

УДК 637.524

PREDICTION OF SHELF LIFE OF SEMI-COOKED MEAT, PACKED UNDER DIFFERENT CONDITIONS

A. Bashkirova

Institute of food resources NAAS

L. Potapenko

Taras Shevchenko National University

Key words:

*Semi-cooked meat
Vacuum
MAP
Mathematical model
Storage*

ABSTRACT

The article discusses the main factors restricting the storage of semi-cooked beef and pork, packed in vacuum and MAP. Based on the obtained results, the mathematical model of semi-finished products storage was developed and its safety was proved. The obtained equations make it possible to predict the shelf life of meat products at any time with high accuracy.

Article history:

Received 30.09.2014
Received in revised form
12.10.2014
Accepted 25.10.2014

Corresponding author:

S. Balyuta

E-mail:

annabashkirov@yandex.ru

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕРМІНІВ ЗБЕРІГАННЯ М'ЯСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ, ПАКОВАНИХ У РІЗНИЙ СПОСІБ

А.К. Башкірова

Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Л.І. Потапенко

Київський національний університет ім. Т. Шевченка

У статті розглянуто основні фактори, які обмежують зберігання натуральних напівфабрикатів з яловичини та свинини, пакованих у вакуум і МГС. На основі одержаних результатів побудовано математичну модель зберігання натуральних напівфабрикатів та доведено її безпечність. Отримані рівняння дають змогу прогнозувати терміни придатності м'ясних продуктів з високою точністю у будь-який момент часу.

Ключові слова: *м'ясні напівфабрикати, вакуум, МГС, математична модель, зберігання.*

Сьогодні першорядним завданням для харчової промисловості є можливість прогнозування термінів зберігання продуктів харчування й контролювання їх якості та безпечності. Саме тому широкого розповсюдження набуло

застосування кінетичного моделювання процесів псування харчової продукції для швидкого оцінювання стабільності продукту упродовж зберігання [1]. Це особливо актуально за проектування нових видів продуктів і використання сучасних систем пакування.

Нині для кінетичного моделювання процесів зберігання продуктів харчування застосовують два методи [2].

У першому математичну модель будують за механізмами реакцій, які викликають псування продукту. Визначають стадії реакцій, їх направлення, склад основних і проміжних продуктів, складають диференційні рівняння за кожним продуктом реакції з урахуванням впливу параметрів процесу зберігання, зокрема температури. Однак у більшості випадків механізми реакцій надто складні або зовсім не вивчені, тому застосування означеного методу моделювання стає неможливим.

Другий метод заснований на використанні формального рівняння кінетики для змінної, що пов'язана з якістю та безпечністю продукції. Цією змінною може бути концентрація певного компонента, колір, кількість мікроорганізмів тощо.

Найбільш розповсюдженим кінетичним методом тестування термінів придатності продукту є «метод початкової швидкості» [3]. Цей метод застосовують за можливості відслідковувати процес псування за допомогою точних і чутливих аналітичних методів у реальних умовах зберігання. У цьому випадку існує можливість отримання кінетичних даних про початкову швидкість процесів псування на ранніх стадіях.

Оскільки у промислових умовах спостерігається брак методів адекватного оцінювання термінів зберігання продуктів, то особливого значення набуває можливість прискореного прогнозування термінів зберігання на основі кінетичного моделювання з урахуванням критичного параметра оптимізації. Вибір останнього і є найважливішою складовою моделювання, адже саме він відповідає за «надійність» моделі у реальних умовах виробництва й реалізації.

Мета дослідження. Наукове обґрунтування термінів зберігання пакованих м'ясних напівфабрикатів відповідно до виду пакувань на основі кінетичної теорії моделювання якості з урахуванням параметра оптимізації.

Об'єкти дослідження. Паковані зразки натуральних напівфабрикатів з яловичини та свинини (тазостегнова частина).

Методи дослідження. Пакування здійснювали на вакуум-пакувальних машинах з використанням багат шарових плівок типу РА/РЕ (для пакування у вакуум) і РА/ЕVОН/РЕ (для пакування у МГС). У вакуум зразки запакували з вакуумуванням до 96 %, у МГС — з попереднім вакуумуванням і подальшим подаванням газової суміші: 20 % CO₂/80 % N₂ — МГС-1 або 20 % CO₂/10 % N₂/70 % O₂ — МГС-2. Зразки напівфабрикатів зберігали за температури (4±1) °С і відносної вологості (76±2) %.

Результати і обговорення. Наукове обґрунтування термінів зберігання пакованих м'ясних напівфабрикатів передбачало дослідження змін мікробіологічних, фізико-хімічних, структурно-механічних та інших характеристик натуральних великокускових напівфабрикатів з яловичини та свинини, пакованих у МГС і вакуум [4, 5].

Основним обмежуючим фактором зберігання напівфабрикатів визнано наявність бактерій групи кишкової палички (БГКП) (табл. 1). Зважаючи на це, паковані у вакуум і МГС напівфабрикати доцільно зберігати до 10 діб, а з урахуванням «коефіцієнта резерву» (1,3) — 8 діб.

Таблиця 1. Розвиток бактерій групи кишкової палички упродовж зберігання великокускових напівфабрикатів з яловичини і свинини

Вид пакування	Тривалість зберігання, діб														
	0	3	5	7	10	12	15	0	3	5	7	10	12	15	
	яловичина							свинина							
Вакуум	н/в	н/в	н/в	н/в	+	10 ¹	10 ²	н/в	н/в	н/в	н/в	10 ²	10 ²	10 ³	
МГС-1	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	+	10 ¹	н/в	н/в	н/в	н/в	10 ¹	10 ¹	10 ²	
МГС-2	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	н/в	+	н/в	н/в	н/в	н/в	+	+	+	

Примітка: «н/в» — не виявлено; «+» — виявлено у 1 г продукту

Проте у цьому випадку використання показника наявності БГКП як критичного параметра оптимізації неможливе, оскільки це виключає можливість моделювання не тільки на основі «методу початкової швидкості», але й інших кінетичних методів моделювання.

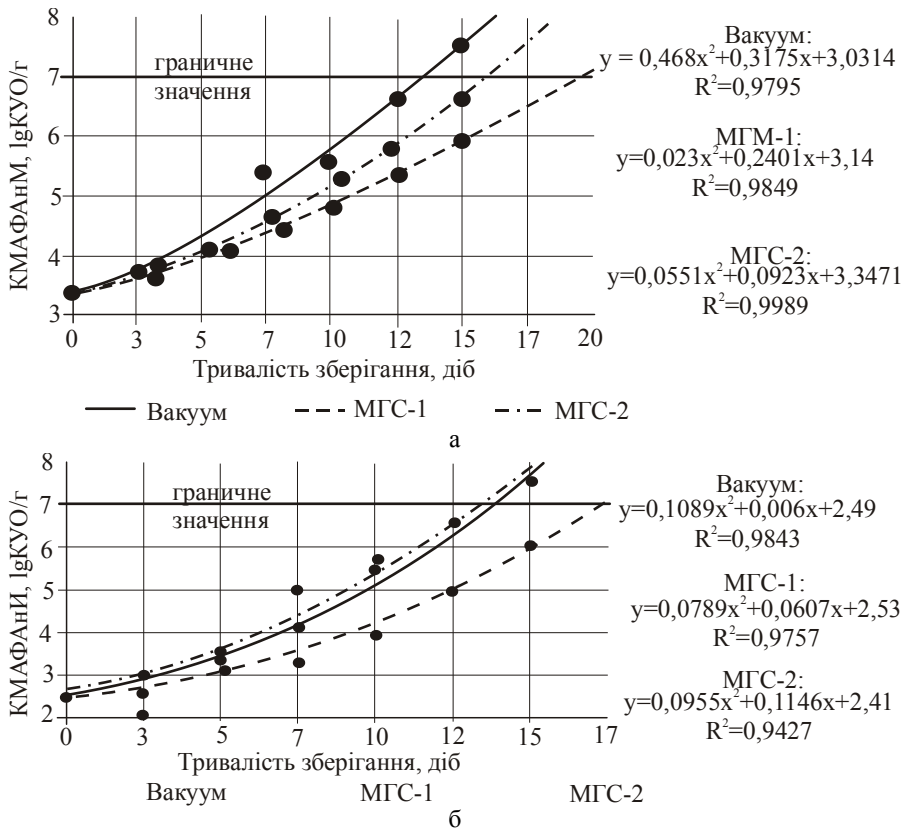


Рис. 1 Розвиток МАФАнМ упродовж зберігання великокускових напівфабрикатів з яловичини (а) і свинини (б)

Для коректного використання та інтерпретації майбутньої моделі необхідно обрати такий критичний параметр оптимізації, який би відображав не тільки біологічний зміст процесу псування, але й зводив до мінімуму розбіжність між моделлю й вимірювальними показниками.

Альтернативою може стати показник загальної кількості мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ) (рис. 1). Досягнення гранично-допустимого рівня загальної КМАФАнМ ($1,0 \cdot 10^7$ КУО/г) у вакуумних пакуваннях напівфабрикатів з яловичини відбулося на 13 добу зберігання, у середовищі з високим вмістом кисню (МГС-2) — на 16 добу, в безкисневому середовищі (МГС-1) — на 19 добу зберігання. У зразках напівфабрикатів зі свинини, відповідно, на 13 добу — вакуум і МГС-2, 17 добу — МГС-1. Проте органолептичне та фізико-хімічне оцінювання пакувальних одиниць, зокрема накопичення аміно-аміачного азоту та летких жирних кислот, наявність бактерій групи кишкової палички, обмежує зберігання пакованих натуральних напівфабрикатів до 10 діб. Встановлений факт дозволив рекомендувати зниження гранично допустимого рівня КМАФАнМ для великокускових натуральних напівфабрикатів до $5 \cdot 10^5$ КУО/г відповідно до вимог російського СанПіН, що сприятиме відповідності терміну зберігання, визначеному за органолептичним оцінюванням та обмеженим ризиком наявності БГКП.

Для прогнозування фактичного терміну зберігання пакованих натуральних напівфабрикатів необхідно оцінити залежність процесу псування (накопичення загальної мікрофлори) від часу. Для мікробіологічних процесів про цю залежність можна судити на основі реакції першого порядку. Для побудови математичної моделі з метою контролювання загальної кількості мікроорганізмів використовуємо кінетичне рівняння:

$$\frac{dC}{d\tau} = kC^n \quad (1)$$

з початковою умовою

$$C(0) = C_0, \quad (2)$$

де C — загальна кількість мікроорганізмів; k — приведена кінетична константа, яка уточнює модель; τ — час зберігання; n — порядок реакції, $n=1$.

Розв'язок задачі (1)—(2) має вигляд:

$$C = C_0 e^{k\tau}. \quad (3)$$

Кінетична константа k у загальному випадку є невідомою величиною. Для її визначення використовуємо додаткову умову: $C(\tau_1) = C_1$. У цьому випадку одержуємо:

$$C = C_1 e^{k\tau_1}. \quad (4)$$

Провівши логарифмування (4), отримаємо:

$$\lg C_1 = \lg C_0 + \lg e^{k\tau_1} = \lg C_0 + k\tau_1 \lg e. \quad (5)$$

Звідси отримуємо рівняння для кінетичної константи k :

$$k = \frac{\lg C_1 - \lg C_0}{\tau_1 \lg e} = \frac{\ln 10 (\lg C_1 - \lg C_0)}{\tau_1}. \quad (6)$$

Врахувавши рівняння (6), отримаємо рівняння прогнозованих значень:

$$\lg C = \lg C_0 + k\tau \lg e = \lg C_0 + (\lg C_1 - \lg C_0) \frac{\tau}{\tau_1}. \quad (7)$$

Таким чином, отримано математичну модель (7) зберігання натуральних напівфабрикатів у різних пакуваннях, що описує кінетику зміни критичного параметра оптимізації (C) — загальну кількість мікроорганізмів.

Для подальшого прогнозування термінів зберігання натуральних напівфабрикатів необхідно розрахувати значення кінетичної константи за початкової швидкості з рівняння (6), де значення C_0 та C_1 знаходять як функцію від τ за проведеними експериментальними дослідженнями вмісту загальної кількості мікроорганізмів у натуральних напівфабрикатах, пакованих у різний спосіб (рис. 1).

Таблиця 2. Значення приведеної кінетичної константи

Вид пакування	k — приведена кінетична константа
яловичина	
Вакуум	0,222
МГС-1	0,159
МГС-2	0,171
свинина	
Вакуум	0,305
МГС-1	0,2075
МГС-2	0,373

За використання методу початкової швидкості проведення прискореного тестування термінів зберігання рівняння (7) — єдина необхідна кінетична модель. Відповідно, процес екстраполяції, згідно з даними табл. 2, досить нескладний. Термін зберігання продукту t_s визначають за рівнянням:

$$t_s = \left(\frac{\lg C - \lg C_0}{k} \right) \lg e. \quad (8)$$

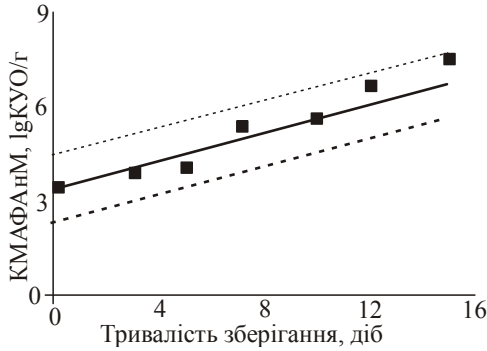
Валідизацію отриманої моделі проводили за коефіцієнтом множинної кореляції R^2 з довірчим інтервалом 95 % (рис. 2). Як і очікувалось, отримано відповідний ступінь узгодженості між експериментальними та прогнозованими значеннями. Це свідчить про адекватність отриманої математичної моделі зберігання натуральних м'ясних напівфабрикатів.

Таким чином, отримана математична модель (7) дає змогу прогнозувати процес зберігання натуральних м'ясних напівфабрикатів, пакованих у різний спосіб, і визначати терміни їх придатності у будь-який момент часу з високою точністю.

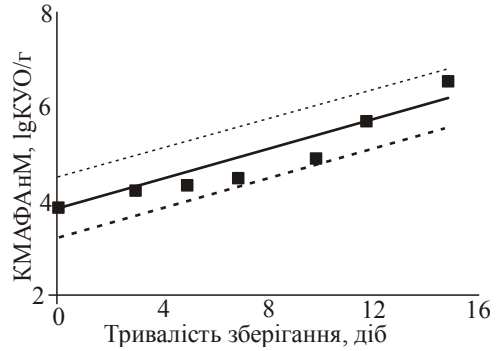
Висновки

Проведене дослідження дало змогу обґрунтувати максимальні терміни зберігання натуральних м'ясних напівфабрикатів, пакованих у різний спосіб (терміни зберігання становлять 10 діб). Отримано адекватну математичну модель процесу зберігання натуральних напівфабрикатів на основі кінетич-

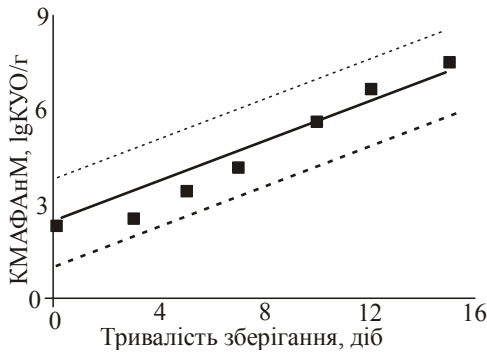
ного параметру оптимізації, що дозволяє визначати терміни придатності натуральних напівфабрикатів відповідно до типу пакування на будь-якому етапі зберігання. Показано, що експериментальне моделювання процесів зберігання надає можливість прогнозувати терміни зберігання м'ясних продуктів і контролювати їхню якість та безпеку.



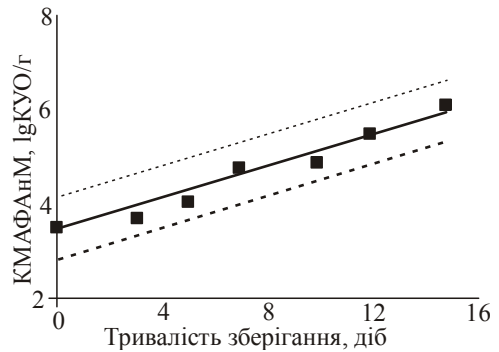
а) яловичина, вакуумне пакування $R^2=0,8989$



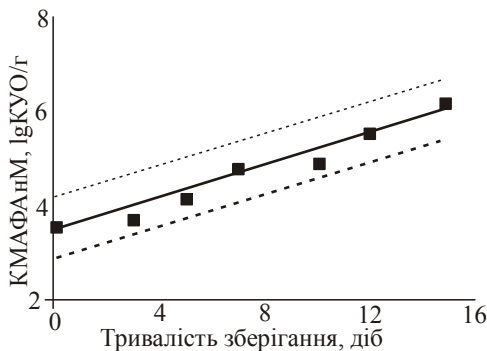
г) свинина, вакуумне пакування $R^2=0,9372$



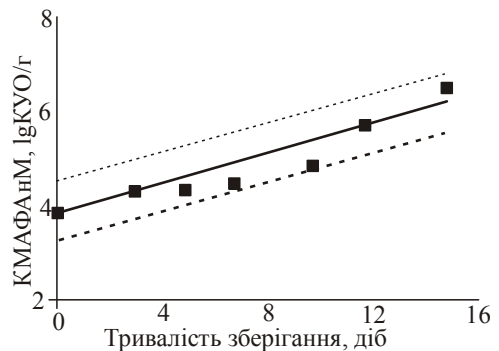
б) яловичина, пакування у МГС-1 $R^2=0,9538$



д) свинина, пакування у МГС-1 $R^2=0,8765$



в) яловичина, пакування у МГС-2 $R^2=0,9217$



е) свинина, пакування у МГС-2 $R^2=0,8857$

Література

1. Коваль О. Кінетична теорія моделювання якості й прогнозування терміну придатності харчових продуктів / О. Коваль, В. Гуць // Товари і ринки. — 2008. — № 2. — С. 67—74.

2. Севодина К.В. Кинетическое моделирование и его роль в изучении процессов не ферментативного потемнения пищевых продуктов / К.В. Севодина, Г.И. Севодина // Ползуновский вестник. — 2011. — № 4—1. — С. 56—58.

3. Срок годности пищевых продуктов. Расчет и испытание / [под ред. Р.Стеле; пер. с англ. В.Широкова под общ.ред. Ю.Г.Базарновой]. — СПб.: Профессия, 2008. — 480с.

4. Башкірова А. Мікробіологічна стабільність пакованих м'ясних напівфабрикатів / А. Башкірова, О. Франко // Продовольча індустрія АПК. — 2011. — № 4. — С. 14—17.

5. Франко О.В. Дослідження якості та безпечності натуральних напівфабрикатів при зберіганні у модифікованому газовому середовищі / О.В. Франко, А.К. Башкірова // «Технічні науки: стан, досягнення і перспективи розвитку м'ясної, олієжирової та молочної галузей», 22—23 березня 2012 р.: тези доп. — Київ, НУХТ, 2012. — С. 38.

6. Лапач С.И. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием EXCEL / С.И. Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабич. — К.: Морион, 2001. — 2-е изд. — 408 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ, УПАКОВАННЫХ В РАЗЛИЧНЫЙ СПОСОБ

А.К. Башкирова

Институт продовольственных ресурсов НААН Украины

Л.И. Потапенко

Киевский национальный университет им. Т. Шевченко

В статье рассмотрены основные лимитирующие факторы, ограничивающие сроки хранения натуральных полуфабрикатов из говядины и свинины, упакованных в вакуум и МГС. На основе полученных результатов построена математическая модель хранения натуральных полуфабрикатов и доказана её безопасность. Полученные уравнения предоставляют возможность прогнозировать сроки хранения мясных продуктов в любой момент времени с высокой точностью.

Ключевые слова: мясные полуфабрикаты, вакуум, МГС, математическая модель, хранение.