

УДК 637. 54'65;
КП 00419880
№ держреєстрації 0107U003168
Інв. №

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

Технологічний інститут молока та м'яса
02660, м. Київ-2, вул. М.Раскової, 4а (044 - 517-04-58)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Технологічного
інституту молока та м'яса
Г. О. Єресько

" __ " _____ " 2010 р.

ЗВІТ

За темою № **80.07** «Дослідити вплив активності води a_w на ступінь
окислення ліпідів та розвиток мікрофлори у м'ясі птиці»
(кінцевий)

Заст. директора
з наукової роботи,
канд. техн. наук

І.О. Романчук

Керівник теми,
зав. відділом
переробки птиці,
канд. техн. наук

Н.Ф. Усатенко

2010

Рукопис закінчено (грудень 2010 р.)
Результати роботи розглянуті Вченою Радою ТІММ
(Протокол № 16 від 29.12.2010 р.)

СПИСОК ВИКОНАВЦІВ

Зав. відділом переробки птиці

Н.Ф. Усатенко
(Введення, розділи 1-2, висновок)

Науковий співробітник

Ю.І. Охрименко
(Розділи 1-2)

Провідний інженер

Т.Ю. Кліщова
(Розділи 1-2)

Провідний інженер

Л.Г. Мартиненко
(Розділи 1-2)

Провідний інженер

С.Я. Соколова
(Розділи 1-2)

Молодший науковий співробітник

Т.А. Свириденко
(Розділи 1-2)

Фахівець

О.М. Скарбовійчук
(Розділи 1-2)

РЕФЕРАТ

Звіт викладено на 75 машинописних сторінках. Містить 23 таблиці, 3 рисунки та 19 джерел літератури.

Об'єкт досліджень - м'ясо птиці та бар'єрна технологія виготовлення і зберігання продуктів середньої вологості з м'яса птиці (сиров'ялених), одним з основних технологічних бар'єрів якої є активність води.

Мета роботи – встановлення об'єктивності і достовірності показника активності води (a_w) для контролю мікробіологічного та біохімічного стану м'яса птиці та вироблених з нього продуктів середньої вологості.

Експериментальні дослідження за темою проведено за методами математичного планування експериментів з метою математичного обчислення показника активності води (a_w) на випадок відсутності приладу для його вимірювань.

В результаті проведених досліджень:

- встановлено не об'єктивність показника активності води (a_w) при контролюванні мікробіологічного стану м'яса птиці, через слабку (неоднозначну) залежність його величини від показників, що характеризують мікробіологічний стан м'яса;

- визначено ключові технологічні фактори (бар'єри), що впливають на безпечність та якість сиров'ялених суцільном'язових продуктів з м'яса птиці (продукти середньої вологості), виготовлених з м'яса птиці: активність води a_w , вміст вологи (W , %) і солі (C , %), рівень реакції рН, використання стартових бактеріальних композицій та фізичні умови проведення технологічного процесу;

- встановлено функціональну залежність показника активності води (a_w) в сиров'ялених суцільном'язових продуктах з м'яса птиці від ключових технологічних факторів в процесах їх виробництва та зберігання;

- встановлено функціональну залежність показника активності води (a_w) в сиров'ялених та сирокочених коабасах з м'яса птиці від ключових технологічних факторів в процесах їх зберігання;

- результати експериментальних досліджень математично узагальнені емпіричними формулами для обчислення показника активності води a_w залежно від технологічних факторів;

- розроблена бар'єрна технологія виробництва сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці (ТУ У 15.1 – 00419880 – 095:2008 «Продукти із м'яса птиці сирокоччені та сиров'ялені. Технічні умови»);

- розроблено експресний метод оцінки якості м'ясопродуктів за показником активності води a_w під час їх виготовлення та зберігання (Методичні рекомендації).

Результати роботи захищено патентом на винахід: Пат. 91780 Україна, МПК А 23 L 1/31, А 23 L 1/315. Спосіб виробництва сиров'ялених суцільном'язових виробів із м'яса птиці / Єресько Г. О., Усатенко Н. Ф., Свириденко Т.А.; заявник та власник ТІММ УААН. – № а 2009 01037; заявл. 10.02.2009; опубл. 25.08.2010, Бюл. №16, 2010 р.

Ключові слова:

АКТИВНІСТЬ ВОДИ, МАТЕМАТИЧНЕ УЗАГАЛЬНЕННЯ, М'ЯЗОВА ТКАНИНА, М'ЯСО ПТИЦІ, СИРОВ'ЯЛЕНІ, СУЦІЛЬНОМ'ЯЗОВІ ПРОДУКТИ, ТЕХНОЛОГІЯ БАР'ЄРІВ.

ЗМІСТ

	ВСТУП	С.
		6
1	ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1	Стан питання	7
1.2	Мета та завдання досліджень	16
2.	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	18
2.1	МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	18
2.2	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	21
2.2.1	Дослідження залежності активності води від мікробіологічних показників в білому та червоному м'ясі курчат-бройлерів	21
2.2.2.	Дослідження ключових технологічних факторів (бар'єрів), які визначають безпечність та якість сиров'ялених суцільном'язових продуктів з м'яса птиці в процесах їх виробництва і зберігання, та їх впливу на активність води в продуктах	24
2.2.2.1	Дослідження впливу солі як бар'єрного фактора, на технологію виготовлення сиров'ялених суцільном'язових продуктів з м'яса птиці та її взаємозв'язок з вологою в продукті (W), величиною рН, та активністю води	24
2.2.2.1.1.	Дослідження впливу вакууму на підвищення ролі солі в технології виготовлення сиров'ялених суцільном'язових продуктів з м'яса птиці та на характер взаємозв'язку активності води з вологою (W) та величиною рН.	31
2.2.2.1.2.	Дослідження сумісного впливу вакууму, солі та бактеріальних препаратів на процес посолу сировини при виготовленні сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці та на характер взаємозв'язку між активністю води, вмістом вологи (W) та величиною рН	42
2.2.3.	Дослідження фізико-хімічних, мікробіологічних показників сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці в процесі їх виготовлення за розробленою бар'єрною технологією та формулізація визначення показника a_w	55
2.2.4.	Дослідження взаємозв'язку між показником активності води a_w та фізико-хімічними показниками в процесі зберігання сиров'ялених та сирокочених продуктів з м'яса птиці	62
	ВИСНОВКИ	71
	ЛИТЕРАТУРА	74
	ДОДАТКИ А -Е	

ВСТУП

Останнім часом, в концепції аналізу ризиків та визначення критичних контрольних точок (НАССР) забезпечення якості харчових продуктів, яка є базовою системою в економічно розвинутих країнах, обрані такі показники: активність води (a_w) та рН. Ці показники є достатньо достовірними при визначенні безпечності продуктів експрес-методом.

Вступ України до СОТ зобов'язує не тільки привести у відповідність до міжнародних вимог показники якості і безпечності продуктів харчування, але й адаптувати методи контролю за цими показниками.

Слід визнати, що в нашій державі показник активності води (a_w) є досить новим не тільки для виробників харчових продуктів, а й для контролюючих органів держави. В діючому законодавстві України поняття «активність води», як показника якості і безпечності продуктів для вживання, визначається в ДСТУ ISO 21807 «Мікробіологія продуктів і тваринних кормів – визначення активності води». На жаль вітчизняних приладів для вимірювання цього показника немає, а атестований імпортований прилад для здійснення вимірювань активності води у продуктах харчування є лише в ТІММ НААН.

Разом з тим, досить часто виникає потреба оперативного визначення хімічного та мікробіологічного стану продуктів з точки зору безпеки і придатності їх для вживання: в процесі зберігання; при перетині кордону під час експортно-імпортованих операцій; під час розробки нових технологій і т. ін.

Враховуючи наведене вище, визначено мету даної роботи: обґрунтування об'єктивності і достовірності контролю мікробіологічного та біохімічного стану м'яса птиці, як самої мікробіологічно вразливої м'ясної сировини та виготовлених з нього сиров'ялених продуктів за допомогою показника активності води (a_w).

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Стан питання

Вода – це унікальна рідина (хімічна сполука) з певними властивостями, яка входить до складу усього біологічного матеріалу. Вивченню властивостей води, її взаємодії з іншими речовинами та поверхнею сухого каркасу харчових продуктів присвячена велика кількість фундаментальних робіт вчених усього світу: А.В. Ликова, Рёделя В., П.А. Ребіндера, А.В. Кисельова, А.С. Гінзбурга, R.V. Duckworth, W.J. Scott та інші.

Класифікацію форм зв'язку води в матеріалах з урахуванням природи утворення зв'язку та енергії взаємодії запропонував П.А. Ребіндер [1]. Форми зв'язку води за цією класифікацією поділені на хімічну та механічну.

Вода в м'ясі та харчових продуктах із м'яса, як і в інших біологічних матеріалах, також утримується вищевказаними формами зв'язку та виступає нарівні з іншими, як звичайна складова частина тканини або продукту. Однак характер і міцність форм її зв'язку неоднакові. Найбільш міцно зв'язана хімічна вода, найменш механічна (волога змочування та волога мікропор).

Механічна вода може бути видалена механічним способом: віджиманням на пресах або під дією відцентрової сили в центрифугах. Таку воду називають слабкозв'язаною або вільною.

Слабкозв'язану воду також можна видалити шляхом висушування та заморожування.

Слабкозв'язана вода, яка є розчинником органічних та неорганічних речовин, приймає участь у всіх біохімічних процесах, які відбуваються при зберіганні та переробці харчових продуктів.

Тільки слабкозв'язана вода в продуктах доступна для розвитку мікроорганізмів. Саме тому для пригнічення розвитку мікрофлори в харчових продуктах цю воду або повністю видаляють, або переводять в більш міцно зв'язану, додаючи вологозв'язуючі компоненти (солі, функціональні добавки, полісахариди тощо.)

Від кількості та властивостей води, яку містять харчові продукти, залежать їх технологічні властивості, інтегральний показник якості та строки зберігання.

У 1952 році W.J. Scott доказав, що існує взаємозв'язок між станом води в продукті та зростанням мікроорганізмів у ньому і запропонував для визначення якості продуктів використовувати показник „активність води” (англ. "water activity" - a_w).

Відповідно до сучасних теоретичних уявлень величину активності води (a_w) визначають як відношення парціального тиску водяної пари над поверхнею харчового продукту (p) до максимально можливого його тиску – «насиченого» (p_0) при тій же температурі (T) [2]:

$$a_w = p / p_0 = \text{РВВ} / 100, \quad (1.1)$$

де: РВВ – рівноважна відносна вологість, %.

Активність води a_w виражається значеннями від 0,00 до 1,00.

Значення $a_w = 1,00$ відповідає дистильованій воді, а значення $a_w = 0,00$ – стану абсолютно зневодненого продукту.

Залежно від значення активності води, харчові продукти поділяють на продукти:

- з високою вологістю ($a_w = 0,9 - 1,0$),
- з середньою (проміжною) вологістю ($a_w = 0,6 - 0,9$);
- з низькою вологістю ($a_w = 0,0 - 0,6$).

Показник a_w інтегрально відображає якісні зміни зв'язку вологи в продукті по відношенню до дистильованої води. Інакше кажучи, активність води є відносною величиною, що характеризує міцність зв'язку вологи в продукті по відношенню до дистильованої води.

Енергію зв'язку вологи з матеріалом в продукті визначають так [2]:

$$E = -R \cdot T \cdot \ln (P/P_0) = -R \cdot T \cdot \ln a_w, \quad (1.2)$$

де: R — універсальна газова стала,

T — температура, град. Кельвіна.

При зниженні активності води енергія зв'язку вологи з матеріалом в продукті збільшується і мікроорганізмам, як правило, є більш складно використовувати її для своїх біологічних потреб.

У продуктах з високою вологістю, до яких відноситься м'ясо, всі процеси відбуваються в основному за участю мікроорганізмів.

У продуктах з середньою вологістю (напівкопчені, варено-копчені, сирокопчені та сиров'ялені ковбаси та продукти) можуть здійснюватися різні процеси, в том числі і за участю мікроорганізмів.

У продуктах з низькою вологістю (сухі бульйони тощо) активність мікроорганізмів пригнічена. Проте в таких продуктах проходять процеси окислення жирів, неферментативного потемнення, втрати водорозчинних речовин (вітамінів), псування, що визване ферментами.

Для кожного виду мікроорганізмів мають місце мінімальні, максимальні та оптимальні рівні активності води. Так при значеннях цього показника нижче мінімальних та вище максимальних розвиток мікроорганізмів припиняється, що однак не завжди свідчить про їх загибель.

У таблиці 1.1 наведено діапазони значень активності води, які є характерними для основних груп мікроорганізмів [3].

Таблиця 1.1 – Значення активності води, які є характерними для основних груп мікроорганізмів [3]

Мікроорганізми	Діапазон значень активності води
Грамнегативні палочки	0,98 – 0,95
Більшість коків та лактобацил	0,95 – 0,91
Більшість дріжджів	0,91- 0,86
Більшість плісняви	0,86 - 0,80
Більшість галофільних бактерій	0,80 - 0,75
Ксерофільні плісняви	0,75 - 0,65
Осмофільні дріжджі	0,65 - 0,60

Оптимальні для розвитку мікроорганізмів значення активності води зазвичай зміщуються ближче до максимальних значень, що і відображено на рисунку 1.1 [4].

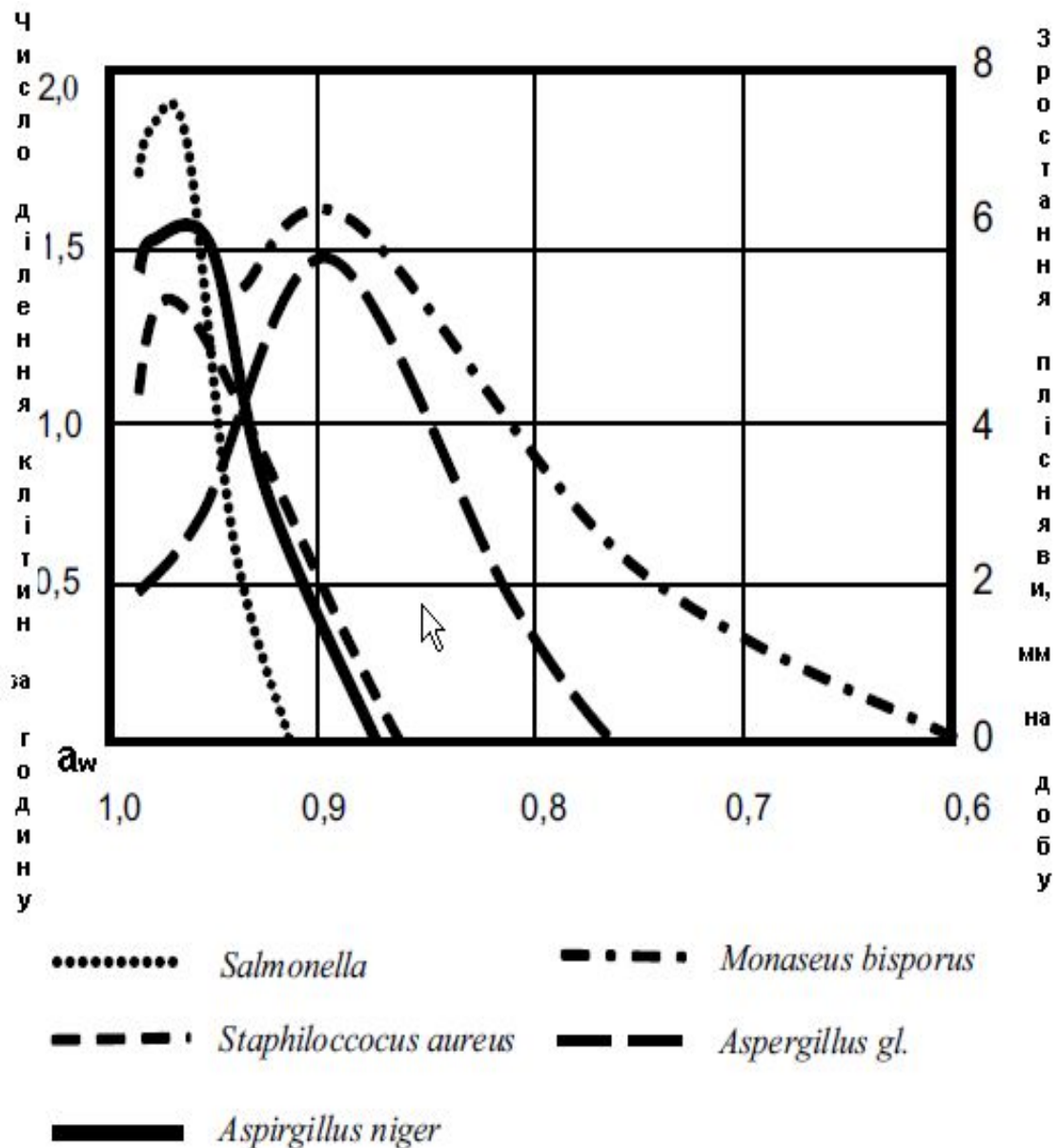


Рис. 1.1 Залежність зростання мікроорганізмів від значень активності води (a_w)

Для прикладу, для *Salmonella* границі зростання за активністю води є від 0,94 до 0,99, при оптимальних значеннях $a_w \approx 0,97$.

Вода є дисперсним середовищем не тільки для метаболізму мікроорганізмів, а й для цілого ряду хімічних реакцій, які відбуваються в харчових продуктах.

За величиною активності води можна, з деяким припущенням, визначити не лише мікробіологічний, а і фізичний стан продукту та здатність його до зберігання.

На рисунку 1.2 (карта стабільності) [4], відображено залежність між a_w та процесами, що відбуваються в продуктах під час їх зберігання.

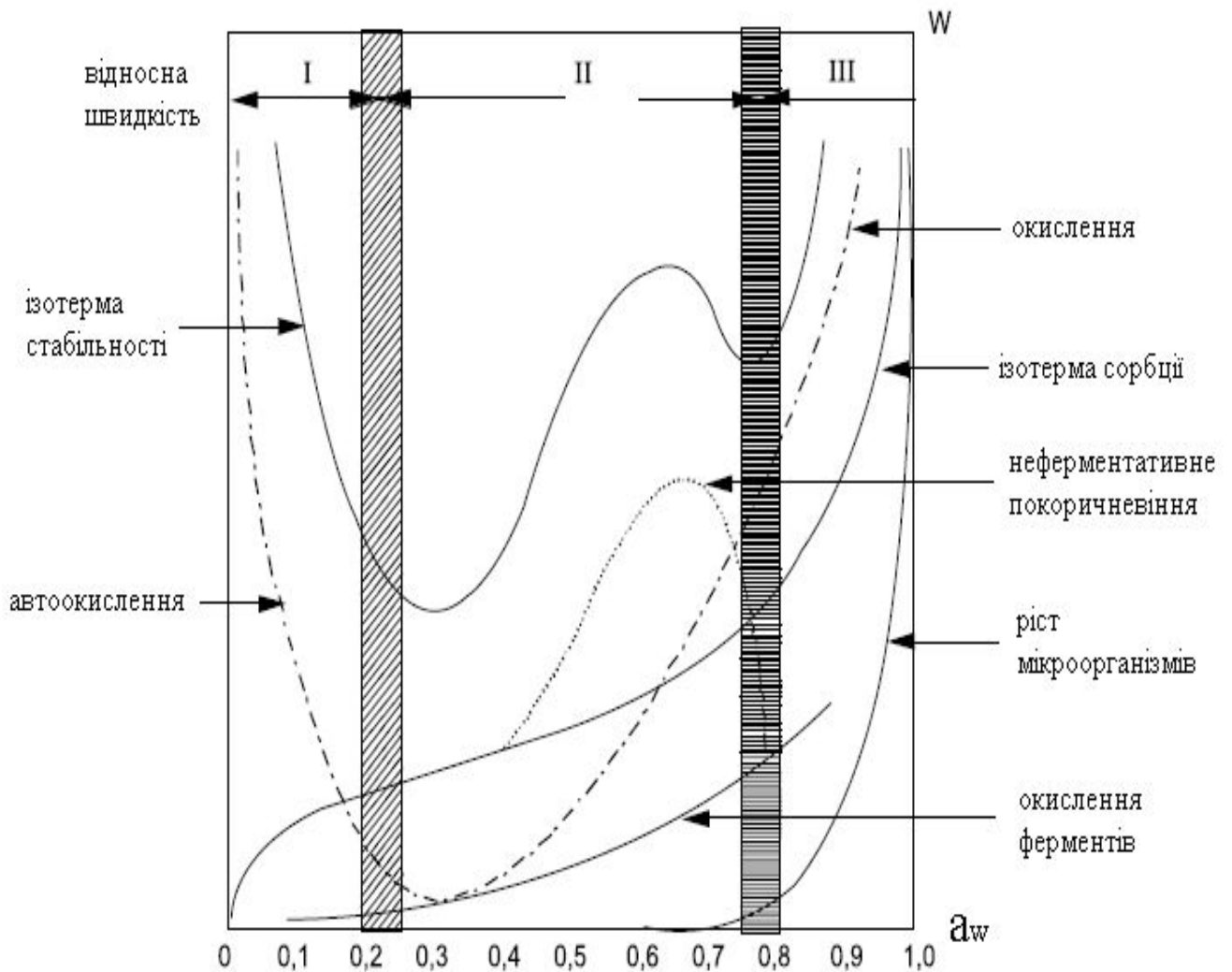


Рис 1.2. Карта стабільності

В технології м'яса і м'ясопродуктів має значення досить вузький діапазон величини активності води – від 0,75 до 1,00.

В таблиці 1.2 наведено види мікроорганізмів, які можуть бути присутні в м'ясі та м'ясопродуктах та значення активності води, яке не обмежує зростання

цих мікроорганізмів [5].

Таблиця 1.2 – Значення активності води (a_w), яке не обмежує зростання мікроорганізмів

Назва мікроорганізмів	Значення a_w
Clostridium botulinus (тип E та B, психотропні), Pseudomonas	Від 0,97 та вище
Bacillus, Citrobacter, Clostridium perfringens, Clostridium botulinus (тип A та B), Enterobacter, Escherichia coli, Proteus, Salmonella	Від 0,95 та вище
Pediococcus, Microbacterium	Від 0,94 та вище
Corynebacterium	Від 0,91 та вище
Lactodacillus, Micrococcus, Staphylococcus (при аеробних умовах), Streptococcus	Від 0,90 та вище
Staphylococcus (при анаеробних умовах)	Від 0,86 та вище
Дріжджі та пліснява	Від 0,86 та вище
Галофільні мікроорганізми	Від 0,75 та вище

Як і в інших харчових продуктах, зміна активності води в м'ясі і продуктах з м'яса також безпосередньо впливає на мікробіологічні, ферментативні, хімічні і фізичні зміни, зокрема, на реакції смако- і кольороутворення, швидкість вологообміну та втрати маси продукту під час термообробки і зберігання.

Якість м'ясних продуктів, призначених для тривалого зберігання стабілізується при зниженні активності води. Як наслідок при цьому знижується в цих продуктах швидкість мікробіологічних, ферментативних, хімічних і фізичних змін.

Чим нижче значення a_w , тим триваліший термін придатності м'ясних продуктів. Однак, на практиці слід враховувати, що наведені в таблиці значення активності води є лише орієнтовними.

Як правило, на протязі достатньо тривалого періоду зберігання мікроорганізми можуть пристосовуватися до низьких значень активності води. У цьому випадку слід розглянути можливість збільшення тривалості лаг-фази (стадії роз-

витку мікроорганізму, за якої не спростерігається зростання його чисельності) за рахунок зміни a_w .

Наближення активності води до значення 0,9 здатне визвати затримку лог-фази (стадії інтенсивного розмноження мікроорганізму) з 1 до 13годин.

Слід додати, що в результаті зниження активності води не всі види мікроорганізмів пригнічуються в однаково. Найбільш чутливо реагують грамнегативні бактерії.

Таблиця 1.3 містить дані щодо величини активності води в деяких групах м'ясної сировини та м'ясних продуктів та їх чутливості до мікробного псування [6].

Таблиця 1.3 –Діапазон значень активності води, який обмежує зростання мікроорганізмів в м'ясних продуктах

Індекс активності води (a_w)	Мікроорганізми, зростання яких пригнічується при найбільш низьких значеннях активності води у вказаному діапазоні	Приклади харчових продуктів в межах вказаного індексу активності води
1,00 – 0,95	<i>Pseudomonas</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Proteus</i> , <i>Shigella</i> , <i>Klesiella</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , деякі дріжджі	М'ясні продукти, які особливо швидко псуються: м'ясо, субпродукти, варені ковбаси, сосиски, сардельки, хліби
0,95 – 0,91	<i>Salmonella</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>C. botulinum</i> , <i>Serratia</i> , <i>Lactohacillus</i> , <i>Pediococcus</i> , деякі плісені, <i>Rhodotorula</i> , <i>Pichia</i> , <i>Bacillus</i>	М'ясні продукти: варено-копчені ковбаси, напівкопчені ковбаси, шинка, інші копченості
0,91 – 0,75	Багато дріжджів (<i>Candida</i> , <i>Torulopsis</i> , <i>Hansenula</i>), <i>Micrococcus</i>	Ферментовані ковбаси та с'ироялені суцільном'язові продукти

Верхні індекси активності води стосуються м'яса та варених м'ясопродуктів, а нижні - копченостей (варено-копчених, сирокочених, сиров'ялених ковбас та продуктів), що мають тверду консистенцію і для яких цей показник становить від 0,80 до 0,91.

Незважаючи на незначний діапазон зміни активності води для м'ясопродуктів, значення цього показника відіграє вирішальну роль у забезпеченні їх безпечності і збереженні якості, тому що значення a_w нижчі ніж 0,95 виключають можливість активного зростання більшості патогенних мікроорганізмів, а також мікроорганізмів, що викликають псування м'ясних продуктів і харчові отруєння: *Cl. botulinum*, *Cl. perfringens*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Proteus*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Corynebacterium* тощо.

Значення активності води в м'ясних продуктах нижчі ніж 0,85 є несприятливими для зростання в них основних видів дріжджів і більшості плісняви.

До зниження активності води в м'ясних продуктах особливо чутливі грамнегативні бактерії, якими в основному представлена гнилісна мікрофлора.

На життєдіяльність мікроорганізмів в м'ясних продуктах поряд з показником a_w в значній мірі впливає і величина рН.

Значення рН, необхідні для життєдіяльності мікроорганізмів, також є визначеними.

Так для пліснявих грибів та дріжджів найбільш сприятливими умовами є кисле середовище: значення рН лежить в межах від 3,0 до 6,0.

Більшість плісняви здатна розвиватися в більш широкому діапазоні значень рН: від 0,5 до 11,0.

Всі патогенні та гнилісні бактерії ліпше ростуть в нейтральному або слабко лужному середовищі: за рН - від 6,5 до 7,5.

Гнилісні бактерії дуже чутливі, а молочнокислі відносно стійки до підвищеної кислотності.

Останнім часом показники a_w та рН стали одними з основних параметрів концепції аналізу ризиків та критичних контрольних точок (НАССР), яка є базовою системою забезпечення якості харчових продуктів у економічно розвинених країнах.

В країнах ЄЕС при проведенні експертизи цілого ряду харчових продуктів обов'язково поряд з показником «вміст вологи» визначають показники a_w та рН.

Залежно від цих показників у країнах європейської спільноти прийнято концепцію класифікації м'ясопродуктів на три групи за строками зберігання [7].

Цю класифікацію м'ясопродуктів викладено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Класифікація м'ясопродуктів за строками зберігання [7]

Група стійкості при зберіганні	Критерії		Температура зберігання, °С
	a_w	pH	
А - швидкопсувні	>0,95	> 5,2	<5
В - псувні	0,95 – 0,91	5,2-5,0	<10
С – стійки при довготривалому зберіганні	$\leq 0,91$	$\leq 5,2$	Охолодження не вимагається

У США визначення показників pH та a_w включено в інструкцію з контролю якості харчових продуктів та лікарських препаратів.

Використовують ці показники і на пострадянському просторі. Так для контролю якості харчових продуктів показник a_w , як обов'язковий, введено в Санітарні правила 2.3.4. 15-18-2005 «Государственная санитарно-гигиеническая экспертиза и подтверждение правильности установления сроков годности (хранения), условий хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов» (Білорусь).

У Росії теж в діючому СанПин 2.3.21078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», одним із показників, що характеризують якість та безпечність продуктів, які випускаються на споживчий ринок теж є показник a_w .

В Україні, яка є членом СОТ, у діючому законодавстві поняття «активність води» лише визначено у ДСТУ ISO 21807 «Мікробіологія продуктів і тваринних кормів – визначення активності води».

Виходячи із наведеного, можна зробити висновок, що вирішення питання щодо використання активності води (a_w) для контролю експрес-методом мікробіологічного та ферментативного стану м'яса та м'ясних продуктів під час їх виробництва та зберігання є актуальним та цікавим як для контролюючих органів, так і для виробників.

1.2 Мета та завдання досліджень

Мета досліджень – встановлення об'єктивності і достовірності показника активності води (a_w) для контролю експрес-методом мікробіологічного та біохімічного стану м'яса птиці та продуктів з нього під час їх виробництва та зберігання.

Об'єктом досліджень – є м'ясо птиці та бар'єрна технологія виготовлення та зберігання продуктів середньої вологості з м'яса птиці. М'ясо курчат-бройлерів має специфічні технологічно-функціональні властивості, тому технологія виготовлення з нього якісних продуктів (сиров'ялених) є більш складною ніж з яловичини та свинини. Для забезпечення якості та придатності до зберігання таких продуктів, під час їх виробництва необхідно використовувати широку гаму різноманітних технологічних факторів та прийомів, які на належному рівні досі не досліджувались.

Під час вивчення передового зарубіжного досвіду щодо використання показника активності води (a_w) як об'єктивного для контролю експрес-методом за мікробіологічним та біохімічним станом м'яса птиці та продуктів з м'яса птиці під час їх виробництва та зберігання було виявлено доцільність використання цього показника лише для продуктів середньої вологості.

Використання показника активності води (a_w), як об'єктивного, для контролю мікробіологічного та біохімічного стану м'яса птиці, виробленого сучасними вітчизняними технологіями, унеможлиблюється через використання під час охолодження тушок забитої птиці розчинів хімічних речовин антибактеріального характеру та значного збільшення слабкозв'язаної вологи («добавлена вода») в м'язовій тканині, що абсорбується під час проведення процесу охолодження тушок забитої птиці в холодній воді.

Цей факт спричиняє значну похибку при вимірюванні та використанні показника активності води (a_w) для контролю мікробіологічного та біохімічного стану м'яса птиці.

Через наведені вище чинники, при виконанні робіт за темою більш доцільним буде приділення уваги у більшій мірі дослідженням продуктів середньої вологості та технологічним бар'єрним факторам, застосування яких дозволить

виробляти якісні сиров'ялені продукти м'яса птиці, та встановленню достовірності використання показника активності води (a_w) для контролю мікробіологічного та біохімічного їх стану. При цьому існує необхідність постійного контролю за фізико-хімічними та мікробіологічними показниками цих продуктів під час виробництва та при зберіганні. Нерідко виникає необхідність здійснення контролю експрес-методом – достатньо достовірним, але більш швидким ніж арбітражні методи, у випадках встановлення придатності продуктів до вживання після їх зберігання, при перетинанні кордонів під час експортно-імпортних операцій, або під час розробки нових технологій та рецептур.

Вирішено, що найбільш доречним технологічним прийомом, метою якого є покращення якості готових до вживання продуктів з м'яса птиці буде використання під час досліджень теоретичних аспектів "технології бар'єрів", яку для виробництва харчових продуктів запропонував німецький вчений Л. Ляйстнер [5]. Ця теорія базується на глибокому розумінні взаємозв'язків між всіма технологічними факторами, котрі визначають якість готової продукції та її придатність до зберігання. До цих факторів-бар'єрів відносять: сіль, цукор, нітрит натрію, бактеріальні стартові культури, температурно-вологісні параметри робочого середовища тощо. Кожен із цих факторів відповідним чином впливає на сировину і, як наслідок, на готовий продукт.

Вивчення ефективності впливу різних технологічних факторів- бар'єрів на якість готових сиров'ялених суцільном'язових продуктів з м'яса птиці, розробка науково-обгрунтованої технології виготовлення цих продуктів, визначення терміну їх зберігання та встановлення ефективних методів контролю за якістю – є одним із самих актуальних питань як для контролюючих органів, так і для виробників.

Результатом цієї роботи, згідно ТЗ, повинна бути розробка методичних рекомендацій щодо використання показника активності води a_w , при контролюванні якості продуктів середньої вологості з м'яса птиці під час їх виробництва та зберігання.

2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Матеріали та методи досліджень

Матеріал для досліджень - біле і червоне м'ясо птиці, сиров'ялені суцільном'язові продукти з м'яса птиці та сиров'ялені ковбаси м'яса птиці.

Для розв'язку поставлених задач дослідження проводили в Технологічному інституті молока та м'яса НААН.

Для вирішення поставлених завдань досліджували такі показники:

- визначення масової частки білка - за ГОСТ 25011-81 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка»;
- визначення масової частки жиру – за ГОСТ 23042-86 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира»; ДСТУ ISO 1443:2005 «М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення загального вмісту жиру (ISO 1443:1973, IDT)»; ДСТУ 4941:2008 «Продукти перероблення фруктів та овочів, консерви м'ясні та м'ясо-рослинні. Методи визначення вмісту жиру»;
- визначення масової частки вологи – за ГОСТ 9793-74 «Продукты мясные. Методы определения влаги»; ДСТУ ISO 1442:2005 «М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод) (ISO 1442:1997, IDT)»;
- визначення масової частки хлоридів (повареної солі) – за: ГОСТ 9957–73 «Колбасные изделия и продукты из свинины, баранины и говядины. Метод определения хлористого натрия»; ДСТУ ISO 1841-1:2004 «М'ясо та м'ясопродукти. Визначення вмісту хлоридів. Частина 1. Метод Волхарда (ISO 1841-1:1996, IDT)»; ДСТУ ISO 1841-2:2004 «М'ясо та м'ясопродукти. Визначення вмісту хлоридів. Частина 2. Потенціометричний метод (ISO 1841-2:1996, IDT)»;
- визначення активності води - за допомогою портативного швидкісного приладу моделі AquaLab Серії 3TE або іншого аналогічного точністю вимірювання до $\pm 0,003$;
- вимірювання величини рН зразків м'яса курчат-бройлерів – за допомогою іоновимірювача лабораторного марки И-160М з точністю вимірювань до $\pm 0,02$;
- вимірювання маси наважок виконували за допомогою: вагів лабораторних Adventurer™ марки AR 3130-5400 з похибкою вимірювань ± 5 мг та вагів марки «AXIS» AD 50 з похибкою вимірювань $\pm 0,0005$ г.

- мікробіологічні показники за ГОСТ 9958, ГОСТ 10444.15, ГОСТ 30518, ГОСТ 29185, ГОСТ 7702.2. 0-95, ГОСТ 7702.2.1-95, ГОСТ 7702.2.2-93, ГОСТ 7702.2.3-93.

- кількісне визначення молочної кислоти – калориметричним методом;
- контролювання температурних параметрів - за ГОСТ 28498-90;
- ступінь окислювального псування жиру досліджували за перекисним числом, яке визначається методом окислення йодистоводневої кислоти пероксидами, що містяться в жирі, з подальшим титруванням виділеного йоду тіосульфатом натрію – за [8]:

До подрібненої наважки зразка (кількість якої визначається залежно від вмісту жиру в продукті), що досліджується, додають зневоднений сульфат натрію у співвідношенні 1:2. Потім додають хлороформ об'ємом у співвідношенні 3:1, щодо загального об'єму (наважка та сульфат натрію). Збовтують упродовж 15 хв., фільтрують.

До 10 мл фільтрату (хлороформенного екстракту) додають 10 мл крижаної оцтової кислоти та 1 мл щойно приготованого насиченого розчину йодиду калію. Перемішують та витримують у темному місці 3-5 хв. Далі додають 25 мл дистильованої води та 1 мл 1 %-го розчину крохмалю. Виділившийся йод титрують 0,01 М розчином тіосульфату натрію до зникнення синього забарвлення. Паралельно проводять контрольний дослід (без жиру).

Перекисне число визначають за формулою:

$$x = [0,00127 \cdot (V_1 - V_2) \cdot K \cdot 100] / m, [8],$$

де: x – перекисне число жиру, % йоду;

0,00127 — кількість йоду еквівалентна 1 мл 0,01 М розчину тіосульфату натрію;

V_1 – об'єм 0,01 М розчину тіосульфату натрію, який пішов на титрування дослідного зразка, мл;

V_2 – об'єм 0,01 М розчину тіосульфату натрію, який пішов на титрування контрольного зразка, мл;

K — коефіцієнт перерахунку на точний 0,01 М розчин тіосульфату натрію;

m – вміст жиру у 10 мл фільтрату (визначають методом висушування), г.

Перерахунок перекисного числа в міліеквіваленти активного кисню на 1 кг жиру здійснюють за формулою:

$$x = [(V_1 - V_2) \cdot N \cdot 1000] / m [9],$$

де: x – перекисне число, міліеквівалент активного кисню на 1 кг жиру;

N – концентрація розчину тіосульфату натрію;

1000 – коефіцієнт переведення у кілограми;

- ступінь гідролітичного псування жиру досліджували за кислотним числом, яке визначали методом титрування вільних жирних кислот у ефіро-спиртовому розчині жиру водним розчином лугу – за [8]:

До подрібненої наважки зразка (кількість якої визначається залежно від вмісту жиру в продукті), що досліджується, додають зневоднений сульфат натрію у співвідношенні 1:2. Потім додають хлороформ об'ємом у співвідношенні 3:1, щодо загального об'єму (наважка та сульфат натрію). Збовтують упродовж 15 хв., фільтрують.

З 10 мл фільтрату (хлороформенного екстракту) видаляють хлороформ у сушильній шафі за температури 100-105 °С (до зникнення запаху хлороформу).

Для видалення хлороформу – 10 мл фільтрату витримують у сушильній шафі за температури 100-105 °С (до зникнення запаху хлороформу). До жиру, який залишився після висушування, додають 20 мл нейтральної спиртово-ефірною суміші, 2–3 краплі індикатора - 1 %-вий розчин фенолфталеїну та титрують 0,01 М розчином гідроксиду калію або натрію до появи рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 1 хв.

Кислотне число визначали за формулою:

$$x = [0,561 \cdot V \cdot K] / m, [8], \text{ де}$$

x – кислотне число жиру, мг гідроксиду калію;

0,561 – кількість гідроксиду калію, яка міститься у 1 мл 0,01 М розчину, мг;

V – об'єм 0,01 М розчину гідроксиду калію або натрію, який пішов на титрування, мл;

K — коефіцієнт перерахунку на точний 0,01 М розчин гідроксиду калію або натрію;

Математичне узагальнення результатів досліджень виконувалось за методами прикладної математики та математичної статистики з використанням комп'ютерної техніки і інформаційних технологій.

2.2 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.2.1. Дослідження залежності між активністю води та мікробіологічними показниками в білому та червоному м'ясі курчат-бройлерів

Досліджували органолептичні та фізико-хімічні показники в 21 зразку білого та червоного м'яса курчат-бройлерів (філе, та ніжки) та в 21 зразку фаршів з м'яса курчат-бройлерів. Свіжі зразки м'яса курчат-бройлерів від 7 виробників, придбані в супермаркеті.

Для отримання достовірних даних, дослідження мали потрібну повторюваність.

В зразках м'яса курчат-бройлерів визначали величину показника активності води a_w , вміст мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, бактерії групи кишкової палички, дріжджі, плісняву, а також підраховували загальну кількість мікроорганізмів.

Результати проведених мікробіологічних досліджень усереднені. Залежність між активністю води та мікробіологічними показниками в білому, червоному м'ясі курчат-бройлерів та фарші з м'яса птиці відображено в таблицях 2.1, 2.2, 2.3 – відповідно.

Таблиця 2.1 – Залежність між активністю води та мікробіологічними показниками в білому м'ясі курчат-бройлерів

Показник активності води a_w	КМАФАнМ, КУО/г	Дрожжі та пліснява КУО/г	БГКП, КУО/г
0,992	$5,8 \cdot 10^5$	0	1,0
0,993	$6,5 \cdot 10^4$	200	0,0001
0,994	$7,5 \cdot 10^4$	230	0,0001
0,995	$2,5 \cdot 10^4$	250	0,001
0,996	$8,4 \cdot 10^4$	0	1,0
0,997	$1,1 \cdot 10^4$	40	0,1
0,998	$1 \cdot 10^5$	300	1,0

Таблиця 2.2 – Залежність між активністю води та мікробіологічними показниками в червоному м'ясі курчат-бройлерів

Показник активності води a_w	КМАФАнМ, КУО/г	Дрожжі та пліснява КУО/г	БГКП, КУО/г
0,993	$7,3 \cdot 10^5$	50	0,01
0,994	$7,9 \cdot 10^4$	50	0,01
0,995	$8,0 \cdot 10^4$	120	0,001
0,996	$2,5 \cdot 10^4$	0	0,0001
0,997	$1,1 \cdot 10^4$	40	0,1
0,998	$1,05 \cdot 10^5$	250	1,0

Таблиця 2.3 – Залежність між активністю води та мікробіологічними показниками в фарші з мяса курчат-бройлерів

Показник активності води a_w	КМАФАнМ, КУО/г	Дрожжі та пліснява КУО/г	БГКП, КУО/г
0,993	$6,9 \cdot 10^4$	60	0,01
0,994	$7,3 \cdot 10^5$	50	0,01
0,995	$7,35 \cdot 10^5$	130	0,001
0,996	$8,6 \cdot 10^4$	20	0,001
0,997	$9,4 \cdot 10^4$	40	0,1
0,998	$1,01 \cdot 10^5$	260	1,0
0,998	$2,5 \cdot 10^4$	50	1,0

Аналіз результатів експериментальних вимірювань показує, що результати вимірювань мають хоєтичний характер, не спостерігається послідовність загальноприйнятих визначень, що зі зменшенням значень показника активності води a_w знижується активність мікроорганізмів та покращується мікробіологічний стан продукту та навпаки.

Поясненням цього може бути:

- використання під час проведення процесу охолодження тушок забитої птиці в холодній воді розчинів хімічних речовин антибактеріального характеру для покращення санітарно-гігієнічного стану тушок;

- значним збільшенням м'яса птиці води – добавленої води, яка абсорбується м'язовою тканиною під час проведення процесу охолодження тушок забитої птиці в холодній воді з застосуванням механічних засобів.

Все це послаблює значущість показника активності води a_w для об'єктивного визначення якості м'яса птиці і унеможлиблює побудову функціональної залежності між значеннями цього показника та мікробіологічним станом м'яса птиці.

В силу наведеного вище, було зроблено **висновок** щодо необ'єктивності показника активності води (a_w) для контролю експрес-методом мікробіологічного стану м'яса птиці.

Також було прийнято рішення, що більш доцільно зосередити увагу досліджень на технологічних прийомах (бар'єрах), які дозволять використовувати м'ясо птиці від сучасних виробників для виробництва якісних продуктів з нього, і, насамперед, продуктів середньої вологості, якими є сиров'ялені суцільномязові продукти та сиров'ялені ковбаси.

2.2.2 Визначення ключових технологічних факторів (бар'єрів), які забезпечують безпечність та якість сиров'ялених суцільном'язових продуктів з м'яса птиці в процесах їх виробництва і зберігання та їх взаємозв'язок з активністю води

2.2.2.1. Дослідження впливу солі, як бар'єрного фактора, на технологію виготовлення сиров'ялених суцільном'язових продуктів з м'яса птиці та її взаємозв'язок з вологою в продукті (W), величиною рН, та активністю води

Враховуючи мікробіологічну вразливість м'яса птиці, при розробці технології виготовлення сиров'ялених суцільном'язових продуктів з м'яса птиці в першу чергу досліджували ефективність використання такого бактеріостатичного бар'єру, як поварена сіль (NaCl) та її взаємозв'язок з іншими технологічними бар'єрами: активністю води (a_w), вологою (W) та величиною рН.

М'ясні вироби солять в технологіях виробництва харчових продуктів з метою поліпшення смаку, зміни мікроструктури, формування консистенції, утримання аромату визрілого м'яса, тощо [10].

Розміри досліджуваних об'єктів (сиров'ялені суцільном'язові продукти з червоного та білого м'яса курчат-бройлерів) дозволяють використовувати добре апробовану технологію сухого соління риби, тобто на поверхню філе або обваленого м'яса з ніжок птиці наносилась інгредієнтна суміш з сіллю в потрібній кількості (сухе соління). Завдяки гігроскопічним властивостям повареної солі, волога, яка знаходиться на поверхні м'яса, швидко поглинається сіллю, утворюючи розчин солі, чим збільшує осмотичний тиск вологи у внутрішніх шарах м'яса, який виштовхує вологу до поверхні. В свою чергу, сіль із розчину, що утворюється на поверхні м'яса, під дією законів дифузії проникає в товщу м'язових волокон. Таким чином, між м'ясом та розчином солі на його поверхні проходить процес обмінної дифузії: сіль проникає у внутрішні шари м'яса, а волога із внутрішніх шарів переходить у розчин солі на його поверхні. Проникла в процесі дифузії у м'ясо сіль відіграє роль консерванту, а витиснута осмотичним тиском волога забезпечує мікробіологічну стійкість продукту через зниження активності води в м'ясі, тобто зменшення у м'ясі не зв'язаної вологи.

В експериментах варіювали кількістю повареної солі (ξ , %) в інгредієнтній суміші, яку використовували для посолу м'яса птиці, і терміном посолу (τ , год.), а після посолу визначали в соленій сировині кількісні величини та взаємозв'язок таких показників : активність води (a_w), масову частку вологи (W , %), масову частку солі (C , %), рівень реакції (рН). Крім того обчислювали енергію зв'язку вологи з м'язовою тканиною (E , кДж/кг) за формулою (1.2)

Отримані результати досліджень представлені на рис. 2.1 – 2.4, де графічно відображено вплив кількості солі, яку вносять в інгредієнту суміш, на наведені вище показники.

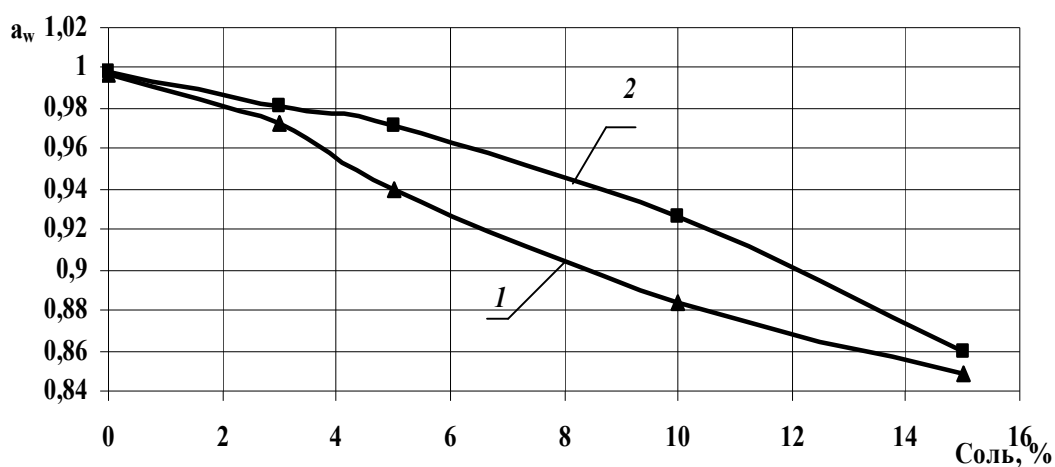


Рис. 2.1. Динаміка змінювання активності води (a_w) залежно від кількості повареної солі (ξ , %) в інгредієнтній суміші.
1 — біле м'ясо; 2 — червоне м'ясо.

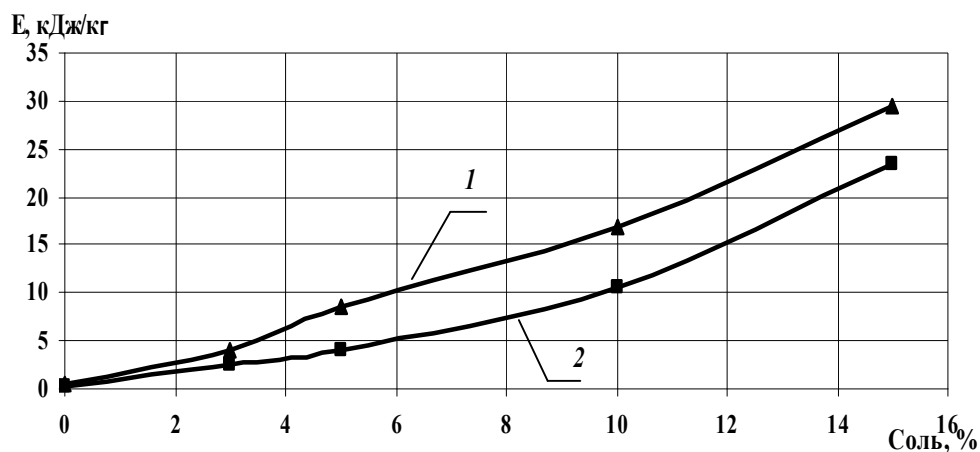


Рис. 2.2. Динаміка змінювання енергії зв'язку вологи з м'язовою тканиною (E)

залежно від кількості повареної солі (ξ , %) в інгредієнтній суміші.
1 — біле м'ясо; 2 — червоне м'ясо.

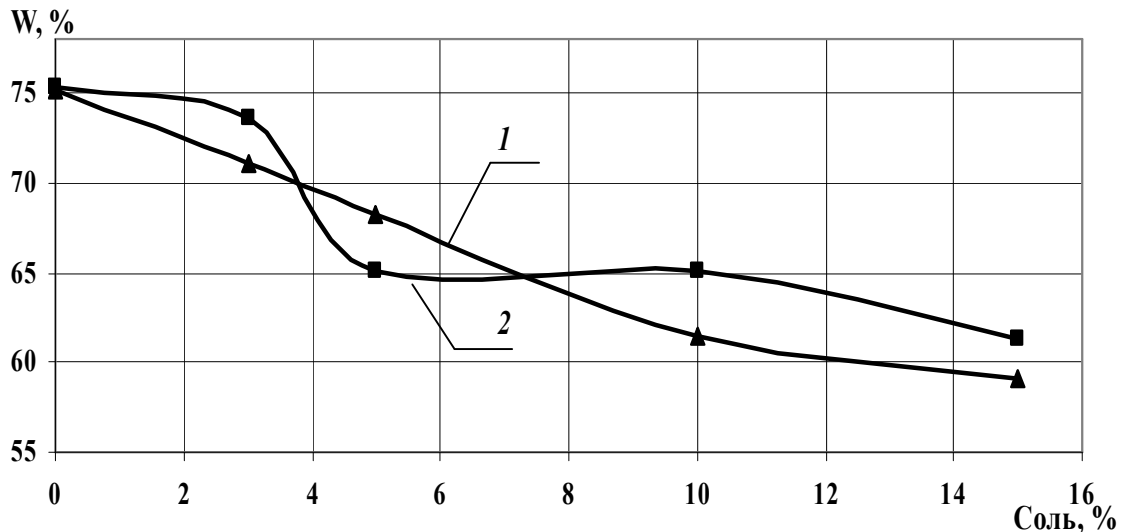


Рис. 2.3. Динаміка змінювання масової частки вологи в м'язовій тканині (W) від кількості повареної солі (ξ , %) в інгредієнтній суміші.
1 — біле м'ясо; 2 — червоне м'ясо.

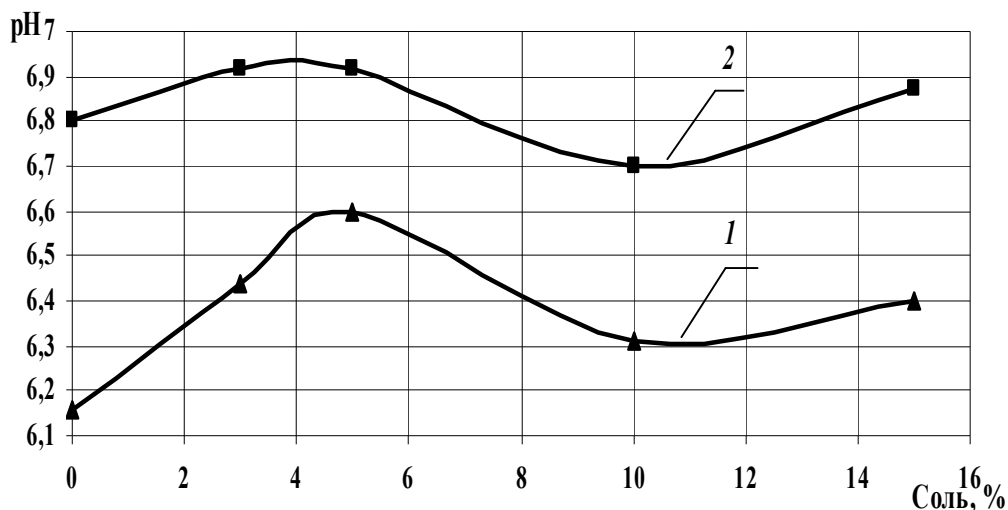


Рис. 2.4. Динаміка змінювання рН в м'язовій тканині від кількості повареної солі (ξ , %) в інгредієнтній суміші.
1 — біле м'ясо; 2 — червоне м'ясо.

За результатами досліджень встановлено, що якість готових сиров'ялених продуктів, вироблених з філе (білого м'яса), вища ніж вироблених з обвалених та знежилених ніжок (червоного м'яса), тому в подальшому для досліджень використовували тільки філе і основну увагу приділяли інтенсифікації процесу посолу з метою прискорення бактериостатичної дії повареної солі на розвиток небажаних мікроорганізмів. Отримані результати повторних досліджень процесів посолу сиров'ялених продуктів, вироблених з філе птиці, математично узагальнені у вигляді

розрахункових формул, за допомогою яких можна обчислювати значення активності води (a_w), масових часток солі ($C, \%$), і вологи ($W, \%$) в м'ясі філе за довільний термін процесу посолу та за довільної кількості солі, в інгредієнтній суміші, необхідність в яких виникла під час розробки науково-технологічної документації на виробництво суцільном'язових сиров'ялених продуктів із м'яса птиці.

Залежність показника активності води a_w в філе курчат-бройлерів від величини відношення масової частки солі ($C, \%$) до масової частки вологи ($W, \%$) в м'ясі філе узагальнена лінійним поліномом:

$$a_w = 1,0021 - \left(0,8151 \frac{C}{W} \right), \quad (2.1)$$

Для візуального порівняння на рис. 2.5 наведені графіки: 1) значень (\blacklozenge) експериментально виміряної активності води a_w в м'ясі філе в кінці кожного терміну посолу; 2) визначеної авторами емпіричної залежності (2.1) (суцільна лінія); 3) наведеної в [11] формули для обчислення a_w (c/w) в м'ясних продуктах ($-\blacksquare-$).

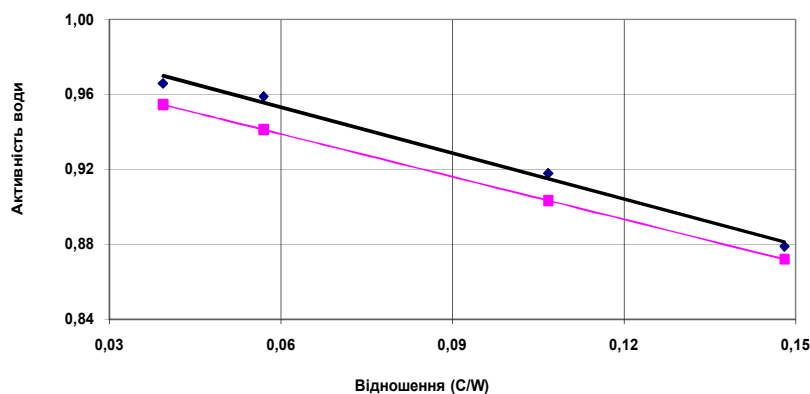


Рис.2.5. Залежність активності води a_w від величини відношення (C/W)

- (символ \blacklozenge) – експериментальні дані;
- (суцільна крива) – розрахункова формула (2.1);
- (символ $-\blacksquare-$) – крива, побудована за формулою із [11].

Незначна різниця активності води a_w (c/w) в м'ясі філе і інших м'ясних продуктах може пояснюватись різницею між структурою м'яса птиці та інших видів м'яса, наприклад яловичини, свинини тощо. М'ясо птиці має більш розріджену

структуру м'яз, де більше вологи, яка легше випаровується, бо має меншу енергію зв'язку з клітинною структурою (тканиною м'язів), тому для однакових значень відношення (C/W) активність води в м'ясі птиці є дещо більшою ніж в інших м'ясних продуктах, що демонструють представлені графіки на рис. 2.5. Це є підставою для висновку про меншу здатність продуктів із м'яса птиці до зберігання.

Оскільки із попередніх досліджень видно, що активність води залежить від відношення (C/W), то в плані створення технології було досліджено вплив концентрації солі (ξ , %) в рецептурі інгредієнтної суміші, яка використовується для соління м'яса птиці, і терміну (τ , год.) процесу соління, на масові частки солі C і вологи W в продукті. Результати експериментальних досліджень представлені на графіках рис. 2.6 – 2.7.

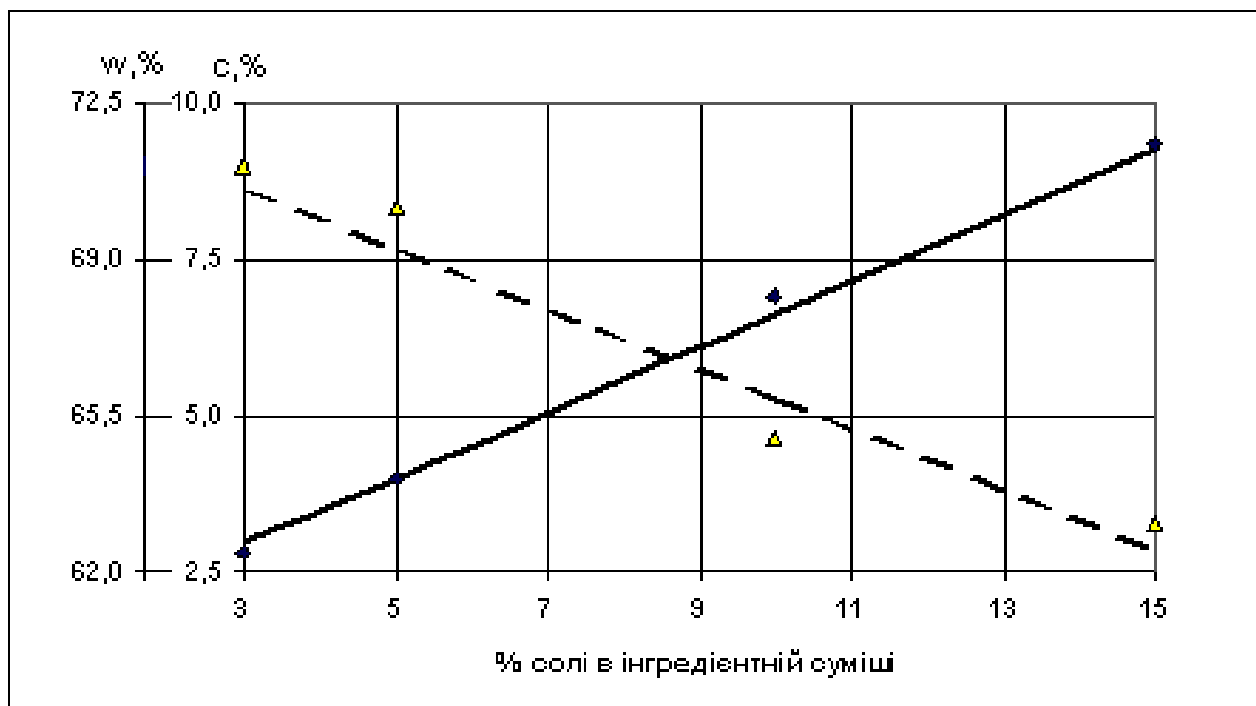


Рис. 2.6. Залежність масових часток солі і вологи в м'ясі від кількості солі в інгредієнтній суміші:
 - (символ \blacklozenge) – експериментальні дані солі;
 - (суцільна крива) – емпірична функція;
 - (символ \blacktriangle) – експериментальні дані вологи;
 - (штрихова крива) – емпірична функція.

Отримані результати узагальнені емпіричними залежностями масових часток солі $C(\xi, \tau)$ і вологи $W(\xi, \tau)$ в продукті під час посолу від кількості солі ξ , % в інгредієнтній суміші і терміну τ , год. процесу соління:

$$C(\tau, \xi) = 0,029 \cdot \tau + 0,526 \cdot \xi - 0,02 \quad (2.2)$$

Відносна похибка обчислення $C(\xi, \tau)$ за формулою (2.2) не перевищує 5 %.

$$W(\tau, \xi) = 75,825 - 0,068 \cdot \tau - 0,67 \cdot \xi \quad (2.3)$$

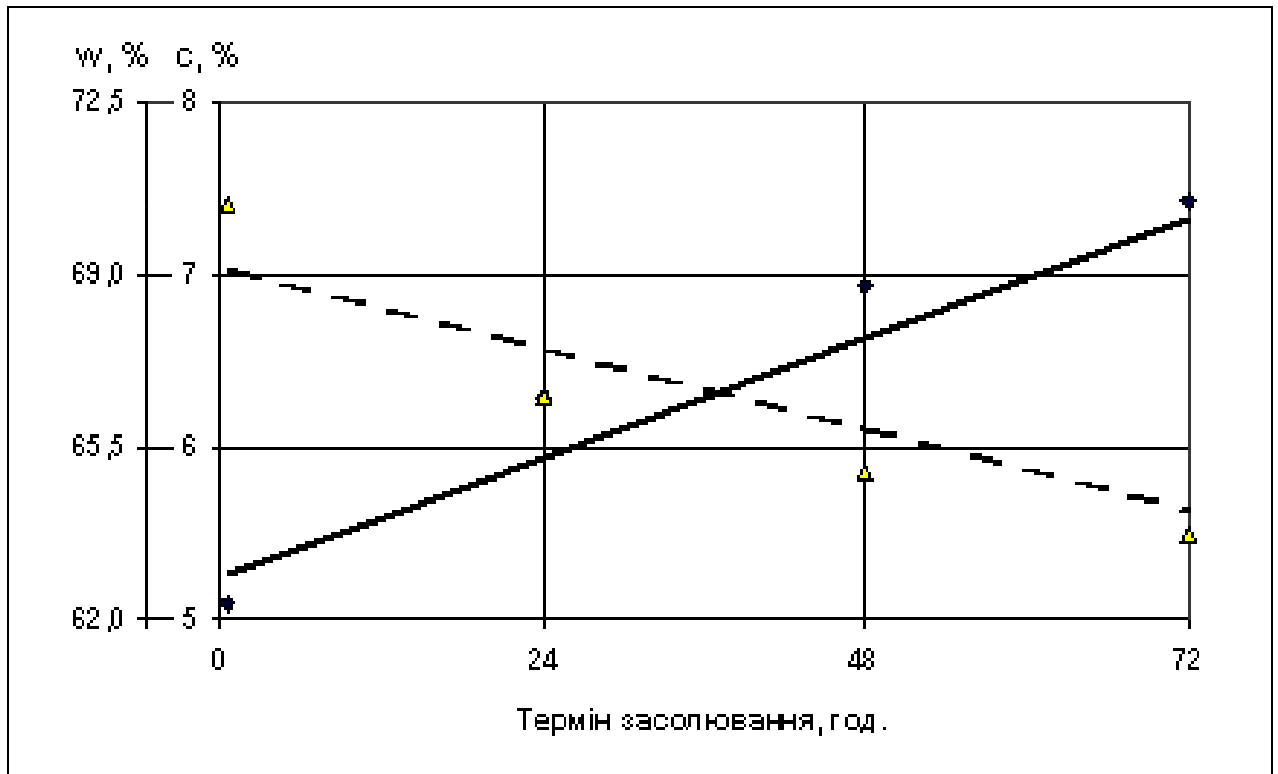


Рис. 2.7. Залежність масових часток солі і вологи в м'ясі від терміну соління:

- (символ \blacklozenge) – експериментальні дані солі;
- (суцільна крива) – емпірична функція солі;
- (символ \blacktriangle) – експериментальні дані вологи;
- (штрихова крива) – емпірична функція вологи.

Відносна похибка обчислення $W(\xi, \tau)$ за формулою (2.3) на перевищує 2 %. Слід зазначити, що на графіку залежності солі і вологи в продукті від терміну τ соління (рис.2.7) за початок цього процесу взято півгодинний термін за таких причин:

- 1) складність дослідження дифузії солі за короткі проміжки часу від початку соління, коли концентрація солі в м'ясі дуже стрімко збільшується;
- 2) за невідображений на графіку термін часу вміст солі в продукті не досягає потрібної кількості ні для одної із досліджуваних концентрацій солі в інгреді-

ентній суміші, тому для визначення технологічних параметрів процесу соління цей термін не може бути визначальним.

З цієї причини в емпіричних залежностях (2.2) і (2.3) початком терміну соління обрано 0,5 години, коли дифузія солі в продукті набрала квазілінійного характеру залежності від часу. Відповідно, в разі використання (2.2) і (2.3) для обчислення кількості солі і вологи в продукті, як і для будь-яких емпіричних функцій, значення їх аргументів не повинні виходити за межі визначення цих функцій.

Таким чином, в результаті досліджень встановлена визначальна роль повареної солі (NaCl), як бактеріостатичного бар'єру, в технології виробництва делікатесних суцільном'язових продуктів із м'яса птиці, та встановлено граничні значення вмісту солі в сировині в кінці етапу посолу від 2,6 % до 3,1 %. Метою цього обмеження є отримання в готовому продукті величини масової частки солі не більшої ніж 7%.

Залежність показника активності води a_w в м'ясній сировині з птиці на етапі посолу від величини відношення масової частки солі (C, %) до масової частки вологи (W, %) узагальнена лінійним поліномом:

$$a_w = 1,0021 - \left(0,8151 \frac{C}{W} \right),$$

2.2.2.1.1. Дослідження впливу вакууму на підвищення ролі солі в технології виготовлення сиров'ялених суцільном'язових продуктів з м'яса птиці та його вплив на характер взаємозв'язку між активністю води, вмістом вологи (W) та величиною рН

На цьому етапі проведення роботи за темою проводили дослідження впливу вакууму, як технологічного прийому, що скорочує тривалість процесу соління, з метою підвищення бар'єрної ролі солі в технології виробництва делікатесних сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці та яким чином це буде впливати на активність води (a_w), вологу (W), та величину рН.

Прискорення процесу посолу має за мету не лише скоротити технологічний процес, а і, завдяки різкому підвищенню масової частки солі в м'ясі, запобігти розвитку спонтанної мікрофлори.

М'ясо птиці, є колоїдно-пористим тілом і має напівпроникнені перегородки, крізь які відбуваються в основному дифузійні переміщення речовин, тому швидкість процесу посолу напряму залежить від стану та структури сировини. Частіше за все для прискорення процесу посола всіх видів м'яса (крім м'яса птиці) застосовують метод шприцювання, який оснований на введенні розсолу в товщу м'язової тканини. Однак введення навіть самих тонких голок в м'ясо птиці залишає сліди в м'язової тканині, а іноді і її разриви, тому для прискорення процесу соління м'яса птиці було вирішено дослідити вплив тільки вакууму – без примусового ін'єктування.

Дослідження з визначення впливу вакууму на процес посолу м'ясної сировини автори проводили за допомогою апарата SUPERVAC СК 123 D.

На м'ясну сировину наносили сіль і завантажували в вакуумну камеру цього апарата, на цифровому індикаторі якого програмно встановлювали необхідні рівні тиску - відповідно до вибраних в плані експерименту.

Швидкість просоловання сировини визначали часом насичення м'язової тканини сіллю – масова частка якої повинна була становити від 2,6 % до 3,1 %.

Результати проведених експериментальних досліджень сумісного впливу вакууму та солі в інгредієнтній суміші на етапі соління в технології виробництва делікатесних сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці на активність води, вологу (W), та величину рН наведено в [13].

Математичне узагальнення отриманих результатів за результатами дослідів, які проводились за планом повного факторного експерименту (ПФЕ) типу 2^2 , де незалежними змінними (факторами) були: 1) глибина вакууму та 2) відсоток солі в інгредієнтній суміші, а досліджуваними параметрами (відгуками) – активність води (a_w), вміст вологи (W , %) і солі (C , %) та рівень реакції (pH) в продукті. Кожний експеримент повторювався двічі.

Для проведення експериментів було визначено інтервали варіювання факторами та їх нульовий, верхній та нижній рівні, представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Фактори і їх рівні

Інтервал варіювання і рівні факторів	Кількість солі в інгредієнтній суміші, %	Глибина вакууму, %
Нульовий рівень $x_i = 0$	5	60
Інтервал варіювання δ_i	3	30
Нижній рівень $x_i = -1$	2	30
Верхній рівень $x_i = +1$	8	90
Кодове позначення	x_1	x_2

Разом з таблицею 2.4, була створена план-матриця повного факторного експерименту типу 2^2 , яка представлена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

План-матриця ПФЕ типу 2^2

Дослід	x_1	x_2
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1

Для встановлення порядку виконання дослідів за наведеною план-матрицею було виконано процедуру їх рандомізації шляхом випадкового витягування номерів із урни. За умови подвійної кратності виконання кожного експерименту, було отримано таку послідовність їх виконання: 3, 4, 2, 1, 2, 3, 4, 1. Проведення паралельних дослідів передбачено для оцінки відтворення процесу і проведення статистичних оцінок.

Результати виконання наведеної послідовності дослідів за встановленим

планом представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Результати експериментів дослідження активності води a_w

Досліди	x_1	x_2	a_{w1}	a_{w2}	$\bar{a}_w = \frac{a_{w1} + a_{w2}}{2}$
1	-1	-1	0,986	0,984	0,985
2	+1	-1	0,958	0,962	0,960
3	-1	+1	0,967	0,970	0,969
4	+1	+1	0,948	0,940	0,944

Перевірку відтворюваності дослідів виконано за критерієм Кохрена за 5%-вим рівнем значущості. Процес вважається відтворюваним, оскільки критерій Кохрена за статистичними даними дорівнює 0,9065 і є більшим ніж отриманий при розрахуванні за відповідних умов проведення дослідів - 0,43.

За умови справдження критерію відтворюваності дослідів були обчислені коефіцієнти регресійного рівняння:

$$a_w(x_1, x_2) = 0,965 - 0,0125 \cdot x_1 + 0,008 \cdot x_2, \quad (2.4)$$

де: x_1 – кодований фактор кількості солі в інгредієнтній суміші;

x_2 – кодований фактор глибини вакууму.

Адекватність отриманого рівняння (2.4) залежності активності води a_w від факторів x_1 і x_2 перевірено за критерієм Фішера для 5%-го рівня значущості. Його статистичне значення дорівнює 7,7086, і є більшим ніж отриманий при розрахуванні за відповідних умов проведення дослідів -0,0054, тому можна вважати рівняння (2.4) адекватним.

Оцінка значущості коефіцієнтів рівняння (2.4) перевірено за критерієм Стюдента для 5%-го рівня значущості. При статистичному значенні точки розподілення Стюдента 2,7764, за відповідності нашим умовам проведення дослідів, значення критерію розраховане дорівнює 0,004733. Оскільки значення коефіцієнтів рівняння (2.4), включаючи і коефіцієнт парної взаємодії, більші ніж значення критерія отримані, то є підстава вважати всі коефіцієнти є значущими. Рівняння (2.4) можна вважати адекватним.

Для використання отриманого рівняння (2.4) з натуральними значеннями факторів, потрібно його перетворити, використавши зв'язок між кодовим та фізичним (натуральним) вираженням кожного фактора за формулою:

$$x_i = \frac{X_i - x_{i_0}}{\delta_i} , \quad (2.5)$$

де: X_i – натуральне значення фактора;
 x_{i_0} – значення i – го фактора на нульовому рівні;
 δ_i – інтервал варіювання i – го фактора.
 Після перетворення, рівняння (2.4) набуло вигляду:

$$a_w(\xi, v) = 1,002 - 4,167 \cdot 10^{-3} \cdot \xi - 2,667 \cdot 10^{-4} \cdot v \quad (2.6)$$

де: ξ – кількість солі в інгредієнтній суміші, %;
 v – глибина вакууму, яка вимірювалась в барокамері у відсотках (%) до повного (100 %) вакууму.

Для більшої наочності поведінки зазначених показників від кожного фактора (1 – кількість солі в суміші і 2 – глибина вакууму) в роботі наводяться по два графіки для кожного показника. На першому графіку наводяться залежності показника від глибини вакууму (вісь абсцис), коли кількості солі в суміші зафіксовані на трьох визначених рівнях, а на другому, навпаки, залежність цього ж показника від кількості солі в суміші (вісь абсцис), а величина вакууму зафіксована на трьох визначених рівнях. На всіх графіках покладено такий порядок позначень: значення показників, визначені експериментально, на графіку відображаються символами: \blacklozenge – на нижньому рівні фіксованого фактора і поєднуються суцільною тонкою лінією; \blacksquare – на нульовому рівні фіксованого фактора і поєднуються штриховою тонкою лінією; \blacktriangle – на верхньому рівні фіксованого фактора і поєднуються штрихпунктирною тонкою лінією, а обчислені, за відповідних умов, їх значення за регресійними рівняннями представлені на графіках товстими лініями, відповідно: для нижнього рівня – суцільною; для нульового рівня – штриховою; для верхнього рівня – штрихпунктирною.

На рисунку 2.8 представлені графіки залежності активності води a_w від вакууму на визначених рівнях кількості солі в інгредієнтній суміші: на нижньому рівні експериментальні точки a_w , позначені символом \blacklozenge (ромб) поєднані суцільною тонкою лінією; на нульовому рівні – символом \blacksquare (квадрат) поєднані штриховою тонкою лінією; на верхньому рівні – символом \blacktriangle (трикутник)

поєднані штрихпунктирною тонкою лінією і графіки цього ж показника, обчислені за відповідних умов за формулою (2.6) (на нижньому рівні – суцільна товста лінія; на нульовому рівні – штрихова товста лінія; на верхньому рівні – штрихпунктирна товста лінія).

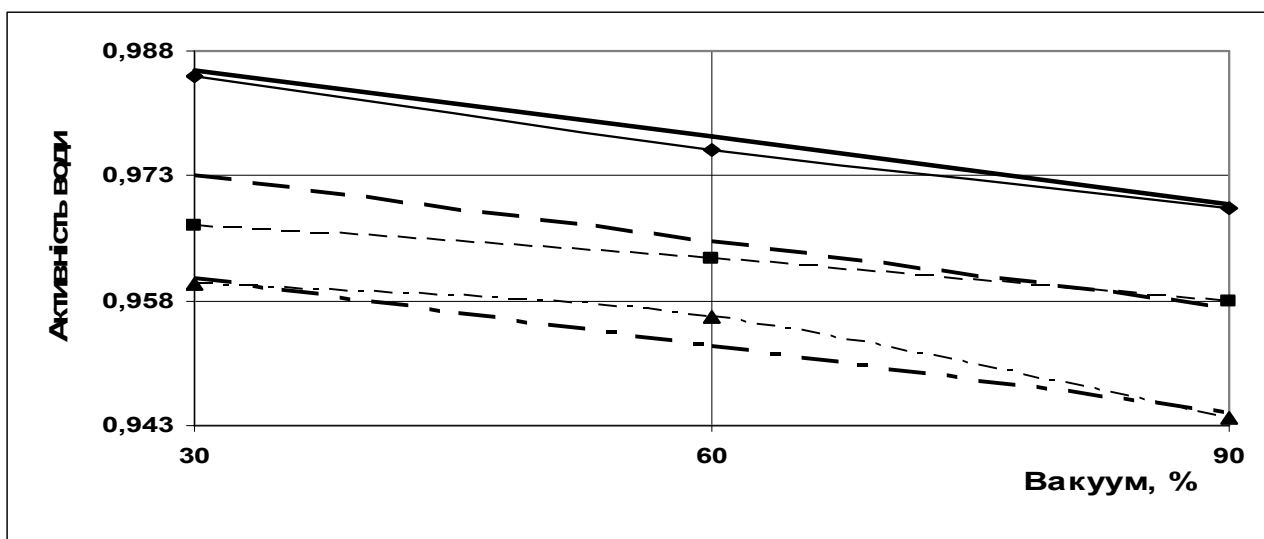
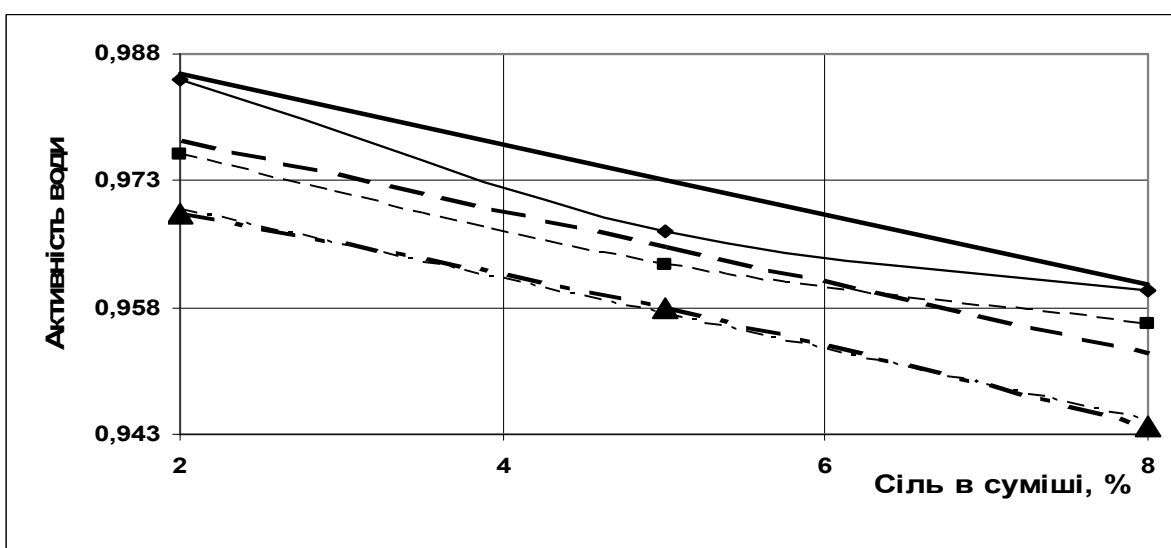


Рис. 2.8. Залежність активності води a_w від вакууму:

- на нижньому рівні солі символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією, а товстою – криву обчислену за формулою (2.6);
- на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою, а товстою, обчислену за формулою (2.6);
- на верхньому рівні символом \blacktriangle – точки, поєднані тонкою штрихпунктирною, а товстою, обчислену за (2.6).

Графік залежності активності води a_w від кількості солі в інгредієнтній суміші на визначених рівнях вакууму наведено на рисунку 2.9, побудованому аналогічно попередньому рисунку 2.8:



- на

Рис. 2.9. Залежність активності води a_w від солі в інгредієнтній суміші

На наведених графіках видно, що поглиблення вакууму, як і збільшення кількості солі в інгредієнтній суміші, призводять до зменшення активності води a_w в м'ясі птиці. На наш погляд, таке явище можна пояснити інтенсифікацією видалення вологи із внутрішніх капілярів м'язової тканини птиці за допомогою вакуума, яка поглинається сіллю інгредієнтної суміші.

До такого висновку нас наводять результати дослідів вмісту вологи і солі в м'ясі птиці, які наведені нижче: 1) з поглибленням вакууму кількість вологи зменшується, приблизно, на 1,4 – 1,5 % на всіх рівнях концентрації солі; 2) а вміст солі в м'ясі птиці значно зростає, в середньому, на 25 – 30 %.

Таблиця 2.7

Результати дослідів вмісту вологи W в м'ясі птиці

Дослід	x_1	x_2	W_1	W_2	$\bar{W} = \frac{W_1 + W_2}{2}$
1	-1	-1	73,35	72,87	73,11
2	+1	-1	68,61	69,13	68,87
3	-1	+1	72,44	72,22	72,33
4	+1	+1	68,02	68,52	68,32

Перевірку відтворюваності дослідів виконано за критерієм Кохрена за 5%-вим рівнем значущості. Процес вважається відтворюваним, оскільки критерій Кохрена розрахований за даними таблиці 2.4 рівний 0,23086, менший за його статистичне значення 0,9065 для відповідних умов проведення дослідів.

За умови справдження критерію відтворюваності дослідів були обчислені коефіцієнти регресійного рівняння:

$$W(x_1, x_2) = 70,6575 - 2,0625 \cdot x_1 - 0,3325 \cdot x_2, \quad (2.7)$$

де: x_1 – кодований фактор кількості солі в інгредієнтній суміші;

x_2 – кодований фактор глибини вакууму.

Адекватність отриманого рівняння (2.7) залежності вмісту вологи W від факторів x_1 і x_2 перевірено за критерієм Фішера для 5%-го рівня значущості. Його значення дорівнює 1,2462, що є меншим ніж статистичне значення цього критерію 7,7086 за відповідних умов проведення дослідів, тому можна вважати рівняння (2.7) адекватним.

Оцінка значущості коефіцієнтів рівняння (2.7) перевірено за критерієм Стьюдента для 5%-го рівня значущості. Табличне значення точки розподілення

Стьюдента дорівнює 2,7764 за відповідних умов проведення дослідів, а відповідне значення критерію для наших дослідів дорівнює 0,142991. Оскільки всі коефіцієнти рівняння (2.7) більші за отримане значення, то є підстава вважати отримані коефіцієнти значущими.

Для використання отриманого рівняння (2.7) з натуральними значеннями факторів, потрібно його перетворити, використавши зв'язок між кодовим та натуральним вираженням кожного фактора за формулою (2.5).

Отримане рівняння (2.7) після перетворення для використання його з натуральними факторами, набуло вигляду:

$$W(\xi, \nu) = 74,76 - 0,6875 \cdot \xi - 1,108 \cdot 10^{-2} \cdot \nu, \quad (2.8)$$

де: ξ – кількість солі в інгредієнтній суміші, %;

ν – глибина вакууму, %.

Графіки залежності вмісту вологи W в м'ясі птиці від одного фактора за умови сталості другого на вибраних рівнях їх варіювання наведено на рисунках 2.10 і 2.11.

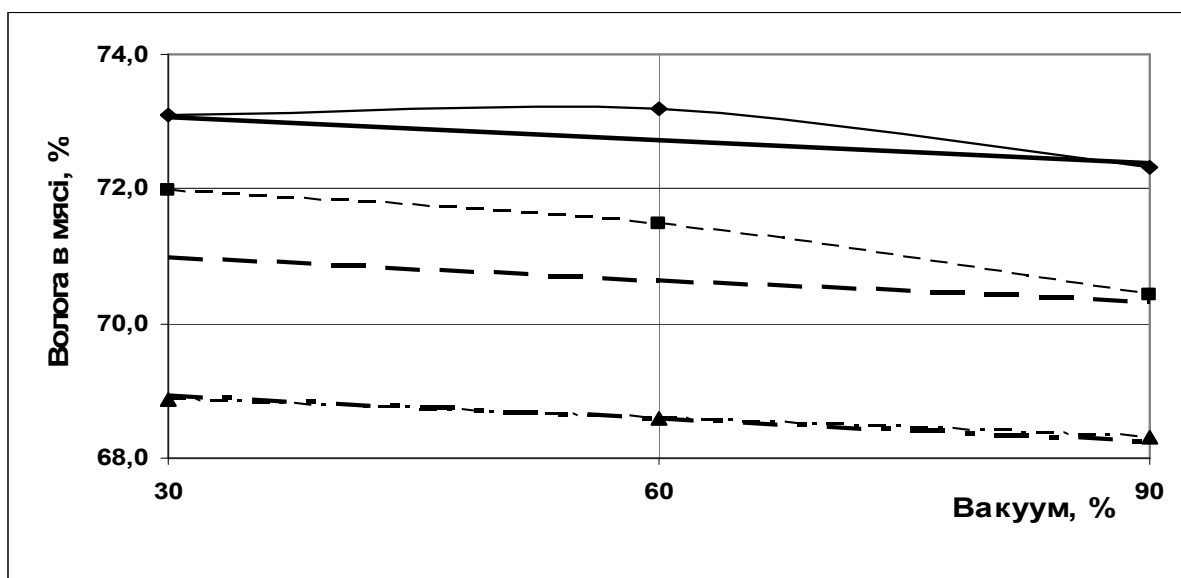


Рис. 2.10. Залежність вмісту вологи W від вакууму:

- на нижньому рівні солі символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією, а товстою – криву обчислену за формулою (2.8);
- на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою, а товстою, обчислену за формулою (2.8);
- на верхньому рівні символом \blacktriangle – точки, поєднані тонкою штрихпунктирною, а товстою, обчислену за (2.8).

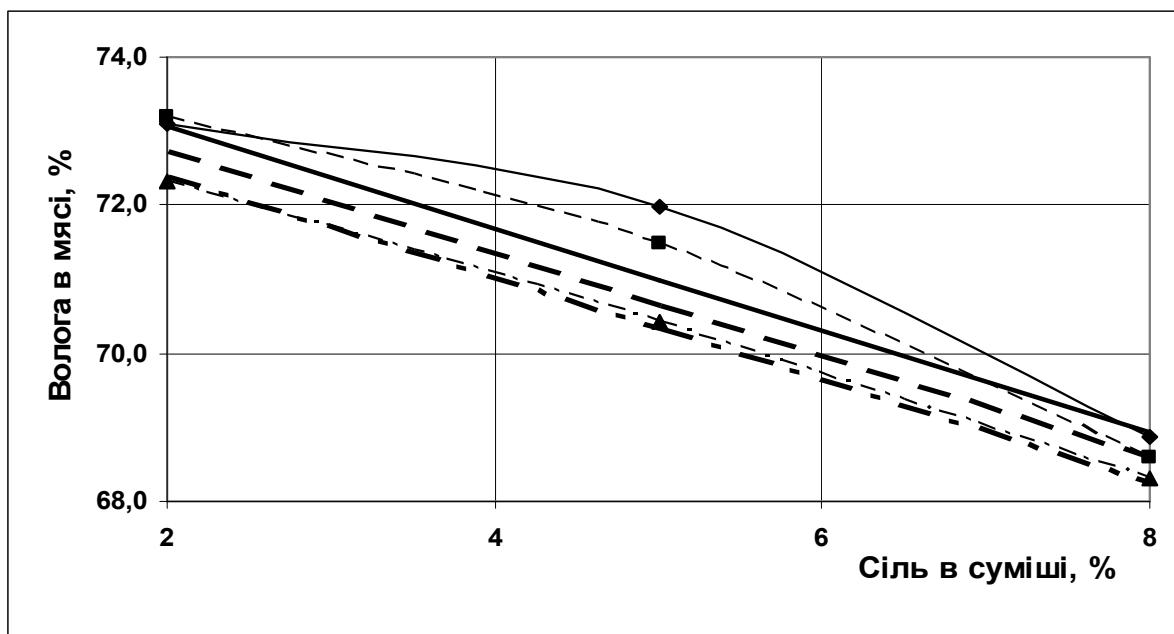


Рис. 2.11. Залежність вмісту води W від солі в інгредієнтній суміші:
 - на нижньому рівні вакууму символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією, а товстою – криву обчислену за формулою (2.8);
 - на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою, а товстою, обчислену за формулою (2.8);
 - на верхньому рівні – символом \blacktriangle експериментальні точки, поєднані тонкою штрихпунктирною, а товстою, обчислену за формулою (2.8).

Таблиця 2.8

Результати дослідів вмісту солі C в м'ясі птиці

Дослід	x_1	x_2	C_1	C_2	$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2}{2}$
1	-1	-1	2,1	2,04	2,07
2	+1	-1	4,27	4,35	4,31
3	-1	+1	2,84	2,9	2,87
4	+1	+1	5,42	5,36	5,39

Перевірку відтворюваності дослідів виконано за критерієм Кохрена за 5%-вим рівнем значущості. Процес вважається відтворюваним, оскільки критерій Кохрена розрахований за даними таблиці 2.8, рівний 0,3721, менший за його статистичне значення 0,9065 для відповідних умов проведення дослідів.

За умови справдження критерію відтворюваності дослідів були обчислені коефіцієнти регресійного рівняння:

$$C(x_1, x_2) = 3,66 + 1,19 \cdot x_1 + 0,47 \cdot x_2, \quad (2.9)$$

де: x_1 – кодований фактор кількість солі в інгредієнтній суміші;

x_2 – кодовий фактор глибини вакууму.

Адекватність отриманого рівняння (2.9) залежності вмісту солі C від факторів x_1 і x_2 перевірено за критерієм Фішера для 5%-го рівня значущості. Його значення дорівнює 4,558, що є меншим ніж статистичне значення цього критерію 7,7086 за відповідних умов проведення дослідів, тому можна вважати рівняння (2.9) адекватним.

Оцінка значущості коефіцієнтів рівняння (2.9) перевірено за критерієм Стьюдента для 5%-го рівня значущості. Табличне значення точки розподілення Стьюдента дорівнює 2,7764 за відповідних умов проведення дослідів, а відповідне статистичне значення критерію дорівнює 0,09103. Оскільки всі коефіцієнти рівняння (2.9) більші за отримане значення, то є підстава вважати їх значущими.

Для використання отриманого рівняння (2.9) з натуральними значеннями факторів, потрібно його перетворити, використавши зв'язок між кодовим та натуральним вираженням кожного фактора за формулою (2.5).

Після перетворення рівняння (4,6) набуло вигляду:

$$C(\xi, \nu) = 0,7367 + 0,397 \cdot \xi + 1,567 \cdot 10^{-2} \cdot \nu, \quad (2.10)$$

де: ξ – кількість солі в інгредієнтній суміші, %;

ν – глибина вакууму, яка вимірювалась в барокамері у відсотках (%) до повного (100 %) вакууму.

Із рівняння (2.10) видно, що і концентрація солі ξ і вакуум ν збільшують вміст солі C в м'ясі птиці, причому, зниження вакууму на нижньому рівні концентрації солі в інгредієнтній суміші призводить до збільшення солі у м'ясі птиці в двічі більше ніж на верхньому.

Важливо зазначити, що рівняння регресії (2.1), (2.2), (2,3) для обчислення значень досліджуваних показників (активність води (a_w), вміст вологи (W , %) і солі (C , %)) отримані під час дослідження бар'єрної ролі солі в інгредієнтній суміші без застосування вакууму, дають значення, які практично збігаються з обчисленими за отриманими рівняннями регресії (2.6), (2.8) і (2.10) за однакових умов і періоду посолу. Незначна розбіжність їх значень може пояснюватись відмінністю сировини, яку досліджували.

Графіки залежності кількості солі в м'ясі птиці від факторів представлені на рисунках 2.12 і 2.13.

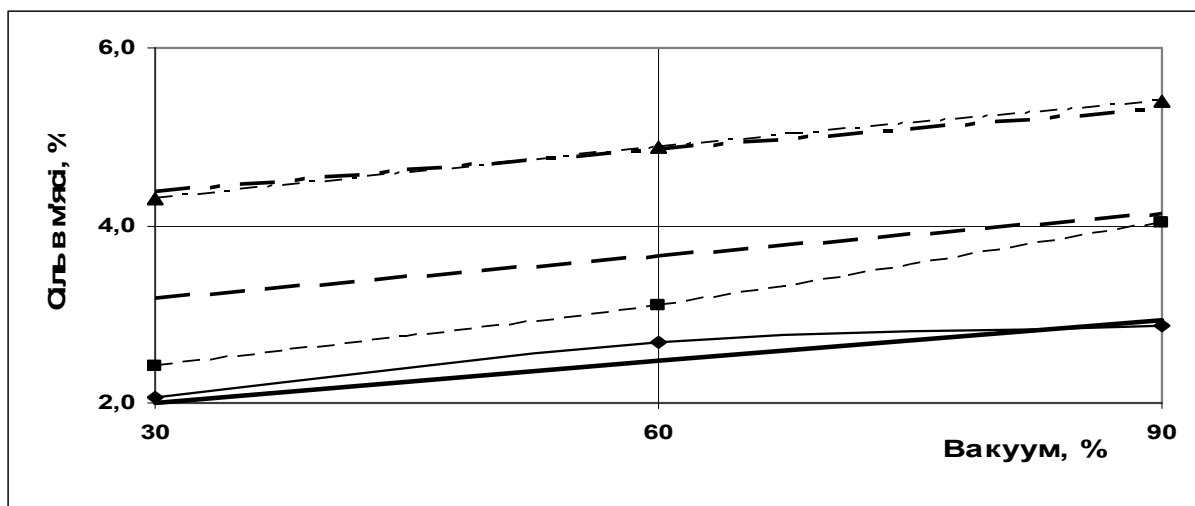


Рис. 2.12. Залежність вмісту солі С від вакууму :

- на нижньому рівні солі в посолі символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією, а товстою – криву обчислену за формулою (2.10);
- на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою, а товстою, обчислену за формулою (2.10);
- на верхньому рівні символом \blacktriangle експериментальні точки, поєднані тонкою штрихпунктирною, а товстою, обчислену за формулою (2.10).

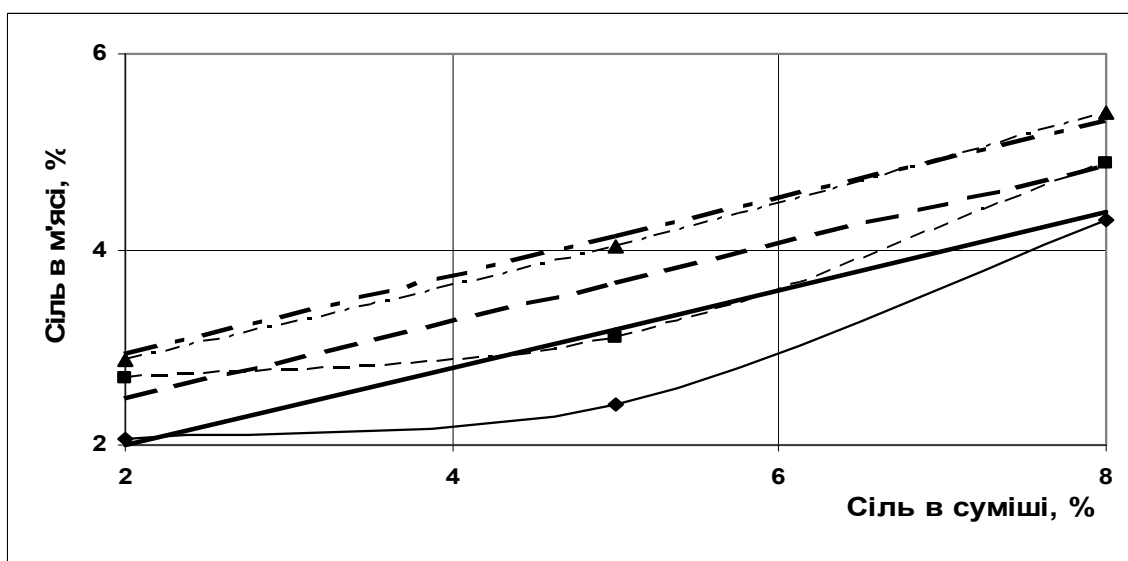


Рис. 2.13. Залежність вмісту солі С від солі в інгредієнтній суміші:

- на нижньому рівні вакууму символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією, а товстою – криву обчислену за формулою (2.10);
- на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою, а товстою, обчислену за формулою (2.10);
- на верхньому рівні – символом \blacktriangle експериментальні точки, поєднані тонкою штрихпунктирною, а товстою, обчислену за формулою (2.10).

Короткий термін етапу посолу виключив можливість визначити закономірність поведінки реакції рН в м'ясі птиці від вакууму та солі в інгредієнтній суміші,

оскільки її значення під час посолу дуже мало змінюється Графіки експериментально визначених значень цього показника представлені на рисунках 2.14 і 2.15.

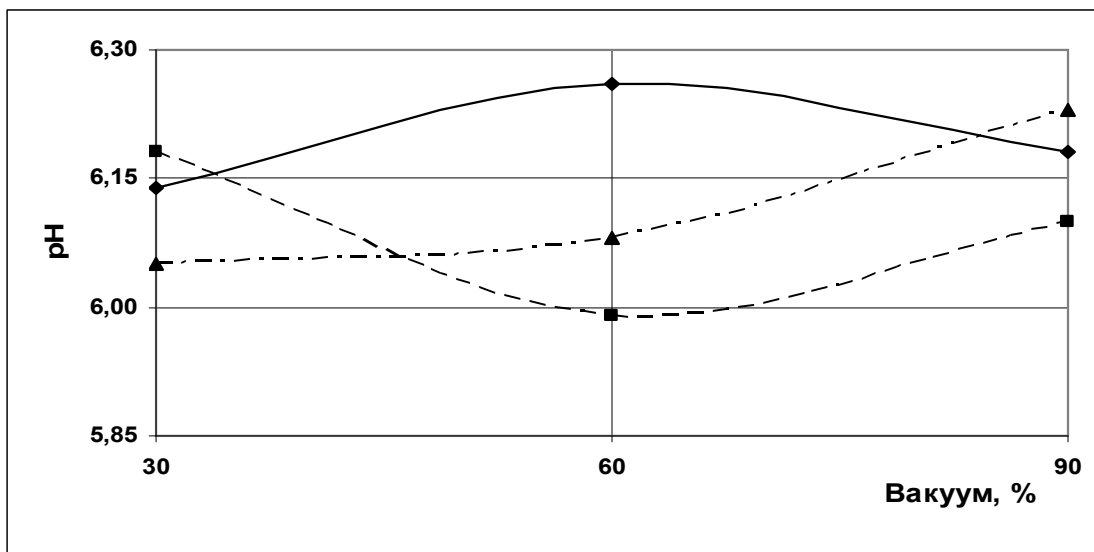


Рис. 2.14. Залежність рН від вакууму:

- на нижньому рівні солі символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією;
- на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою;
- на верхньому рівні символом \blacktriangle експериментальні точки, поєднані тонкою штрихпунктирною.

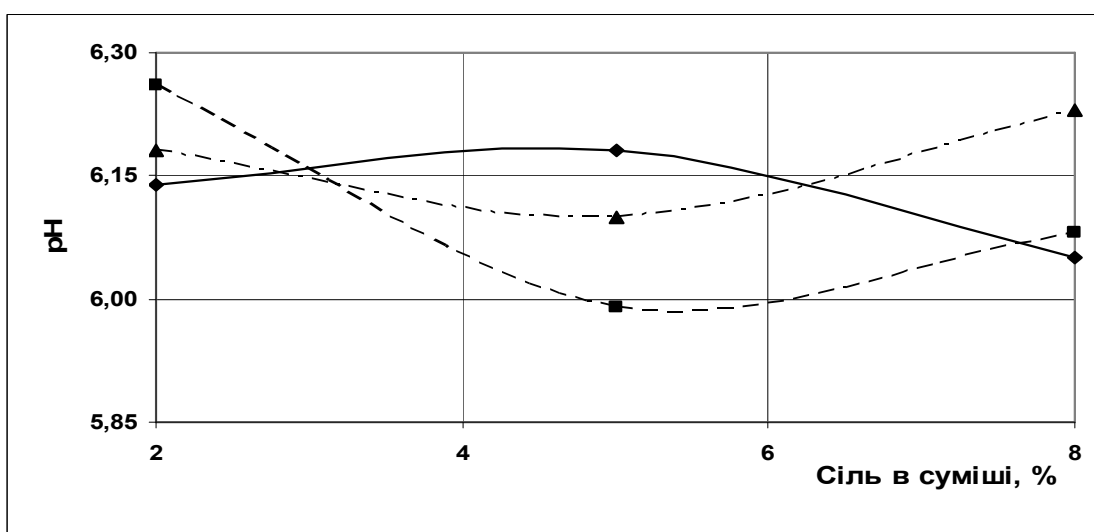


Рис. 2.15. Залежність рН від солі в інгредієнтній суміші:

- на нижньому рівні вакууму символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією;
- на нульовому рівні вакууму символом \blacksquare позначено експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою;
- на верхньому рівні – символом \blacktriangle експериментальні точки, поєднані тонкою штрихпунктирною.

Таким чином результати роботи підтверджують інтенсифікуючий вплив вакууму на процес посолу в технології виробництва суцільном'язових сиров'ялених чи сирокоччених продуктів із м'яса птиці.

За результатами досліджень встановлені раціональні параметри процесу посолу м'яса птиці: кількісний вміст солі в інгредієнтній суміші для посолу ξ , повинен дорівнювати від 2,5 % до 5 % , глибина вакууму в обладнанні для посолу повинна бути в межах від 70% до 90%. При цьому з поглибленням вакууму кількість вологи в м'ясі птиці зменшується, приблизно, на 1,4 – 1,5 % на всіх рівнях концентрації солі, а вміст солі зростає, в середньому, на 25 – 30 %.

Результати проведених дослідів математично узагальнені емпіричними формулами для обчислення показників активності води $a_w(\xi, \nu)$, масової частки солі $C(\xi, \nu)$ та масової частки вологи $W(\xi, \nu)$ в філе м'яса птиці під час сухого посолу в вакуумі.

2.2.2.1.2. Дослідження сумісного впливу вакууму, солі та бактеріальних препаратів на процес посолу сировини при виготовленні сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці та на характер взаємозв'язку між активністю води, вмістом вологи (W) та величиною рН

Перспективним напрямком вирішення питань щодо інтенсифікації технології виробництва групи делікатесних сиров'ялених продуктів із м'яса птиці, особливо з огляду підвищеної мікробіологічної забрудненості м'яса птиці, є використання біологічних, нешкідливих для споживача, інгібіторів росту небажаних мікроорганізмів на різних етапах виробництва продуктів, які називаються – біозахистом [14].

М'ясо птиці у порівнянні з традиційними видами м'ясної сировини характеризується не тільки вищим вмістом фізіологічної вологи, а і додаткової, абсорбованої м'язовою тканиною при охолодженні тушок забитої птиці за допомогою води. Високий вміст вологи в м'ясі птиці сприяє розвитку небажаної спонтанної мікрофлори: кишкової палички, протей тощо. Ефективним способом попередження розвитку та інактивації цих мікроорганізмів є додавання до сировини на етапі посолу спеціальних бактеріальних препаратів, які підбирали в цьому розділі .

На цьому етапі роботи було досліджено закономірності функціонування у м'ясі птиці бактеріальних препаратів, створених фахівцями відділу біотехнології симбіотичних заквашувальних композицій (ЗК) «ЛРР», «Лакмік», «БАТП-Ф» та, для порівняння, «ВІОВАК-Р» (Данія).

Упродовж всього технологічного процесу виробництва ефективність бактеріальних препаратів визначалась фізико-хімічними показниками, а саме: накопиченням молочної кислоти, зменшенням величини рН, та кількістю загального азоту. В таблиці 2.9 наведено значення зазначених показників для готового продукту. Готовності до вживання сиров'ялених суцільном'язових продуктів визначали відсутністю БГКП та зменшенням величини масової частки вологи до 38 -42 %.

Таблиця 2.9 – Фізико-хімічні показники готових до вживання сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці

Зразки	Показники		
	Масова частка загального азоту, % на 100 г СР	рН	Молочна кислота, мг %
Вихідна м'ясна сировина	13,78	6,0	306,2±16,4
Контроль зі станд. спеціями	8,5	5,9	368,2±12,1
Контроль з заявл. композиц.	8,7	5,84	405,3 ±11,9
Продукт, виготовлений з використанням стартової бактеріальної композиції:			
«ЛРР»	9,17	5,64	687,2±13,4
«Лакмік»	8,6	5,8	486,4±11,2
«БАТП-Ф»	8,88	5,83	477,4±15,3
«ВІОВАК-Р»	9,05	5,74	542,0±10,3

В результаті проведеної роботи встановлено, що застосовані заквашувальні композиції забезпечують бажаний перебіг фізико-хімічних та мікробіологічних перетворень м'ясної сировини. При цьому заквашувальна композиція «ЛРР» виявилася найбільш адаптованою до умов проведення процесу сиров'ялених продуктів із м'яса птиці.

Паралельно з дослідженнями, що проводились за планом ПФЕ типу 2², для встановлення впливу глибини вакууму (v , %) і кількості солі в інгредієнтній суміші (ξ , %) на показники придатності продуктів до вживання і їх збереження на визначені терміни (активність води (a_w), вологовміст (W , %), рівень реакції (рН) в продукті) досліджували також вплив бактеріальної закваски «ЛРР» на ці ж показ-

ники під час посолу м'яса птиці в технології виробництва делікатесних продуктів. Кількість закваски та способи її внесення виконувались згідно рекомендацій виробника, тому її кількість не сприймається незалежним фактором в цих дослідях. Умови дослідів для досліджуваних зразків м'яса птиці без закваски і з закваскою були ідентичними, відповідними до вибраного плану експериментів, тому отримані результати досліджень зразків м'яса з закваскою оброблялись в повній відповідності (за цілковитою аналогією) з обробкою результатів дослідження впливу вакууму і солі без закваски, де незалежними факторами були: 1) глибина вакууму ($v, \%$) 2) кількість солі в інгредієнтній суміші ($\xi, \%$).

Умови проведення експериментів було визначено рівнями варіювання факторів: 1) нульовий, 2) верхній і 3) нижній, представленими в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10

Фактори і їх рівні

Інтервал варіювання і рівні факторів	Кількість солі в інгредієнтній суміші, %	Глибина вакууму, %
Нульовий рівень $x_i = 0$	5	60
Інтервал варіювання δ_i	3	30
Нижній рівень $x_i = -1$	2	30
Верхній рівень $x_i = +1$	8	90
Кодове позначення	x_1	x_2

Разом з таблицею 2.10, була створена план-матриця повного факторного експерименту типу 2^2 , яка представлена в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11

План-матриця ПФЕ типу 2^2

Дослід	x_1	x_2
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1

Оскільки досліді зі зразками м'яса з закваскою проводились одночасно зі зразками м'яса без закваски, то порядок виконання експериментів за наведеною план-матрицею виконувалась в тій же послідовності, яку визначила процедура їх

рандомізації шляхом випадкового витягування їх номерів із урни. За умови подвійної кратності виконання кожного експерименту, було отримано таку послідовність їх виконання: 3, 4, 2, 1, 2, 3, 4, 1. Проведення паралельних експериментів передбачено для оцінки відтворення процесу і проведення статистичних оцінок.

Результати виконання наведеної послідовності експериментів зі зразками м'яса птиці з закваскою в суміші за встановленим планом представлені в таблиці 2.12, де в план-матрицю ПФЕ типу 2^2 додано ще один стовпчик $x_1 \cdot x_2$, який дозволяє обчислити коефіцієнт регресії за умови парної взаємодії факторів x_1 і x_2 , яка чітко проявляється, за умови внесення закваски в інгредієнтну суміш.

Таблиця 2.12

Результати дослідження активності води a_w в м'ясі птиці з закваскою ЛЛР.

Дослі д	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	a_{w1}	a_{w2}	$\bar{a}_w = \frac{a_{w1} + a_{w2}}{2}$
1	-1	-1	+1	0,981	0,991	0,986
2	+1	-1	-1	0,980	0,974	0,977
3	-1	+1	-1	0,980	0,988	0,984
4	+1	+1	+1	0,976	0,964	0,970

Перевірку відтворюваності дослідів виконано за критерієм Кохрена за 5%-вим рівнем значущості. Процес вважається відтвореним, оскільки критерій Кохрена, розрахований за даними таблиці 2.12 і дорівнює 0,4186, є меншим за його статистичне значення 0,9065 для відповідних умов проведення дослідів.

За умови справдження критерію відтворюваності дослідів були обчислені коефіцієнти регресійного рівняння:

$$a_w(x_1, x_2) = 0,979 - 0,0058 \cdot x_1 - 0,0023 \cdot x_2 - 0,0013 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2.11)$$

де: x_1 – кодований фактор кількості солі в інгредієнтній суміші;

x_2 – кодований фактор глибини вакууму.

Адекватність отриманого рівняння (2.11) залежності активності води a_w від факторів x_1 і x_2 перевірено за критерієм Фішера для 5%-го рівня значущості. Його значення дорівнює 0,1453, що є меншим ніж статистичне значення цього критерію 7,7086 за відповідних умов проведення дослідів, тому можна вважати рівняння (2.11) адекватним.

Оцінка значущості коефіцієнтів рівняння (2.11) перевірено за критерієм Стьюдента для 5%-го рівня значущості. Статистичне значення точки розподілення Стьюдента дорівнює 2,7764 за відповідних умов проведення дослідів, а відповідне значення критерію для наших даних дорівнює 0,0091. Оскільки всі коефіцієнти рівняння (2.11) більші за отримане значення, то є підстава вважати їх значущими.

Для використання отриманого рівняння (2.11) з натуральними значеннями факторів, потрібно його перетворити, використавши зв'язок між кодовим та фізичним (натуральним) вираженням кожного фактора за формулою (2.5)

Після перетворення рівняння (2.11) набуло вигляду:

$$a_w(\xi, v) = 0,9891 - 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot \xi - 7,22 \cdot 10^{-6} \cdot v - 1,389 \cdot 10^{-5} \cdot \xi \cdot v, \quad (2.12)$$

де: ξ – кількість солі в інгредієнтній суміші, %;

v – глибина вакууму, яка вимірювалась у відсотках (%) до повного (100 %) вакууму.

Для більшої очевидності поведінки зазначених показників від зміни факторів, визначених експериментально і за створеними регресійними рівняннями, наводяться їх графіки залежності від одного фактора при фіксованих значеннях другого фактора. Експериментальні точки досліджуваного показника, позначені символами поєднаними тонкими лініями: нижній рівень \blacklozenge суцільною; нульовий рівень \blacksquare штриховою; верхній рівень \blacktriangle штрихпунктирною, а обчислені, за відповідних умов, його значення за регресійним рівнянням представлені на графіках товстими лініями, відповідно: для нижнього рівня – суцільною; для нульового рівня – штриховою; для верхнього рівня – штрихпунктирною.

На рисунку 2.16 представлені графіки залежності активності води a_w від вакууму на визначених рівнях кількості солі в посолі: на нижньому рівні експериментальні точки a_w , позначені символом \blacklozenge (ромб) поєднані суцільною тонкою лінією; на нульовому рівні – символом \blacksquare (квадрат) поєднані штриховою тонкою лінією; на верхньому рівні – символом \blacktriangle (трикутник) поєднані штрихпунктирною тонкою лінією і графіки цього ж показника, обчислені за відповідних умов за формулою (2.12) (на нижньому рівні – суцільна товста лінія; на нульо-

вому рівні – штрихова товста лінія; на верхньому рівні – штрихпунктирна товста лінія).

Графік залежності активності води a_w від кількості солі в інгредієнтній суміші на визначених рівнях вакууму наведено на рисунку 2.17, побудованому аналогічно попередньому рисунку 2.16:

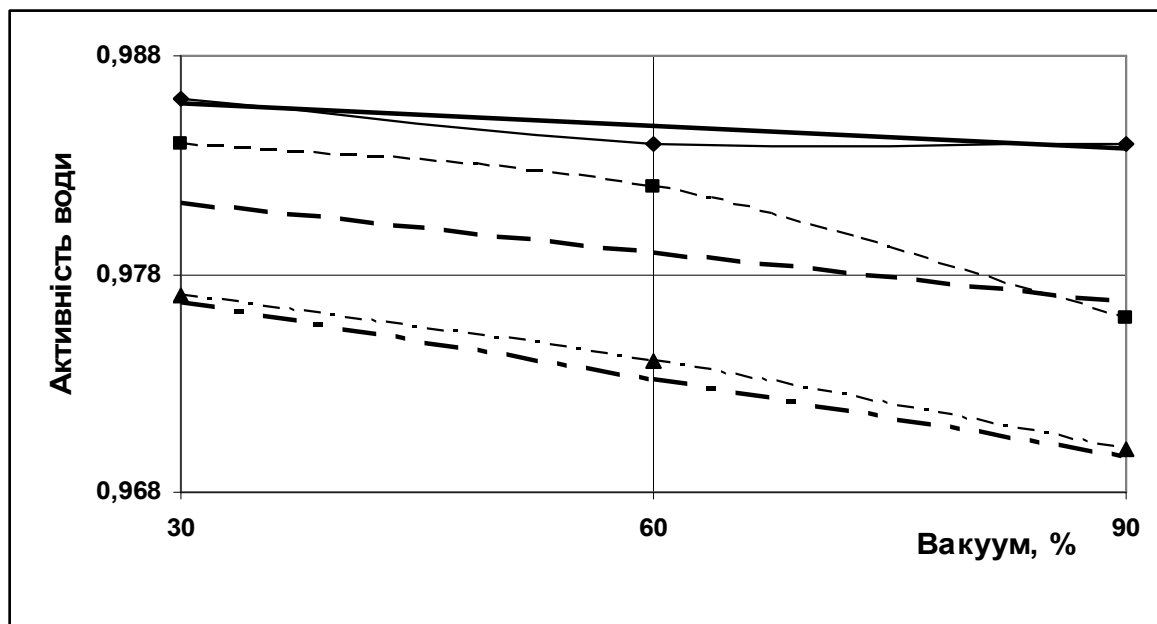


Рис. 2.16. Залежність активності води a_w від вакууму:

- на нижньому рівні солі символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією, а товстою – криву обчислену за формулою (2.12);
- на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою, а товстою, обчислену за формулою (2.12);
- на верхньому рівні символом \blacktriangle – точки, поєднані тонкою штрихпунктирною, а товстою, обчисленою за (2.12).

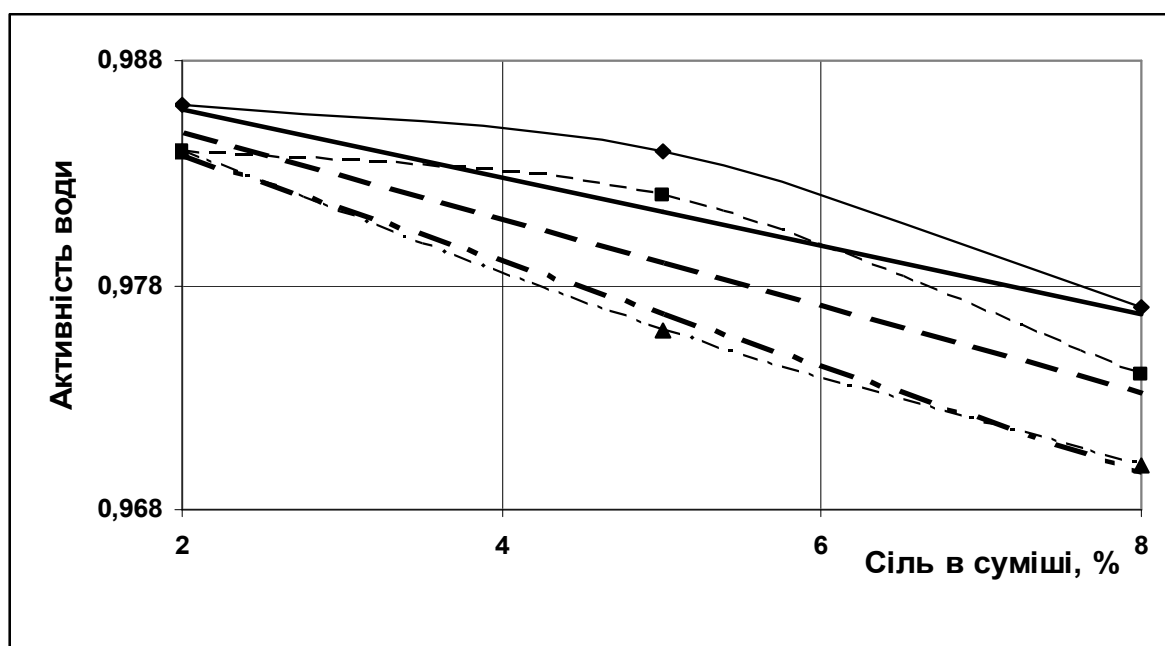


Рис. 2.17. Залежність активності води a_w від солі в інгредієнтній суміші:

На наведених графіках видно, що збільшення вакууму призводить до зменшення активності води a_w в м'ясі птиці з бактеріальною закваскою - приблизно на 2,5 % на всіх рівнях концентрації солі, а в зразках без закваски (див. п.222.1.1) зменшення активності води складало біля 1,0 %. Поясненням цього явища, на наш погляд, може бути поглинання вологи сухою бактеріальною закваскою під час розвитку молочнокислих бактерій.

Таблиця 2.13

Результати дослідів вмісту вологи W в м'ясі птиці з закваскою.

Дослід	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	W_1	W_2	$\bar{W} = \frac{W_1 + W_2}{2}$
1	-1	-1	+1	73,35	72,87	73,11
2	+1	-1	-1	68,61	69,13	68,87
3	-1	+1	-1	72,44	72,22	72,33
4	+1	+1	+1	68,02	68,52	68,32

В таблицю 2.13 теж введено колонку парної взаємодії обох факторів $x_1 \cdot x_2$, для обчислення відповідного коефіцієнта рівняння залежності вологи в м'ясі птиці.

Перевірку відтворюваності дослідів виконано за критерієм Кохрена за 5%-вим рівнем значущості. Процес вважається відтворюваним, оскільки критерій Кохрена, розрахований за даними таблиці 2.13, рівний 0,33834 і є меншим за його статистичне значення 0,9065 для відповідних умов проведення дослідів.

За умови справдження критерію відтворюваності дослідів були обчислені коефіцієнти регресійного рівняння:

$$W(x_1, x_2) = 71,065 - 1,79 \cdot x_1 - 0,86 \cdot x_2 - 0,395 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2.13)$$

де: x_1 – кодований фактор кількості солі в інгредієнтній суміші;

x_2 – кодований фактор глибини вакууму.

Адекватність отриманого рівняння (5.3) залежності вмісту вологи W від факторів x_1 і x_2 перевірено за критерієм Фішера для 5%-го рівня значущості. Його значення дорівнює 0,1324, що є меншим ніж статистичне значення цього критерію 7,7086 за відповідних умов проведення дослідів, тому можна вважати рівняння (2.13) адекватним.

Оцінка значущості коефіцієнтів рівняння (2.13) перевірено за критерієм

Стьюдента для 5%-го рівня значущості. Статистичне значення точки розподілення Стьюдента дорівнює 2,7764 за відповідних умов проведення дослідів, а відповідне значення критерію для наших дослідів дорівнює 0,43877. Оскільки всі коефіцієнти рівняння (2.13), крім коефіцієнта біля парної взаємодії обох факторів $x_1 \cdot x_2$, який практично рівний критерію Стьюдента, тому його включено в рівняння (2.13), більші цього значення, тому є підстава вважати отримані коефіцієнти значущими.

Для використання отриманого рівняння (2.13) з натуральними значеннями факторів, потрібно його перетворити, використавши зв'язок між кодовим та натуральним вираженням кожного фактора за формулою (2.5).

Після перетворення рівняння (2.13) набуло вигляду:

$$W(\xi, \nu) = 74,45 - 0,3333 \cdot \xi - 6,722 \cdot 10^{-3} \cdot \nu - 4,389 \cdot 10^{-3} \cdot \xi \cdot \nu, \quad (2.14)$$

де: ξ – кількість солі в інгредієнтній суміші, %;

ν – глибина вакууму, яка вимірювалась у відсотках (%) до повного (100 %) вакууму.

Графіки залежності вмісту вологи W в м'ясі птиці від одного фактора за умови сталості другого на вибраних рівнях їх варіювання наведено на рисунках 2.18 і 2.19.

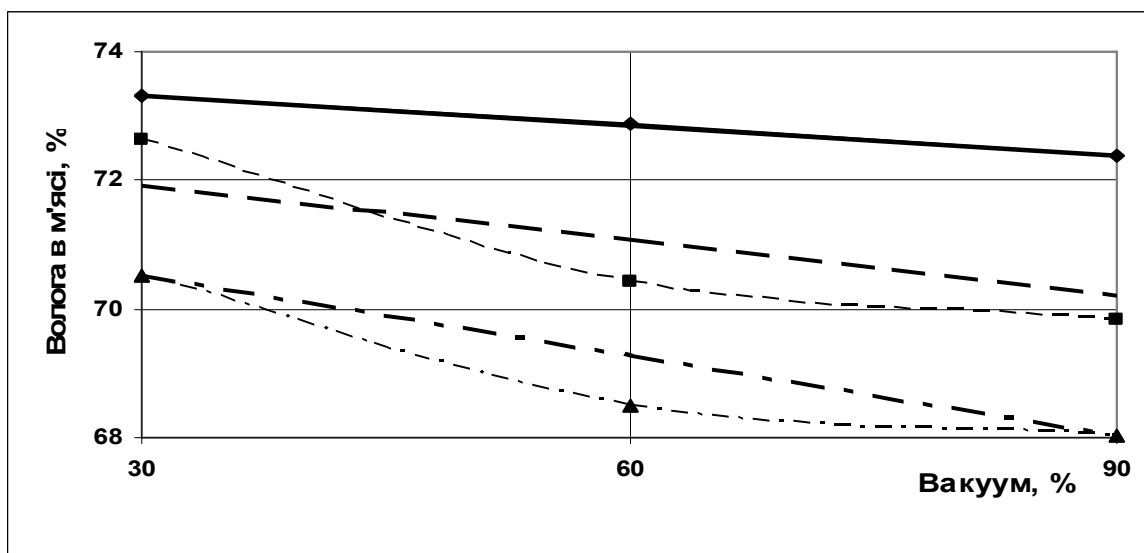


Рис. 2.18. Залежність вмісту вологи W від вакууму:

- (на нижньому рівні солі символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією, а товстою – криву обчислену за формулою (2.14);
- на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою, а товстою, обчислену за формулою (2.14);
- на верхньому рівні символом \blacktriangle – точки, поєднані тонкою штрихпунктирною, а товстою, обчислену за (2.14).

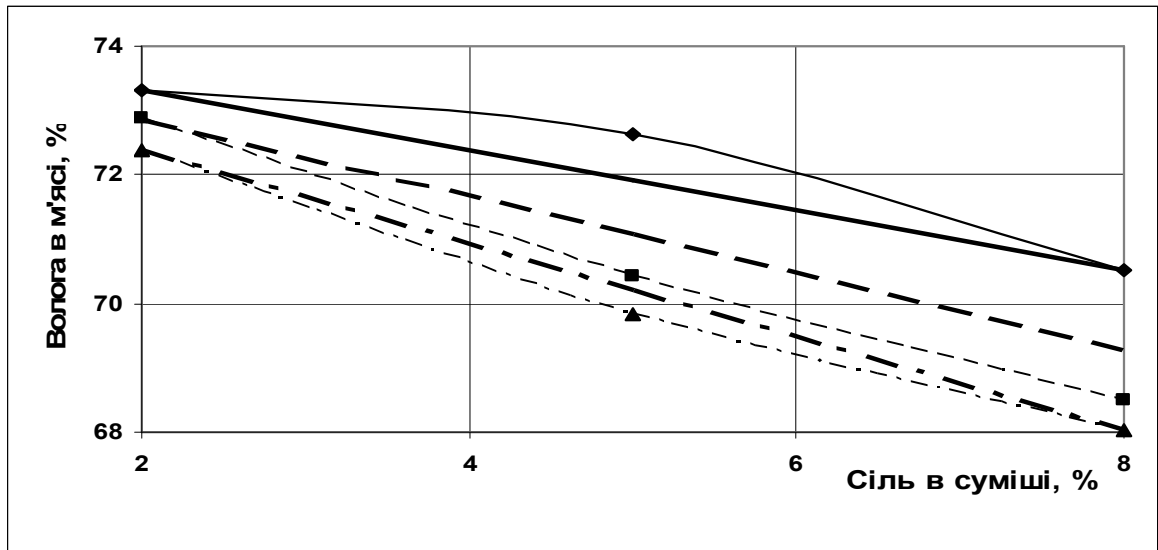


Рис. 2.19. Залежність вмісту вологи W від солі в інгредієнтній суміші:

- на нижньому рівні солі символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією, а товстою – криву обчислену за формулою (2.14);
- на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою, а товстою, обчислену за формулою (2.14);
- на верхньому рівні символом \blacktriangle – точки, поєднані тонкою штрихпунктирною, а товстою, обчисленою за (2.14).

Використання бактеріальної закваски в посолі помітно прискорює зменшення вологи в м'ясі птиці. В м'ясі птиці без закваски зменшення вологи складало в середньому 1,5 % (п. 2.2.2.1.1), а в м'ясі птиці з закваскою 3,5 %.

Таблиця 2.14

Результати дослідів вмісту солі C в м'ясі птиці з закваскою.

Дослід	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	C_1	C_2	$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2}{2}$
1	-1	-1	+1	2,1	2,04	2,07
2	+1	-1	-1	4,27	4,35	4,31
3	-1	+1	-1	2,84	2,9	2,87
4	+1	+1	+1	5,42	5,36	5,39

Перевірку відтворюваності дослідів виконано за критерієм Кохрена за 5%-вим рівнем значущості. Процес вважається відтворюваним, оскільки критерій Кохрена розрахований за даними таблиці 2.14, рівний 0,2891, менший за його статистичне значення 0,9065 для відповідних умов проведення дослідів.

За умови справдження критерію відтворюваності дослідів були обчислені коефіцієнти регресійного рівняння:

$$C(x_1, x_2) = 3,51 + 1,078 \cdot x_1 + 0,793 \cdot x_2 + 0,358 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2.15)$$

де: x_1 – кодований фактор кількості солі в інгредієнтній суміші;

x_2 – кодований фактор глибини вакууму.

Адекватність отриманого рівняння (2.15) залежності вмісту солі C від факторів x_1 і x_2 перевірено за критерієм Фішера для 5%-го рівня значущості. Його значення дорівнює 7,54, що є меншим ніж статистичне значення цього критерію 7,7086 за відповідних умов проведення дослідів, тому можна вважати рівняння (2.15) адекватним.

Оцінка значущості коефіцієнтів рівняння (2.15) перевірено за критерієм Стьюдента для 5%-го рівня значущості. Статистичне значення точки розподілення Стьюдента дорівнює 2,7764 за відповідних умов проведення дослідів, а відповідне значення критерію дорівнює 0,36147. Оскільки всі коефіцієнти рівняння (2.15), крім коефіцієнта біля парної взаємодії обох факторів $x_1 \cdot x_2$, який практично рівний критерію Стьюдента, тому його включено в рівняння (2.15), більші цього значення, тому є підстава вважати отримані коефіцієнти значущими.

Для використання отриманого рівняння (2.15) з натуральними значеннями факторів, потрібно його перетворити, використавши зв'язок між кодовим та натуральним вираженням кожного фактора за формулою (2.5).

Після перетворення рівняння (2.15) набуло вигляду:

$$C(\xi, \nu) = 1,321 + 0,1208 \cdot \xi + 6,556 \cdot 10^{-3} \cdot \nu + 3,972 \cdot 10^{-3} \cdot \xi \cdot \nu \quad (2.16)$$

де: ξ – кількість солі в інгредієнтній суміші, %;

ν – глибина вакууму, яка вимірювалась у відсотках (%) до повного (100%) вакууму.

Порівняння результатів дослідів вмісту солі в м'ясі птиці за ідентичних умов проведення експериментів свідчить про значне прискорення процесу дифузії солі в м'ясо птиці, обробленого бактеріальною закваскою. Прискорення вмісту солі в м'ясі птиці без закваски за рахунок поглиблення вакууму на всіх рівнях кількості солі в суміші складало в середньому 30%, а в м'ясі птиці, обробленого закваскою, за ідентичних умов складає в середньому 35%.

Про вплив бактеріальної закваски на процеси посолу може свідчити і той факт, що обчислення значень показників за отриманими рівняннями регресії (2.12), (2.14), (2.16), різняться від значень цих показників, обчислених за рівняннями (2.1), (2.2), (2.3), отриманими під час досліджень бар'єрної ролі солі під час посолу за атмосферного тиску.

Графіки залежності кількості солі в м'ясі птиці від факторів представлені на рисунках 2.20 і 2.21.

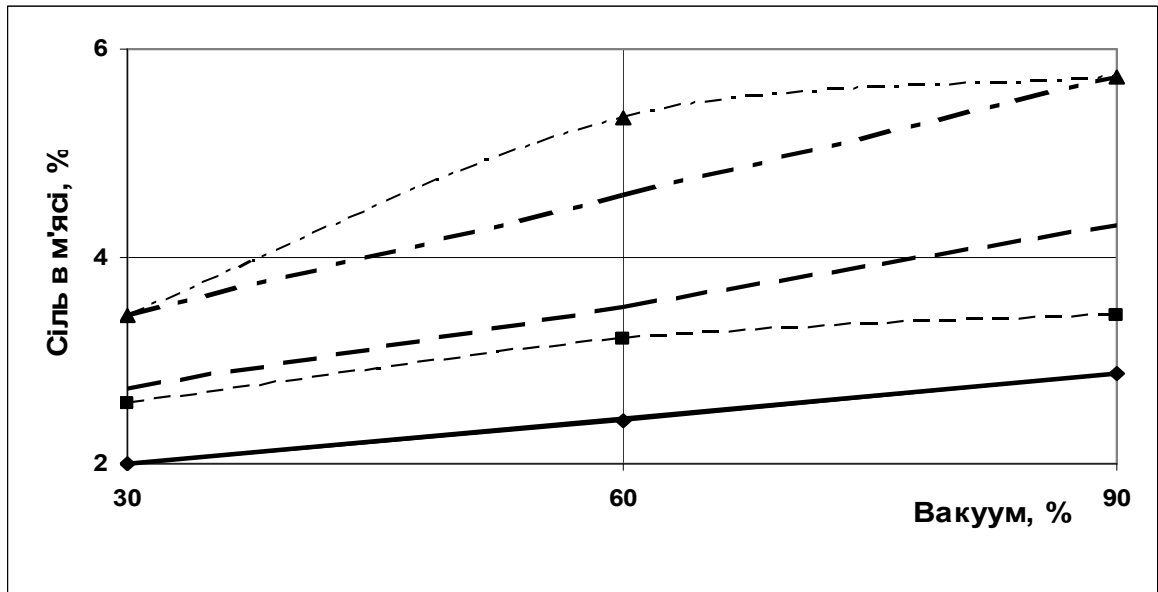


Рис. 2.20. Залежність вмісту солі С від вакууму:

- на нижньому рівні солі в посолі символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією, а товстою – криву обчислену за формулою (2.16);
- на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою, а товстою, обчислену за формулою (2.16);
- на верхньому рівні символом \blacktriangle експериментальні точки, поєднані тонкою штрихпунктирною, а товстою, обчислену за формулою (2.16).

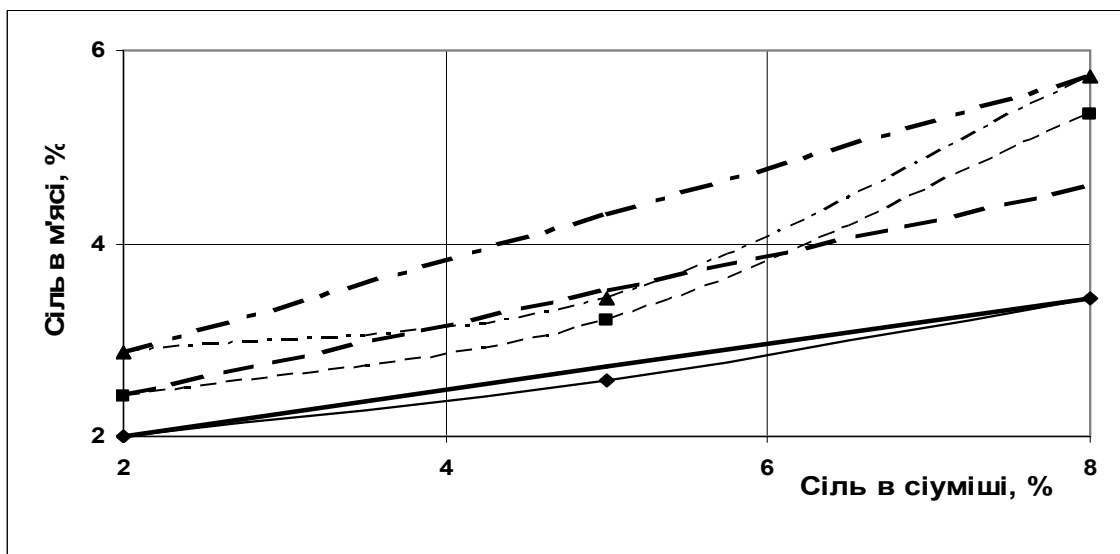


Рис. 2.21. Залежність вмісту солі С від солі в інгредієнтній суміші:

- на нижньому рівні вакууму символом \blacklozenge позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією, а товстою – криву обчислену за формулою (2.16);
- на нульовому рівні – символом \blacksquare експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою, а товстою, обчислену за формулою (2.16);
- на верхньому рівні – символом \blacktriangle експериментальні точки, поєднані тонкою штрихпунктирною, а товстою, обчислену за формулою (2.16).

Використання бактеріальної закваски незначно вплинуло на закономірність поведінки реакції рН в м'ясі птиці від вакууму та солі в інгредієнтній суміші, оскільки її значення під час короткотривалої витримки в посолі дуже мало

змінюється (п. 2.2.2.1.1). Але слід зазначити, що зі зменшенням вакууму та при кількості солі в соляній суміші від 5 % до 8 % величина рН знижується. Можливо це пов'язане з активацією актоміозинового комплексу, через значне зменшення вологи в м'язовій тканині. А при кількості солі в соляній суміші до 3 % значного зневоднення сировини не спостерігається, мабуть даної кількості солі не достатньо для прискорення біохімічних процесів.

Графіки експериментально визначених значень цього показника представлені на рисунках 2.22 і 2.23, побудованих аналогічно одне одному.

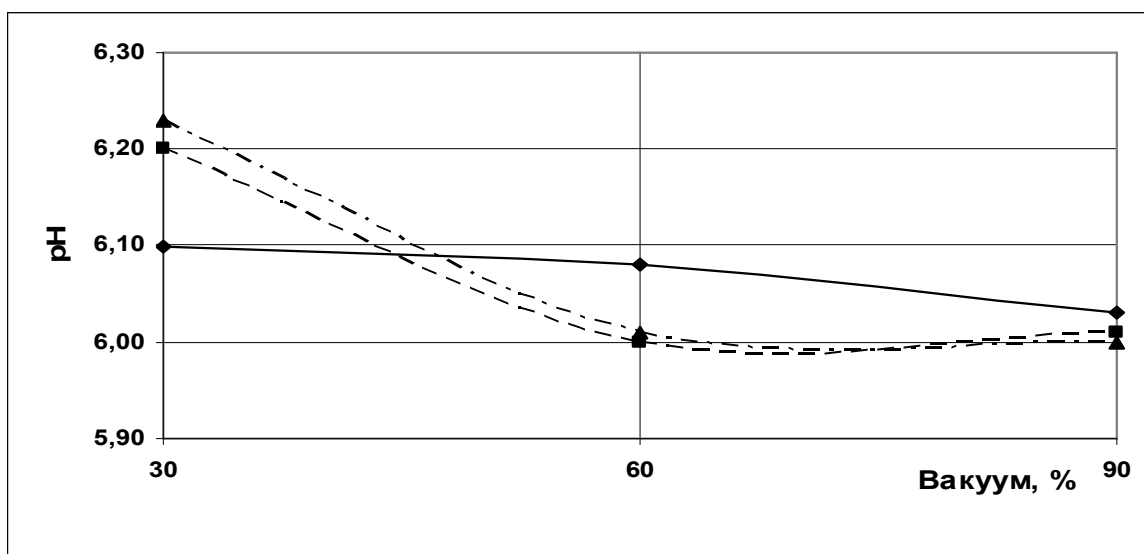


Рис. 2.22. Залежність рН від вакууму:

- на нижньому рівні солі символом ♦ позначено експериментальні точки, поєднані тонкою суцільною лінією;
- на нульовому рівні – символом ■ експериментальні точки, поєднані тонкою штриховою;
- на верхньому рівні символом ▲ експериментальні точки, поєднані тонкою штрихпунктирною.

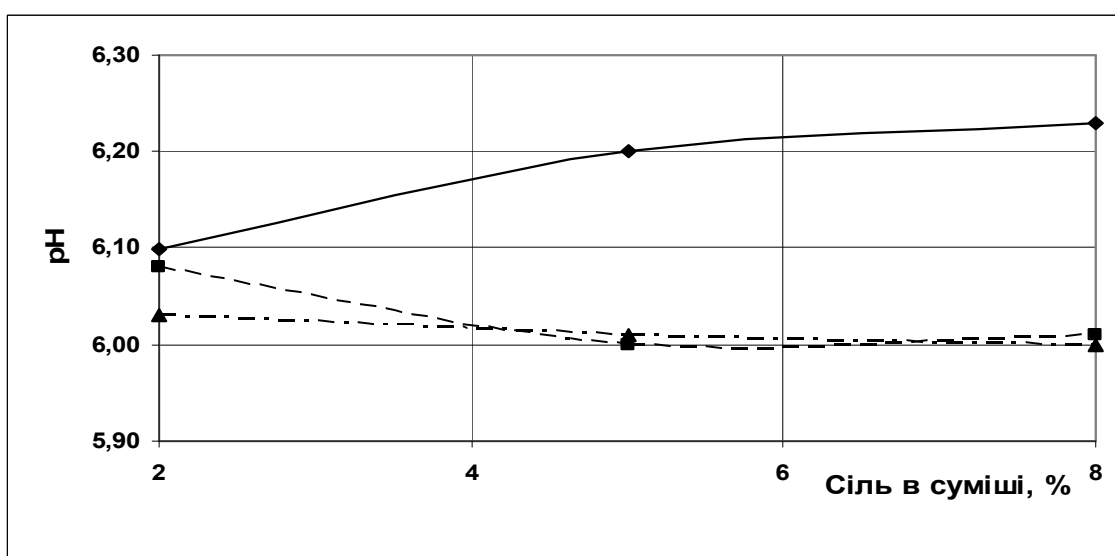


Рис. 2.23. Залежність рН від солі в інгредієнтній суміші:

Таким чином експериментально встановлено вплив бактеріальної закваски на швидкість процесу посолу м'яса птиці в технології виробництва сиров'ялених та сирокочених продуктів із м'яса птиці: при використанні бактеріальної закваски під час посолу м'яса птиці зменшення в ньому вологи складало в середньому 3,5 %, а без закваски за ідентичних умов (п. 2.2.2.1.1) - 1,5 %, що є наслідком внесення бактеріальної закваски в соляну суміш в сухому вигляді.

Також встановлено, що прискорення процесу дифузії солі в м'ясо птиці, обробленого бактеріальною закваскою в 1,2 рази швидше ніж без її використання.

Результати проведених експериментів математично узагальнені емпіричними формулами для обчислення показників "активності води" $a_w(\xi, \nu)$, масової частки солі $C(\xi, \nu)$ та масової частки вологи $W(\xi, \nu)$ в філе м'яса птиці під час посолу в умовах вакууму з використанням бактеріальної закваски.

За результатами досліджень розроблено нову бар'єрну технологію виробництва сиров'ялених та сирокочених суцільном'язових виробів із м'яса птиці та затверджено ТУ У 15.1 – 00419880 – 095 :2008 «Продукти із м'яса птиці сирокочені та сиров'ялені. Технічні умови».

2.2.3. Дослідження фізико-хімічних, мікробіологічних показників сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці в процесі їх виготовлених за розробленою бар'єрною технологією та формулізація визначення показника a_w

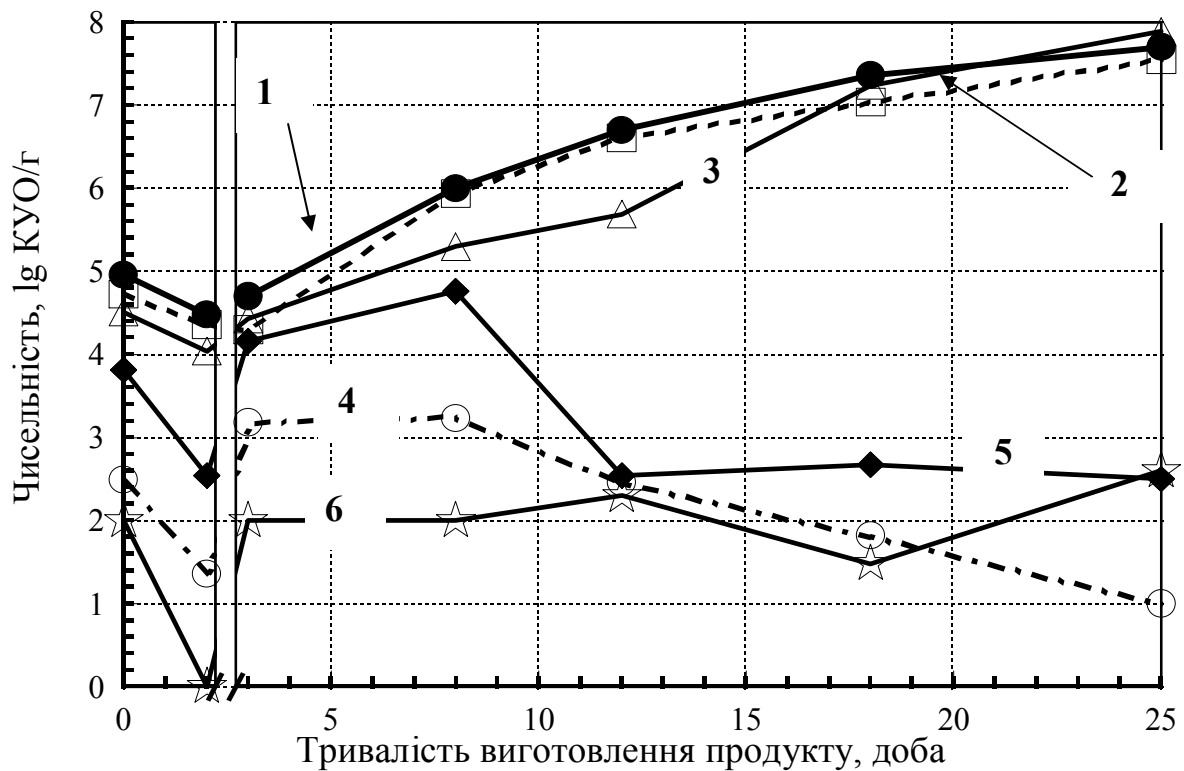
Виготовлення сиров'яленого продукту складається з таких технологічних етапів: підготовка сировини, обробка м'ясної сировини сухою солильною сумішшю, соління під вакуумом, обробка чаманним тістом, ферментування та сушіння в кліматкамері за визначених в процесі досліджень параметрів робочого середовища, що наведені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Параметри робочого середовища в кліматкамері при проведенні процесів ферментування та сушіння сиров'ялених продуктів із м'яса птиці

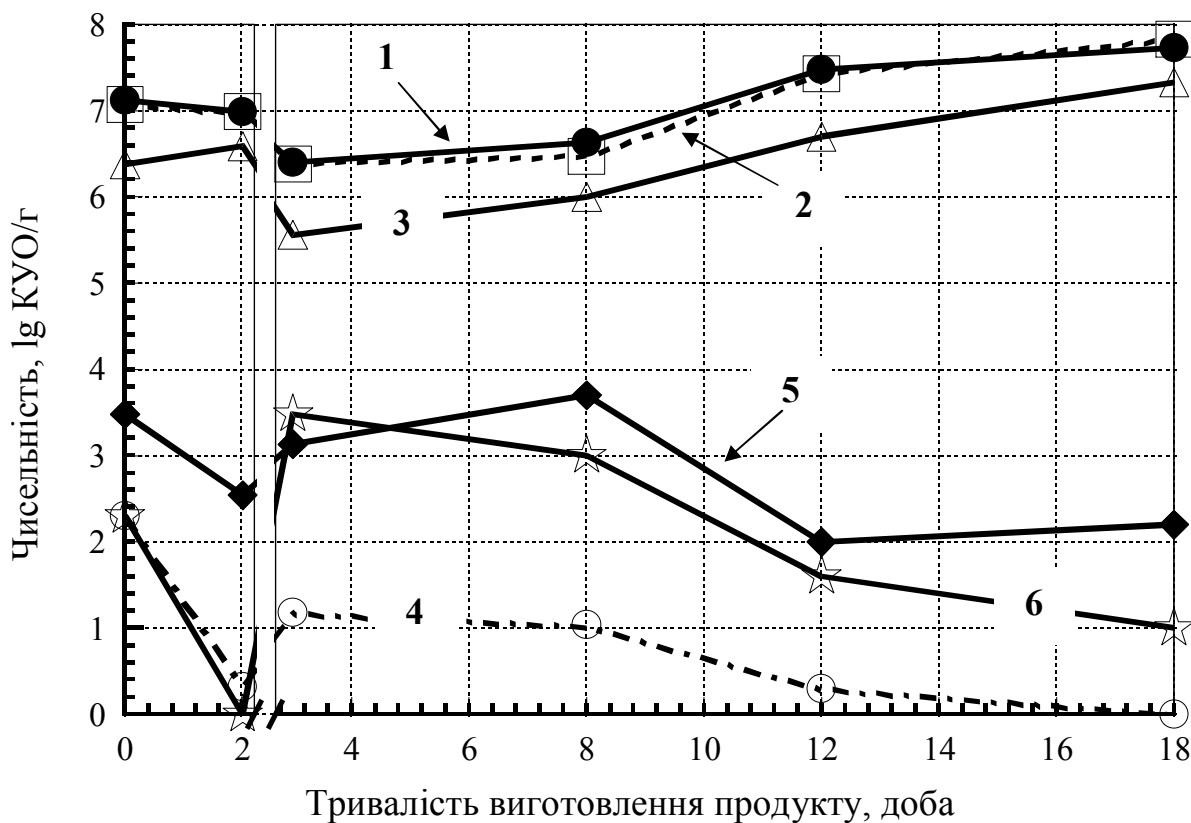
Доба	Параметри робочого середовища		
	температура, не вище ніж, °C	відносна вологість, не більше ніж, %	швидкість руху, м/с
1-4	18±1	90±0,5	0,5 ÷ 1,0
5	17±1	89±0,5	
6	16±1	86±0,5	
7	15±1	80±0,5	
8 - 17	13±1	78±0,5	

Результати досліджень динаміки розвитку мікрофлори в сиров'яленому суцільном'язовому продукті з м'яса птиці, виготовленому з застосуванням визначених вище бар'єрних факторів, в тому числі заквашувальної композиції «ЛРР», відображено на рис.2.24.

Порівняння рис. 2.24 «а» - контроль та «б» - варіант продукту, виготовленого з застосуванням «ЛРР» підтверджує висновок щодо ефективності використання бактеріальних препаратів при виробництві сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці. Молочнокислі бактерії, що превалюють у складі бактеріальних препаратів, виконують функцію консервантів завдяки молочній кислоті, що утворюється в процесі життєдіяльності цих бактерій. Молочна кислота є інгібітором розвитку небажаної мікрофлори в продукті, серед якої є і коліформні бактерії, відсутність яких констатовано на 18 добу ферментування і сушіння - варіант «б», та наявність на 25 добу в контролі - варіант «а».



а



б

Рис. 2.24. Динаміка розвитку мікрофлори сиров'яленого продукту під час визрівання: а) контроль – продукт, вироблений без застосування композиції; б) продукт з застосуванням «ЛРР».

1- Загальна чисельність мікроорганізмів, 2- МКБ – молочнокислі бактерії, 3 -МК – мікрококи, 4-БГКП – бактерії групи кишкової палички, 5-ДР – дріжджі, 6-ПЛ – пліснява.

Розробка експресного методу оцінки якості сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці за показником активності води a_w в процесі їх виробництва передбачає побудову математичної моделі за результатами експериментальних вимірювань маси (M), хімічного складу - масових часток вологи (W), білка (R), жиру (J), хлориду натрію (C) та активності водив зразках, взятих на всіх етапах технологічного процесу: соління, ферментування та сушіння.

Результати експериментальних вимірювань наведено в таблицях 2.16 - 2.19.

На базі результатів вимірювань залежність показника активності води (a_w) від значень масових часток вологи, білка, солі та жиру формулізовано. Формули, що встановлюють цю залежність наведено нижче.

Аргументами в цих формулах є:

-формули 2.17, 2.18: W - масова частка вологи, %; C - масова частка солі, %;
R - масова частка білка, %;

-формули 2.19, 2.20: W - масова частка вологи, %; C - масова частка солі, %;
J - масова частка жиру, %.

1. Процес посолу здійснюється без застосування вакууму (дані Таблиці 2.16)

$$a_w(W,R,C) = 1,90395 - 8,00298 \cdot 10^{-3} \cdot W - 1,74209 \cdot R + 14,70881 \cdot C + 0,02352 \cdot W \cdot R - 0,20026 \cdot W \cdot C; \quad (2.17)$$

2. Процес посолу здійснюється з застосуванням вакууму (дані Таблиці 2.17)

$$a_w(W, R,C) = -6,49135 \cdot 10^{-3} + 0,01144 \cdot W + 4,66459 \cdot 10^{-3} \cdot R + 0,02253 \cdot C + 2,02301 \cdot 10^{-5} \cdot W \cdot R - 2,79012 \cdot 10^{-4} \cdot W \cdot C; \quad (2.18)$$

3. Процес посолу здійснюється без застосування вакууму (дані Таблиці 2.18)

$$a_w(W,J,C) = 0,29905 + 7,95534 \cdot 10^{-3} \cdot W - 5,21678 \cdot J + 3,38905 \cdot C + 0,07186 \cdot W \cdot J - 0,04615 \cdot W \cdot C; \quad (2.19)$$

4. Процес посолу здійснюється з застосуванням вакууму (дані Таблиці 2.19)

$$a_w(W,J,C) = 0,52906 + 6,02532 \cdot 10^{-3} \cdot W - 0,5036 \cdot J + 0,21378 \cdot C + 6,7565 \cdot 10^{-3} \cdot W \cdot J - 2,89641 \cdot 10^{-3} \cdot W \cdot C; \quad (2.20)$$

Для підтвердження достовірності отриманих рівнянь, в таблиці 2.16 - 2.19 внесено результати визначення показників a_w , W, R, J, C як експериментальними вимірюваннями, так і розрахованих за допомогою формул (2.17-2.20).

Таблиця 2.16 - Порівняння експериментальних і розрахункових величин активності води, вологи, білка і солі в продукті без використання вакууму

Порівняння експериментальних і розрахункових величин активності води, вологи, білка і солі в продукті																Різниця між експерим. і розрах. значеннями a_w	
№ вимірювання	Технологічна операція	Термін обробки, доба	Експериментальні виміри				Вага ідентифікованих зразків продукту, г				Розрахункові величини				a_w за розрахованими W, J, C	Абсолютна	Відносна, %
			Активності води	Вологи, %	Білка, %	Солі, %	Окремо 5 зразків	Разом 5 зразків	Різниця	Взята до розрахунків	a_w за виміряними W, J, C	Вологи, %	Білка, %	Солі, %			
Усереднені дані по зразках, посолених без вакууму (сіль 5%)																	
1	Сировина	0,00	0,989	73,45	22,86	0,00	1373,0	1373,4	-0,4	1373,0	0,984	73,45	22,86	0,00	0,984	0,005	0,545
2	Після соління 2-га доба	2,00	0,965	69,33	26,41	3,10	1188,5	1188,6	-0,1	1188,5	0,963	69,33	26,41	3,10	0,963	0,002	0,205
3	Після промивання і пресування	2,25	0,964	69,04	26,67	3,13	1177,3	1177,0	0,3	1177,0	0,961	69,03	26,67	3,13	0,961	0,003	0,259
4	Сушіння	3,00	0,958	67,523	27,96	3,28	1122,4	1122,2	0,2	1122,4	0,954	67,52	27,96	3,28	0,954	0,004	0,461
5	Сушіння	5,00	0,954	64,10	30,91	3,63	1015,5	1015,5	0,0	1015,5	0,937	64,1	30,91	3,63	0,937	0,017	1,824
6	Сушіння	7,00	0,920	59,97	34,47	4,05	910,7	910,5	0,2	910,5	0,916	59,96	34,47	4,05	0,916	0,004	0,397
7	Сушіння	9,00	0,897	55,30	38,49	4,52	815,5	815,3	0,2	815,5	0,892	55,30	38,49	4,52	0,892	0,005	0,581
8	Сушіння	11,00	0,880	52,00	41,30	4,85	759,4	760,0	-0,6	760,0	0,875	52,04	41,30	4,85	0,875	0,005	0,547
9	Сушіння	13,00	0,864	49,00	43,90	5,15	714,8	715,0	-0,2	715,0	0,859	49,02	43,90	5,15	0,859	0,005	0,618
10	Сушіння	15,00	0,840	45,10	47,20	5,54	664,0	665,2	-1,2	665,0	0,839	45,18	47,20	5,54	0,838	0,001	0,163
11	Сушіння	17,00	0,838	43,30	48,81	5,73	642,9	643,0	-0,1	643,0	0,828	43,31	48,81	5,73	0,828	0,010	1,165
12	Сушіння	19,00	0,827	41,50	50,34	5,91	623,1	623,5	-0,4	623,5	0,819	41,54	50,34	5,91	0,818	0,008	1,021
13	Сушіння	23,00	0,806	39,00	52,53	6,17	597,6	597,5	0,1	597,5	0,804	38,99	52,53	6,17	0,804	0,002	0,209
14	Сушіння	27,00	0,800	36,60	54,59	6,41	575,0	575,3	-0,3	575,0	0,791	36,60	54,59	6,41	0,791	0,009	1,103
15	Сушіння	34,00	0,791	36,30	54,87	6,44	572,25	572,1	0,15	572,0	0,79	36,27	54,87	6,44	0,789	0,002	0,248

Таблиця 2.17 - Порівняння експериментальних і розрахункових величин активності води, вологи, білка і солі в продукті з використанням вакууму

Порівняння експериментальних і розрахункових величин активності води, вологи, білка і солі в продукті															Різниця між експерим. і розрах. значеннями a_w	
Технологічна операція	Термін обробки, доба	Експериментальні виміри				Вага ідентифікованих зразків продукту, г				Розрахункові величини					Абсолютна	Відносна, %
		Активності води	Вологи, %	Білка, %	Солі, %	Окремо 5 зразків	Разом 5 зразків	Різниця	Взята до розрахунків	a_w за виміряними W, J, C	Вологи, %	Білка, %	Солі, %	a_w за розрахунковими W, J, C		
Усереднені дані по зразках, поселених в вакуумі (сіть 5%)																
Сировина	0,00	0,986	75,010	21,700	0,00	1591,8	1591,8	0,0	1591,8	0,986	75,010	21,700	0,00	0,986	0,000	0,023
Посол і вакуум	0,25	0,957	71,640	22,700	3,04	1502,5	1503,0	-0,5	1503,0	0,960	73,533	22,982	3,04	0,983	-0,003	-0,269
Обробка чаманним тістом	0,40	0,981	74,186	20,163	2,76	1652,8	1652,0	0,8	1652,0	0,972	75,920	20,910	2,77	0,996	0,009	0,961
Визрівання	1,00	0,953	71,736	22,077	3,03	1508,8	1508,5	0,3	1508,8	0,957	73,635	22,894	3,03	0,984	-0,004	-0,374
Визрівання	2,00	0,923	67,402	25,462	3,49	1308,2	1308,0	0,2	1308,2	0,931	69,592	26,405	3,49	0,962	-0,008	-0,841
Визрівання	3,00	0,906	62,937	28,950	3,97	1150,6	1150,0	0,6	1150,6	0,905	65,427	30,022	3,97	0,941	0,001	0,075
Визрівання	4,00	0,883	58,629	32,315	4,43	1030,8	1030,5	0,3	1030,8	0,881	61,408	33,511	4,43	0,921	0,002	0,268
Визрівання	5,00	0,863	55,616	35,304	4,84	944,5	943,5	1,0	943,5	0,868	55,616	35,304	4,84	0,869	-0,005	-0,590
Визрівання	6,00	0,858	52,604	37,699	5,17	883,6	883,0	0,6	883,6	0,852	52,604	37,699	5,17	0,853	0,006	0,716
Визрівання	7,00	0,850	50,480	39,389	5,40	845,7	845,0	0,7	845,7	0,841	50,480	39,389	5,40	0,841	0,009	1,110
Визрівання	8,00	0,845	49,215	40,395	5,54	824,6	824,0	0,6	824,6	0,834	49,215	40,395	5,54	0,834	0,011	1,313
Визрівання	9,00	0,839	48,625	40,864	5,60	815,1	815,0	0,1	815,1	0,831	48,625	40,864	5,61	0,831	0,008	0,976
Визрівання	10,00	0,828	48,427	41,022	5,62	812,0	812,0	0,0	812,0	0,830	48,427	41,022	5,63	0,830	-0,002	-0,214
Визрівання	11,0	0,820	48,298	41,124	5,64	811,0	810,0	1,0	810,0	0,829	48,298	41,124	5,64	0,830	-0,009	-1,110
Визрівання	12,0	0,818	47,903	41,439	5,68	803,8	803,5	0,3	803,8	0,827	47,903	41,439	5,68	0,828	-0,009	-1,105
Визрівання	13,0	0,810	46,877	42,254	5,79	788,3	788,0	0,3	788,3	0,822	46,877	42,254	5,80	0,822	-0,012	-1,445
Визрівання	14,0	0,803	44,765	43,934	6,02	758,2	758,0	0,2	758,2	0,811	44,765	43,934	6,03	0,811	-0,008	-0,974
Визрівання	15,0	0,795	40,867	47,035	6,45	708,2	708,0	0,2	708,2	0,791	40,867	47,035	6,45	0,791	0,004	0,494

Таблиця 2.18 - Порівняння експериментальних і розрахункових величин активності води, вологи, жиру і солі в продукті без використання вакууму

Порівняння експериментальних і розрахункових величин активності води, вологи, жиру і солі в продукті																Різниця між експерим. і розрах. значеннями a_w	
№ вимірювання	Технологічна операція	Термін обробки, доба	Експериментальні виміри				Вага ідентифікованих зразків продукту, г				Розрахункові величини				a_w за розрах. величинами W, J, C	Абсолютна	Відносна, %
			Активності води	Вологи, %	Жир, %	Солі, %	Окремо 5 зразків	Разом 5 зразків	Різниця	Взята до розрахунків	a_w за виміряними W, J, C	Вологи, %	Жир, %	Солі, %			
Усереднені дані по зразках, посолені без вакууму (сіль 5%)																	
1	Сировина	0,00	0,989	73,45	1,73	0,00	1373,0	1373,4	-0,4	1373,0	0,989	73,45	1,73	0,00	0,989	0,000	-0,049
2	Після соління 2-га доба	2,00	0,965	69,33	2,00	3,10	1188,5	1188,6	-0,1	1188,5	0,969	69,33	2,00	3,10	0,969	-0,004	-0,425
3	Після промивання і пресування	2,25	0,964	69,04	2,02	3,13	1177,3	1177,0	0,3	1177,0	0,968	69,03	2,02	3,13	0,967	-0,004	-0,390
4	Сушіння	3,00	0,958	67,523	2,12	3,28	1122,4	1122,2	0,2	1122,4	0,960	67,52	2,12	3,28	0,960	-0,002	-0,217
5	Сушіння	5,00	0,954	64,10	2,34	3,63	1015,5	1015,5	0,0	1015,5	0,944	64,10	2,34	3,63	0,944	0,010	1,069
6	Сушіння	7,00	0,920	59,97	2,61	4,05	910,7	910,5	0,2	910,5	0,924	59,96	2,61	4,05	0,924	-0,004	-0,468
7	Сушіння	9,00	0,897	55,30	2,91	4,52	815,5	815,3	0,2	815,5	0,900	55,30	2,91	4,52	0,900	-0,003	-0,334
8	Сушіння	11,00	0,880	52,00	3,13	4,85	759,4	760,0	-0,6	760,0	0,883	52,04	3,13	4,85	0,883	-0,003	-0,327
9	Сушіння	13,00	0,864	49,00	3,32	5,15	714,8	715,0	-0,2	715,0	0,867	49,02	3,32	5,15	0,867	-0,003	-0,298
10	Сушіння	15,00	0,840	45,10	3,57	5,54	664,0	665,2	-1,2	665,0	0,845	45,18	3,57	5,54	0,846	-0,005	-0,613
11	Сушіння	17,00	0,838	43,30	3,69	5,73	642,9	643,0	-0,1	643,0	0,836	43,31	3,69	5,73	0,836	0,002	0,265
12	Сушіння	19,00	0,827	41,50	3,81	5,91	623,1	623,5	-0,4	623,5	0,825	41,54	3,81	5,91	0,826	0,002	0,196
13	Сушіння	23,00	0,806	39,00	3,98	6,17	597,6	597,5	0,1	597,5	0,811	38,99	3,98	6,17	0,811	-0,005	-0,671
14	Сушіння	27,00	0,800	36,60	4,13	6,41	575,0	575,3	-0,3	575,0	0,798	36,60	4,13	6,41	0,798	0,002	0,299
15	Сушіння	34,00	0,791	36,30	4,15	6,44	572,25	572,1	0,2	572,0	0,8	36,27	4,15	6,44	0,796	-0,005	-0,614

Таблиця 2.19 - Порівняння експериментальних і розрахункових величин активності води, вологи, жиру і солі в продукті з використанням вакууму

Порівняння експериментальних і розрахункових величин активності води, вологи, жиру і солі в продукті																Різниця між експерим. і розрах. значеннями a_w	
№ вимірювання	Технологічна операція	Термін обробки, доба	Експериментальні виміри				Вага ідентифікованих зразків продукту, г				Розраховні величини					Абсолютна	Відносна, %
			Активність води	Вологи, %	Жиру, %	Солі, %	Окремо 5 зразків	Разом 5 зразків	Різниця	Взята до розрахунків	a_w за виміряними W, J, C	Вологи, %	Жиру, %	Солі, %	a_w за розрахованими W, J, C		
Усереднені дані по зразках, посоленіх в вакуумі (сіть 5%)																	
1	Сировина	0,00	0,986	75,01	1,50	0,00	1535,6	1535,0	0,6	1535,0	0,986	75,01	1,50	0,00	0,986	0,000	0,017
2	Сировина до посолу (+сіть)	0,00	0,958	72,98	1,45	2,87	1591,8	1591,3	0,5	1591,3	0,960	72,36	1,45	2,87	0,956	-0,002	-0,209
3	Посол і вакуум	0,25	0,957	71,64	1,05	3,04	1502,5	1503,0	-0,5	1503,0	0,959	70,74	1,05	3,04	0,955	-0,002	-0,236
4	Обробка чаманним тістом	0,40	0,981	74,19	1,13	2,76	1652,8	1652,0	0,8	1652,0	0,970	73,38	1,13	2,76	0,966	0,011	1,084
5	Визрівання	1,00	0,953	71,74	1,24	3,03	1508,8	1508,5	0,3	1508,8	0,956	70,85	1,24	3,03	0,951	-0,003	-0,297
6	Визрівання	2,00	0,923	67,40	1,43	3,49	1308,2	1308,0	0,2	1308,2	0,931	66,38	1,43	3,49	0,926	-0,008	-0,852
7	Визрівання	3,00	0,906	62,94	1,62	3,97	1150,6	1150,0	0,6	1150,6	0,906	61,78	1,62	3,97	0,900	0,000	-0,034
8	Визрівання	4,00	0,883	58,63	1,81	4,43	1030,8	1030,5	0,3	1030,8	0,882	57,33	1,81	4,43	0,875	0,001	0,058
9	Визрівання	5,00	0,863	55,62	1,98	4,84	944,5	943,5	1,0	943,5	0,866	55,62	1,98	4,84	0,866	-0,003	-0,384
10	Визрівання	6,00	0,858	52,60	2,11	5,17	883,6	883,0	0,6	883,6	0,850	52,60	2,11	5,17	0,850	0,008	0,885
11	Визрівання	7,00	0,850	50,48	2,21	5,40	845,7	845,0	0,7	845,7	0,839	50,48	2,21	5,40	0,839	0,011	1,253
12	Визрівання	8,00	0,845	49,22	2,26	5,54	824,6	824,0	0,6	824,6	0,833	49,22	2,26	5,54	0,833	0,012	1,440
13	Визрівання	9,00	0,839	48,62	2,29	5,60	815,1	815,0	0,1	815,1	0,830	48,62	2,29	5,60	0,830	0,009	1,096
14	Визрівання	10,00	0,828	48,43	2,30	5,62	812,0	812,0	0,0	812,0	0,829	48,43	2,30	5,62	0,829	-0,001	-0,096
15	Визрівання	11,0	0,820	48,30	2,30	5,64	811,0	810,0	1,0	810,0	0,828	48,30	2,30	5,64	0,828	-0,008	-0,992
16	Визрівання	12,0	0,818	47,90	2,32	5,68	803,8	803,5	0,3	803,8	0,826	47,90	2,32	5,68	0,826	-0,008	-0,992
17	Визрівання	13,0	0,810	46,88	2,37	5,79	788,3	788,0	0,3	788,3	0,821	46,88	2,37	5,79	0,821	-0,011	-1,346
18	Визрівання	14,0	0,803	44,77	2,46	6,02	758,2	758,0	0,2	758,2	0,810	44,77	2,46	6,02	0,810	-0,007	-0,905
19	Визрівання	15,0	0,795	40,87	2,64	6,45	708,2	708,0	0,2	708,2	0,791	40,87	2,64	6,45	0,791	0,004	0,507

Аналіз порівняльних таблиць 2.16 - 2.19 показує, що абсолютна похибка між експериментально вимірними значеннями показників та розрахованими за допомогою розроблених формул знаходиться в межах $\pm 0,005$, що майже не перевищує похибки приладу та є підтвердженням достовірності отриманих рівнянь (2.17 - 2.20).

Таким чином експериментально встановлено що застосування вакууму під час посолу сировини з м'яса птиці та заквашувальної композиції "ЛРР" забезпечує бажаний перебіг фізико-хімічних та мікробіологічних перетворень м'ясної сировини протягом усього технологічного процесу виробництва сиров'ялених суцільном'язових продуктах з м'яса птиці, за рахунок чого тривалість процесу скорочується на 28 %. При цьому за відсутності приладу для вимірювань **активності води a_w** , значення цього показника протягом всього технологічного процесу виробництва сиров'ялених суцільном'язових продуктах з м'яса птиці з високим ступенем вірогідності **можна розраховувати за допомогою розроблених формул (2.17 - 2.20).**

2.2.4. Дослідження взаємозв'язку між показником активності води a_w та фізико-хімічними показниками в процесі зберігання сиров'ялених та сирокочених продуктів з м'яса птиці

Окислення ліпідів – одна з головних руйнівних реакцій, яка відбувається у м'ясних продуктах у процесі тривалого зберігання [16]. Вона спричиняє суттєве погіршення якості, аромату, смаку, текстури та харчової цінності.

Продукти окислювальної деградації жирних кислот – перекиси призводять до уповільнення процесу розщеплення білків у шлунково-кишковому тракті через утворення комплексів з білками, які стійкі до гідролізу ферментами травлення [17]. Більш глибоке окислення призводить до накопичення вторинних продуктів окислення – карбонільних сполук: альдегідів, кетонів, низькомолекулярних сполук, спиртів. Усі ці речовини впливають на якість жиру, погіршуючи його запах та смак, знижуючи харчову цінність [18].

Масова частка жиру в зразках сиров'ялених суцільном'язових продуктів з м'яса птиці не є постійною величиною. Коливання вмісту жиру може бути від 1 % до 4,2 % (табл. 2.18 - 2.19). Цей факт не дозволяє отримати достовірні результати

досліджень процесів окислення ліпідів в цих продуктах [19], тим більше, що для досягнення мети роботи в цілому необхідно в процесі зберігання продуктів визначити кореляційну залежність між активністю води (a_w) та перекисним і кислотними числами. Крім цього, відсутність в сиров'ялених суцільном'язових продуктах оболонки, сприяє під час їх зберігання активізації масообмінних процесів, в силу чого продукти втрачають значну кількість вологи і структура їх набуває надмірної щільності за місяць з моменту виготовлення.

В силу наведеного вище для зручності та точності проведення досліджень щодо окислювальних процесів ліпідної фракції продуктів з м'яса птиці, об'єктом досліджень обрали сиров'ялені та сирокочені ковбаси з м'яса птиці, вироблені за Технічними умовами різних виробників, які мали різну масову частку жиру.

У процесі зберігання сиров'ялених та сирокочених ковбас, аналогічно сиров'яленим суцільном'язовим продуктам, погіршуються якісні характеристики внаслідок окислення ліпідів.

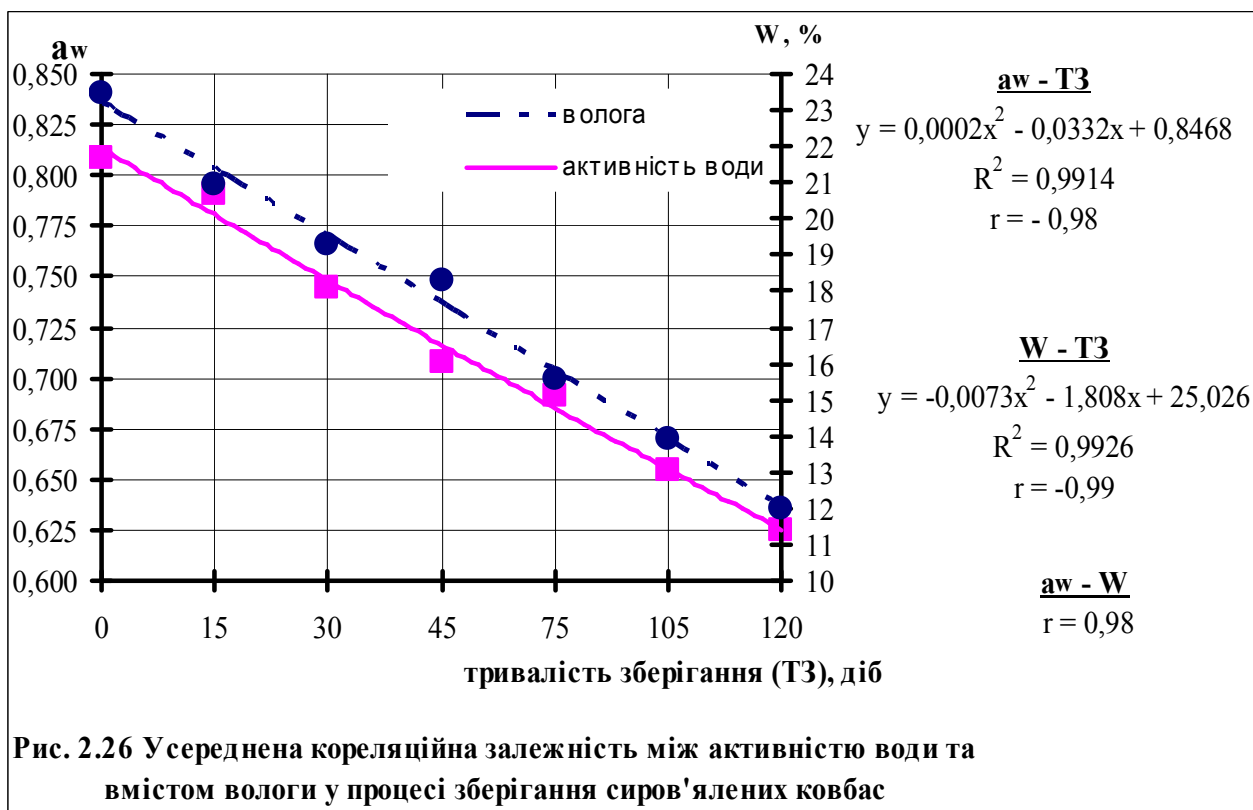
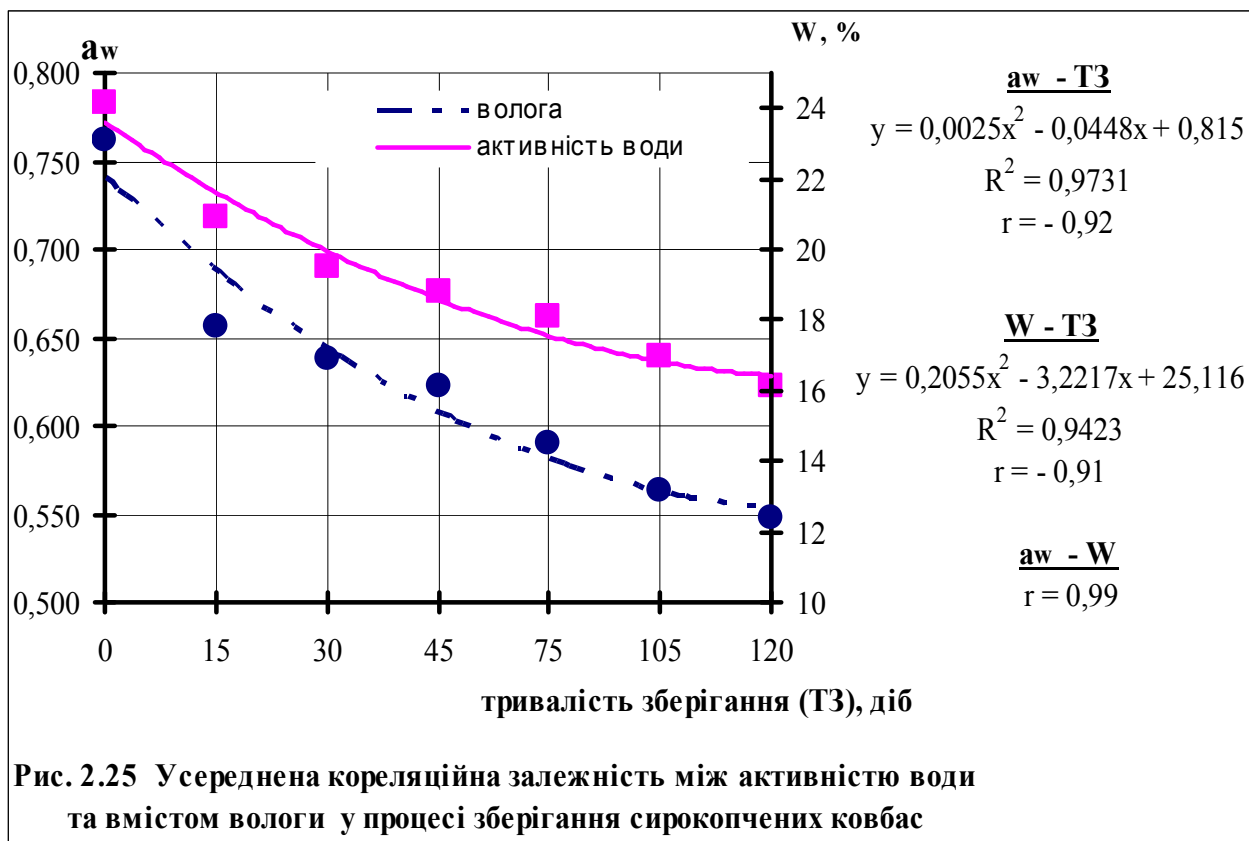
Зразки ковбас без споживчого пакування жирністю від 20 % до 55 % зберігали за температури $(6\pm 2)^\circ\text{C}$ та відносної вологості $(76\pm 2)\%$. Термін зберігання визначали не тільки за перекисним та кислотним числами, а і за органолептичними показниками. Насамперед визначали щільність структури, яка в процесі зберігання підвищується внаслідок проходження масообмінних процесів.

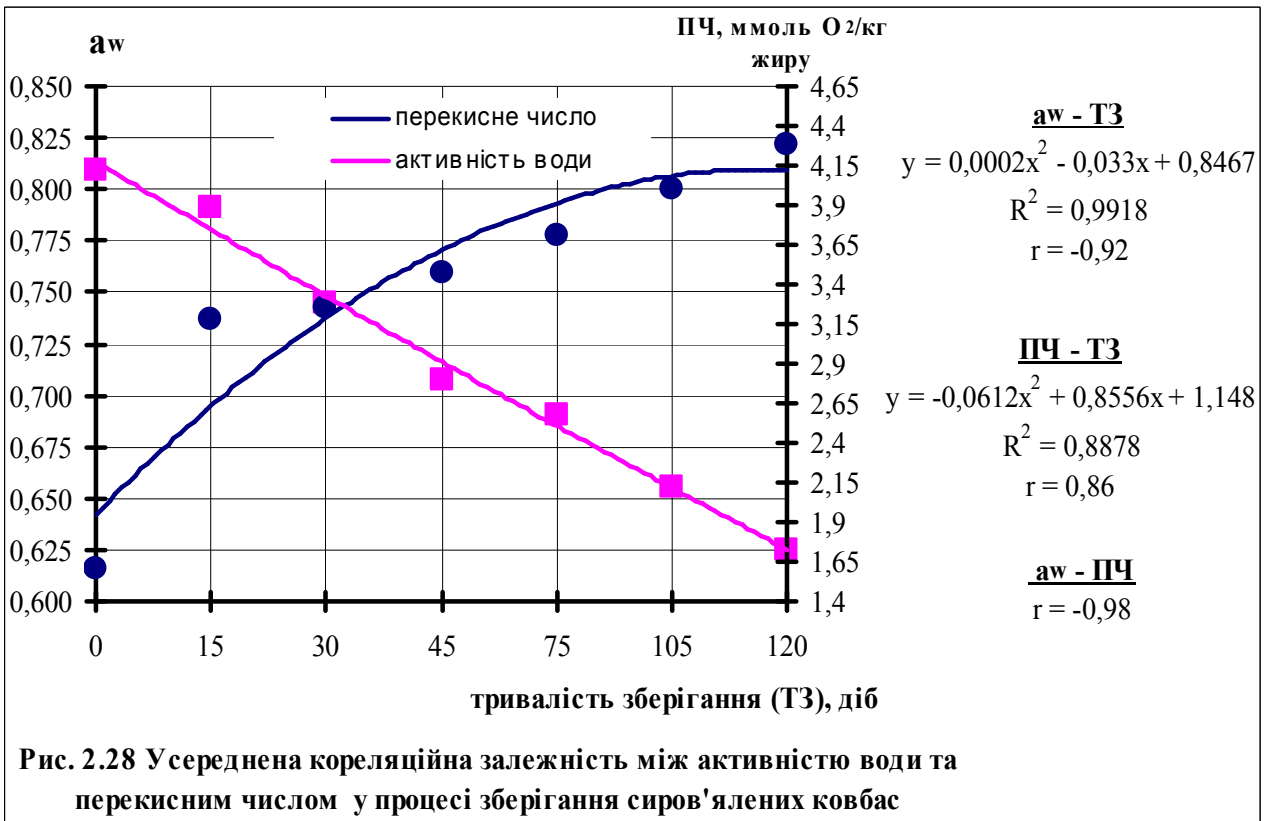
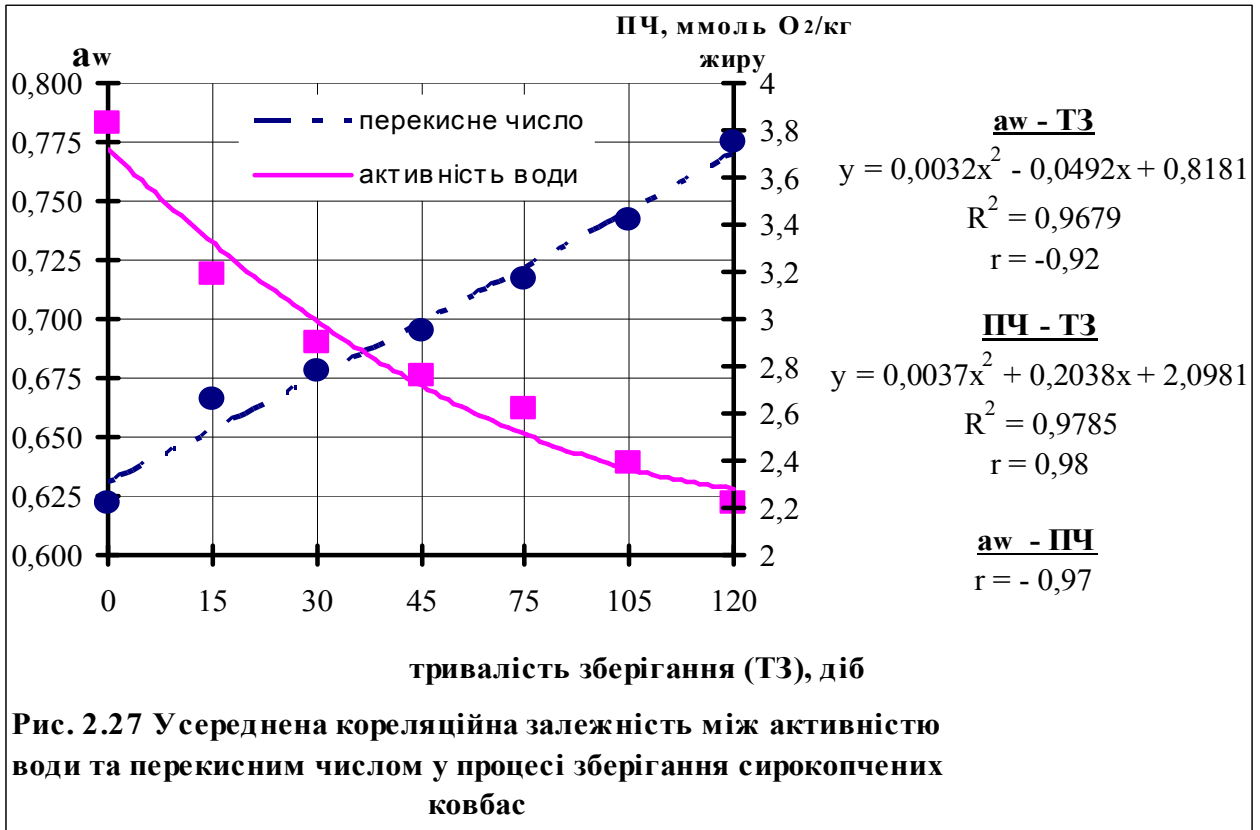
Була проведена низка досліджень щодо встановлення залежності між фізико-хімічними показниками, від яких залежить термін зберігання сиров'ялених та сирокочених ковбас із м'яса птиці. Вивчено та усереднено кореляційні залежності між показниками, що характеризують якісний стан продуктів.

Усереднена кореляційна залежність між активністю води (a_w), та масовою часткою вологи в процесі зберігання сирокочених ковбас з м'яса птиці відображена на рис 2.25, а сиров'ялених - на рис 2.26.

Усереднена кореляційна залежність між активністю води (a_w) та перекисним числом в процесі зберігання сирокочених ковбас з м'яса птиці відображена на рис 2.27, а сиров'ялених - на рис 2.28.

Усереднена кореляційна залежність між активністю води (a_w) та кислотним числом в процесі зберігання сирокочених ковбас з м'яса птиці відображена на рис 2.29, а сиров'ялених - на рис 2.30.





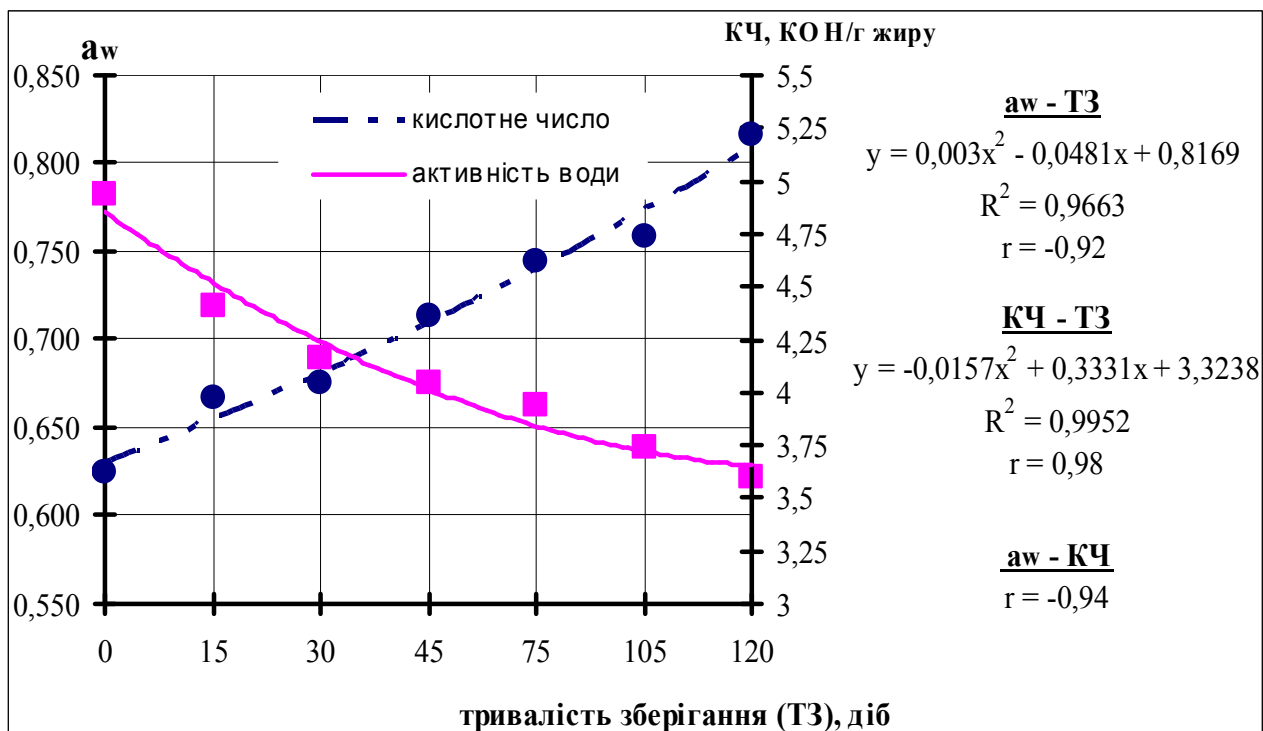


Рис. 2.29 Усереднена кореляційна залежність між активністю води та кислотним числом у процесі зберігання сирокочених ковбас

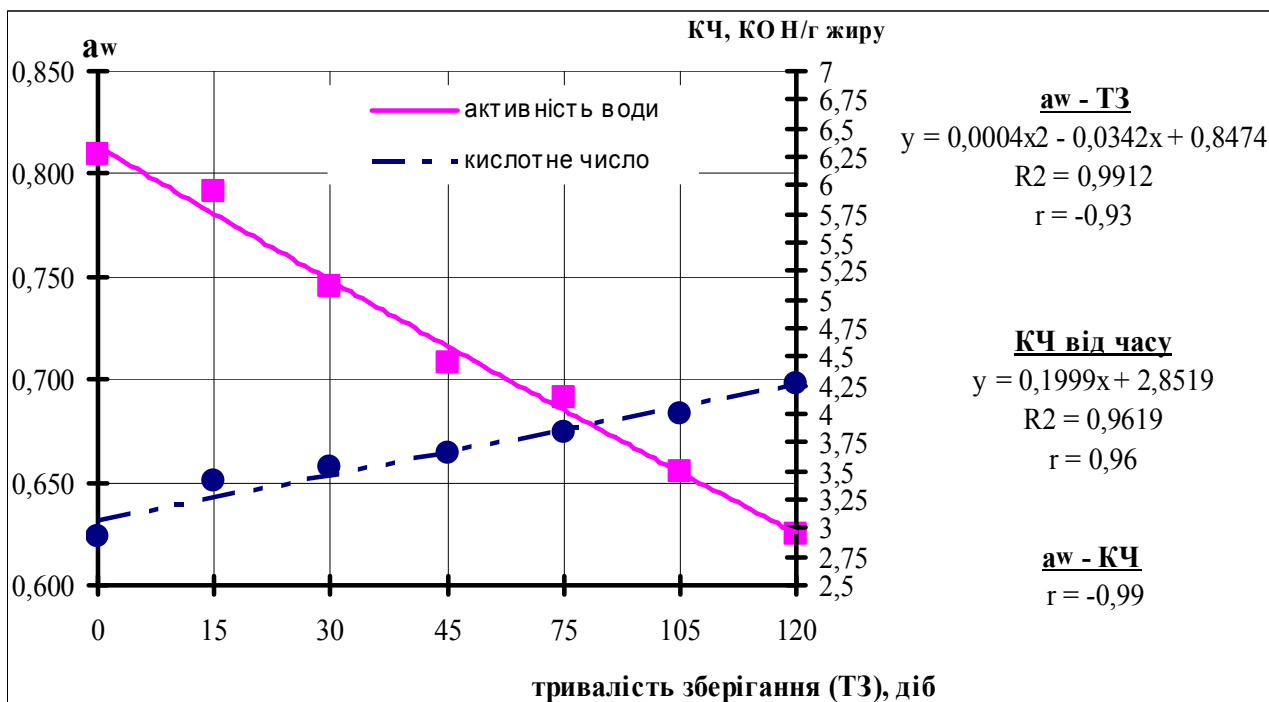


Рис. 2.30 Усереднена кореляційна залежність між активністю води та кислотним числом у процесі зберігання сиров'ялених ковбас

В результаті аналізу даних рис. 2.25 – 2.30 визначено таке:

- незалежно від виду ковбас кореляційний зв'язок між показниками a_w та W носить пропорційний характер. Це пов'язано з лінійним зменшенням в процесі зберігання як активності води так і вологи;

- взаємозв'язок між показниками a_w та ПЧ, a_w та КЧ має зворотньопрорційний характер лінійну кореляцію, що обумовлюється зростанням одного показника та зменшенням іншого. Лінійність даних рівнянь підтверджується коефіцієнтом кореляції, який для всіх графіків лежить в межах від 0,94 до 0,99. Наближення останнього до 1 стверджує наявність між показниками міцного зв'язку.

- термін зберігання сиров'ялених та сирокочених ковбас жирністю від 20 % до 55 %, які не мають споживчого пакування та зберігаються за температури $(10\pm 2)^\circ\text{C}$ та відносної вологості $(76\pm 2)\%$ становить не більше чотирьох місяців. Збільшення цього терміну приводить до надмірного збільшення щільності структури ковбас. Встановлене граничне значення зусиль зрізування в зразках, величина якого дорівнює $F=177\text{ кГ/м}^2$;

- за органолептичними показниками ковбасні вироби (за зовнішнім виглядом, смаком та консистенцією) після чотирьох місяців зберігання відповідають вимогам, що встановлені Державними стандартами України для сиров'ялених та сирокочених ковбас, виготовлених з традиційної сировини. При цьому граничне значення перекисного та кислотного чисел ліпідної фракції складає відповідно: 4,3 ммоль O_2 /кг жиру та 5,25 г КОН /кг жиру;

- граничні значення показника a_w для сиров'ялених та сирокочених ковбас з м'яса птиці лежить в межах від 0,820 до 0,940.

За методами прикладної математики та математичної статистики з використанням комп'ютерної техніки і інформаційних технологій проведено математичне узагальнення результатів експериментальних досліджень (рис. 2.25 – 2.30),

Нижче наведено узагальнену лінійним поліномом залежність показника активності води (a_w) від величини масової частки жиру (J , %), білка (R , %) та масової частки вологи (W , %).

За розробленими формулами в процесі зберігання сиров'ялених та сирокочених ковбас обчислювали показник a_w . Похибка результатів не перевищувала похибку приладу моделі AquaLab Серії 3TE: $\pm 0,003 \%$.

ФОРМУЛИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА АКТИВНОСТІ ВОДИ a_w
ДЛЯ КОВБАС ЖИРНІСТЮ:

1) 20 - 25 % :

$$a_w (W,J,R) = - 2,428 + 0,031 \cdot W + 0,032 \cdot J + 0,048 \cdot R; \quad (2.21)$$

2) 25 - 35 %:

$$a_w (W,J,R) = 0,195 - 3,43 \cdot 10^{-3} \cdot W - 0,014 \cdot J + 0,047 \cdot R; \quad (2.22)$$

3) 35 - 45 %:

$$a_w (W,J,R) = -2,587 + 0,045 \cdot W + 0,03 \cdot J + 0,036 \cdot R; \quad (2.23)$$

4) 45 - 55 %:

$$a_w (W,J,R) = 366,752 - 3,732 \cdot W - 4,052 \cdot J - 3,548 \cdot R, \quad (2.24)$$

де: W – масова частка вологі, %;
 J – масова частка жиру, %;
 R – масова частка білка, %.

Графічну залежність активності води від масової частки вологи та солі в м'ясних продуктах групи стійкості В та С зображено на рис. 2.31

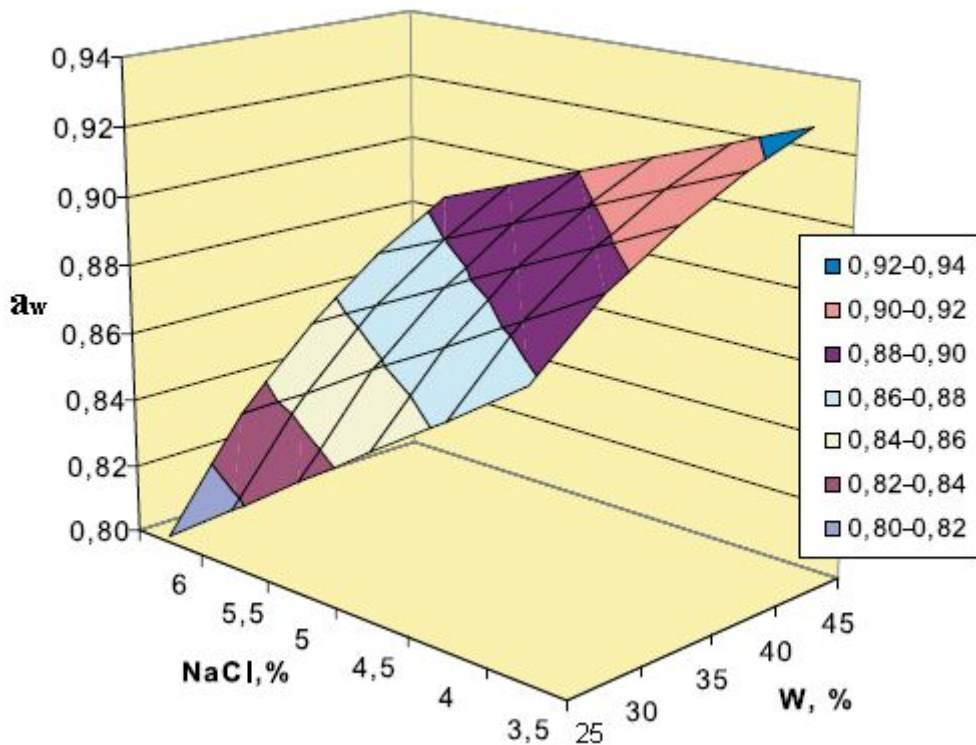


Рис 2.31. Залежність активності води від масової частки вологи та солі в сиров'ялених та сирокочених ковбасах

Таким чином в процесі проведення робіт за темою встановлена неможливість отримання достовірних результатів щодо залежності між активністю води (a_w) та перекисним і кислотними числами ліпідної фракції сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці в процесі їх зберігання внаслідок наступного:

- незначної кількості жиру – масова частка не перевищує 4,2 %;
- відсутності оболонки, що приводить до активізації масообмінних процесів, втрати значної кількості вологи, внаслідок чого структура продукту набуває надмірної щільності вже за місяць з моменту виготовлення.

В силу цього об'єктом для досліджень вибрані сиров'ялені та сирокочені ковбаси з масовою часткою жиру від 20% до 55%.

В результаті досліджень в процесі зберігання цих ковбас встановлено що:

- взаємозв'язок між показниками a_w та ПЧ, a_w та КЧ має зворотньопропорційний характер лінійну кореляцію, що обумовлюється зростанням одного показника та зменшенням іншого. Лінійність даних рівнянь підтверджується коефіцієнтом кореляції, який для всіх графіків лежить в межах від 0,94 до 0,99. Наближення останнього до 1 стверджує наявність між показниками міцного зв'язку.

- термін зберігання сиров'ялених та сирокочених ковбас жирністю від 20 % до 55 %, які не мають споживчого пакування та зберігаються за температури $(10\pm 2)^\circ\text{C}$ та відносної вологості $(76\pm 2)\%$ становить не більше чотирьох місяців. Збільшення цього терміну приводить до надмірного збільшення щільності структури ковбас. Встановлене граничне значення зусиль зрізування в зразках, величина якого дорівнює $F=177\text{ кГ/м}^2$;

- за органолептичними показниками ковбасні вироби (за зовнішнім виглядом, смаком та консистенцією) після чотирьох місяців зберігання відповідають вимогам, що встановлені Державними стандартами України для сиров'ялених та сирокочених ковбас, виготовлених з традиційної сировини. При цьому граничне значення перекисного та кислотного чисел ліпідної фракції складає відповідно: 4,3 ммоль O_2 /кг жиру та 5,25 г КОН /кг жиру;

- граничні значення показника a_w для сиров'ялених та сирокочених ковбас з м'яса птиці лежить в межах від 0,820 до 0,940.

- формулізовано в процесі зберігання сиров'ялених та сирокочених ковбас функціональну залежність показника активності води (a_w) від величини масової частки жиру (J, %), білка (R, %) та масової частки вологи (W, %), що дозволяє в процесі за відсутності приладу, розраховувати цей показник з похибкою, що не перевищує похибку приладу моделі AquaLab Серії 3TE: $\pm 0,003\%$.

За результатами досліджень за темою розроблено:

- Методичні рекомендації щодо застосування експресного методу оцінки якості м'ясопродуктів за активністю води (Додаток А), що впроваджені Центральним митним управлінням лабораторних досліджень та експертної роботи у відповідних службах (Додаток Б);

ВИСНОВКИ

1. За результатами аналізу літературних джерел та проведених експериментальних досліджень встановлено необ'єктивність показника активності води (a_w) при контролюванні мікробіологічного стану м'яса птиці, через слабку (неоднозначну) залежність його величини від показників, що характеризують мікробіологічний стан м'яса.

2. За результатами експериментальних досліджень, проведених за методами математичного планування експериментів визначено ключові технологічні фактори (бар'єри), які впливають на безпечність та якість сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці (продуктів середньої вологості): активність води (a_w), вміст води (W , %), солі (C , %), рівень реакції рН, використання стартових бактеріальних композицій та умови проведення технологічного процесу їх виробництва.

3. Досліджено роль технологічних факторів та їх взаємозв'язок між собою, в процесі виробництва делікатесних сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці, в результаті чого:

- встановлена визначальна роль повареної солі ($NaCl$), як бактеріостатичного фактору, та встановлено граничні значення вмісту солі в сировині в кінці етапу посолу від 2,6 % до 3,1 % , метою чого є обмеження вмісту солі в готовому продукті - не більше ніж 7%;

- підтверджено інтенсифікуючий вплив вакууму на посол сировини внаслідок активізації процесів дифузійного переміщення речовин: вміст солі в м'ясі птиці зростає, в середньому, на 25 – 30 %, а з поглибленням вакууму кількість води зменшується, приблизно, на 1,4 – 1,5 % на всіх рівнях концентрації солі. Оптимальні значення глибини вакууму в обладнанні для посолу - від 70% до 90%.

- визначена найбільш ефективна заквашувальна композиція (“ЛРР”), яка забезпечує бажаний перебіг фізико-хімічних та мікробіологічних перетворень м'ясної сировини з птиці протягом усього технологічного процесу виробництва

сиров'ялених суцільном'язових продуктів, за рахунок чого тривалість процесу скорочується на 28 %: з 25 діб (контроль) до 18 діб.

- розроблено нову бар'єрну технологію виробництва сиров'ялених та сирокочених суцільном'язових виробів із м'яса птиці та затверджено ТУ У 15.1 – 00419880 – 095 :2008 «Продукти із м'яса птиці сирокочені та сиров'ялені. Технічні умови», які впроваджено на 2-х м'ясопереробних підприємствах;

- за результатами експериментальних вимірювань активності води (a_w), маси (M), хімічного складу - масових часток вологи (W), білка (R), жиру (J), хлориду натрію (C) в зразках продуктів, які досліджували на всіх етапах технологічного процесу їх виробництва (соління, ферментування та сушіння), побудовано математичну модель та формулізовано функціональну залежність між ними, що дозволяє з високим ступенем вірогідності (до 95 %) протягом всього технологічного процесу розраховувати показник активності води a_w за відсутності приладу для його вимірювань.

- внаслідок незначної кількості жиру (масова частка не перевищує 4,2 %) та відсутності оболонки (значна активізація масообмінних процесів) дослідження щодо залежності між активністю води (a_w) та перекисним і кислотними числами ліпідної фракції сиров'ялених суцільном'язових продуктів із м'яса птиці в процесі їх зберігання не дають достовірних результатів, тому об'єкт досліджень змінено на сиров'ялені та сирокочені ковбаси з різним вмістом жиру - від 20% до 55%.

4. В результаті проведеної в процесі зберігання сиров'ялених та сирокочених ковбас роботи визначено:

- стабільно значну лінійну кореляційну залежність між активністю води та масовою часткою вологи в продуктах (пропорційний характер) та між активністю води та перекисним і кислотними числами ліпідної їх фракції (зворотньопрпорційний характер);

- термін зберігання сиров'ялених та сирокочених ковбас жирністю від 20 % до 55 %, які не мають споживчого пакування та зберігаються за температури $(10\pm 2)^\circ\text{C}$ та відносної вологості $(76\pm 2)\%$ становить не більше чотирьох місяців;

- встановлене граничне значення зусиль зрізування в зразках: $F \leq 177 \text{ кГ/м}^2$;
- граничне значення перекисного та кислотного чисел ліпідної фракції складає відповідно: $4,3 \text{ ммоль O}_2 / \text{кг жиру}$ та $5,25 \text{ г КОН /кг жиру}$;
- граничні значення показника a_w для сиров'ялених та сирокочених ковбас з м'яса птиці: від $0,820$ до $0,940$;
- формулізовано в процесі зберігання функціональну залежність показника активності води (a_w) в ковбасах від величини масової частки жиру ($J, \%$), білка ($R, \%$) та масової частки вологи ($W, \%$), що дозволяє в процесі за відсутності приладу, розраховувати цей показник з похибкою $\pm 0,003 \%$.

5. За результатами досліджень за темою розроблено:

- експресний метод оцінки якості м'ясопродуктів за показником активності води a_w під час їх виготовлення та зберігання (Методичні рекомендації), який впроваджено Центральним митним управлінням лабораторних досліджень та експертної роботи у відповідних службах;

- опубліковано 14 статей в наукових журналах;

- здійснено доповіді на 4-х міжнародних конференціях;

6. Результати роботи захищено патентом на винахід: *Пат.* 91780 Україна, МПК А 23 L 1/31, А 23 L 1/315. Спосіб виробництва сиров'ялених суцільном'язових виробів із м'яса птиці / Єресько Г. О., Усатенко Н. Ф., Свириденко Т.А.; заявник та власник ТІММ УААН. – № а 2009 01037; заявл. 10.02.2009; опубл. 25.08.2010, Бюл. №16, 2010 р.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ребиндер П.А. О формах связи воды с материалом в процессе сушки / В кн.: Всес. Совещание по интенсивности процессов и улучшение качества материалов при сушке в основных отраслях промышленности и сельского хозяйства.- М.:Профиздат, 1958. С.14
2. Рёдел В. Активность воды и ее измерения в продуктах. - Инструменты и сенсоры для пищевой промышленности. -2-е изд./ Ред.: Крес -Роджерс Е., Бримелов Ц.Дж. Б. -Вуд Хед, Кембридж, 2001. -С. 453-483.
3. Скот Уи.Дж. Связи с водой пищевых разрушительных микроорганизмов. - Преимущества в пищевых исследованиях. - Том 1.1 Ред.: Мрак Е.М., Стюарт Г.Ф. - Академик Пресс. - Нью Йорк, 1957. -С. 83-127.
4. Таукис П.С. Кинетические закономерности процессов порчи и определения сроков хранения пищевых продуктов / П.С. Таукис, Т.П. Лабуза, И.С. Саги // Пищевая инженерия [Текст] : справ. с примерами расчетов / ред.. К.Д. Валентас [и др.]; пер. с англ. под общей ред..А.Л. Ишевский. – СПб.: Профессия, 2004 - 845 с.
5. Л. Ляйтнер, Г. Гоулд. Барьерные технологии: комбинированные методы обработки, обеспечивающие стабильность, безопасность и качество продуктов питания. – Перевод с англ.//М.:ВНИИ мясной промышленности им В.М.Горбатова. 2006.236 с, 34 табл., 14 ил.
6. Штибинг А. Термообработка – стойкость при хранении. /Технология производства вареной колбасы. Труды Федерального центра по исследованию мяса. Кульмбах. Германия. 1984 г.
7. Мюнх Г.Д. и др.. Микробиология продуктов животного происхождения. М.: Агропромиздат.1985.592 с.
8. Антипова, Л.В., Глотова, И.А., Рогов, И.А. (2001). Методы исследования мяса и мясных продуктов. Москва: Колос, 376 с. ISBN-5-10-003612-5.
9. Журавская, Н.К., Алехина, Л.Т, Отряшенкова, Л.М. (1985). Исследование и контроль качества мяса и мясопродуктов. Москва: Агропромиздат, 296 с.

10. Люк Э., Ягер М. / Консерванты в пищевой промышленности. Свойства и применение. – С.-Петербург: ГИОРД, 1998. – 255 с.
11. Фатьянов Е.В. Показатель активности воды в переработке мяса / Е.В. Фатьянов // Мясные технологии. – 2008. - №12 - С.11-14.
12. Лыков А.В. Теория сушки. - М. : Госэнергоиздат, 1950. - 416 с.
- 13 Дослідження впливу активності води a_w на ступінь окислення ліпідів та розвиток мікрофлори у м'ясі птиці: Звіт про НДР (проміжний) / ТІММ УААН. - За темою № 80.07. – К., 2008. – 48 с.
14. Talon R. Bacterial starters involved in the quality of fermented meat products / R. Talon, S. Leroy-Se'trin, S. Fadda // In Handbook of Research Advances in Quality of Meat and Meat Products. – 2002. – P. 175–191.
15. Пат. № 6063410 США, МКИ А 23 L 1/31, А 23 L 1/08. Method and compositions for improved flavor and aroma in fermented meat / Vedamuthu E. R., Trius A., Vlegels P. A. P., Quest International Flavors & Food Ingredients Company. - № 09/042884, заявл. 17.03.98, опубл. 16.05.2000. – 4 с.
16. Akamittath, J.G., Brekke, C.J., & Schanus, E.G. (1990). Lipid peroxidation and color stability in restructured meat systems during frozen storage. *Journal of Food Science*, 55, 1507-1513.
17. Шиленок, О.И., Толкунов, С.Н., Бидюк, А.Я., Толкунова, Н.Н. (2007). Использование оболочек с бактерицидным покрытием для повышения качества сосисок. *Мясная индустрия*, 6, 45-47.
18. Ересько, Г.А., Башкирова, А.К., Франко, Е.В. (2008). Окислительные процессы в колбасных изделиях, упакованных в модифицированной газовой среде. *Упаковка*, 3, 34-37.
19. Матрозова С.И. Технохимический контроль в мясной и птицеперерабатывающей промышленности / С.И. Матрозова – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 184 с.