

(бланманже та мус) з використанням антоціанових добавок із ягід імуномодулюючої дії для закладів ресторанного господарства. Результати досліджень показали, що розроблені вітамінізовані желеїні десерти порівняно з традиційними відрізняються значним змі-

стом таких БАР, як L-аскорбінова кислота, антоціанові барвні речовини, фенольні сполуки, і можуть використовуватись як продукти профілактичного та оздоровчого харчування.

Поступила 02.2013

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Павлюк, Р.Ю. Нове покоління молочних продуктів у підвищенні імунітету [Текст] / Р.Ю. Павлюк // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: зб. наук. пр.: у 2-х ч. / ХДУХТ – Харків, 2003. – Ч. 1 – С. 93–99.
2. Павлюк, Р.Ю. Розробка технології консервованих функціональних антоціанових добавок з використанням процесів механоактивації та заморожування [Текст] / Р.Ю. Павлюк, В.В. Яницький, Т.В. Крячко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. / ХДУХТ – Харків, 2008. – Вип. 2 (8). – С. 89–97.
3. Вейс, А. Макромолекулярная химия желатина [Текст]: монографія / А. Вейс. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 474 с.
4. Зубченко, А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий [Текст] / А.В. Зубченко. – Воронеж: ВГТА, 2001. – 389 с.
5. Твердохлеб, Г.В. Технология молока и молочных продуктов [Текст] / Г.В. Твердохлеб, Г.Ю. Сажин, Р.И. Раманаскас. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 616 с.

УДК 66.011;664.002.5

МОСТОВА Л.М., канд. техн. наук, доцент, МАРТИНЕНКО Л.Г., канд. техн. наук, доцент, КОМАРОВА М.О.

Харківський торговельно-економічний інститут
Київського національного торговельно-економічного університету

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ОБРОБКИ НА ВМІСТ ВІТАМІНУ С В ХАРЧОВОМУ ПРОДУКТІ

Побудовано диференціальне рівняння, яке описує зміну вітаміну С в харчовому продукті за рахунок дифузії та хімічних перетворень. Розроблено метод вирішення такого диференціального рівняння. Досліджено зміну концентрації вітаміну С в картоплі, яка має радіус 10 мм у залежності від температури обробки. Встановлено, що ця залежність має максимальні значення при температурі 117 °С.

Ключові слова: моделювання, вітаміни, харчові продукти, термічна обробка, оптимізація.

A differential equation which describes the change of a vitamin C in a food product at the expense of diffusion and chemical transformation has been built. The technique of solving such a differential equation has been developed. The change of the concentration of vitamin C in 10-mm-radius potatoes subject to the treatment temperature has been studied. It has been proved that the response is highest at 117 °C.

Keywords: modeling, vitamins, foods, heat treatment optimization.

У харчовій промисловості найбільш поширеним методом обробки харчових продуктів є теплова обробка. Приблизно 75-85 % виробів продукції громадського харчування в обов'язковому порядку піддається термічній обробці [1]. Однак все це не означає, що теплова обробка продуктів не позбавлена недоліків.

При гідротермічній обробці харчових продуктів близько 90 % енергії потрапляє в навколишнє середовище, приблизно на (30-50) % зменшується біологічна цінність продуктів [2,3]. Це обумовлено недосконалістю сучасних механізмів моделювання, технологій та технічних засобів, які супроводжують цей процес.

У зв'язку з цим, завдання удосконалення режимів обробки та механізму визначення зміни концентрації вітаміну С в харчовому продукті під час теплової обробки є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, які присвячені моделюванню зміни концентрації вітаміну С в харчовому продукті під час теплової обробки доводить, що на сьогодні не розроблений механізм моделювання, який би одночасно враховував зменшення кількості вітаміну С під дією процесів дифузії та термічного перетворення.

Так, наприклад, у роботі [1] розроблений механізм моделювання зміни концентрації вітаміну С тільки за рахунок явища дифузії.

У роботі [3] розроблений механізм розрахунку

зміни концентрації вітаміну С у харчовому продукті тільки за рахунок термічних перетворень. У цих дослідженнях не враховано, що температура продукту у процесі обробки змінюється за часом та вздовж просторової координати.

Нехтування взаємного впливу між явищами дифузії та термічного перетворення на зміну концентрації вітаміну С в харчовому продукті при термічній обробці може привести до великих похибок в дослідженнях.

Метою даної роботи є удосконалення механізму моделювання зміни концентрації вітаміну С в харчовому продукті під час теплової обробки для підвищення їхньої вітамінної цінності.

Фізичну модель зміни вітаміну С (L-аскорбінової кислоти) в харчовому продукті при термічній обробці можна представити наступним чином.

Харчовий продукт, який має геометричну форму кулі радіусом R і початкову температуру T_0 , розміщується в нагрітому до температури T_k середовищі. Після цього в харчовому продукті інтенсифікуються наступні фізичні та хімічні явища:

1. Згідно з явищем теплопровідності, температура харчового продукту буде збільшуватися, бо початкова температура продукту менша за температуру нагрітого середовища.

2. Згідно з явищем дифузії, кількість вітаміну в продукті почне зменшуватися, оскільки концентрація вітаміну в продукті значно вища від концентрації вітаміну в нагрітому середовищі.

3. За рахунок хімічних перетворень під дією енергії теплового руху молекули вітаміну С будуть руйнуватися.

Припустимо, що початкова концентрація c_0 вітаміну С постійна в різних частинах продукту. Концентрація вітаміну в нагрітому середовищі, в якому розміщують харчовий продукт, відсутня й не змінюється з часом.

Згідно зі сформульованою фізичною моделлю, температурне поле харчового продукту змінюється за часом та неоднорідне вздовж просторової координати.

Це поле можна представити наступним аналітичним виразом, якщо температура нагрітого середовища підтримується постійною [4]:

$$T(r, \tau) = 273 + T_{\infty} + 2 \cdot (T_0 - T_{\infty}) \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\sin\left(\frac{n\pi r}{R}\right)}{r} \cdot \frac{R}{n\pi} \exp\left[-a \cdot \left(\frac{n\pi}{R}\right)^2 \tau\right] \quad (1)$$

де T_{∞} – температура нагрітого середовища, °C; T_0 – початкова температура харчового продукту, °C; r – просторова координата, м; R – радіус харчового продукту, м; a – коефіцієнт температуропровідності харчового продукту, m^2/c .

Згідно із сформульованою фізичною моделлю, математичну модель зміни вітаміну в продукті при гідротермічному процесі можна розробити наступним способом.

Виділимо в харчовому продукті довільний об'єм V . У цьому об'ємі знаходиться N молекул вітаміну. З них одна частина N_1 молекул зникають із досліджуваного об'єму за рахунок термічного перетворення, а інша частина N_2 молекул покидає об'єм V за рахунок явища дифузії.

Для визначення зміни концентрації вітаміну C за рахунок термічного перетворення під дією теплової енергії використаємо відомий вираз, що характеризує швидкість проходження хімічних реакцій [5]:

$$\frac{dc}{d\tau} = -\kappa_0 \cdot \exp\left[-\frac{U}{R_r \cdot T(r, \tau)}\right] \cdot c \quad (2)$$

де c – концентрація молекул вітаміну C (Л-аскорбінової кислоти), $1/m^3$; κ_0 – коефіцієнт пропорційності, c^{-1} ; U – енергія активації, Дж/моль; R_r – універсальна газова постійна Дж/(моль·К); $T(r, \tau)$ – температурне поле продукту, К; r – просторова координата, м; τ – час, с.

Рівняння (2) не відображає перехід частини молекул дегідроформи вітаміну C в молекули Л-аскорбінової кислоти. Цей перехід компенсується в рівнянні (2) шляхом зменшення величини коефіцієнта пропорційності κ_0 .

Швидкість зміни загальної кількості молекул N вітаміну C в об'ємі продукту V , обмеженому замкнутою поверхнею S , згідно з визначенням концентрації наступна:

$$c = \frac{dN}{dV} \rightarrow N = \int_V c \cdot dV \rightarrow \frac{dN}{d\tau} = \int_V \frac{\partial c}{\partial \tau} \cdot dV \quad (3)$$

Швидкість зміни кількості молекул вітаміну N_1 визначається рівнянням:

$$\frac{dN_1}{d\tau} = - \int_V \kappa_0 \cdot \exp\left[-\frac{U}{R_r \cdot T(r, \tau)}\right] \cdot c \cdot dV \quad (4)$$

Для визначення зміни концентрації вітаміну C за рахунок явища дифузії, обумовленого неоднорідністю концентрації, використовуємо закон Фіка [6]:

$$j = -D \cdot \text{grad} c, \quad (5)$$

де j – густина потоку молекул вітаміну C , $m^2 \cdot c^{-1}$; D – коефіцієнт дифузії, m^2/c .

Швидкість зміни кількості молекул вітаміну N_2 в об'ємі V , обмеженому замкнутою поверхнею S , згідно з визначенням потоку:

$$j = \frac{dN}{dS \cdot d\tau} \rightarrow \frac{dN}{d\tau} = \int_S j \cdot ds, \quad (6)$$

можна обчислити за допомогою наступного виразу:

$$\frac{dN_2}{d\tau} = \oint_S D \cdot \text{grad}_n c \cdot ds, \quad (7)$$

де $\text{grad}_n c$ – проекція градієнта концентрації вітаміну на зовнішню нормаль до поверхні S .

У рівнянні (7), згідно із законом збереження маси враховано, що зміна кількості молекул в об'ємі V має протилежний знак порівняно з кількістю молекул, що перетинають замкнуту поверхню S і покидають досліджуваний об'єм V .

Сумарна швидкість зміни загальної кількості молекул ($dN = dN_1 + dN_2$) вітаміну в об'ємі V , яка обумовлена одночасно явищем дифузії та хімічним перетворенням молекул вітаміну, може бути обчислена наступним рівнянням:

$$\frac{dN}{d\tau} = \oint_S D \cdot \text{grad}_n c \cdot ds - \int_V \kappa_0 \cdot \exp\left[-\frac{U}{R_r \cdot T(r, \tau)}\right] \cdot c \cdot dV \quad (8)$$

Виразивши загальну кількість молекул вітаміну через концентрацію (3), отримаємо інтегральне рівняння для визначення концентрації вітаміну в харчовому продукті при гідротермічній обробці:

$$\int_V \frac{\partial c}{\partial \tau} \cdot dV = \oint_S D \cdot \text{grad}_n c \cdot ds - \int_V \kappa_0 \cdot \exp\left[-\frac{U}{R_r \cdot T(r, \tau)}\right] \cdot c \cdot dV \quad (9)$$

За допомогою формули Остроградського [6] в рівнянні (9) інтеграл по поверхні S замінимо на інтеграл по об'єму V . Отримаємо:

$$\int_V \left(\frac{\partial c}{\partial \tau} - \text{div}(D \cdot \text{grad} c) + \kappa_0 \cdot \exp\left[-\frac{U}{R_r \cdot T(r, \tau)}\right] \cdot c \right) \cdot dV = 0 \quad (10)$$

Звідси отримаємо диференціальне рівняння для визначення концентрації вітаміну в харчовому продукті при гідротермічній обробці:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} - \text{div}(D \cdot \text{grad} c) + \kappa_0 \cdot \exp\left[-\frac{U}{R_r \cdot T(r, \tau)}\right] \cdot c = 0 \quad (11)$$

Рішення рівняння (11) повинно задовольняти початкову та граничну умови, сформульовані у фізичній моделі:

$$c = c_0 \text{ при } \tau = 0. \quad (12)$$

$$c = 0 \text{ при } r = R. \quad (13)$$

Досліджувана в цій роботі задача є центрально-симетрична, тому концентрація вітаміну та температурне поле в харчовому продукті при гідротермічній обробці змінюється тільки вздовж координати r та за часом τ .

За цієї умови рівняння (10) та (11) можуть бути представлені наступними виразами:

$$\int_0^R \frac{\partial c}{\partial \tau} \cdot r^2 \cdot dr - R^2 \left[D \cdot \frac{\partial c}{\partial r} \right]_{r=R} + \int_0^R \kappa_0 \cdot \exp\left[-\frac{U}{R_r \cdot T(r, \tau)}\right] \cdot c \cdot r^2 \cdot dr = 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} - \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \cdot D \cdot \frac{\partial c}{\partial r} \right) + \kappa_0 \cdot \exp\left[-\frac{U}{R_r \cdot T(r, \tau)}\right] \cdot c = 0 \quad (15)$$

З фізичної точки зору, концентрація вітаміну в харчовому продукті має кінцеві значення й поступово змінюється вздовж просторової координати.

З математичної точки зору, функція $c = c(r, \tau)$ задовольняє умови Діріхле [6] в інтервалі від $-R$ до $+R$ і її можна представити у вигляді суми:

$$c(r, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} v_n(r) \cdot \frac{1}{r} \cdot \sin\left[\frac{n \cdot \pi}{R} \cdot r\right], \quad (16)$$

де $v_n(\tau)$ – коефіцієнт, який залежить від часу.

Функція $c(r, \tau)$ представлена у вигляді (16) задовольняє граничну умову (13).

Для знаходження невідомого коефіцієнта $v_n(\tau)$ підставимо вираз (16) в інтегральне рівняння (14). Після виконання інтегрування та диференціювання, отримуємо:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{\partial \epsilon_n}{\partial \tau} + \left(D \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{R} \right)^2 + \kappa_0 \cdot \frac{n \cdot \pi}{R^2} \cdot I_n \right) \cdot \epsilon_n \right] = 0, \quad (17)$$

де

$$I_n = \int_0^{\pi} \exp \left(- \frac{U}{R_r \cdot T(r, \tau)} \right) \cdot \sin \left(\frac{n \cdot \pi}{R} \cdot r \right) \cdot r \cdot dr \quad (18)$$

Рівняння (17) виконується, якщо:

$$\frac{\partial \epsilon_n}{\partial \tau} + \left(D \cdot \left(\frac{n \cdot \pi}{R} \right)^2 + \kappa_0 \cdot \frac{n \cdot \pi}{R^2} \cdot I_n \right) \cdot \epsilon_n = 0 \quad (19)$$

Звідси знаходимо:

$$\epsilon_n = \epsilon_{0n} \cdot \exp \left(- \left(\frac{n \cdot \pi}{R} \right)^2 \cdot D \cdot t - \kappa_0 \cdot \frac{n \cdot \pi}{R^2} \cdot \int_0^t I_n \cdot d\tau \right), \quad (20)$$

де t – час, протягом якого здійснюється термічна обробка харчового продукту, с.

Постійний коефіцієнт ϵ_{0n} знаходимо, використовуючи початкову умову (12):

$$\sum_{n=1}^{\infty} \epsilon_{0n} \cdot \frac{1}{r} \cdot \sin \left(\frac{n \cdot \pi}{R} \cdot r \right) = c_0 \quad (21)$$

Перенесемо зі знаменника r в праву частину рівняння (21), помножимо його на $\sin(m \cdot \pi \cdot r/R)$ та проінтегруємо по dr в інтервалі від $-R$ до $+R$. Отримаємо:

$$\epsilon_{0n} = \frac{2 \cdot R \cdot (-1)^{n+1}}{n \cdot \pi} \cdot c_0 \quad (22)$$

Підставимо вирази (22) та (20) у рівняння (16). Отримаємо в кінцевій формі вираз для знаходження концентрації вітаміну в харчовому продукті в процесі термічної обробки:

$$c(r, \tau) = c_0 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \cdot \frac{2 \cdot R}{n \cdot \pi} \cdot \exp \left(- \left(\frac{n \cdot \pi}{R} \right)^2 \cdot D \cdot t - \kappa_0 \cdot \frac{n \cdot \pi}{R^2} \cdot \int_0^t I_n \cdot d\tau \right) \cdot \frac{\sin \left(\frac{n \cdot \pi}{R} \cdot r \right)}{r} \quad (23)$$

Отримане рівняння задовольняє початкову умову (12), граничну умову (13) та відповідає інтегральному рівнянню (14). Вираз (23) для обчислення концентрації вітаміну в харчовому продукті в процесі термічної обробки представлено сумою членів ряду. Ряд сходиться. Числовий аналіз показує, що кількісна величина членів ряду швидко зменшується зі збільшенням порядкового номера. Ще швидше зменшується величина членів ряду зі збільшенням часу. Для обчислення концентрації вітаміну C в картоплі, що досягла стадії кулінарної готовності за допомогою отриманого виразу (23) потрібно визначити в аналітичній формі час, протягом якого відбувається досягнення цієї стадії. Механізм розрахунку часу, протягом якого харчовий продукт досягає кулінарної готовності, можна побудувати наступним чином. У процесі термічної обробки харчового продукту, за рахунок енергії теплового руху атомів і молекул, у його структурі відбувається перетворення, порушується певна кількість зв'язків між окремими ланками молекул. Кількісна характеристика цього явища може бути оцінена за допомогою відомого виразу для швидкості проходження хімічних реакцій [5]:

$$\frac{r_1}{r_{10}} = \exp \left[- x \cdot \int_0^t \exp \left(- U_1 / (R_r \cdot T(r, \tau)) \right) \cdot d\tau \right] \quad (24)$$

де n_0 – концентрація зв'язків до початку термічної обробки, $1/m^3$; n – концентрація зв'язків після обробки протягом часу t ; k – коефіцієнт пропорційності, s^{-1} ; U_1 – енергія активації структурних зв'язків, Дж/моль.

Невідомі постійні k і U_1 для кожного харчового продукту визначаються дослідним шляхом.

Проведемо моделювання часу кулінарної готовності картоплі при варінні, шляхом занурення картоплі у воду, яка має температуру T_k , при умові, що температура води з часом не змінюється. Температурне поле картоплі в цьому випадку визначається рівнянням (1). Візьмемо для обчислення постійних k і U_1 результати відомих дослідів з картоплею.

Очищена картопля, розрізана симетрично на 4 рівні половини й покладена у воду з температурою $T_{kl} = 100, 95, 90, 85, (77-80)^\circ C$, набуває кулінарної готовності протягом часу $t_i = 19, 27, 36, 73$ хв., 8 годин [2]. Підставимо в рівняння (24) вираз (1), в якому зафіксовані дослідні значення першої точки, температура води T_{kl} , при якій обробляється картопля, та час t_i , протягом якого вона обробляється. Отримаємо рівняння для обчислення відносної концентрації структурних зв'язків, при якій картопля набуває кулінарної готовності.

Потім таким самим чином використаємо дослідні дані для п'ятої точки (T_{k5} і t_5). Праві частини отриманих рівнянь повинні бути рівні, тому що і в першому, і в другому випадках картопля досягає кулінарної готовності. З цих рівнянь отримаємо інтегральне рівняння для визначення енергії активації U_1 структурних змін у харчовому продукті:

$$\int_0^{t_1} \exp \left[- \frac{U_1}{R_r \cdot T_3(r=0, \tau, T_{kl})} \right] \cdot d\tau = \int_0^{t_5} \exp \left[- \frac{U_1}{R_r \cdot T_3(r=0, \tau, T_{k5})} \right] \cdot d\tau \quad (25)$$

Рішення інтегрального рівняння (25) знаходимо числовим методом у системі Mathcad 14.

Дослідні значення температури та часу обробки відповідають картоплі, що має складну геометричну форму. Ця форма відрізняється від геометричної форми кулі, що досліджується в роботі. Тому інтегральне рівняння (25) досліджено при умові, що картопля має геометричну форму кулі, куба та прямокутного паралелепіпеда з різними лінійними розмірами. Встановлено, що при визначенні енергії активації за допомогою рівняння (25) основне значення відіграє мінімальний лінійний розмір картоплі, геометрична форма на цей процес впливає значно менше.

Використання в рівнянні (25) п'яти значень для часу t_i та температури T_{ki} дозволяє оцінити енергію активації між ланками молекул, що розриваються при нагріванні картоплі, та достовірність її визначення у наступному вигляді:

$$U_1 = (260 \pm 20) \text{ кДж/моль}, P=95 \% \quad (26)$$

Час t_{k5} , протягом якого картопля досягає кулінарної готовності при гідротермічній обробці, можна обчислити за допомогою інтегрального рівняння

$$\int_0^{t_1} \exp \left[- \frac{U_1}{R_r \cdot T_3(r=0, \tau, T_{kl})} \right] \cdot d\tau = \int_0^{t_5} \exp \left[- \frac{U_1}{R_r \cdot T_3(r=0, \tau, T_{k5})} \right] \cdot d\tau \quad (27)$$

Результати розрахунків залежності часу, протягом якого картопля досягає кулінарної готовності, від температури обробки наведено на рис. 1.

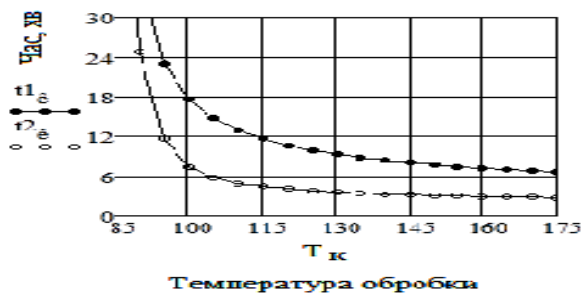


Рис. 1. Залежність часу, протягом якого картопля досягає кулінарної готовності, від температури обробки: $t_{1к}$ – радіус картоплі $R=20$ мм; $t_{2к}$ – $R=10$ мм

Представлені на рис. 1 результати відповідають досліду, в якому очищену картоплю, яка має радіус, що дорівнює 20 мм та 10 мм, занурюють у воду з незмінною температурою T_k . Час $t_{1к}$ та $t_{2к}$ фіксується в той момент, коли середні частини об'єму картоплі досягають кулінарної готовності. Теоретичні результати обчислень часу, протягом якого картопля досягає кулінарної готовності, відповідають дослідним, в межах похибки $\pm 10\%$ їх вимірювань.

Аналіз представлених на рис. 1 кривих показує, що час, протягом якого харчовий продукт набуває кулінарної готовності, залежить від величини температури обробки та лінійних розмірів харчового продукту. З підвищенням температури обробки тривалість обробки зменшується. Так, наприклад, для картоплі, що має радіус 20 мм і обробляється при температурі, яка дорівнює 100 °С, час досягнення кулінарної готовності складає 17,6 хв. При температурі обробки 175 °С – час зменшується до 6,5 хв.

Для картоплі, що має радіус який дорівнює 10 мм і обробляється при температурах, указаних вище на рис. 1, час зменшується. Хід кривих, наведених на рис 1, показує, що при обчисленні зміни концентрації вітаміну С в харчовому продукті в процесі гідротермічної обробки потрібно врахувати залежність часу обробки від лінійних розмірів продукту та температури обробки. Результати розрахунків залежності середньої концентрації вітаміну С в картоплі після досягнення кулінарної готовності від температури середовища,

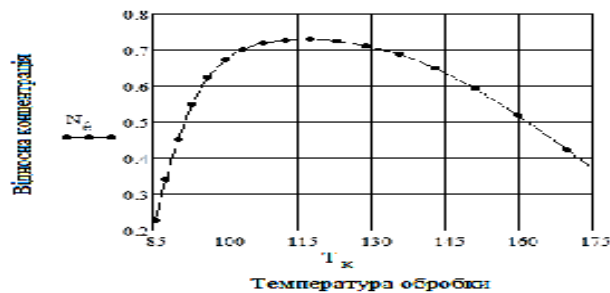


Рис. 2. Залежність відносної концентрації вітаміну С в картоплі від температури термічної обробки

в якому відбувається обробка, наведені на рис. 2. Результати числового аналізу проведені для наступних числових значень параметрів $a - 1,6 \cdot 10^{-7}$, m^2/c [7]; $R=0,01$ м; $D=2 \cdot 10^{-9}$ m^2/c [6]; $U=1 \cdot 10^5$ Дж/моль; $\ln(\kappa_0) = 24,17$; $U_1=2,56 \cdot 10^5$ Дж/моль.

Хід кривої показує, що вона має максимум (73 % вітаміну С відносно сирій картоплі) при температурі 117 °С. Час обробки 3,2 хв.

Висновки

Побудовано диференційне рівняння, яке описує зміну вітаміну С в харчовому продукті під час термічної обробки за рахунок дифузії та хімічних перетворень. Розроблено метод вирішення такого диференційного рівняння. Визначено час, протягом якого картопля досягає стану кулінарної готовності у залежності від її лінійних розмірів та температури обробки в широкому діапазоні величин. Досліджено зміну концентрації вітаміну С в картоплі, яка має радіус 10 мм у залежності від температури обробки. Встановлено, що ця залежність має максимальні значення при температурі 117 °С.

Результати досліджень показали, що для кожного харчового продукту із заданим лінійним розміром існує оптимальна величина температури середовища T_{opt} в якому він обробляється та термін часу обробки τ_{opt} при яких в ньому залишається максимально можлива кількість вітаміну С N_{opt} .

Область використання отриманих результатів досліджень визначається межами фізичних величин, в яких виконуються рівняння (2), (11-13).

Поступила 02.2013

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Беляев, М.И. Теоретические основы комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов: Монография. [Текст] / М.И. Беляев, П.Л. Пахомов.–Харьков: Харьковский институт общественного питания, 1991. – 160 с. – ISBN 5-7707-0475-6.
2. Ростовський, В.С. Теоретичні основи технології громадського харчування. Загальна частина: Навчальний посібник [Текст].– К.: Кондор, 2006. – 200 с. – ISBN 966-351-026-9.
3. Справочник специалиста пищевых производств. Книга 2. Теплофизические процессы. Энергосбережение [Текст] / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л. Яровой [и др.]. – К: АртЭк, 2003.–432 с. – ISBN 966-505-069-9.
4. Моделивання гідротермічного процесу обробки харчових продуктів [Текст] / Л.Г. Мартиненко, К.В. Карпенко, Л.К. Карпенко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 119. «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробки і харчових виробництв. Харків. 2011. С. 232 – 241.
5. Лебідь, В.І. Фізична хімія. [Текст]. – Харків.: Гімназія, 2008.–478 с.–ISBN 978-966-8319-94-5.
6. Василенко, С.М. Основи тепломасообміну: Підручник [Текст] / С.М. Василенко, А.І. Українець, В.В. Олішевський // за ред. акад. УААН І.С. Гулого. – К.: НУХТ, 2004. – 250 с. – ISBN 966-612-030-5.
7. Гинзбург, А.С. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов [Текст] / А.С. Гинзбург, М.А. Громов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 272 с. УДК 664.683

ОБОЛКІНА В.І., д-р техн. наук, професор, СКРИПКО А.П., аспірант,
ЄМЕЛЬЯНОВА Н.О., д-р техн. наук, стар. наук. співроб., КИЯНИЦЯ С.Г. канд. техн. наук, доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

ПЕРСПЕКТИВА ЗАСТОСУВАННЯ ВІВСЯНОГО СОЛОДОВОГО БОРОШНА З ГОЛОЗЕРНОГО ВІВСА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

У статті наведені результати дослідження впливу вівсяного солодового борошна на фізико-хімічні і структурно-механічні властивості тіста для здобного печива. Дано наукове

обґрунтування доцільності використання продуктів переробки солоду для поліпшення показників якості здобного печива.

Ключові слова: вівсяне солодове борошно, здобне тісто,