

ПОЛПШЕННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ В ПРОЦЕСІ ШПРИЦЮВАННЯ ФАРШУ В ОБОЛОНКУ

М'ясна промисловість є однією з важливих галузей харчової промисловості, яка призвана задовольняти попит населення якісною м'ясною продукцією (зокрема ковбасою). Сьогодні ковбасні вироби є одним з основних продуктів харчування, практично все населення України споживає ковбаси. Тому перед виробниками ковбасної продукції стоїть важлива задача – задоволення бажань споживача якісним товаром, що примушує спрямовувати всі свої зусилля одночасно, як на стабілізацію якісних показників готової продукції, так і на постійне їх підвищення.

Це можливо тільки при обґрунтуванні відповідних умов реалізації технологічного процесу як в цілому, так і окремих процесів на відповідних етапах виробництва за рахунок використання сучасних методів дослідження та створення обладнання нового покоління. Для цього необхідна нова методологія, математичний апарат, контролюючі пристрої та прибори.

Згідно з ДСТУ 4436:2005 [1] ковбасні вироби повинні нормуватися за органолептичними показниками: зовнішнім виглядом; консистенцією, виглядом фаршу на розрізі; запахом та смаком; формою; розміром та товарною відміткою (в'язанням) батонів.

Однією з головних проблем виробництва варених ковбас є однорідність структури, яка характеризує відсутність великих та малих порожнеч у фарші, що може привести до погіршення зовнішнього вигляду виробу на розрізі, негативно вплинути на запах, колір, та скоротити термін реалізації варених ковбас.

Одним з важливих етапів виробництва варених ковбас є процес шприцювання, який визначає якісні характеристики готового продукту, в тому числі і однорідність структури. При шприцюванні у фарші можуть утворюватися повітряні пухирці, на утворення яких впливає низка чинників, як на попередніх технологічних операціях (неточне дотримання рецептури по кількісному та якісному складу вихідної сировини та добавок для фаршу; подрібнення та перемішування рецептурних компонентів; нераціональне використання технологічного обладнання), так і під час самого процесу наповнювання оболонки, особливо це залежить від конструкції використовуваного витискувача, тиску, який він створює при шприцюванні, який залежить від структурно-механічних характеристик фаршу, виду та розміру оболонки, її термостатичних і динамічних властивостей [2].

Вирішенням цих питань займався ряд вчених: Косой В.Д. [3], Бредихин С.А. [4], Бармаш А.И. [5], Йорданов Д. [6]. Результатами їх досліджень встановлено, що на пороутворення в ковбасних фаршах впливає ряд причин, одна з яких – це м'ясна сировина, у волоконній структурі якої знаходиться газова фаза, яка в результаті подрібнення звільняється з м'язів, об'єднується з частками повітря, які захоплюються робочими органами і розподіляються по усій масі фаршу.

Метою нашої роботи було знаходження математичної моделі залежності органолептичних властивостей ковбасних виробів від умов шприцювання ковбасного фаршу, яку можна використати для обґрунтування впливу параметрів, що характеризують процес, і прогнозування органолептичних показників при конкретних параметрах процесу.

Для досягнення поставленої мети нами був спланований екстремальний експеримент за методом Бокса-Уілсона [7].

Для проведення активного експерименту по оптимізації показників шприцювання підготовлено експериментальний стенд - роторний вакуумний шприц Duker REX RVF-760, що дало нам можливість моделювати процес шприцювання ковбасного фаршу та керувати вхідними чинниками (факторами), контролюючи вихідні параметри - критерії оптимальності.

Розглянемо основні фактори, які можуть оказувати суттєвий вплив на якість кінцевого продукту.

Згідно з апріорною інформацією відомо, що фарш варених ковбас рекомендується шприцювати при тиску від 0,4 до 2,5 МПа: за даними [8] - на пневматичних шприцах 0,4-0,5 МПа; за даними [2] – 0,49-0,59 МПа; за даними [9-12] - 0,5-0,6 МПа; за даними [8] - на гідравлічних шприцах 0,8-1,0 МПа; за іншими даними [13] - не більше 2,5 МПа.

Фарш сосисок і сардельок рекомендується шприцювати при тиску від 0,3 до 0,8 МПа: за даними [6] - 0,3-0,4 МПа; за даними [2] - 0,39-0,49 МПа; за даними [8, 10] - 0,4-0,5 МПа; за даними [11, 12] - 0,4-0,6 МПа; за даними [9] - 0,4-0,8 МПа.

Наповнення оболонки фаршем призводять на шприцах із застосуванням вакууму або без нього. За даними [4] використання вакуумного шприцювання після кутеру дозволяє видалити до 53,7 % повітря в порівнянні з його концентрацією після кутерування. Глибину вакууму треба підтримувати на рівні від -0,02 до -0,1 МПа: за даними [14] від -0,02 до -0,08 МПа; за даними [6] від -0,06 до -0,099 МПа; за даними [15] від -0,4 до -0,1 МПа.

Температура фаршу при шприцюванні не повинна перевищувати +18 °С [16], за даними [13] – не більше +12 °С, за даними [17] від +10 до +15 °С, там же [17] - структура фаршу з кінцевою температурою від +8 до +18 °С може достатньою мірою стабільною. За даними [15] температура фаршу повинна бути від +8 до +18 °С. Можна зробити висновок, що температура фаршу на шприці не повинна бути більше +18°С, а контроль за температурою сировини - важлива умова отримання стабільної емульсії. Перевищення рівня в +18°С може привести до денатурації білків [12, 18], руйнуванню структури фаршу та зниженню пластичних властивостей [19, 20] (зниження емульгуючої та водозв'язуючої здатності, появи рихлості, бульйонних і жирових набряків у готовому виробі [12, 18]). Так, підвищення температури призводить к збільшенню норм окислення жирних кислот, і навпаки, зменшення температури призводить до їх скорочення [21].

В табл. 1 наведено область варійованих факторів з урахуванням апріорної інформації, та реальних умов здійснення виробничого процесу. Параметр оптимізації y_j – органолептичні показники ковбасних виробів, які визначались спеціалістами-дегустаторами м'ясопереробних виробництв.

Таблиця 1 – Область факторного простору експерименту

Фактор	Найменування фактору	Розмірність	Рівні параметру				
			Верхній	Нижній	Нульовий	Крок	
			+1	-1	0	-	
$P_{n.n.}$	x_1	Тиск продукту, що подається	МПа	2,25	0,45	1,35	0,90
$P_{z.z.}$	x_2	Граничний залишковий тиск	МПа	-0,80	-0,48	-0,64	-0,16
T	x_3	Температура	К	285	275	280	5

Визначення органолептичних показників варених ковбас проводили за ГОСТ 9959-91 «Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки» [22] на засіданні дегустаційної комісії, яка була створена з числа фахівців

підприємства, з урахуванням їх індивідуальної чутливості та здатності встановлювати специфічні відмінності в кольорі, смаку, запаху, ароматі та консистенції зразків м'ясних продуктів.

Перед подачею на дегустацію проби кодували цифрами, що було зафіксовано в робочому журналі до початку дегустації. Оцінку зразків проводили за 5-бальною системою [22]: 5 – відмінна якість; 4 – добра; 3 – задовільна; 2 – погана; 1 – дуже погана.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили згідно методики [23], при реалізації повного 3-х факторного експерименту.

Середнє арифметичне значення \bar{y}_j для органолептичної оцінки та дисперсію S_j^2 для кожного дослідження знайдено по формулах, згідно методики [23]. Набутих значень внесено до табл. 2.

Таблиця 2 - Розрахунок дисперсії S_j^2 для y – органолептичної оцінки

Номер дослідження	x_1 (a)	x_2 (в)	x_3 (с)	Літерне позначення	y_1	y_2	\bar{y}_j	Δy_j	Δy_j^2	S_j^2
1	-1	-1	-1	l	4,20	4,32	4,26	-0,060	0,0036	0,0072
2	1	-1	-1	a	4,82	4,80	4,81	0,010	0,0001	0,0002
3	-1	1	-1	в	4,85	4,87	4,86	-0,010	0,0001	0,0002
4	1	1	-1	ав	3,23	3,35	3,29	-0,060	0,0036	0,0072
5	-1	-1	1	с	3,38	3,32	3,35	0,030	0,0009	0,0018
6	1	-1	1	ас	4,91	4,93	4,92	-0,010	0,0001	0,0002
7	-1	1	1	вс	4,88	4,90	4,89	-0,010	0,0001	0,0002
8	1	1	1	авс	3,90	3,88	3,89	0,010	0,0001	0,0002
$\sum_{j=1}^8 S_j^2$										0,0172

Після обчислення дисперсій перевіряли гіпотезу їх однорідності за допомогою F -критерію Фішера, отримані дані внесено до табл. 3.

Таблиця 3 - Розрахункові дані для обчислення коефіцієнтів регресії

F_p	G_p	S_{bi}^2	S_{bi}	Δb_i	b_0	b_1	b_2	b_3
36	0,42	0,0001	0,01	0,014	4,28	-0,06	-0,05	-0,02

Оскільки табличне значення $F_{табл.}$ для відповідних чисел мір свободи $f_1=f_2=1$ і прийнятого рівня значущості $\alpha=0,05$, рівне 161. Таким чином, $F_p=36 < F_{табл.}=161$ і гіпотеза про однорідність дисперсій приймається.

Однорідність дисперсій перевірено за критерієм Кохрена G_p . Табличне значення цього критерію при $\alpha=0,05$ і мірах свободи $f_1=1$ і $f_2=8$ дорівнює 0,68. Оскільки розрахункове значення G_p -критерію не перевищує табличного значення G_m -критерію (умова $G_p < G_m$), тобто $0,42 < 0,68$, отже, дисперсії рядків однорідні.

Оскільки дисперсії рядків S_j^2 однорідні, то дисперсія параметру оптимізації (дисперсія відтворюваності експерименту) $S_y^2=0,002$. Дисперсія коефіцієнтів $S_{bi}^2=0,0001$, тоді $S_{bi}=0,01$. Величина довірчого інтервалу для коефіцієнтів, при $\alpha=0,05$ і $f=8$, $\Delta b_i=0,014$.

Розраховано коефіцієнти регресії для органолептичної оцінки, з урахуванням даних табл. 2-3, $b_0=4,28$; $b_1=-0,06$; $b_2=-0,05$; $b_3=-0,02$. Кожен коефіцієнт перевірено з довірчим інтервалом $\Delta b_i=0,014$ на значущість: $b_0=4,28 > \pm 0,014$ - значущий; $b_1=-0,06 > \pm 0,014$ - значущий; $b_2=-0,05 > \pm 0,014$ - значущий; $b_3=-0,02 > \pm 0,014$ - значущий.

Знайдено рівняння:

$$y = 4,28 - 0,06x_1 - 0,05x_2 - 0,02x_3. \quad (1)$$

Регресійний аналіз закінчується перевіркою адекватності отриманого рівняння, яка проводиться таким чином: для кожного рядка матриці (табл. 2) знайдено розрахункові значення \hat{y}_j . Для цього, в отримане рівняння (1) підставлені кодовані значення для кожного x . Набуті значення приведені у табл. 4.

Таблиця 4 - Розрахункові дані для обчислення дисперсії адекватності

Номер досліду	Порядок реалізації	x_1	x_2	x_3	\bar{y}_j	\hat{y}_j	$\Delta y = (\bar{y}_j - \hat{y}_j)$	Δy^2
1	04, 16	-1	-1	-1	4,26	4,41	0,15	0,023
2	12, 02	1	-1	-1	4,81	4,30	-0,51	0,260
3	03, 07	-1	1	-1	4,86	4,31	-0,55	0,303
4	14, 15	1	1	-1	3,29	4,20	0,91	0,824
5	08, 09	-1	-1	1	3,35	4,37	1,02	1,040
6	13, 01	1	-1	1	4,92	4,26	-0,66	0,439
7	11, 05	-1	1	1	4,89	4,27	-0,62	0,388
8	06, 10	1	1	1	3,89	4,16	0,27	0,070
$\sum \Delta y^2$								3,346

Розрахована дисперсія адекватності S_{ad}^2 характеризує розсіяння експериментальних та розрахункових даних (табл. 5).

Таблиця 5 - Розрахункові дані для обчислення коефіцієнтів регресії

S_{ad}^2	F_p	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}
0,84	49	-0,59	0,20	0,18	-0,06

Перевірку адекватності рівняння проведено за допомогою F - критерію Фішера та перевірено F_p з $F_{табл.}$ при $\alpha = 0,05$, $f_1 = 1$ і $f_2 = 8$, який дорівнює $F = 5,32$. Розрахункове значення $F_p = 49 > F_{табл.} = 5,32$, таким чином, рівняння (1) - не адекватне.

Ухвалюємо рішення - ввести в рівняння (1) члени взаємодії x_1x_2 , x_1x_3 , x_2x_3 , $x_1x_2x_3$. У табл. 6 внесемо кодовані значення та розраховуємо коефіцієнти регресії $b_{12} = -0,59$; $b_{13} = 0,20$; $b_{23} = 0,18$; $b_{123} = -0,06$ (табл. 5).

Таблиця 6 - Початкові дані для розрахунку коефіцієнтів регресії для y

Номер досліду	Порядок реалізації	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	\bar{y}_j	\hat{y}_j	Δy	Δy^2
1	4, 16	-1	-1	-1	1	1	1	-1	4,26	4,26	0	0
2	12, 2	1	-1	-1	-1	-1	1	1	4,81	4,81	0	0
3	3, 7	-1	1	-1	-1	1	-1	1	4,86	4,86	0	0
4	14, 15	1	1	-1	1	-1	-1	-1	3,29	3,29	0	0
5	8, 9	-1	-1	1	1	-1	-1	1	3,35	3,35	0	0
6	13, 1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	4,92	4,92	0	0
7	11, 5	-1	1	1	-1	-1	1	-1	4,89	4,89	0	0
8	6, 10	1	1	1	1	1	1	1	3,89	3,89	0	0
$\sum \Delta y^2$											0	

Знайдено рівняння:

$$y = 4,28 - 0,06x_1 - 0,05x_2 - 0,02x_3 - 0,59x_1x_2 + 0,20x_1x_3 + 0,18x_2x_3 - 0,06x_1x_2x_3 \quad (2)$$

Для розрахунку дисперсії адекватності, попередні дані внесено до табл. 6.

Таким чином, рівняння (2) адекватне, так як відхилення Δy між фактичними даними \bar{y}_j та даними, які були нами змодельовані \hat{y}_j по формулі (2), в усіх строках матриці дорівнюють нулю.

Для інтерпретації отриманих результатів і практичних розрахунків перетворено рівняння (2) по формулі переходу (3) від кодованих значень (x_1, x_2, x_3) та їх взаємодій до натуральних значень чинників ($P_{n.n}$ - тиск продукту, що подається, $P_{2.3}$ - граничний залишковий тиск, T - температура фаршу):

$$x_j = \frac{\tilde{x}_j - \tilde{x}_{j0}}{I_j}, \quad (3)$$

де x_j - кодоване значення чинника;

\tilde{x}_j - натуральне значення чинника;

\tilde{x}_{j0} - натуральне значення основного рівня;

I_j - інтервал варіювання;

j - номер чинника.

Звідси, рівняння (4), яке описуватиме залежність органолептичних показників ковбасних виробів від умов приготування прийматиме вигляд:

$$O = 77,97 - 24,02P_{n.n.} + 87,03P_{2.3.} - 0,28T - 18,04P_{n.n.}P_{2.3.} + 0,09P_{n.n.}T - 0,33P_{2.3.}T + 0,08P_{n.n.}P_{2.3.}T, \text{ бал} \quad (4)$$

Графічна залежність органолептичних властивостей ковбасних виробів від варійованих факторів приведено на рис. 1.

Точка перетину кривих в точці $O=4,23$ бали, при $P_{n.n.}=1,43$ МПа, $P_{2.3.}=-0,67$ МПа, при усіх можливих значеннях T у діапазоні від $T=275$ К, до $T=285$ К. Тобто, точка перетину статистично незначуща для фактору x_3 – температура фаршу, тому що усі криві температур зійшлися в однієї точці.

В табл. 7 представлено інтерпретацію впливу на пряму дії факторів на параметр оптимізації – органолептичні властивості продукту. Таблиця сформована на основі формули (4), яка характеризує вплив окремих факторів та їх взаємодію на органолептичні характеристики ковбасних виробів. Тобто для поліпшення параметру оптимізації необхідно фактори: x_1 - тиск продукту, що подається – зменшувати; x_2 - граничний залишковий тиск – зменшувати; x_3 – температуру фаршу зменшувати; члени взаємодії x_1x_2 та $x_1x_2x_3$ – зменшувати; x_1x_3 , та x_2x_3 – збільшувати.

Максимальне значення органолептичної оцінки знайдено в точці $O_{max}=4,42$ бали, при $P_{n.n.}=0,90$ МПа, $P_{2.3.}=-0,56$ МПа, при $T=275$ К. Тобто для поліпшення органолептичних властивостей продукту необхідна стабілізація даних характеристик в процесі шприцювання ковбасного фаршу в оболонку.

Характерною особливістю органолептичних властивостей ковбасного фаршу від варійованих факторів є те, що для збільшення цього показника необхідно згідно з рівнянням (4) тиск продукту, що подається, граничний залишковий тиск а також температуру фаршу зменшувати, але не до величини екстремуму (рис.1), тому що одиничні графіки до точці перетину переходять із нижньої частини у верхню та навпаки та мають нелінійне походження. Крім того, рівняння (4) має парні взаємодії а

також взаємодію трьох факторів. Існуюча парна взаємодія x_1x_2 має коефіцієнт 0,59, який найбільший ніж сума усіх існуючих чинників, що при зменшенні даного впливу призведе до збільшення параметру оптимізації.

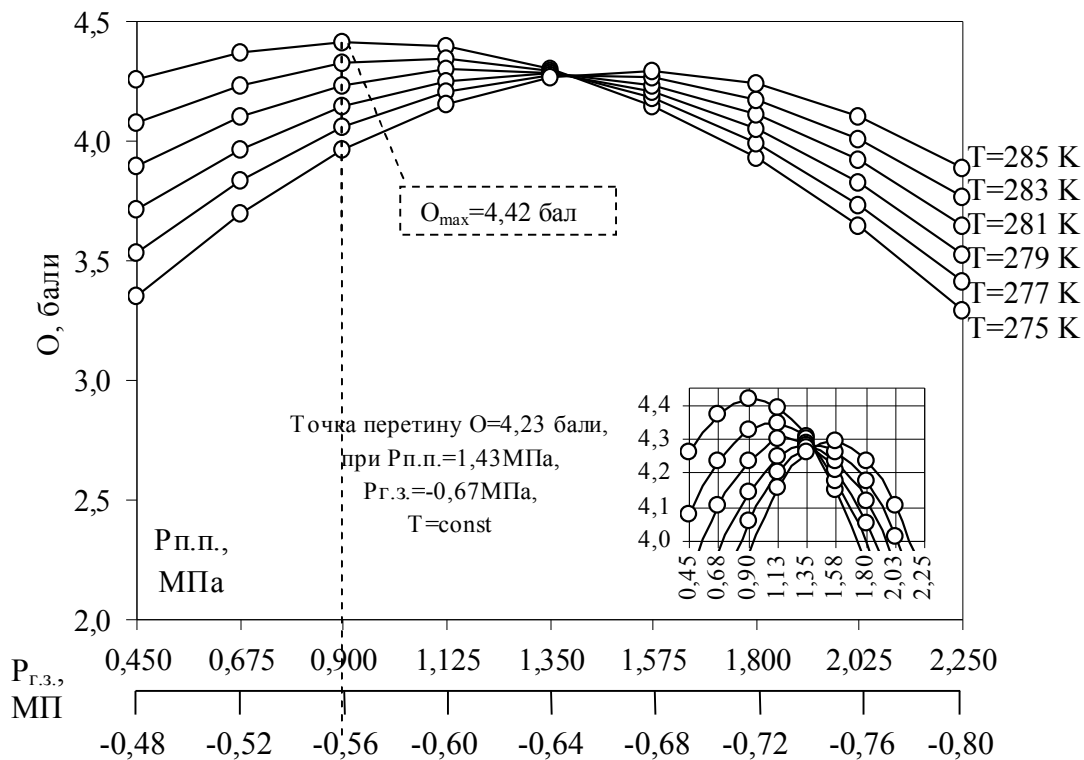


Рисунок 1 - Залежність органолептичних властивостей ковбасних виробів від варійованих чинників.

Таблиця 7 - Інтерпретація впливу чинників на органолептичні властивості

Напрямок оптимізації	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$
збільшення (↑)	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓

В результаті отримані функції регресії в кодованих та натуральних значеннях варійованих чинників, які адекватно описують вплив статистично значущих чинників на параметр оптимізації.

ВИСНОВКИ.

Шприцювання ковбасного фаршу є одним з ключових етапів технологічного процесу виробництва ковбасних виробів, що гарантує якість готової продукції.

Визначенні оптимальні умови процесу шприцювання, які забезпечують найбільше значення органолептичної оцінки, що характерне для точки $O=4,42$ бали, при значеннях існуючих факторів $P_{п.п.}=0,9$ МПа, $P_{г.з.}=-0,56$ МПа, $T=275$ К.

Подальші наші дослідження будуть спрямовані на знаходження математичних моделей, які стабілізують фізико-хімічні та мікробіологічні характеристики кінцевого продукту, що певною мірою дасть нам можливість пошуку оптимальних характеристик: x_1 - тиск продукту, що подається; x_2 - граничний залишковий тиск; x_3 - температура фаршу.

Список літератури

1. Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. Загальні технічні умови : ДСТУ 4436:2005. – [Чинний від 2005-07-15]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 32с. - (Національний стандарт України).
2. Зонин, В.Г. Современное производство колбасных и солено-колбасных изделий [Текст] / В.Г. Зонин. – СПб.: Профессия, 2006. – 224 с.
3. Косой, В.Д. Оптимизация процесса шприцевания колбасных изделий [Текст] / В.Д. Косой, А.В. Горбатов, С.Н. Туменов // Мясная индустрия СССР. – 1981. – №11. – С. 23 – 26.
4. Бредихин, С.А. Влияние технологических операций на насыщение воздухом мясного сырья [Текст] / С.А. Бредихин // Мясная индустрия. – 2002. - №4. – С. 54 – 56.
5. Бармаш, А.И. Влияние механической обработки мяса и вакуумирования на качество фаршевых консервов [Текст] / А.И. Бармаш // Мясная индустрия СССР. – 1986. – № 2 – С. 29 – 31.
6. Йорданов, Д. Математическое моделирование процесса деаэрации фарша для колбас [Текст] / Д. Йорданов, К. Динков // Известия вузов. Пищевая технология. – 2000. – №1. – С. 77 – 80.
7. Топольник, В.Г. Планування експериментального дослідження з пошуку оптимальних умов процесу шприцювання ковбасного фаршу [Текст] / Топольник В.Г., Мілохова Т.А., Кузьмін О.В. // Наукові праці ОНАХТ. – 2011. - Вип. 39. – С. 274-277.
8. Рогов, И.А. Общая технология мяса и мясопродуктов [Текст] / И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин. – М.: Колос, 2000. – 367 с.
9. Технологія м'яса та м'ясних продуктів : підручник [Текст] / М.М. Клименко, Л.Г. Винникова, І.Г. Береза та ін.; за ред. М.М. Клименка. — К.: Вища освіта, 2006. — 640 с.
10. Большаков, А.С. Технология мяса и мясопродуктов [Текст] / Большаков А.С., Рейн Л.М., Янушкин Н.П. М.: Пищевая промышленность, 1976. – 400 с. (учебник для учащихся техникумов мясной промышленности).
11. Винникова, Л.Г. Технология мяса и мясных продуктов : учебник [Текст] / Л.Г. Винникова. – К.: Фирма «Инкос», 2006. – 600 с.
12. Основы современных технологий переработки мяса. Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты, ч.1.: краткий курс [Текст]. -М.: Протеин технолоджиз интернэшнл, 1994. – 295 с.
13. Золюк, И. О той, что «доктор прописал»... [Текст] / Ирина Золюк // Мясное Дело. – 2009. – №1. - С 22 – 23.
14. Бредихин, С.А. Эффективность деаэрации при переработке мясного сырья [Текст] / С.А. Бредихин // Мясная индустрия. – 2002. – № 2. – С. 18 – 20.
15. Рогов, И.А. Технология и оборудование колбасного производства : учеб. пособие для кадров массовых профессий [Текст] / И.А. Рогов, А.Г. Забашта, В.А. Алексахина. – М.: Агропромиздат, 1989. – 351с.
16. Гончаров, Г.Я. Государственный санитарный надзор за мясоперерабатывающими предприятиями [Текст] / Гончаров Г.Я., Ванханен В.В., Денисенко В.И., Ванханен В.Д., Цуцков В.Е. – Донецк.: 1996 – 95 с. (Библиотека практического санитарного врача).
17. Кудряшов, Л.С. Новые рецептуры, гарантирующие качество и конкурентоспособность колбасных изделий [Текст] / Л.С. Кудряшов, Л.И. Лебедева, О.В. Шаболдина, В.А. Алексахина, Т.В. Маринина // Мясная индустрия. – 2004. - № 11. – С. 19 – 23.
18. Соснина, В.А. Переработка мяса в мини-цехах и индивидуальных хозяйствах

[Текст] / В.А. Соснина, В.А. Оноприенко, М.А. Трудова, Н.А. Рябченко. – Ставрополь, 2002. – 115 с.

19. Шалдеева, Н. Влияние технологических факторов на качество фаршевой продукции [Текст] / Н. Шалдеева // Рыбное хозяйство. – 1999. - № 6. – С. 52-54.

20. Пасічний, В.М. Характеристики основної м'ясної сировини та субпродуктів для виробництва ковбасних виробів вареної групи / В.М. Пасічний, О. Захандревич // Мясное Дело. – 2008. – №1. – С. 39 – 41.

21. Warriss P.D. Meat science. An introductory text / P.D. Warriss. - Bristol, CABI Publishing, 2000. – 310 p.

22. Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки : ГОСТ 9959-91. – [Дата введения 1993-01-01]. – М.: Стандартиформ, 2006. – 12 с. - (Межгосударственный стандарт).

23. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. – 280 с.