

5. Попов, Л. Ледяной медведь помогает беречь электричество солнечной стене [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (1581 байт) / Л. Попов. – Режим доступа : <<http://www.membrana.ru/particle/310>>.

Отримано 30.10.2011. ХДУХТ, Харків.  
© В.О. Потапов, С.М. Мольський, 2011.

УДК 635.2:641.544.8

**Г.В. Дейниченко**, д-р техн. наук

**В.О. Потапов**, д-р техн. наук

**О.Г. Терешкін**, канд. техн. наук

**Д.В. Дмитревський**, асист.

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОВЕДЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ**

*Визначено раціональні параметри процесу термічної обробки бульб картоплі парю надлишкового тиску та процесу її механічного доочищення, під час яких відбувається повне очищення бульб картоплі від шкірки та мінімізується відсоток втраченої сировини.*

*Определены рациональные параметры процесса термической обработки клубней картофеля паром избыточного давления и процесс ее механической доочистки, при которых происходит полная очистка клубней картофеля от кожуры и минимизируется процент отходов сырья.*

*A rational process parameters of heat treatment of potato tubers by steam overpressure and process of mechanical post-treatment, in which there is a complete cleaning of potatoes peeled and minimize the percentage of waste materials.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Відомо, що під час виробництва продуктів харчування з картоплі значна її частина потрапляє у відходи під час процесу очищення [1]. Одним із важливих процесів, які здійснюються на підприємствах ресторанного господарства під час переробки овочевої сировини, є процес її очищення. Зокрема, слід приділити увагу процесу очищення бульб картоплі. Незважаючи на те, що існує багато видів обладнання для проведення процесу очищення картоплі, залишається велика кількість проблемних питань, які необхідно вирішувати.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Результати проведеного аналізу процесів очищення бульб картоплі доводять необхідність розробки нового обладнання, яке буде мати невеликі габаритні розміри, буде енергетично ефективним та екологічно безпечним.

**Мета та завдання статті.** Для того, щоб удосконалити процес очищення бульбоплодів, проведені теоретичні та експериментальні дослідження, під час яких було визначено вплив сорту картоплі та параметрів процесу очищення на ефективність очищення бульб картоплі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для визначення раціональних параметрів процесу очищення картоплі за чинниками, які характеризують процес очищення необхідно з'ясувати, які саме чинники мають найбільший вплив на цей процес. Під час проведення експериментальних досліджень було виявлено, що на якісні показники очищення, а саме відсоток очищених бульб та відсоток втрат сировини, найбільший вплив мають зусилля відокремлення шкірки та глибина термічної обробки поверхневого шару бульби картоплі. На практиці перший з цих показників оцінювати практично неможливо на відміну від глибини термічної обробки, яку можна оцінювати візуально. Тому, спираючись на отримані експериментальні дані, було поставлено завдання виявити кореляцію між зусиллям відокремлення шкірки та глибиною термічної обробки. Було встановлено, що за однакових чинників, які характеризують процес комбінованого очищення, а саме тиску пари, тривалості обробки, не залежно від вмісту крохмалю, коефіцієнт кореляції між зусиллям відокремлення шкірки та глибиною термічної обробки становить більше 0,97. Регресійним аналізом було отримано наступну математичну модель між зусиллям відокремлення шкірки та глибиною термічної обробки у вигляді:

$$F(\delta) = \beta_4 + \beta_3 \exp \left( \beta_1 \delta^{\beta_2} \right), \quad (1)$$

де  $\delta$  – глибина термічної обробки бульби картоплі, м;  $F$  – зусилля відокремлення шкірки, Н;  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_i$  – регресійні коефіцієнти.

Значення регресійних коефіцієнтів знаходились методами багатовимірною регресійного аналізу в середовищі пакету Mathcad. У таблиці 1 наведено значення відповідних коефіцієнтів для кожного з термінів зберігання.

**Таблиця 1 – Значення регресійних коефіцієнтів для різних термінів зберігання картоплі**

Термін зберігання	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
До 1 вересня	0,04	2,49	17,63	0,03
Із 1 вересня до 31 грудня	0,01	3,47	15,9	0,56
Із 1 січня	0,03	3,19	16,06	0,46

На рисунках 1–3 показано регресійні моделі залежності зусилля відокремлення шкірки картоплі від глибини її термічної обробки.

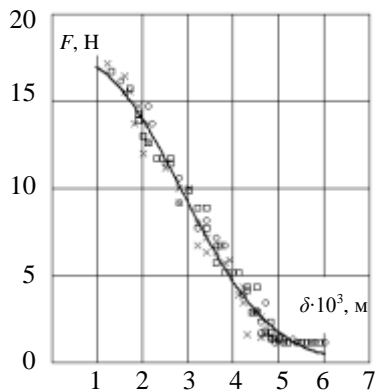


Рисунок 1 – Кореляційне поле між експериментальними даними про зусилля відокремлення шкірки та глибиною термічної обробки шару картоплі терміном зберігання до 1 вересня згідно з математичною моделлю:  $\times$  – вміст крохмалю 10%;  $\square$  – вміст крохмалю 17%;  $\circ$  – вміст крохмалю 25%

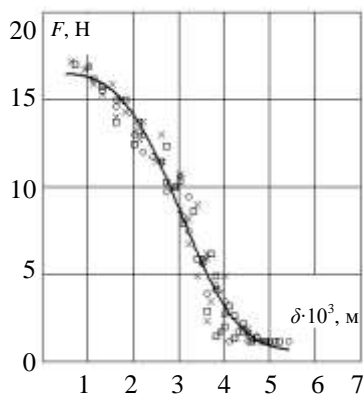
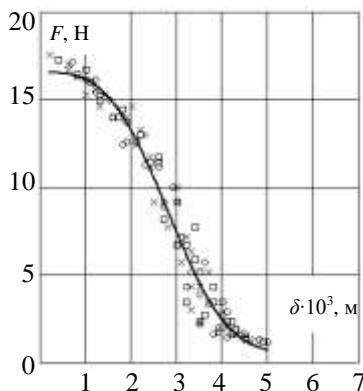


Рисунок 2 – Кореляційне поле між експериментальними даними про зусилля відокремлення шкірки та глибиною термічної обробки шару картоплі терміном зберігання з 1 вересня до 31 грудня згідно з математичною моделлю:  $\times$  – вміст крохмалю 10%;  $\square$  – вміст крохмалю 17%;  $\circ$  – вміст крохмалю 25%

Середня відносна похибка моделі складає 4...6% залежно від терміну зберігання бульб картоплі. Математична модель справедлива в межах змінювання досліджених чинників: тиск пари від 0,3 до 0,7 МПа; тривалість термічної обробки від 10 до 70 с; вміст крохмалю від 10 до 22%, зусилля відокремлення шкірки від 1 до 15 Н, глибина термічної обробки бульби від 1 до  $5 \cdot 10^{-3}$  м. Кожна з точок на графічних залежностях  $F(\delta)$  відповідає тим самим чинникам, які характеризують процес очищення: тиск пари та тривалість термічної обробки. Як видно з цих залежностей, найбільше змінювання зусилля відокремлення шкірки припадає на діапазон значень глибин термічної обробки від 1 до  $5 \cdot 10^{-3}$  м. За межами цього діапазону зусилля відокремлення шкірки практично не залежить від глибини термічної обробки поверхневого шару бульби картоплі. Це визначає область пошуку раціональних режимів термічної обробки картоплі за чинниками, які характеризують процес очищення.



**Рисунок 3 – Кореляційне поле між експериментальними даними про зусилля відділення шкірки та глибиною термічної обробки шару картоплі терміном зберігання з 1 січня згідно з математичною моделлю: × – вміст крохмалю 10%; □ – вміст крохмалю 17%; ○ – вміст крохмалю 25%**

За межами цього діапазону з боку менших значень ( $\delta < 1$ ) зростає відсоток неочищених бульб, з боку більших значень ( $\delta > 5$ ) зростає відсоток втрат сировини під час проведення процесу механічного доочищення. Тому виникає задача про визначення раціональних параметрів проведення процесу. Для цього необхідно визначитись із критерієм якості механічного доочищення. На нашу думку, таким критерієм може бути максимальне значення для відсотка очищених бульб при

максимально можливому виході готової продукції за масою бульб, який можна визначити наступним чином:

$$Q(\tau_{m.o.}, \delta) = 100 - V(\tau_{m.o.}, \delta), \quad (2)$$

де  $Q$  – відсоток виходу очищених бульб за масою відносно сировини, %;  $V$  – відсоток втрат сировини, %.

Таким чином критерій якості процесу механічного доочищення можна записати наступним чином:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q(\tau_{m.o.}, \delta) \\ S(\tau_{m.o.}, \delta) \end{array} \right\} \rightarrow \max. \quad (3)$$

Чим більший цей показник, тим якісніше очищення картоплі. Спираючись на отриману вище модель для відсотка очищених бульб, запишемо

$$S(\tau_{m.o.}, F) = a_1 + a_2 \tau_{m.o.} + a_3 + a_4 \tau_{m.o.} \cdot F, \quad (4)$$

та з урахуванням отриманого раніше рівняння:

$$S(\tau_{m.o.}, \tau_{m.o.}, p, K) = a_1 + a_2 \cdot \tau_{m.o.} + a_3 + a_4 \cdot \tau_{m.o.} \times \\ \times \left[ \beta_4 + \beta_3 \cdot \exp \left( -\beta_1 \cdot (z_3 \cdot p^{z_4} \cdot \left( \left( \frac{\tau_{m.o.} + z_1 + z_2 \cdot K}{60} \right)^{z_5 \cdot p^{-z_6}} \right)^{\beta_2}) \right) \right]. \quad (5)$$

Враховуючи отриману залежність для відсотка втрат сировини від тривалості очищення та глибини термічної обробки, отримуємо наступне рівняння для показника якості очищення бульб:

$$Q(\tau_{m.o.}, \tau_{m.o.}, p, K) = 100 - a_1 + \gamma_2 \cdot \tau_{m.o.} + \gamma_3 \cdot \tau_{m.o.}^2 \times \\ \times \left( z_3 \cdot p^{z_4} \cdot \left( \frac{\tau_{m.o.} + z_1 + z_2 \cdot K}{60} \right)^{z_5 \cdot p^{-z_6}} \right)^{(\gamma_4 + \gamma_5 \cdot \tau_{m.o.} + \gamma_6 \cdot \tau_{m.o.}^2)}. \quad (6)$$

Значення емпіричних коефіцієнтів  $z$ ,  $e$ ,  $a$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  було отримано попередньо.

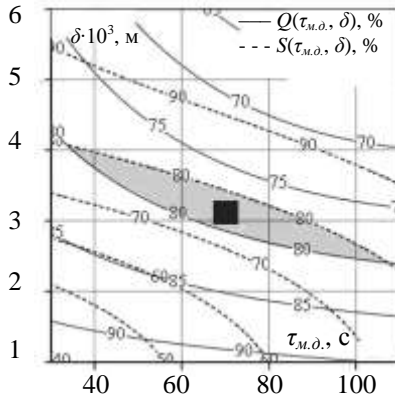


Рисунок 4 – Показники якості процесу механічного доочищення бульб картоплі терміном зберігання до 1 вересня, залежно від глибини термічної обробки та тривалості процесу механічного доочищення: ■ – раціональний режим механічного очищення

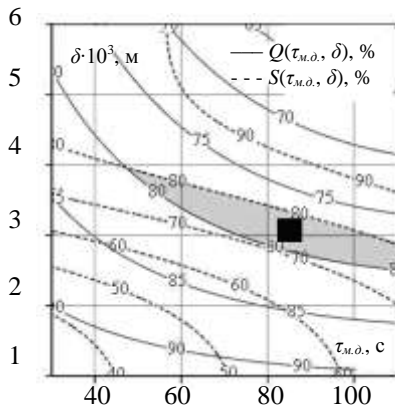
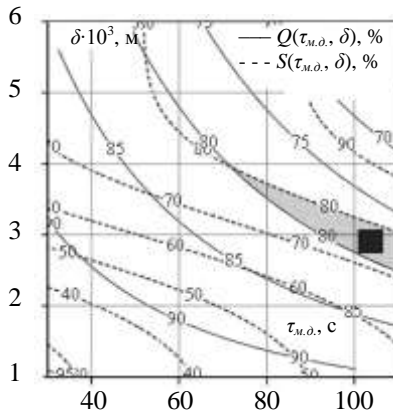


Рисунок 5 – Показники якості процесу механічного доочищення бульб картоплі терміном зберігання з 1 вересня до 31 грудня, залежно від глибини термічної обробки та тривалості процесу механічного доочищення: ■ – раціональний режим механічного очищення



**Рисунок 6 – Показники якості процесу механічного доочищення бульб картоплі терміном зберігання з 1 січня, залежно від глибини термічної обробки та тривалості процесу механічного доочищення: ■ – раціональний режим механічного очищення**

Обрані раціональні параметри процесу механічного доочищення (таблиця 2) для розробленого апарата забезпечують максимально можливий показник якості не менш 80% за відсотком очищених бульб та виходом очищених бульб за масою.

**Таблиця 2 – Раціональні параметри процесу механічного доочищення бульб картоплі**

Термін зберігання	Тривалість очищення, $\tau_{м.д.}, c$	Потрібна глибина термічної обробки під час проведення процесу термічної обробки, $\delta \cdot 10^{-3} м$	S, %	V, %
До 1 вересня	70	3,2	80	20
Із 1 вересня до 31 грудня	85	3,1	80	20
Із 1 січня	105	2,8	80	20

Отримана модель процесу термічної обробки для залежності глибини термічної обробки від чинників, які характеризують процес термічної обробки, дозволяє розрахувати необхідні параметри термічної обробки бульб картоплі, які забезпечують максимальні показники якості очищення. Відповідні параметри процесу термічної обробки бульб картоплі наведено в таблиці 3.

**Таблиця 3 – Раціональні параметри термічної обробки  
бульб картоплі**

Показник	Вміст крохмалю, %			Забезпечена глибина термічної обробки, $\delta \cdot 10^{-3}$ м
	10	17	25	
1	2	3	4	5
Термін зберігання до 1 вересня				
Тиск пари, МПа	0,3	0,3	0,3	3,2
Тривалість обробки, $\tau_{м.д.}$ , с	45	40	35	
Термін зберігання з 1 вересня до 31 грудня				
Тиск пари, МПа	0,3	0,3	0,3	3,1
Тривалість обробки, $\tau_{м.д.}$ , с	55	50	45	
Термін зберігання з 1 січня				
Тиск пари, МПа	0,3	0,3	0,3	2,8
Тривалість обробки, $\tau_{м.д.}$ , с	60	55	50	

**Висновки.** Визначені раціональні параметри процесу термічної обробки бульб картоплі та процесу їх механічного доочищення дозволять забезпечити належні показники якості очищення картоплі, враховуючи її сорт та термін зберігання. Представлені раціональні параметри комбінованого процесу очищення картоплі будуть забезпечувати максимальне збереження сировини та повне очищення бульб від шкірки та вічок.

*Список літератури*

1. Ковалев, В. С. Промышленное производство продуктов питания из картофеля [Текст] / В. С. Ковалев. – К. : Урожай, 1987. – 80 с.

Отримано 30.10.2011. ХДУХТ, Харків.

© Г.В. Дейниченко, В.О. Потапов, О.Г. Терешкін, Д.В. Дмитревський, 2011.