

УДК 663.5: 637.523

Топольник В.Г., д-р техн. наук, проф., Мілохова Т.А., Кузьмін О.В., к-т техн. наук (ДонНУЕТ, Донецьк)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПОЖИВЧИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ КОВБАСНОГО ФАРШУ ПІД ЧАС ПРОЦЕСУ ШПРИЦЮВАННЯ

У статті приведено новітні дані по математичному моделюванню процесу шприцювання ковбасного фаршу в оболонку, з метою поліпшення якісних характеристик продукту

Ключові слова: *математичне моделювання, якість, фарш, шприцювання, ковбаса*

Сьогодні ковбасні вироби є найбільш поширеною групою, яка за рахунок свого різноманіття асортименту має великий попит у населення. Виробництво варених ковбас збільшується з кожним роком. М'ясопереробними підприємствами все більше приділяється увага таким споживчим властивостям як структура, консистенція продукту, соковитість, смакові якості та склад основних інгредієнтів. Тобто перед виробником стає завдання – для задоволення потреб населення у високоякісній продукції добитися високих органолептичних показників варених ковбас.

Це можливо, тільки з використанням сучасних розробок у технології переробки м'ясної сировини, які спрямовані на створення безперервно діючих ліній, оснащених високотехнологічним обладнанням, яке повинно відповідати підвищеним санітарно-гігієнічним вимогам, що дозволить скоротити загальний цикл виробництва і випускати високоякісні і біологічно повноцінні продукти харчування.

Одним з важливих етапів виробництва варених ковбас є процес шприцювання, який визначає якість готового продукту, формуючи рівномірну щільність структури ковбас. При шприцюванні фаршу в оболонку можуть утворюватися повітряні пухирці, які негативно впливають на якість варених ковбас. На утворення цих повітряних пухирців впливає низка чинників, як на попередніх технологічних операціях (неточне дотримання рецептури по кількісному та якісному складу фаршу, подрібнення та перемішування рецептурних компонентів; нераціональне використання технологічного обладнання), так і під час самого процесу наповнювання оболонки, особливо це залежить від конструкції використовуваного витискувача, тиску, який він створює при шприцюванні, що залежить від структурно-механічних характеристик фаршу, виду та розміру оболонки, її термостатичних і динамічних властивостей.

Вирішенням цих питань займався ряд авторів: Косой В.Д. [1], Бредихин С.А. [2, 3], Бармаш А.И. [4], Йорданов Д. [5]. Результатами їх досліджень встановлено, що на пороутворення в ковбасних фаршах впливає ряд причин,

одна з яких – це м'ясна сировина, у волокнистій структурі якої знаходиться газова фаза, яка в результаті подрібнення звільняється з м'язів, об'єднується з частками повітря, які захоплюються робочими органами і розподіляються по усій масі фаршу.

Поряд з цим залишаються невирішеними питання про взаємозв'язок режимів роботи технологічного обладнання (шприца), що змінюються в порівняно широких межах, з якісними показниками сировинних складових та готової продукції, що дозволило б забезпечити стабільну якість ковбас.

Важливе значення при виконанні шприцювання має тиск, при якому фарш витісняється в оболонку. Дослідженнями [1] встановлено, що при стискуванні фаршу під дією прикладеного тиску відпресовується частина вологи, яка при збільшенні тиску призводить до зростання вологовидалення. Тому знаходження оптимального тиску призведе до найменш жорсткої консистенції продукту, та мінімальним витратам бульйону в продукті після термообробки.

В цілях видалення повітряних бульбашок застосовують вакуумування в процесі шприцювання [3, 6, 7], яке призводить к збільшенню виходу готової продукції, за рахунок підвищення вологоутримуючої здатності фаршу. Робота шприца в режимі вакуумування після вакуумного кутеру призводить до видалення до 67 об. % повітря, а після відкритого кутеру - до 53,7 об. %. В першому випадку у фарші після вакуумного шприцювання міститься до 1,7 об. %, а в другому - 4,0 об. % повітря [3].

Температура фаршу на шприці також є важливою умовою отримання стабільної емульсії. Перевищення рівня в $+18^{\circ}\text{C}$ може привести до денатурації білків [8, 9], руйнуванню структура фаршу та зниженню пластичних властивостей [10, 11] (зниження емульгуючої та водозв'язуючої здатності, появи рихлості, бульйонних і жирових набряків у готовому виробі [8, 9]). Так, підвищення температури призводить к збільшенню норм окислення жирних кислот, і навпаки, зменшення температури призводить до їх скорочення [7].

За мету нами поставлено вивчення впливу процесу шприцювання на споживчі властивості ковбасних виробів.

Одним з можливим вирішенням цих складних питань є використання математико-статистичної бази планування екстремального експерименту за методом Бокса-Уїлсона [12], за допомогою якого, на підставі аналізу якісних характеристик ковбасних виробів на вході і виході технологічного процесу, можливо виявити їх залежність від умов проведення процесу.

Керованими факторами, що впливають на процес, слугували: x_1 - тиск продукту, що подається (МПа); x_2 - граничний залишковий тиск (МПа); x_3 - температура (К).

У [13] наведено план проведення повного трьохфакторного експерименту (ПФЕ) при оптимізації процесу шприцювання ковбасного фаршу.

В якості експериментального стенду було використано роторний вакуумний шприц фірми REX, марка RVF-560, що дало можливість моделювати процес шприцювання ковбасного фаршу та керувати вхідними чинниками, контролюючи вихідні – критерії оптимальності (табл. 1) згідно плану проведення експерименту.

Таблиця 1 - Відтворення ПФЕ для процесу шприцювання ковбасного фаршу

Послідовність проведення експерименту		y_1	y_8	y_9	y_{10}	y_{11}
		Органолептична оцінка, бали	Масова частка білка, %	Масова частка вологи (%);	Кількість МАФАНМ, в 1 г продукту	Кількість БГКП, у 1 г продукту
01	4	4,20	15,41	56,6	502	відсутні
	16	4,32	15,21	56,4	488	відсутні
02	12	4,82	15,11	56,7	523	відсутні
	2	4,80	15,51	56,5	545	відсутні
03	3	4,85	15,29	57,5	660	відсутні
	7	4,87	15,63	59,0	631	відсутні
04	14	3,23	15,65	57,1	484	відсутні
	15	3,35	15,72	59,5	493	відсутні
05	8	3,38	14,34	58,0	655	відсутні
	9	3,32	14,21	57,6	618	відсутні
06	13	4,91	14,79	58,9	604	відсутні
	1	4,93	14,85	59,4	587	відсутні
07	11	4,88	14,78	58,9	586	відсутні
	5	4,90	15,20	58,7	547	відсутні
08	6	3,90	15,12	59,3	455	відсутні
	10	3,88	14,96	58,7	518	відсутні
		(↑)	(↑)	(↓)	(↓)	(↓)

За параметри оптимізації процесу прийняті споживчі показники якості: y_1 — органолептична оцінка (бали); y_8 — масова доля білку (%); y_9 — масова доля вологи (%); y_{10} — кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КОЕ/см³); y_{11} — кількість бактерій групи кишкових паличок (КОЕ/см³).

Органолептичну оцінку проводили для визначення показників - зовнішнього вигляду, кольору, смаку, аромату, консистенції та інші за допомогою органів чуття фахівцями-дегустаторами, що мають досвід роботи з оцінки якості м'ясної продукції індивідуально або у складі дегустаційної комісії. Визначення органолептичних показників проводили згідно з вимогами ГОСТ 9959-91 «Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки» [14].

Результати органолептичної оцінки змінюються в межах від 3,23 до 4,93 бали, що дає нам підстави стверджувати, що якість продукції (дегустаційна оцінка) коливається суттєво - від оцінки «погано» до «відмінно».

Для визначення масової частки білка використовували метод К'ельдаля (ГОСТ 25011-81) [86]. Цей метод заснований на мінералізації проби по К'ельдалю, відгони аміаку в розчин сірчаної кислоти з наступним титруванням

досліджуваної проби.

Необхідно відмітити, що масова частка білку змінюється у дослідженому продукті від 14,21 до 15,72 %. Кількісна складова розглянутого показника виражає біологічну цінність і дає уявлення про потенційну цінність білкового компоненту у продукті.

Масову частку вологи визначали методом висушування в сушарній шафі продукту при температурі 130 °С. Метод заснований на здатності досліджуваного продукту, поміщеного в сушарну шафу, віддавати гігроскопічну вологу при певній температурі за ГОСТ 4288-76 [16].

Масова частка вологи змінюється від 56,40 до 59,50 % в продукті, що не лише обумовлює вихід готової продукції та його міцність, а також соковитість та тривалість зберігання у зв'язку з можливим розвитком мікрофлори. Цей показник треба старатися зменшувати до оптимальної величини, для поліпшення якості продукту.

Методи дослідження мікробіологічних показників: кількість МАФАНМ та БГПК – за ГОСТ 9958 -81 «Вироби ковбасні та продукти з м'яса. Методи бактеріологічного аналізування». Кількість МАФАНМ коливається у діапазоні від 455 до 660 КУО, а БГПК – відсутні.

Проведені нами експериментальні дослідження за даними умовами дозволили знайти математичні моделі процесу шприцювання ковбасного фаршу, які необхідні для оптимізації процесу та стабілізації показників якості готової продукції. Статистична обробка результатів дозволила математично описати залежність варійованих факторів на кожен параметр оптимізації у кодованих значеннях (табл. 2) та перетворених натуральних значеннях (табл. 3).

Таблиця 2 - Інтерпретація впливу чинників на параметри оптимізації в кодованих значеннях

Найменування параметру	Напрямок оптимізації	x_1	x_2	x_3	Функція відгуку параметра оптимізації, в кодованих значеннях
Органолептична оцінка	збільшення (↑)	↓	↓	↓	$y_1 = 4,28 - 0,06x_1 - 0,05x_2 - 0,02x_3 - 0,59x_1x_2 + 0,20x_1x_3 + 0,18x_2x_3 - 0,06x_1x_2x_3$
Масова частка білка	збільшення (↑)	↑	↑	↓	$y_8 = 15,11 + 0,10x_1 + 0,18x_2 - 0,33x_3$
Масова частка вологи	зменшення (↓)	с.н.	↓	↓	$y_9 = 58,05 + 0,54x_2 + 0,64x_3 - 0,33x_2x_3$
Кількість МАФАНМ	зменшення (↓)	↑	↑	↓	$y_{10} = 556,00 - 29,88x_1 - 9,25x_2 + 15,25x_3 - 29,38x_1x_2 - 35,50x_2x_3$
Кількість БГКП	зменшення (↓)	статистично незначуще (с.н.)			

Таблиця 3 - Інтерпретація впливу чинників на параметри оптимізації в натуральних значеннях

	Умовне позначення	Розмірність	Найменування параметру	Формула, в натуральних значеннях
y_1	O	бали	Органолептична оцінка	$O = 77,97 - 24,02P_{n.n.} + 87,03P_{z.z.} - 0,28T - 18,04P_{n.n.}P_{z.z.} + 0,09P_{n.n.}T - 0,33P_{z.z.}T + 0,08P_{n.n.}P_{z.z.}T$
y_8	B	%	Масова частка білка	$B = 32,71 + 0,11P_{n.n.} - 1,14P_{z.z.} - 0,07T$
y_9	Vl	%	Масова частка вологи	$Vl = -52,60 - 117,11P_{z.z.} + 0,39T + 0,41P_{z.z.}T$
y_{10}	$MAFanM$		Кількість МАФАНМ	$MAFanM = -8344,44 + 97,36P_{n.n.} - 12642,58P_{z.z.} + 31,45T + 203,99P_{n.n.}P_{z.z.} + 44,38P_{z.z.}T$
y_{11}	$BGPK$		Кількість БГКП	с. н.

с.н. - статистично незначуще

На підставі статистичного аналізу якісних характеристик ковбасних виробів на вході і виході технологічного процесу виявлено їх залежність від умов проведення процесу шприцювання ковбасного фаршу. Встановлено, що вибраний факторний простір повною мірою відповідає нашим очікуванням, які ґрунтувались на пошуку необхідних діапазонів на вибрані параметри оптимізації.

Аналіз приведених даних (табл. 2-3) дозволяє констатувати наступне:

- тиск продукту, що подається (x_1), необхідно підвищувати для 9 параметрів оптимізації, для 2-х параметрів (масова частка вологи, кількість БГКП) впливає статистично незначуще; для одного – органолептична оцінка необхідно знижувати;

- гранично залишковий тиск (x_2) необхідно підвищувати для 7 параметрів оптимізації, для одного параметра (кількість БГКП у ковбасному фарші) впливає статистично незначуще, для 4-х параметрів оптимізації його необхідно знижувати;

- температура ковбасного фаршу (x_3) - статистично незначущий чинник тільки для двох параметрів - кількості БГКП та ВУЗ ковбасного фаршу. Його необхідно знижувати для 9 параметрів оптимізації, підвищувати для одного параметру – ЖУЗ ковбасного фаршу.

Це дозволяє стверджувати, що у більшості випадків тиск продукту, що подається (x_1) необхідно підвищувати до максимального значення 2,25 МПа, граничний залишковий тиск (x_2) – збільшувати величину вакууму до - 0,8 МПа, температуру фаршу (x_3) – зменшувати до 275 К.

Оскільки найбільшу ваговитість мають, на наш погляд, дегустаційні властивості ковбасного виробу, тому будемо спиратися на отримане нами

найбільше значення органолептичної оцінки, яке характерне для 6-го досліду, середнє значення якого приймає значення 4,92 бали, при значеннях існуючих факторів $P_{н.н.}=2,25$ МПа, $P_{з.з.}=-0,48$ МПа, $T=285$ К.

Висновки

Проведено повний факторний експеримент типу 2^3 . Вивчено вплив на процес шприцювання ковбасного фаршу таких показників як: тиск продукту, що подається (x_1); граничний залишковий тиск (x_2); температура фаршу (x_3). Тому в комплексі наші дослідження підтверджують пошук раціональних характеристик обладнання, для поліпшення показників якості готового продукту у напрямі: тиск продукту, що подається (x_1) необхідно підвищувати до максимального значення 2,25 МПа; граничний залишковий тиск (x_2) – збільшувати величину вакууму до - 0,8 МПа; температуру фаршу (x_3) – зменшувати до 275 К.

Наступні наші дослідження будуть спрямовані на перетворення абсолютних значень показників якості продукції на безрозмірну їх оцінку при застосуванні експоненціальної залежності, яку покладено в основу шкали бажаності Харрінгтона. Тому що, виражені в різних одиницях вимірювання значення неможливо безпосередньо звести в комплексний показник без трансформації їх до загальної шкали вимірювання коли широко використовуються експертні і органолептичні оцінки.

Література

- 1) Косой В.Д. Оптимизация процесса шприцевания колбасных изделий / В.Д. Косой, А.В. Горбатов, С.Н. Туменов // Мясная индустрия СССР. – 1981. – №11. – С. 23 – 26.
- 2) Бредихин С.А. Влияние технологических операций на насыщение воздухом мясного сырья / С.А. Бредихин // Мясная индустрия. – 2002. - №4. – С. 54 – 56.
- 3) Бредихин С.А. Технологическое оборудование мясокомбинатов / С.А. Бредихин, О.В. Бредихина, Ю.В. Космодемьянский, Л.Л. Никифоров. – М.: Колос, 2000. – 392 с [2-е изд., испр.].
- 4) Бармаш А.И. Влияние механической обработки мяса и вакуумирования на качество фаршевых консервов / А.И. Бармаш // Мясная индустрия СССР. – 1986. – № 2 – С. 29 – 31.
- 5) Йорданов Д. Математическое моделирование процесса деаэрации фарша для колбас / Д. Йорданов, К. Динков // Известия вузов. Пищевая технология. – 2000. – №1. – С. 77 – 80.
- 6) Feiner G. Meat products handbook. Practical science and technology / Gerhard Feiner.- Cambridge, Woodhead Publishing & Boca Raton, CRC Press, 2006. – 627 p.
- 7) Warriss P.D. Meat science. An introductory text / P.D. Warriss. - Bristol, CABI Publishing, 2000. – 310 p.

8) Основы современных технологий переработки мяса. Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты, ч.1.: краткий курс. М.: Протеин технолоджи интернэшнл, 1994. – 295 с.

9) Соснина В.А. Переработка мяса в мини-цехах и индивидуальных хозяйствах / В.А. Соснина, В.А. Оноприенко, М.А. Трудова, Н.А. Рябченко. – Ставрополь, 2002. – 115 с.

10) Шалдеева Н. Влияние технологических факторов на качество фаршевой продукции / Н. Шалдеева // Рыбное хозяйство. – 1999. - № 6. – С. 52-54.

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

12) Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: «Наука», 1976. – 280 с.

13) Топольник В.Г. Планування експериментального дослідження з пошуку оптимальних умов процесу шприцювання ковбасного фаршу / Топольник В.Г., Мілохова Т.А., Кузьмін О.В. // Наукові праці ОНАХТ. – 2011. - Вип. 39. – С. 274-277.

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

15) Мясо и мясные продукты. Метод определения белка : ГОСТ 25011-81 – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 5 с. - (Государственный стандарт СССР).

16) Изделия кулинарные и полуфабрикаты из рубленого мяса. Правила приемки и методы испытаний : ГОСТ 4288-76 - Взамен ГОСТ 9793-61; Введ. 01.01.75. - М.: Изд-во стандартов, 1980. – 4 с.- (Государственный стандарт СССР).