

ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ СТЕРИЛІЗАЦІЇ ПАШТЕТІВ ІЗ М'ЯСА ІНДИКІВ

Приліпко Т.М. д-р техн. наук, професор, Куцый В.М., асистент
Подільський державний аграрно-технічний університет
Янович В.П., канд. техн. наук
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

У статті наведено аналітичні дослідження щодо оптимізації основних технологічних параметрів процесу стерилізації паштетів із м'яса індиків за допомогою статистичної методики рототабельного центрально-композиційного планування багатofакторного експерименту. В результаті досліджень було встановлено раціональні робочі параметри досліджуваного обладнання за умови зменшення часу на організацію означеної термічної обробки та підвищення якості вихідної продукції.

The article describes analytical studies on optimization of the main technological parameters of sterilization pate meat turkeys using statistical methods rotostandard-issue central-planning of composite multifactor experiment. As a result, it was found rational working parameters of the equipment provided to reduce time organizing the designated heat treatment and quality of the original product.

Ключові слова: горизонтальний автоклав, термічна обробка, оптимізація, кореляційно-регресійний аналіз.

Важливим завданням м'ясоконсервної галузі [1] є збільшення випуску і поліпшення якості продукції шляхом оптимізації технологічних процесів, виявлення і використання прихованих у них резервів, економії сировинних, енергетичних ресурсів. На сьогоднішній день в асортименті виробів м'ясної промисловості все ще відсутні науково обгрунтовані рецептури консервованих м'ясопродуктів у вигляді паштетів загального призначення, які відповідали б фізіологічним нормам здорового харчування.

Виробництво комбінованих продуктів, до яких можна віднести і консервовані паштети, можна розглядати як частину штучно створеної людиною технологічної сфери.

Відомо, що харчова цінність м'ясопродуктів залежить від вмісту в них біологічно важливих складових компонентів [2], зміни яких у процесі обробки роблять вирішальний вплив на якість готових продуктів стосовно дії ферментів шлунково-кишкового тракту, здатності засвоюватися і задовольняти певні фізіологічні потреби організму.

Наукове обгрунтування оптимальних режимів стерилізації паштетів повинно зводитися не тільки до вивчення можливості зниження стерилізуючого ефекту при отриманні промислових стерильних продуктів, але й встановлення залежностей об'єктивних критеріїв якісних показників та харчової цінності. Особлива увага повинна бути приділена вивченню структурних змін білків і ліпідів у консервованих паштетах залежно від складу і режимів теплової обробки.

Метою даного дослідження є оптимізація режимних параметрів роботи вертикального автоклава [3] для інтенсифікації процесу термічної обробки паштетів із м'яса індиків за техніко-економічними критеріями оцінки, що досягається шляхом проведення кореляційно-регресійного аналізу якісних параметрів вихідної продукції.

Якісними параметрами оптимізації досліджуваних процесів визначено: колонієутворювальних одиниць – КУО, (в 1 гр/пр) $\times 10^4$; вміст амінокислот – A_k , (г/100г); вміст жирних кислот – ЖКС, %; кислотність обробленої продукції – рН, %; кислотне число – КЧ, M_2KOH/g ; перекисне число – ПЧ, моль/акт; вміст вітамінів – B_2 , мг.

$$КУО, A_k, ЖКС, рН, КЧ, ПЧ, B_2 = f(P, T, t_{нг}, t_{ох}, t_{сmp}), \quad (1)$$

де P – робочий тиск у камері автоклава, атм; T – температура нагріву, $^{\circ}C$; $t_{нг}$ – час нагріву, с; $t_{ох}$ – час охолодження, с; $t_{сmp}$ – час стерилізації, с.

Дослідження впливу перерахованих вище факторів на технологічні та енергетичні параметри досліджуваного процесу при проведенні однофакторних експериментів пов'язані зі значними труднощами та обсягами робіт. Тому доцільно провести статистичний аналіз для отримання функціональної залежності у вигляді множинної регресії другого порядку за допомогою рототабельного центрально-композиційного планування (РЦКП) багатofакторного експерименту [4, 5].

Метод РЦКП дозволяє більш точно отримати математичний опис розподілу даних, за рахунок збільшення кількості експериментів у центральних точках матриці плану і спеціального вибору величини «зіркового значення».

Вибір діапазонів варіювання факторів функції (1) проводився таким чином, щоб будь-яка їх сукупність, передбачена планом експерименту, могла бути реалізована в даних інтервалах і не призводила до протиріч. Для цього було здійснено пошукові експерименти для визначення областей, у яких необхідні сполучення рівнів факторів були б стійко реалізовані.

Всі фактори, які входять до функції (1), є параметрами, що мають різну розмірність та порядки. Тому для отримання поверхні відгуку цієї функції було проведено операцію кодування факторів, що являє собою лінійне перетворення факторного простору [6]. Встановлено такі значення рівнів факторів в умовному масштабі: мінімальний -1 , середній 0 , максимальний $+1$ та зіркові значення $-\alpha$; $+\alpha$.

Істинні значення факторів матриці РЦКП встановлені на основі проведення пошукових експериментів і наведені в табл. 1.

Для проведення РЦКП повнофакторного експерименту було складено матриці планування експериментів, які наведені в табл. 2.

Планувалось отримати рівняння множинної регресії 2-го порядку:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_i^2 + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

Таблиця 1 – Рівні факторів та інтервали варіювання параметрів оптимізації

Фактори	Рівні факторів					Інтервал варіювання
	$-\alpha$	-1	0	$+1$	$+\alpha$	
Процес подрібнення						
x_1 – робочий тиск, Р, атм.	1	1,5	2	2,5	3	0,5
x_2 – температура, Т, °С	101	105	110	115	120	5
x_3 – час нагріву, $t_{\text{нр}}$	10	15	20	25	30	5
x_4 – час охолодження, $t_{\text{ох}}$	10	15	20	25	30	5
x_5 – час стерилізації, $t_{\text{сп}}$	30	35	40	45	50	5

Таблиця 2 - П'ятифакторна матриця для визначення оптимальних параметрів процесу стерилізації оброблюваної продукції

№ досліді	Параметри						
	КУО (в1 гр/пр) $\times 10^4$	$A_{\text{ж}}$ (г/100г)	ЖКС, %	pH	Кислотне число, $M_2\text{KOH/г}$	Перекисне число, моль/акт	Вітаміни B_2 , мг
1	8	9	10	11	12	13	14
1	0	10,2	12,0	6,15	3,1	0,85	0,232
2	0	10,2	12,0	6,15	3,1	0,85	0,232
3	12	7,9	14,8	6,28	3,24	1,05	0,265
4	12	7,9	14,8	6,28	3,24	1,05	0,265
5	1	10,1	12,1	6,15	3,12	0,88	0,23
6	1	10,1	12,1	6,15	3,12	0,88	0,23
7	18	8,0	14,9	6,3	3,2	1,08	0,263
8	18	8,0	14,9	6,3	3,2	1,08	0,263
9	0	7,0	11,8	6,15	3,12	0,89	0,23
10	0	10	11,8	6,15	3,12	0,89	0,23
11	15	7,8	14,7	6,3	3,19	1,12	0,263
12	15	7,8	14,7	6,3	3,19	1,12	0,263
13	0	10,1	12,0	6,15	3,13	0,9	0,228
14	0	10,1	12,0	6,15	3,13	0,9	0,228
15	15	7,8	15,0	6,29	3,18	1,12	0,26
16	15	7,8	15,0	6,29	3,18	1,12	0,26

№ досліджу	Параметри						
	КУО (в1 гр/гр) $\times 10^4$	$A_{\text{ж}}$ (г/100г)	ЖКС, %	pH	Кислотне число, M_2KOH/g	Перекисне число, моль/акт	Вітаміни B_2 , мг
17	1	10	13,1	6,1	3,15	0,91	0,225
18	1	10	13,1	6,1	3,15	0,91	0,225
19	20	7,5	15,1	6,35	3,18	1,16	0,256
20	20	7,5	15,1	6,35	3,18	1,16	0,256
1	8	9	10	11	12	13	14
21	1	9,9	13,2	6,1	3,15	0,91	0,222
22	1	9,9	13,2	6,1	3,15	0,91	0,222
23	12	7,6	15,1	6,38	3,18	1,16	0,25
24	12	7,6	15,1	6,38	3,18	1,16	0,25
25	1	9,8	12,2	6,1	3,15	0,92	0,222
26	1	9,8	12,2	6,1	3,15	0,92	0,222
27	18	7,7	15,1	6,35	3,18	1,18	0,25
28	18	7,7	15,1	6,35	3,18	1,18	0,25
29	1	9,7	11,8	6,1	3,14	0,95	0,22
30	1	9,7	11,8	6,1	3,14	0,95	0,22
31	18	7,5	15,2	6,35	3,17	1,2	0,248
32	18	7,5	15,2	6,35	3,17	1,2	0,248
33	10	8,1	12,9	6,16	3,13	0,88	0,235
34	10	8,1	12,9	6,16	3,13	0,88	0,235
35	0	10,8	5,2	5,97	2,99	0,28	0,2
36	30	7	16,1	6,71	4,43	1,52	0,271
37	8	8,1	13	6,15	3,14	0,89	0,233
38	15	8,1	13	6,15	3,14	0,88	0,236
39	10	8,1	13	6,13	3,13	0,87	0,233
40	10	8,1	13	6,16	3,14	0,88	0,232
41	7	9,5	12,5	6,1	3,13	0,85	0,234
42	15	7,4	14	6,2	3,18	0,9	0,241
43	10	8,0	12,9	6,16	3,15	0,87	0,235
44	10	8,0	12,9	6,16	3,15	0,87	0,235

Для оцінки адекватності отриманих регресійних рівнянь використаємо аналітичний метод аналізу. Гіпотезу про відтворювальність дослідів перевіряємо за допомогою критерію Кохрена, який показує, що на 95 % рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні, оскільки розрахункове значення критерію менше за табличне. Перевірку значущості коефіцієнтів регресії перевіряємо за t-критерем Стюдента. Оцінку адекватності отриманих математичних моделей проводимо за критерієм Фішера, який показав, що розрахункові значення значно нижчі від критичних; відповідно отримані регресійні моделі адекватно описують поверхні відгуку та їх можна використовувати для оптимізації досліджуваних процесів. Розрахункові значення критеріальної оцінки відображені в табл. 3.

Таблиця 3 – Значення розрахованих критеріїв до отриманих регресійних моделей

Критерій оцінки	Позначення	Функція відгуку						
		КУО	$A_{\text{ж}}$	ЖКС	pH	КЧ	ПЧ	B_2
Коефіцієнт детермінації;	R^2	0,91	0,49	0,86	0,9	0,45	0,76	0,91
Дисперсія адекватності	$S_{\text{ад}}$	21,7	130	1,29	0,7	0,064	0,023	0,066
Дисперсія відтворюваності	$S_{\text{відт}}$	11	64	0,7	0,32	0,028	0,011	0,03
Критерій Фішера	F	1,97	2,03	1,84	2,2	2,3	2,1	2,2
Критичне значення критерію Фішера, яке дорівнює значенню розподілу Фішера	F_{α, f_1, f_2}	2,4 _{05; 5; 48}						

Після обробки експериментальних даних у статистичному середовищі STATISTICA 6.0 було отримано коефіцієнти комплексних рівнянь множинної регресії 2-го порядку та побудовано функціональні залежності для досліджуваних параметрів від робочого тиску в камері автоклава, температури та часу нагріву, часу охолодження та часу стерилізації:

— кількість умовних мікроорганізмів:

$$\begin{aligned} \text{КУО} = & 823,76 - 6,2P - 15,1T + 0,99t_{\text{нг}} - 2,3t_{\text{ох}} + 5,4t_{\text{стр}} + 2P^2 + \\ & + 0,07T^2 + 0,03t_{\text{нг}}^2 + 0,02t_{\text{ох}}^2 + 0,04t_{\text{стр}}^2 - 0,01PT - 0,01Pt_{\text{нг}} - 0,01Pt_{\text{ох}} - \\ & - 0,01Pt_{\text{стр}} - 0,01Tt_{\text{нг}} - 0,01Tt_{\text{ох}} - 0,07Tt_{\text{стр}} - 0,04t_{\text{нг}}t_{\text{стр}} - 0,01t_{\text{ох}}t_{\text{стр}} \end{aligned} \quad (3)$$

— вміст амінокислот:

$$\begin{aligned} A_{\text{к}} = & 836 - 117,6P + T - 11,8t_{\text{нг}} + 13t_{\text{ох}} - 11,24t_{\text{стр}} + 2P^2 + 0,03T^2 + \\ & + 0,02t_{\text{нг}}^2 + 0,02t_{\text{ох}}^2 + 0,02t_{\text{стр}}^2 + 0,75PT + 0,75Pt_{\text{нг}} - 0,75Pt_{\text{ох}} + 0,75Pt_{\text{стр}} + \\ & + 0,076Tt_{\text{нг}} - 0,074Tt_{\text{ох}} + 0,075Tt_{\text{стр}} - 0,075t_{\text{нг}}t_{\text{ох}} + 0,074t_{\text{нг}}t_{\text{стр}} - 0,074t_{\text{ох}}t_{\text{стр}} \end{aligned} \quad (4)$$

— вміст жирних кислот:

$$\begin{aligned} \text{ЖКС} = & -103 - 3,5P + 2,9T - 0,44t_{\text{нг}} - 0,9t_{\text{ох}} - 0,5t_{\text{стр}} + 0,87P^2 - \\ & - 0,015T^2 + 0,01t_{\text{нг}}^2 + 0,01t_{\text{ох}}^2 + 0,01t_{\text{стр}}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

— кислотність оброблюваної продукції:

$$\text{pH} = 39,93 - 0,06P - 0,54T - 0,01t_{\text{нг}} + 0,01t_{\text{ох}} - 0,13t_{\text{стр}} + 0,02P^2 \quad (6)$$

— кислотне число:

$$\text{КЧ} = 53,3 + 0,46P - 0,97T + 0,06t_{\text{нг}} + 0,07t_{\text{ох}} + 0,13t_{\text{стр}} - 0,12P^2 \quad (7)$$

— перекисне число:

$$\text{ПЧ} = 24,66 - 0,42P - 0,33T - 0,04t_{\text{нг}} - 0,05t_{\text{ох}} - 0,12t_{\text{стр}} + 0,1P^2 \quad (8)$$

— вміст вітамінів:

$$\begin{aligned} B_2 = & 1,33 - 0,017P - 0,0168T + 0,004P^2 + 0,001T^2 + 0,001t_{\text{ох}}^2 + \\ & + 0,001t_{\text{стр}}^2 + 0,001Tt_{\text{стр}} \end{aligned} \quad (9)$$

За результатами проведених експериментів досліджень та випробувань розробленого обладнання та технології для стерилізації м'ясних паштетів на основі побудованих поверхонь відгуку якісних показників означеного процесу (рис. 1-5) визначено його оптимальні технологічні параметри (табл. 4). Після лінеаризації отриманих рівнянь компромісне значення шуканих оптимумів отримано методом Крамера в математичному середовищі «Mathcad 15».

Також визначено, що за цих параметрів якісні характеристики вихідного продукту (м'ясного паштету) набувають своїх значень: кількість колонієутворювальних одиниць 10×10^4 в 1 гр/пр; вміст амінокислот 8 г/100г; вміст жирних кислот 12,9 %; кислотність оброблюваної продукції 6,16 %; кислотне число 3,15 М₂КОН/г; перекисне число 0,87 моль/акт; вміст вітамінів 0,235 мг.

Таблиця 4 – Оптимальні технологічні параметри досліджуваного процесу стерилізації

Технологічний параметр	Раціональне значення
Робочий тиск, P, атм.	2...2,1
Температура, T, °C	115...118
Час нагріву, t _{нг}	24...26
Час охолодження, t _{ох}	24...26
Час стерилізації, t _{стр}	39...41

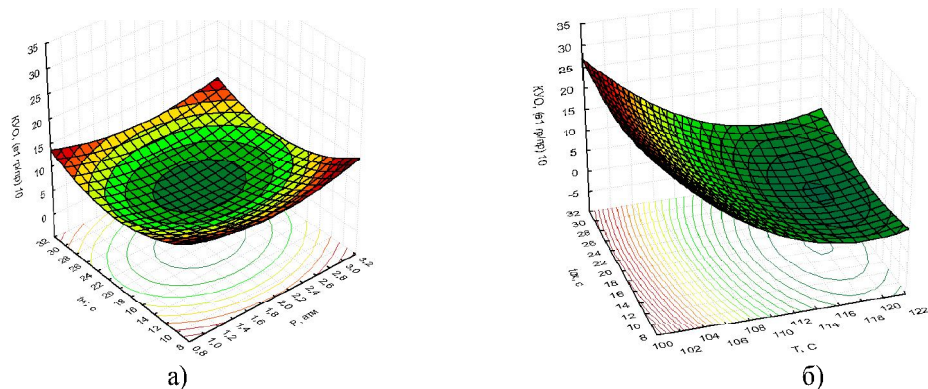


Рис. 1 – Поверхні відгуків та їх проєкції для кількості колонієутворювальних одиниць у вихідній продукції при парній взаємодії основних факторів: а) часу нагрівання та робочого тиску в камері автоклава; б) температури нагріву та часу охолодження

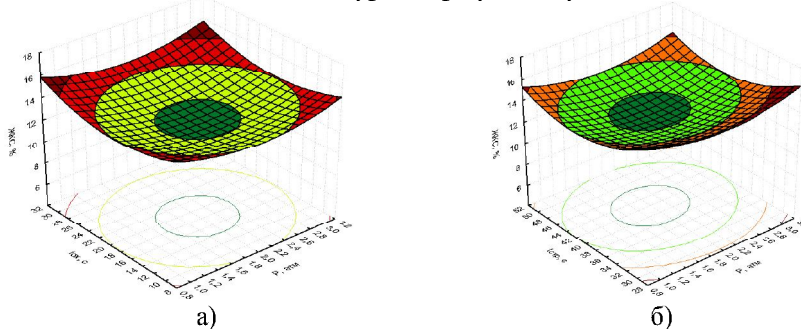


Рис. 2 – Поверхні відгуків та їх проєкції для вмісту жирних кислот у вихідній продукції при парній взаємодії основних факторів: а) часу охолодження та робочого тиску в камері автоклава; б) часу стерилізації та робочого тиску в камері автоклава

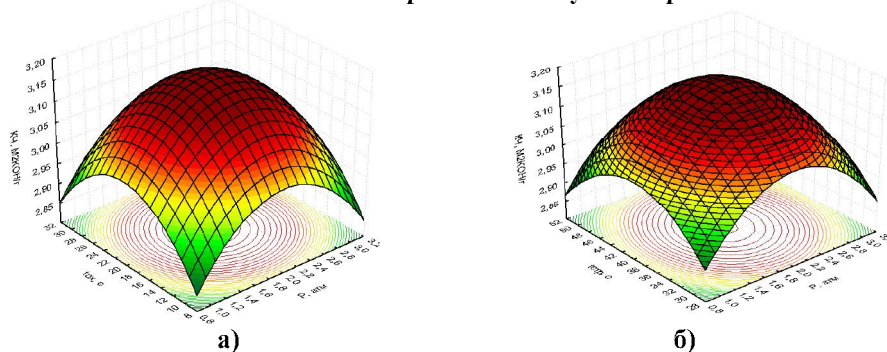


Рис. 3 – Поверхні відгуків та їх проєкції для кислотного числа у вихідній продукції при парній взаємодії основних факторів: а) часу охолодження та робочого тиску в камері автоклава; б) часу стерилізації та робочого тиску в камері автоклава

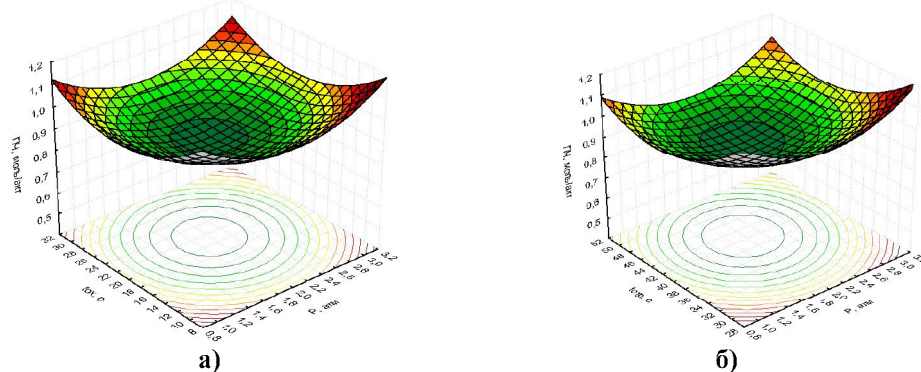


Рис. 4 – Поверхні відгуків та їх проєкції для перекисного числа у вихідній продукції при парній взаємодії основних факторів: а) часу охолодження та робочого тиску в камері автоклава; б) часу стерилізації та робочого тиску в камері автоклава

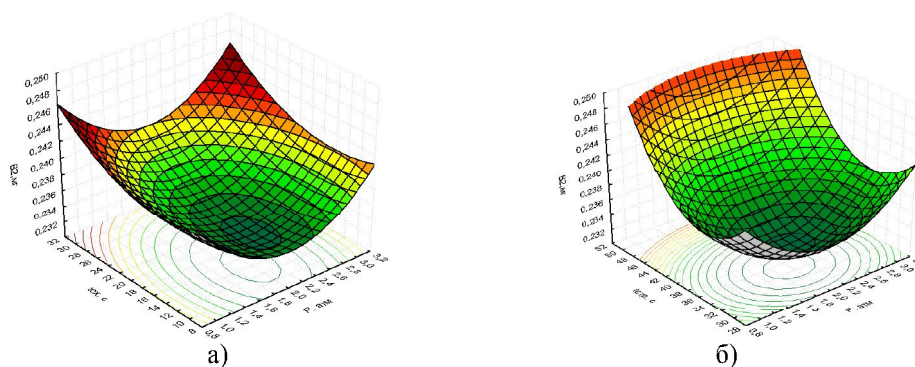


Рис. 5 – Поверхні відгуків та їх проекції для вмісту вітамінів у вихідній продукції при парній взаємодії основних факторів: а) часу охолодження та робочого тиску в камері автоклава; б) часу стерилізації та робочого тиску в камері автоклава

Висновки

1. За результатами багатофакторного експерименту одержано математичні моделі у вигляді множинної регресії другого порядку, які адекватно описують досліджуваний процес стерилізації паштетів із м'яса індиків.

2. Аналіз отриманих моделей дозволив отримати оптимальні технологічні та режимні параметри роботи досліджуваного обладнання: робочий тиск 2 – 2,1 атм. та температура 115...118 °С. При цих час нагріву 24 – 26 хв; час охолодження 24 – 26 хв; час стерилізації 39...41 хв. За цих параметрів якісні характеристики вихідної продукції набудуть значення: кількість колонієутворювальних одиниць 10×10^4 в 1 гр/пр; вміст амінокислот 8 г/100г; вміст жирних кислот 12,9 %; кислотність оброблюваної продукції 6,16 %; кислотне число 3,15 M_2KOH/g ; перекисне число 0,87 моль/акт; вміст вітамінів 0,235 мг.

Література

1. Гуркина У. Мировой рынок мяса индейки / У. Гуркина // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2009. – № 1. – С. 47–48.
2. Беляева М.А. Исследование тепловой обработки м'яса методом системного анализа / М.А. Беляева // Мясная индустрия. – 2004. – № 7. – С. 53–55.
3. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследовании сельскохозяйственных процессов / Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.М. – Л.: Колос, 1972. – 199 с.
4. Бондарь А.Г. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии (алгоритмы и примеры) : учеб. пособие / Бондарь А.Г., Статюха Г.А., Потяженко И.А. – К.: Высш. школа, 1980. – 264 с.
5. Дрейп Н. Прикладной регрессионный анализ. Кн. 1, 2 / Н. Дрейп, Г. Смит. – М.: Мир, 1981. – 252 с.
6. Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel : учеб. пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. – 102 с.

УДК 619:614.31:57.083:637.513.18

МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯЛОВИЧИНИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАКЛЮЧНОЇ ОБРОБКИ ТУШ

**Якубчак О.М., д-р вет. наук, професор,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
Загребельний В.О., канд. вет. наук
НДІ з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи, м. Київ
Муковоз В.М., канд. вет. наук, Карпуленко М.С., канд. вет. наук
Український державний науково-дослідний інститут нанобіотехнологій
та ресурсозбереження, м. Київ**

Проведено аналіз змін мікробіологічних показників м'яса туш за різних способів проведення їхнього туалету. Встановлено, що найменше бактеріальне обсіменіння туш відбувається за використання на заключному етапі первинної переробки худоби туалету гострого пару під тиском.