepared dried chicken meat, which is a natural product and increases its caloric content, in fast food products, namely in various soups and borscht, is a rather urgent matter.

In this article, the kinetics and rational modes of drying chicken breast meat using the combined infrared-convective method of 100 W + 55 °C and the form (cubes, granules) are determined. The renewable properties of dried meat from the shape of the samples were determined.

References 10, fig. 5, tabl. 1.

Keywords: convective drying, infrared radiation, effective drying modes, chicken meat.

1. Klymenko M.M., Vinnikova L.G., Bereza I.G., Goncharov G.I., Pasichnyi V.M., Bal-Prylypko L.V., Kyshenko I.I., Bysha O.O., Tkachenko K.D.. Tekhnolohiya m'yasa ta m'yasnykh produktiv [Technology of meat and meat products]. Textbook edited by M.M. Klymenka K.: Higher education, 2006; 640 c. ISBN 966-8081-64-1. (ukr.).

2. Sniezhkin Yu.F., Petrova Zh.O., Samoilenko K.M., Slobodianiuk K.S. Teplomassoobminni protsesy otrymannya kombinovanykh funktsional'nykh poroshkiv [Heat and mass transfer processes of obtaining combined functional powders]. Monograph. Tropea, 2022, 150 p. (ukr.).

3. Pohozhykh M.I., Yevlash V.V., Niemirich O.V., Maksymenko A. Ye. Kinytyka sushynnya m'yasa yalovychyny metodom zmishanoho teplopostachannya [Kinetics of beef meat drying by the method of mixed heat supply]. Progressive equipment and technologies of food production, restaurant industry and trade, 2013; 1 (1): 79-84. Access mode: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt_2013_1\(1\)_12.\(ukr.\)](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pt_2013_1(1)_12.(ukr.)).

4. Pohozhykh M.I. Nauchnyye osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevogo syr'ya v massoobmennykh modulyakh [Scientific basis of the theory and technique of drying food raw materials in mass exchange modules] dis. doctor of Technical Sciences, Kharkov, 2002; 365. (rus)

5. Petrova Zh.O., Paziuk V.M., Vyshnievskiy V.M., Hrakov D.P., Hrakov, O.P. Sushynnya bilokachannoyi kapusty na konvektyvnyi sushartsi [Drying white cabbage on a convective drying stand]. Thermophysics and thermal power engineering, 2021; 43 (3), 24-29. (ukr.).

6. Petrova Zh., Hrakov O. Vishnevsky V. Overview of existing researches of the process of drying purple cabbage. A collection of abstracts of reports of the 20th international scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Resource-energy-saving technologies and equipment". Kyiv: "KPI named after Igor Sikorsky", 2021; 22 – 24.

7. Petrova Zh., Slobodianiuk K.S., Vyshnievskiy V.M., Hrakov O.P. Doslidzhennya kinytyky sushynnya kapusty chervonoholovoyi na konvektyvnyi sushartsi [Study of drying kinetics of red cabbage on a convective dryer]. Collection of abstracts of reports of the 20th international scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Equipment of chemical production and building materials enterprises". Kyiv: "KPI named after Igor Sikorsky", 2022; 25-27.

8. Petrova Zh.O., Slobodianiuk K.S., Vyshnievskiy V.M., Hrakov O.P. Study of drying kinetics of colloidal capillary-porous materials in a convective drying unit. Collection of abstracts of reports of the 19th International Scientific Conference "Improvement of processes and equipment of food and chemical industries". Odesa: ONTU, 2022; 14-16. (ukr.).

9. Zavalii A.A., Sniezhkin Yu.F. Razrabotka i teplovoye modelirovaniye infrakrasnykh sushil'nykh ustanovok dlya termolabil'nykh materialov [Development and thermal modeling of infrared drying devices for thermolabile materials] Monograph. IT Arial, 2016; 262 p.

10. Entsiklopediya kharchuvannya [Encyclopedia of food] (in ten volumes). Ed. L.Z. Shilman. Volume 6. Kharkiv, Mir Knig, 2017

Отримано 16.10.2024

Received 16.10.2024

Прийнято до друку 14.11.2024
Accepted for publication 14.11.2024