

## ЕКСТРУЗІЙНА ОБРОБКА КУКУРУДЗИ З НЕТРАДИЦІЙНИМИ КОМПОНЕНТАМИ

Шаповаленко О.І., д.т.н, проф., Євтушенко О.О., к.т.н., доц., Почеп В.А.

*Національний університет харчових технологій*

Улянич І.Ф., асп.

*Уманський національний університет садівництва*

*В статті висвітлюється питання використання в якості екструзійних компонентів вичавок виноградних, жому бурякового та картоплі. Наведено показники якості сумішей до та після екструдювання та отримано математичну модель оптимізації процесу*

**Постановка проблеми.** В останні роки в Україні істотно зріс інтерес до сучасних екструзійних технологій. Об'єктивно це пов'язано з необхідністю використання недорогих (власних) і часто «проблемних» ресурсів. Намітилося стійке зростання чисельності невеликих виробництв для переробки зернових та інших тваринних і рослинних компонентів та побічних продуктів їх переробки. Поряд з використанням ферментних препаратів у свинарстві та птахівництві, екструзійна обробка служить багато в чому подібним цілям – поліпшенню якості протеїну кормів, реструктуризації крохмалю й інших полісахаридів, інактивації антипоживних речовин тощо [1].

**Аналіз останніх досліджень.** При термічній та механічній обробці крохмалю не тільки руйнується структура його зерен, але й відбувається деструкція великих молекул полісахаридів, що полегшує їх ферментативну атакваність і зброджуваність, а також суттєво змінює реологічні властивості крохмальних клейстерів. При цьому відбувається, головним чином, деполімеризація амілози і меншою мірою – амілопектину. Внаслідок деструкції знижується здатність крохмалю до клейстеризації [2]. Додаткова механічна обробка, тертя, зрушення в екструдері інтенсифікують процес клейстеризації крохмалю. Гель під впливом високої температури й тиску має значну в'язкість. Під час формування матеріал за доли секунди переходить із зони високого тиску до атмосферного, вода миттєво випаровується, а пара, що включена в масу, утворює у ній пінисту структуру, яка застигає при охолодженні.

Вивчення впливу екструзійної теплової обробки на харчову цінність білка пшеничного борошна та цільнозмеленого зерна показало, що ступінь збереження лізину в білку становить 63-100%. На значення цього показника позитивно впливає збільшення продуктивності екструдера і негативно – підвищення частоти обертання шнека. Біологічна цінність екструдатів борошна після обробки знижувалась, що зумовлено втратами лізину [3, 4].

Ціллю роботи є вивчення ефективності процесу екструдювання зернової суміші кукурудзи.

**Аналіз основних результатів досліджень.** Складні білки у звичайному стані мають вигляд гелів, більш-менш гідратованих, що володіють певною в'язкістю. Під впливом тепла вони коагулюють через зміну міжмолекулярних зв'язків. При короткотривалому високотемпературному процесі складні білки піддаються зрушенню й розтягання, у результаті чого додатково відбуваються розгортання молекул, їхня орієнтація й з'єднання у волокна.

Розглянуті вище модельні процеси ніколи не здійснюються в чистому виді у виробництві, тому що вихідна сировина для екструзії завжди є сумішшю різних компонентів: полісахаридів (крохмаль), протеїнів (клейковина), ліпідів, мінеральних речовин й інших добавок. Тому фізико-хімічні, біохімічні процеси, що протікають при термопластичній екструзії мас - це сумарний ефект впливу вихідної сировини, технологічних параметрів і конструктивних особливостей екструдерів. Так, запропонована нами параметрична схема впливу різних факторів на процес екструдювання зернової суміші кукурудзи, жому бурякового, вичавок виноградних та картоплі, показана на рис. 1.

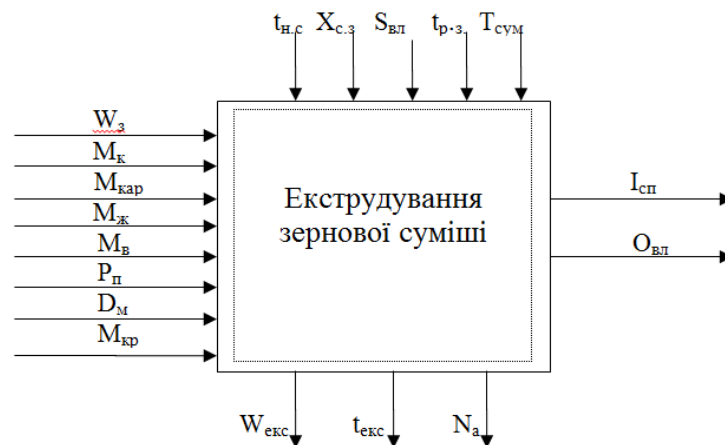


Рис. 1 – Параметрична схема математико-статистичної моделі

Умовні позначення:

$W_z, W_{екс}$  – середньозважена вологість зернової суміші та екструдату, %;

$M_k, M_{кар}, M_{ж}, M_{в}$  – вміст в суміші зерна кукурудзи, картоплі, жому бурякового та вичавок виноградних відповідно, %;

$R_p$  – інтенсивність подачі продукту в робочу камеру екструдера, од. приладу живильника;

$D_m$  – діаметр отворів матриці екструдера, мм;

$M_{кр}$  – масова частка крохмалю в зерні, %;

$t_{н.с}, t_{р.з}, t_{екс}$  – температура навколишнього середовища, робочої зони та екструдату відповідно, °С;

$X_{с.з}$  – хімічний склад зернової суміші, %;

$S_{вл}$  – структурно-механічні властивості зерна;

$T_{сум}$  – тривалість знаходження суміші в робочій зоні екструдера, с;

$I_{сп}$  – індекс спучення екструдованого продукту;

$O_{вл}$  – органолептичні властивості екструдату;

$N_a$  – навантаження на електродвигун екструдера, А.

Для визначення оптимального складу суміші нами було використано математичне моделювання і оптимізація процесу екструдювання кукурудзи з овочевими компонентами. Враховуючи відносну легкість визначення та об'єктивність відображення результатів процесів, що протікають при екструдюванні, за критерій оптимальності було прийнято індекс спучення екструдюваного продукту.

Для проведення дослідів склали план з відповідною матрицею планування експерименту, з вказаною кількістю дослідів та інтервалом варіювання факторів. Рівні факторів і інтервал варіювання представлений у таблиці 1.

План повного факторного експерименту у натуральних змінних наведений в табл. 2. У восьми сумішах було внесено кукурудзу, жом буряковий в кількості 1% та 10%, вичавки виноградні 1% та 10%, картоплю 1% та 10% від загальної маси суміші.

Таблиця 1 – Вихідні дані

Назва	Позначення	Фактори, що досліджуються		
		$X_1(M_{ж}), \%$	$X_2(M_{кар}), \%$	$X_3(M_{в}), \%$
Нульовий рівень	$X_i^0$	5,5	5,5	5,5
Інтервал варіювання	$\lambda$	4,5	4,5	4,5
Верхній рівень	$X_i^+$	10	10	10
Нижній рівень	$X_i^-$	1	1	1

Таблиця 2 – Співвідношення компонентів суміші, кг (%)

Номер суміші	Жом буряковий	Картопля	Вичавки виноградні	Кукурудза
1	0,05 (1%)	0,05 (1%)	0,05 (1%)	4,85 (97%)
2	0,50 (10%)	0,05 (1%)	0,05 (1%)	4,40 (88%)
3	0,05 (1%)	0,50 (10%)	0,05 (1%)	4,40 (88%)
4	0,50 (10%)	0,50 (10%)	0,05 (1%)	3,95 (79%)
5	0,05 (1%)	0,05 (1%)	0,50 (10%)	4,40 (88%)
6	0,50 (10%)	0,05 (1%)	0,50 (10%)	3,95 (79%)
7	0,05 (1%)	0,50 (10%)	0,50 (10%)	3,95 (79%)
8	0,50 (10%)	0,50 (10%)	0,50 (10%)	3,50 (70%)

Для подальшої оцінки ефективності процесу екструдювання за коефіцієнтом спучування нами були проведені попередні дослідження по підборі оптимальної матриці екструдера. Однією з основних конструктивних особливостей екструдера є діаметр отвору матриці. Змінювали його шляхом використання різних філь'єр, що входять до комплекту екструдера ПЕК-40, вимірювали тиск що створював продукт в матриці. Результати досліджень наведено на рисунку 1. Вихідною сировиною в дослідженнях була суміш зерна кукурудзи з вичавками виноградними, буряковим жомом і картоплею (табл. 2) при середньозваженій вологості суміші відповідно 16%, 20 та 24%.

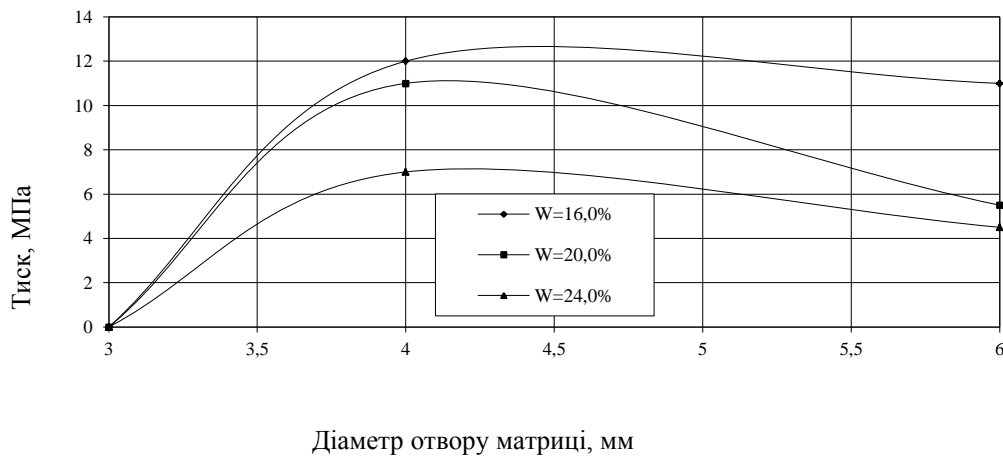


Рис. 2 – Залежність тиску в матриці екструдера від діаметру вихідного отвору

При діаметрі отвору 3 мм (рис. 2) відбувалось забивання отвору матриці продуктом, очевидно, за рахунок значного перевищення продуктивності шнека над продуктивністю матриці екструдера. На графіку тиск при цьому зображений умовно дорівнюючим нулю, хоча насправді він зростає до максимального критичного значення, що призводить до заклинювання шнеку та запікання продукту, тому в умовах експерименту він не вимірювався. Таким чином встановлено, що максимального робочого тиску можливо досягнути при діаметрі отвору матриці 4...5 мм. В подальшому дослідження проводились з використанням філь'ери, діаметр отвору якої відповідає 4 мм.

Коефіцієнт спучування – це відношення діаметру ексудату до діаметру отвору матриці. Середньозважена початкова вологість сумішей, екструдату та коефіцієнт спучування наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Показники якості сумішей та екструдату

Номер суміші	Вологість суміші, %	Вологість екструдату, %	Коефіцієнт спучування
1	15,2	9,0	3,81
2	20,1	13,3	2,05
3	20,2	11,6	2,82
4	25,1	12,3	1,95
5	14,5	8,3	2,49
6	19,5	11,6	2,32
7	19,6	11,1	2,11
8	24,5	13,0	1,87

Дослідженнями встановлено (табл. 3), що найменший коефіцієнт спучування був при екструдванні суміші, яка мала вміст овочевих продуктів у кількості 10%. Величина коефіцієнту спучування становила 1,87. Коефіцієнти спучування 1,95 був у екструдату, який мав вміст жому 10 %, картоплі – 10%, а вичавок виноградних сухих – 5%. Із зменшенням вмісту жому коефіцієнт спучування зростає від 2,05 до 2,82. Найбільший коефіцієнт спучування був у екструдованій суміші із вмістом овочевих продуктів 1 % кожного, який становив 3,81.

Наведені результати досліджень вказують на те, що процес екструдуювання краще відбувається при вологості суміші 15,2%, при цьому значенні вологості коефіцієнт спучування був найвищим (3,81). Співвідношення компонентів суміші впливають також на показники ефективності процесу екструдуювання. Так при вологості суміші 14,5% із вмістом 10% вичавок виноградних сухих та по 1% картоплі і бурякового жому коефіцієнт спучування нижчий (2,49) ніж при вологості 15%. Це свідчить про багатофакторність процесу екструдуювання вказаних сумішей. Крім того, якість екструдату напряму залежить від вологості вихідної суміші, тобто від кількості доданих овочевих компонентів. Також від цього залежить і вологість кінцевого продукту.

Після проведення експерименту, який складався з восьми дослідів у трьох повторностях кожен було визначено, що дисперсії вихідного параметру в паралельних дослідах є однорідними, тобто розрахункове рівняння регресії буде відтворюваним, оскільки табличне значення критерію Кохрена  $G_{кр} = 0,8159$  для значень ступеня свободи ( $f_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2$ ,  $f_2 = N = 8$ ) та для рівня значущості ( $\alpha = 0,05\%$ ) є більшим за розрахункове значення  $G_p = 0,408$ .

Після оцінювання значущості коефіцієнтів рівняння регресії, що характеризують лінійні ефекти та ефекти парної лінійної взаємодії та вилучення несуттєвих коефіцієнтів отримали рівняння регресії в кодованих значеннях величин у формі поліному першого порядку:

$$y = 2,435 - 0,37x_1 - 0,2475x_2 - 0,235x_3 + 0,1025x_1x_2 + 0,27x_1x_3 - 0,118x_1x_2x_3.$$

При цьому табличне значення критерію Фішера дорівнює  $F_T=3,01$  ( $\alpha = 0,05$ ;  $f_1 = N - d = 2$ ,  $f_2 = N(m - 1) = 8(3 - 1) = 16$ ), що є більшим за розрахункове  $F_p= 0,3237$ , тобто можна зробити висновок, що отримане рівняння регресії є адекватним дослідженому процесу.

Після переходу до натуральних значень, рівняння регресії має вигляд:

$$Y = 3,68 - 0,24X_1 - 0,15X_2 - 0,061X_3 + 0,02X_1X_2 + 0,002X_1X_3 - 0,002X_1X_2X_3.$$

**Висновки.** Таким чином, в результаті проведених досліджень та виконаних розрахунків отримано математичну модель залежності коефіцієнту спучування екструдату від різного відсоткового введення компонентів в суміш в межах їх варіювання від 1% до 10% кожного. Обчислено похибку результатів, яка дорівнює 4,8%. Розроблені попередні рекомендації по використанню нетрадиційних компонентів в складі кормів, що дозволить в подальшому переробляти їх у фермерських господарствах або в промислових масштабах при виготовленні кормів для сільськогосподарських тварин.

## Список використаних джерел

1. Афанасьев В.А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002 - 296 с.
2. Правила організації і ведення технологічних процесів на комбікормових виробництвах. – К.: “Віпол”, 1998. - 219 с.
3. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудова-

ние / Под ред. А.Н.Богатырева, В.П.Юрьева. - М.: Ступень, 2000.

4. Юрьев В.П., Богатырев А.Н. Физико-химические основы получения экструзионных продуктов на основе растительного сырья // Вестник сельскохозяйственной науки, 1991. – №12.

#### **Аннотация**

### **ЭКСТРУЗИОННАЯ ОБРАБОТКА КУКУРУЗЫ С НЕТРАДИЦИОННЫМИ КОМПОНЕНТАМИ**

Шаповаленко А.И., Евтушенко А.А., Почеп В.А. Улянич И.Ф.

*В статье раскрыт вопрос использования в качестве компонентов для экструдирования выжимок виноградных, жома свекловичного и картофеля. Приведены показатели качества смесей до и после экструдирования, а также получено математическую модель оптимизации процесса*

#### **Abstract**

### **EXTRUSIVE PROCESSING OF CORN WITH NONCONVENTIONAL COMPONENTS**

O. Shapovalenko, A. Yevtushenko, V. Pochep, I. Ulyanych

*In article the question of use as components for extruding of a residue grape, a press beet and potatoes is opened. Indicators of quality of mixes before extruding are given, and also is received mathematical model of optimization of process*