

УДК 663.5: 637.523

В.Г. Топольник<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., Н.М. Стукальська<sup>2</sup>.

1 - Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Донецьк, Україна.

2 - Київській національний торговельно-економічний університет, м. Київ, Україна, e-mail: [Nata84Iv@mail.ru](mailto:Nata84Iv@mail.ru).

## ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ СУМІШІ БІЛОГО І ЧЕРВОНОГО М'ЯСА КУРЯТИНИ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ВОЛОГОЗВ'ЯЗУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ФАРШІВ

V.G. Topol'nik<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Professor., N.M. Stukalskaya<sup>2</sup>.

1 – Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine.

2 - Kyiv National of Trade and Economics University, Kyiv, Ukraine, e-mail: [Nata84Iv@mail.ru](mailto:Nata84Iv@mail.ru).

## DETERMINATION OF CHICKEN WHITE AND RED MEAT MIXTURE GRINDING PROCESS OPTIMAL CONDITIONS TO INCREASE MINCE-MEAT WATER FIXING ABILITY

**Мета.** Метою статті є знаходження математичної моделі залежності показників вологозв'язуючої здатності фаршу з суміші білого і червоного м'яса курятини (філе+гомилка) у співвідношенні 1:1 від умов проведення процесу, яку можна використати для обґрунтування впливу параметрів, що характеризують процес подрібнення, і прогнозування збільшення вологозв'язуючої здатності за конкретних параметрів процесу.

**Методи.** При дослідженні виконано план активного експерименту за методом Бокса-Уїлсона, що дозволяє заощадити трудовозатрати на наукове дослідження.

**Результати.** На підставі проведених досліджень запропоновано раціональні умови процесу подрібнення фаршу з суміші білого і червоного м'яса курятини (філе + гомилка) у співвідношенні 1:1: швидкість обертання приводного валу - 150 об/хв; діаметр отворів решітки -  $6 \cdot 10^{-3}$  м; сила подачі сировини - 15 Н; кут ножа -  $90^{\circ}$ .

**Наукова новизна.** Визначено математичну модель, що адекватно описує залежність вологозв'язуючої здатності фаршу з суміші білого і червоного м'яса курятини (філе + гомилка) у співвідношенні 1:1 від варійованих чинників (швидкість обертання приводного валу, діаметр отворів решітки, сила подачі сировини, кут ножа) під час процесу подрібнення.

**Практична значущість.** Визначені оптимальні умови процесу подрібнення суміші білого і червоного м'яса курятини, які забезпечують максимальну вологозв'язуючу здатність м'ясного фаршу. Отримана математична модель, яка дозволяє прогнозувати значення вологозв'язуючої здатності фаршу при певних значеннях параметрів процесу.

**Ключові слова:** фарш з м'яса курятини, математико-статистична обробка, показники якості, активний експеримент.

*Постановка проблеми.* За даними [1], м'ясо курятини - поживне й легко засвоюється людським організмом, містить велику кількість протеїну і малу кількість жиру. За вмістом білка куряче м'ясо значно перевершує пісню свинину і яловичину. В ньому містяться такі необхідні людському організму речовини, як: нікотинова кислота; вітаміни А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>; мінеральні речовини [2].

На відміну від яловичини і свинини, м'ясо курки містить у два рази менше жирів.

В Україні споживання курячого м'яса на одного жителя перевищує середній рівень країн ЄС і, за оцінками експертів Українського клубу аграрного бізнесу, зростає в 2012 році в порівнянні з 2011 роком приблизно на 2 кг - до 26,7 кг [3].

Ще одна перевага курячого м'яса - низька, в порівнянні з м'ясом свинини та яловичини, собівартість. Крім споживання самого м'яса птиці, зростає обсяг його використання у виробництві м'ясопродуктів. Українські виробники підлаштувалися під споживачів, чия платоспроможність знизилася, і стали більше використовувати дешеву сировину, зокрема курячий фарш. Але використання дешевої сировини не повинно негативно впливати на якість отриманої готової продукції. Вироби повинні відповідати вимогам до органолептичних, структурно-механічних і мікробіологічних показників якості.

Виходячи з вищевказаного, дослідження, які спрямовані на відшукування умов реалізації процесу переробки сировини, що забезпечують високі якісні показники вихідного продукту, є актуальними.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Відомо, що вологозв'язуюча здатність є одна з важливих властивостей сирого фаршу. Від здатності зв'язувати воду залежать такі властивості як соковитість, ніжність, втрати при тепловій обробці, товарний вигляд [4].

Вологозв'язуюча здатність фаршу залежить від процесу подрібнення м'ясної сировини, а саме від дисперсності подрібненого фаршу. В роботі [5] було розглянуто ієрархічну структуру системи показників якості процесу подрібнення, в якій проаналізовано конструктивні параметри обладнання для подрібнення, що впливають на якість процесу, у тому числі на якість отриманого фаршу.

Автори, що вивчали і вдосконалювали процес подрібнення м'ясної сировини не досліджували вплив конструктивних параметрів на вологозв'язуючу здатність фаршу. Отже наші дослідження набувають інтерес в вивченні впливу конструктивних параметрів на вологозв'язуючу здатність.

*Формулювання цілей статті.* Метою нашої роботи було знаходження регресійної залежності вологозв'язуючої здатності суміші білого і червоного м'яса курятини (філе + гомілка) від умов проведення процесу, яку можна використати для обґрунтування впливу параметрів, що характеризують процес подрібнення, і прогнозування збільшення вологозв'язуючої здатності за конкретних параметрів процесу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для вдосконалення процесу подрібнення м'ясної сировини з курятини (філе + гомілка) з метою збільшення вологосв'язуючої здатності необхідно порівняти різноманітні варіанти процесу, врахувати та надати висновки щодо впливу великої кількості чинників на даний показник. В якості варійованих параметрів було обрано:  $n(x_1)$  - швидкість обертання валу, об/хв;  $d(x_2)$  - діаметр отворів решітки,  $\text{м} \cdot 10^{-3}$ ;  $F(x_3)$  - сила подачі сировини, Н;  $\alpha(x_4)$  - кут ножа, град.

Для проведення експерименту використовували м'ясорубку торгової марки «BRAUN», решітки з діаметрами отворів решітки 3 та 6  $\text{м} \cdot 10^{-3}$ , ножі – прямолінійний та криволінійний, перетворювач частоти «Lenze», за допомогою якого варіювали швидкість обертання приводного валу, потенціометр для виміру потужності. Дослідження вологосв'язуючої здатності визначали методом пресування [6].

Для точності і достовірності отриманих даних використано математико-статистичну базу планування екстремального експерименту за методом Бокса-Уілсона [7]. Ця методика дозволяє виявити аналітичну залежність впливу вхідних параметрів ( $x_i$ ) на параметр оптимізації процесу ( $y$ ). У нашому дослідженні – це вологосв'язуюча здатність суміші білого і червоного м'яса курятини (філе + гомілка) у співвідношенні 1:1, %.

У таблиці 1 наведено область варійованих факторів з урахуванням апріорної інформації та реальних умов здійснення процесу подрібнення.

Таблиця 1 – Область факторного простору експерименту

Фактор		Найменування фактору	Розмірність	Рівні параметру			
				Верхній	Нижній	Нульовий	Крок
				+1	-1	0	-
$n$	$x_1$	Швидкість обертання валу	об/хв	150	70	110	40
$d$	$x_2$	Діаметр отворів решітки	$\text{м} \cdot 10^{-3}$	6	3	4,5	1,5
$F$	$x_3$	Сила подачі сировини	Н	15	5	10	5
$\alpha$	$x_4$	Кут ножа	град.	90	30	60	30

Була реалізована полурепліка повного чотирьохфакторного експерименту ( $2^{4-1}$ ) з визначальним контрастом  $x_4 = x_1 x_2 x_3$ . Тому було проведено 8 дослідів з двократною повторністю, які були рандомізовані за допомогою випадкових чисел.

Статистичну обробку даних проводили за методикою, яка наведена в [8].

Дисперсію окремого дослідів  $S_j^2$  відповідно плану експерименту розраховували за формулою:

$$S_j^2 = 2(y_1 - \bar{y}_j)^2. \quad (1)$$

Однорідність дисперсій було перевірено по критеріям Фішера ( $F_p$ )

$$F_p = \frac{S_{max}^2}{S_{min}^2} \quad (2)$$

та Кохрена ( $G_p$ )

$$G_p = \frac{S_{max}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2} \quad (3)$$

Результати експерименту і значення дисперсії кожного дослідження занесені до таблиці 2.

Таблиця 2. – Розрахунок дисперсії для вологозв'язуючої здатності, %

№	Порядок реалізації	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$y_1$	$y_2$	$\bar{y}_1$	$\Delta y_j$	$\Delta y_j^2$	$S_j^2$
1	09, 16	1	1	1	1	65,8	65,02	65,41	0,390	0,152	0,30420
2	14, 10	1	1	-1	-1	65,03	65,13	65,080	-0,050	0,002	0,00500
3	04, 13	1	-1	1	-1	65,2	65,02	65,110	0,090	0,008	0,01620
4	08, 12	1	-1	-1	1	68,57	69,75	69,160	-0,590	0,348	0,69620
5	01, 07	-1	1	1	-1	66,02	65,26	65,640	0,380	0,144	0,28880
6	06, 05	-1	1	-1	1	66,06	66,28	66,170	-0,110	0,012	0,02420
7	11, 15	-1	-1	1	1	65,95	64,85	65,400	0,550	0,302	0,60500
8	02, 03	-1	-1	-1	-1	61,41	62,12	61,765	-0,355	0,126	0,25205
$\sum_{j=1}^8 S_j^2$											2,19165

Розраховане значення критеріїв порівнювали з табличними значеннями при рівні значущості  $\alpha=0,05$  та відповідних числах ступенів свободи для  $f_1$  та  $f_2$  для чисельника і знаменника [9].

Оскільки  $F_p=13,44 < F_{табл}=161$  і розрахункове значення критерію Кохрена не перевищує табличного значення, тобто  $G_p=0,32 < G_{табл}=0,6798$ , то гіпотеза про однорідність дисперсій приймається.

Оскільки дисперсії  $S_j^2$  однорідні, визначали дисперсію параметра оптимізації  $S_y^2$  (дисперсію відтворюваності експерименту), яка має значення 0,274.

За даними таблиці 2 розраховані коефіцієнти регресії при головних чинниках  $b_j$  і вільний член рівняння  $b_0$ .

Для перевірки статистичної значущості коефіцієнтів з урахуванням дисперсії параметра оптимізації  $S_y^2$ , дисперсії коефіцієнтів регресії  $S_{b_i}^2$  визначали величину довірчого інтервалу  $\Delta b_i$ .

Порівняння коефіцієнтів регресії з довірчим інтервалом дозволяє стверджувати, що всі визначені коефіцієнти статистично значущі, оскільки вони більше за довірчий інтервал. У цьому випадку математична модель залежності вологозв'язуючої здатності від контрольованих параметрів має

вигляд:

$$y=65,47+0,72x_1+0,11x_2-0,08x_3+1,07x_4. \quad (4)$$

Для перевірки адекватності отриманого рівняння для кожного рядка матриці 2 знайдені розрахункові значення  $\hat{y}_j$ , що наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 - Дані для обчислення дисперсії адекватності

Номер досліджу	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$\bar{y}_j$	$\hat{y}_j$	$\Delta y = (\bar{y}_j - \hat{y}_j)$	$\Delta y^2$
1	1	1	1	1	65,410	67,29	-1,88	3,5344
2	1	1	-1	-1	65,080	65,31	-0,23	0,0529
3	1	-1	1	-1	65,110	64,93	0,18	0,0324
4	1	-1	-1	1	69,160	67,23	1,93	3,7249
5	-1	1	1	-1	65,640	63,71	1,93	3,7249
6	-1	1	-1	1	66,170	66,01	0,16	0,0256
7	-1	-1	1	1	65,400	65,63	-0,23	0,0529
8	-1	-1	-1	-1	61,765	63,65	-1,885	3,5532
$\Sigma \Delta y^2$								14,7012

Дисперсію адекватності розраховували по формулі:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2}{N - m} \quad (5)$$

Адекватність рівняння перевіряли за допомогою  $F$ - критерію Фішера по формулі:

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} \quad (6)$$

Розраховане значення критерію Фішера дорівнювало 17,88. Це значення порівнювали з табличним значенням  $F_{табл.}$  при  $\alpha = 0,05$ ,  $f_1 = 3$  і  $f_2 = 8$ , який дорівнює 4,07. Оскільки розрахункове значення більше табличного, рівняння (4) неадекватне.

Приймаємо рішення - ввести в рівняння (4) взаємодію чинників:  $x_1x_3$ ,  $x_1x_4$ ,  $x_3x_4$ . У таблиці 4 наведено їх кодовані значення.

Після розрахунку коефіцієнтів регресії взаємодії чинників рівняння має вигляд:

$$y=65,47+0,72x_1+0,11x_2-0,08x_3+1,07x_4-0,85x_1x_3+0,03x_1x_4-1,05x_3x_4 \quad (7)$$

Таблиця 4 – Дані для розрахунку коефіцієнтів регресії адекватного рівняння

№ досліду	Порядок реалізації	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_1x_3$	$x_1x_4$	$x_3x_4$	$\bar{y}_j$	$\hat{y}_j$	$\Delta y$	$\Sigma \Delta y^2$
1	09, 16	1	1	1	1	1	1	1	65,410	65,41	0	0
2	14, 10	1	1	-1	-1	-1	-1	1	65,080	65,080	0	0
3	04, 13	1	-1	1	-1	1	-1	-1	65,110	65,110	0	0
4	08, 12	1	-1	-1	1	-1	1	-1	69,160	69,160	0	0
5	01, 07	-1	1	1	-1	-1	1	-1	65,640	65,640	0	0
6	06, 05	-1	1	-1	1	1	-1	-1	66,170	66,170	0	0
7	11, 15	-1	-1	1	1	-1	-1	1	65,400	65,400	0	0
8	02, 03	-1	-1	-1	-1	1	1	1	61,765	61,765	0	0
$\Sigma \Delta y^2$												0

Оскільки  $\Sigma \Delta y^2 = 0$ , дисперсія адекватності і розрахункове значення критерію Фішера дорівнює нулю, то рівняння (7) адекватне.

Рівняння (7) незручне для практичних розрахунків. Тому, використовуючи формули переходу від кодovаних до натуральних значень чинників ( $N, d, F, \alpha$ ), були визначені вирази кодovаних чинників через їх натуральні значення:

$$x_1 = \frac{N - 110}{40}; \quad x_2 = \frac{d - 4,5}{1,5}; \quad x_3 = \frac{F - 1}{0,5}; \quad x_4 = \frac{\alpha - 60}{30}. \quad (8)$$

Після математичних перетворень рівняння (7) отримали рівняння, що описує залежність вологосв'язуючої здатності фаршу з суміші білого і червоного м'яса курятини (у співвідношенні 1:1) в залежності від умов подрібнення:

$$B33 = 52,41453 + 0,05939N + 0,07208d + 8,75094F + 0,10335\alpha - 0,04266NF + 0,00002N\alpha - 0,07021F\alpha \quad (9)$$

Таким чином, отримані функції регресії в кодovаних та натуральних значеннях варійованих чинників, які адекватно описують вплив їх на параметр оптимізації.

### Список літератури/References

1. Ячнева М.О. Фізико-хімічні та біологічні технології м'яса та м'ясопродуктів / М.О. Ячнева, Л.В. Пешук, О.Б. Дроменко // Навч. пос. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 304 с.
1. Yachneva M.O. (2009), "Physical-chemical and biological meat and meat product production processes", Navch. pos. Izd-vo "Tsentr uchbovoi literatury", p. 304.

2. Агро Вектор Групп. Производство птицекомплексов. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (850 кбайт) // Преимущества куриного мяса. - [Цит. 2012, 10 июля]. – Режим доступа: <<http://agrovect.com>>.
2. Agro Vector Group (2012), Production of integrated poultry farms, available at: <http://agrovect.com> (accessed July 10, 2012).
3. Ліга Бізнес [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (910 кбайт) // Куриный бизнес под европейским соусом. - [Цит. 2012, 25 вересня]. – Режим доступа: <<http://biz.liga.net>>.
3. Liga Business (2012), Chicken business under European sauce, available at: <http://biz.liga.net> (accessed September 25, 2012).
4. Карпенко А. Исследование влияние пищевых добавок на функциональные свойства мясных систем / А. Карпенко, Л.В. Сергеева. – IV Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» 15 февраля – 31 марта 2012 года.
4. Karpenko A. and Sergeeva L.V. (2012), “Study of food additive effect on meat system functional properties”, *IV International Student Electronic Scientific Conference “Student’s Scientific Forum”*, Moscow, February 15 - March 31, 2007.
5. Топольник В.Г. Обґрунтування системи показників якості процесу подрібнення м’ясної сировини / В.Г. Топольник, Н.М. Іванова // Вісник ДонНУЕТ – 2009. -№1 (41). Сер. Технічні науки. – С. 119-123.
5. Topoljnik V.G. and Ivanova N.M. (2009), “Background of quality parameter system for meat raw material grinding process”, *Newsletter of DonNUET*, no.1(41), pp. 119-123.
6. Антипова Л. Г. Методы исследования мяса и мясных продуктов : учеб. и учеб. пособ. для студ. высш. учеб. зав. / Л. Г. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М.: Колос, 2001. – С. 376.
6. Antipova L.G., Glotova I.A. and Rogov I.A. (2001), “Methods of testing of meat and meat products”, *Izd-vo “Kolos”*, p. 376.
7. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. – 280 с.
7. Adler Y.P., Granovskiy Y.V. and Markova E.V. (1976), “Planning of experiment during search of optimal conditions”, *Izd-vo “Nauka”*, p. 280.
8. Топольник В.Г. Визначення оптимальних умов процесу подрібнення білого м’яса курятини (філе) для зменшення енергетичних показників процесу подрібнення / В.Г. Топольник, Н.М. Стукальська // Наукові праці, Випуск №42, том 2. – ОНАХТ. – 2012. - С. 499-504.
8. Topoljnik V.G. and Stukaljska N.M. (2012), “Determination of chicken white meat (filet) grinding process conditions to reduce energy parameters of grinding process”, *Scientific Works ONAKT*, no.42(2), pp. 499-504.
9. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
9. Kobzar A.I. (2006), *Applied Mathematical Statistics. For engineers and scientific workers*, *Izd-vo “Phizmatlit”*, p. 816.