

5. Исследование процесса усиления резин наполнителями, активированными и модифицированными в вихревом слое / Л. Е. Чечик [и др.] // Новые материалы и процессы в резиновой промышленности. – Днепропетровск, 1973. – Вып. 2.

6. Новая технология введения наполнителей в латексы и приготовление дисперсий ингредиентов латексных смесей в вихревом слое / В. В. Кафаров [и др.] // Новые материалы и процессы в резиновой промышленности. – Днепропетровск, 1973. – Вып. 2.

7. О возможностях перемешивания, диспергирования и активации наполнителей для резин в вихревом слое / О. П. Шеляков [и др.] // Новые материалы и процессы в резиновой промышленности. – Днепропетровск, 1973.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© Т.В. Капліна, Д.А. Миронов, 2012.

УДК 663.5:637.523

**Т.А. Мілохова**, асист. (ДонНУЕТ, Донецьк)

**О.В. Кузьмін**, канд. техн. наук (ДонНУЕТ, Донецьк)

### **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ ШПРИЦЮВАННЯ КОВБАСНОГО ФАРШУ В ОБОЛОНКУ**

*Наведено новітні дані з математичного моделювання процесу шприцювання ковбасного фаршу в оболонку з метою поліпшення якісних характеристик продукту.*

*Приведены новейшие данные по математическому моделированию процесса шприцевания колбасного фарша в оболочку с целью улучшения качественных характеристик продукта.*

*In the article new data over are brought on a mathematical design of process of filling of the sausage stuffing are brought in a shell, with the purpose of improvement of quality descriptions of product.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Сьогодні ковбасні вироби є найбільш поширеною групою, яка за рахунок 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 постає завдання – для задоволення потреб населення у високоякісній продукції досягти високих органолептичних показників варених ковбас.

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

Одним із важливих етапів виробництва варених ковбас є процес шприцювання, який визначає якість готового продукту, формуючи рівномірну щільність структури ковбас. Під час шприцювання 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 з кількісного та якісного складу фаршу, подрібнення та перемішування рецептурних компонентів; нераціональне використання технологічного обладнання), так і під час самого процесу наповнювання оболонки, особливо це залежить від конструкції витискувача, що використовується, тиску, який він створює під час шприцювання, що залежить від структурно-механічних характеристик фаршу, виду та розміру оболонки, її термостатичних і динамічних властивостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вирішенням цих питань займався ряд авторів: В.Д. Косой, А.В. Горбатов, С.Н. Туменов [1], С.А. Бредихин [2; 3], А.І. Бармаш [4], Д. Йорданов, К. Динков [5]. У ході їх досліджень встановлено, що на пороутворення в ковбасних фаршах впливає низка причин, одна з яких – м'ясна сировина, у волоконистій структурі якої знаходиться газова фаза, яка в результаті подрібнення звільняється з м'язів, об'єднується з повітрям, що захоплюється робочими органами та розподіляється по всій масі фаршу.

Крім того, залишаються невирішеними питання про взаємозв'язок режимів роботи технологічного обладнання (шприца), які варіюються в порівняно широких межах, із якісними показниками сировинних складових та готової продукції, що дозволило б забезпечити стабільну якість ковбасних виробів.

**Мета та завдання статті.** За мету нами поставлено знаходження математичних моделей залежності фізико-хімічних, структурно-механічних, органолептичних та мікробіологічних

властивостей ковбасних виробів від умов шприцювання ковбасного фаршу в оболонку.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Одним із можливих вирішень цих складних питань є використання математично-статистичної бази планування екстремального експерименту за методом Бокса-Уілсона [5].

За допомогою цього методу, на підставі аналізу якісних характеристик ковбасних виробів на вході та виході технологічного процесу, можливо виявити їх залежність від умов проведення процесу.

Тому попередніми нашими дослідженнями [7] розроблено план проведення активного експерименту для оптимізації процесу шприцювання ковбасного фаршу, який передбачає повний трьохфакторний експеримент (ПФЕ).

Для проведення експериментальних досліджень використано роторний вакуумний шприц фірми „REX”, марка RVF-560, що дало можливість моделювати процес шприцювання ковбасного фаршу та керувати вхідними чинниками (табл. 1), контролюючи вихідні – критерії оптимальності, згідно з планом проведення експерименту (табл. 2).

*Таблиця 1 – Рівні та інтервал варіювання чинників*

Фактор		Найменування фактора	Розмірність	Діапазон
$P_{н.л.}$	$x_1$	Тиск продукту, що подається	МПа	0,45÷2,25
$P_{г.з.}$	$x_2$	Граничний залишковий тиск	МПа	-0,48÷-0,80
$T$	$x_3$	Температура	К	275÷285

*Таблиця 2 – Матриця плану експерименту  $2^3$  у натуральних значеннях*

Порядок проведення дослідів	Випадковий порядок реалізації дослідів	$x_1$	$x_2$	$x_3$
		Тиск продукту, що подається, МПа	Граничний залишковий тиск, МПа	Температура, К
1	4, 16	0,45	-0,48	275
2	12, 2	2,25	-0,48	275
3	3, 7	0,45	-0,80	275
4	14, 15	2,25	-0,80	275
5	8, 9	0,45	-0,48	285
6	13, 1	2,25	-0,48	285
7	11, 5	0,45	-0,80	285
8	6, 10	2,25	-0,80	285

За параметри оптимізації процесу взяли фізичні, хімічні, органолептичні та мікробіологічні показники якості:

$y_1$  – органолептична оцінка (бали);  $y_2$  – вологопоглинаюча здатність фаршу (%);  $y_3$  – вологоутримуюча здатність фаршу (%);  $y_4$  – жирутримуюча здатність фаршу (%);  $y_5$  – ефективна в'язкість (Па·с);  $y_6$  – ефективна напруга зсуву (Па);  $y_7$  – об'ємна деформація (%);  $y_8$  – масова частка білка (%);  $y_9$  – масова частка води (%);  $y_{10}$  – кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КОЕ/см<sup>3</sup>);  $y_{11}$  – кількість бактерій групи кишкових паличок (КОЕ/см<sup>3</sup>);  $y_{12}$  – вихід готової продукції до маси сировини (%).

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 в кодованих значеннях (табл. 3) та перетворених натуральних значеннях (табл. 4).

На підставі аналізу якісних характеристик ковбасних виробів на вході та виході технологічного процесу виявлено їх залежність від умов проведення процесу шприцювання ковбасного фаршу. Установлено, що вибраний факторний простір повною мірою відповідає нашим очікуванням, які ґрунтувалися на пошуку необхідних діапазонів вибраних параметрів оптимізації.

Аналіз наведених даних (табл. 3; 4) дозволяє констатувати наступне:

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

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

– температура ковбасного фаршу ( $x_3$ ) – статистично незначущий чинник лише для двох параметрів: кількості БГПК та ВУЗ ковбасного фаршу. Його необхідно знижувати для 9-ти параметрів оптимізації, підвищувати для одного параметра – ЖУЗ ковбасного фаршу

Це дозволяє стверджувати, що в 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.

Таблиця 3 – Інтерпретація впливу чинників на параметри оптимізації в кодованих значеннях

Параметр	Напрямок оптимізації	$x_1$	$x_2$	$x_3$	Функція відгуку параметра оптимізації, у кодованих значеннях
$y_1$	(↑)	↓	↓	↓	$y_1 = 4,28 - 0,06x_1 - 0,05x_2 - 0,02x_3 - 0,59x_1x_2 + 0,20x_1x_3 + 0,18x_2x_3 - 0,06x_1x_2x_3$
$y_2$	(↑)	↑	↑	↓	$y_2 = 50,68125 + 1,06875x_1 + 4,61875x_2 - 1,99375x_3 + 3,53125x_1x_2$
$y_3$	(↑)	↑	↑	с. н.	$y_3 = 56,06 + 0,94x_1 + 0,87x_2 + 2,03x_1x_2$
$y_4$	(↑)	↑	↑	↑	$y_4 = 61,41 + 0,71x_1 + 0,60x_2 + 1,36x_3 + 1,95x_1x_2 - 1,24x_1x_3 - 2,43x_2x_3 + 1,77x_1x_2x_3$
$y_5$	(↑)	↑	↓	↓	$y_5 = 723,25 + 18,50x_1 - 14,88x_2 - 34,75x_3 - 7,38x_1x_2 - 7,25x_1x_3 - 40,88x_2x_3 - 64,13x_1x_2x_3$
$y_6$	(↑)	↑	↑	↓	$y_6 = 972,125 + 36,5x_1 + 28,25x_2 - 46,75x_3 + 8,875x_1x_2 - 58,625x_1x_3 - 4,875x_2x_3 - 43x_1x_2x_3$
$y_7$	(↓)	↑	↓	↓	$y_7 = 10,57 - 0,98x_1 + 0,20x_2 + 0,23x_3 - 0,29x_1x_2 - 0,36x_1x_3 - 0,37x_2x_3 + 0,26x_1x_2x_3$
$y_8$	(↑)	↑	↑	↓	$y_8 = 15,11 + 0,10x_1 + 0,18x_2 - 0,33x_3$
$y_9$	(↓)	с. н.	↓	↓	$y_9 = 58,05 + 0,54x_2 + 0,64x_3 - 0,33x_2x_3$
$y_{10}$	(↓)	↑	↑	↓	$y_{10} = 556,00 - 29,88x_1 - 9,25x_2 + 15,25x_3 - 29,38x_1x_2 - 35,50x_2x_3$
$y_{11}$	(↓)	с. н.			
$y_{12}$	(↑)	↑	↑	↓	$y_{12} = 110,88 + 4,28x_1 + 1,32x_2 - 1,83x_3 + 2,06x_1x_2 + 2,25x_2x_3 - 4,78x_1x_2x_3$
Примітка: с. н. – статистично незначуще					

Таблиця 4 – Інтерпретація впливу чинників на параметри оптимізації в натуральних значеннях

Параметр	Позначення	Формула, у натуральних значеннях
<i>O</i>	$y_1$	$O = 77,97 - 24,02P_{n.n.} + 87,03P_{z.z.} - 0,28T - 18,04P_{n.n.}P_{z.z.} + 0,09P_{n.n.}T - 0,33P_{z.z.}T + 0,08P_{n.n.}P_{z.z.}T$
<i>VPZ</i>	$y_2$	$VPZ = 163,44 - 14,51P_{n.n.} + 4,24P_{z.z.} - 0,40T - 24,52P_{n.n.}P_{z.z.}$
<i>VUZ</i>	$y_3$	$VUZ = 63,35 - 7,98P_{n.n.} + 13,61P_{z.z.} - 14,11P_{n.n.}P_{z.z.}$
<i>GUZ</i>	$y_4$	$GUZ = -1249,69 + 509,76P_{n.n.} - 1765,02P_{r.z.} + 4,71T + 674,35P_{n.n.}P_{r.z.} - 1,85P_{n.n.}T + 6,36P_{r.z.}T - 2,46P_{n.n.}P_{r.z.}T$
<i>V</i>	$y_5$	$V = 14437,75 - 15455,56P_{n.n.} + 19383,20P_{r.z.} - 49,03T - 24886,29P_{n.n.}P_{r.z.} + 55,39P_{n.n.}T - 69,14P_{r.z.}T + 89,06P_{n.n.}P_{r.z.}T$
<i>NZ</i>	$y_6$	$NZ = 11907,13 - 7053,33P_{n.n.} + 20775,39P_{r.z.} - 39,46T - 16783,85P_{n.n.}P_{r.z.} + 25,19P_{n.n.}T - 74,53P_{r.z.}T + 59,72P_{n.n.}P_{r.z.}T$
<i>OD</i>	$y_7$	$OD = -202,66 + 86,18P_{n.n.} - 268,50P_{r.z.} + 0,76T + 101,81P_{n.n.}P_{r.z.} - 0,31P_{n.n.}T + 0,94P_{r.z.}T - 0,36P_{n.n.}P_{r.z.}T$
<i>B</i>	$y_8$	$B = 32,71 + 0,11P_{n.n.} - 1,14P_{r.z.} - 0,07T$
<i>VI</i>	$y_9$	$VI = -52,60 - 117,11P_{r.z.} + 0,39T + 0,41P_{r.z.}T$
<i>MAFanM</i>	$y_{10}$	$MAFanM = -8344,44 + 97,36P_{n.n.} - 12642,58P_{r.z.} + 31,45T + 203,99P_{n.n.}P_{r.z.} + 44,38P_{r.z.}T$
<i>BGPK</i>	$y_{11}$	с.н.
<i>Vg</i>	$y_{12}$	$Vg = 2325,40 - 1195,00P_{n.n.} + 3310,42P_{z.z.} - 7,91T - 1874,62P_{n.n.}P_{z.z.} + 4,25P_{n.n.}T - 11,78P_{z.z.}T + 6,64P_{n.n.}P_{z.z.}T$

Оскільки найбільшу значущість 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 дорівнює 4,92 бала при значеннях існуючих факторів  $P_{n.n.}=2,25$  МПа,

$P_{z.з.} = -0,48$  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.

Наступні наші дослідження будуть спрямовані на перетворення абсолютних значень показників якості продукції на безрозмірну їх оцінку під час застосування 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 та органолептичні оцінки.

#### *Список літератури*

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. Эффективность деаэрации при переработке мясного сырья / С. А. Бредихин // Мясная индустрия. – 2002. – № 2. – С. 18–20.
3. Бредихин С. А. Влияние технологических операций на насыщение воздухом мясного сырья / С. А. Бредихин // Мясная индустрия. – 2002. – № 4. – С. 54–56.
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. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский – М. : Наука, 1976. – 280 с.
7. Топольник В. Г. Планування експериментального дослідження з пошуку оптимальних умов процесу шприцювання ковбасного фаршу / В. Г. Топольник, Т. А. Мілохова, О. В. Кузьмін // Наукові праці ОНАХТ. – 2011. – Вип. 39. – С. 274–277.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© Т.А. Мілохова, О.В. Кузьмін, 2012.