

## ВИЗНАЧЕННЯ КРУПНОСТІ ЗЕРНОВОЇ ТА ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ ПІСЛЯ ЇЇ ПОДРІБНЕННЯ

**Олег Шаповаленко, д.т.н., професор, Олег Євтушенко, к.т.н., доцент, Маргарита Кожевнікова, аспірант**  
(Національний університет харчових технологій)

*В статті наведені результати експериментальних досліджень процесу подрібнення зернової та олійної сировини, а також їх сумішей у різних співвідношеннях. Отримані результати, дали змогу розрахувати модуль крупності продуктів подрібнення, встановити вид помелу. Також в статті наведено результати подрібнення соняшнику та кукурудзи при зміні їх вологості.*

**Постановка задачі.** Із усього різноманіття існуючих способів переробки кормів найбільше застосування одержала механічна технологія готування кормів, у якій найпоширенішим і важливим процесом є подрібнення, обумовлене зоотехнічними вимогами відгодівлі тварин.

У результаті подрібнення сировини утворюються безліч часток з високорозвиненою поверхнею, що сприяє прискоренню процесів травлення і підвищенню засвоюваності поживних речовин. Вологість сировини суттєво впливає на ступінь подрібнення сировини.

**Мега досліджень.** Встановити вплив зміни вологості зернової, олійної сировини та їх співвідношення в сумішах на модуль крупності продукту.

**Основні матеріали досліджень.** Сировиною для дослідження було обрано насіння соняшнику (ДСТУ 4694:2006), зерно кукурудзи (ДСТУ 4525:2006).

Вологість зерна кукурудзи та насіння соняшника визначали методом висушування у сушильній шафі СЕШ-3М за температури 130 °С впродовж 40 хв. з моменту встановлення температури за ДСТУ ISO 6496:2005 «Корми для тварин. Визначення вмісту вологи та інших легких речовин (ISO 6496:1999, IDT)»[1].

Сушіння сировини проводилось на сушарки марки Zelmer FD1001 при температурі 60 °С, протягом 75 хв.

Характеристика сушарки: матеріал лотків – пластик; загальний об'єм – 11 л; потужність – 520 Вт; Управління – електронне[2].

Подрібнення проводилось на лабораторному млині ЛМ-2.

Крупність розмелу визначали просіюванням 100 г наважки на наборі сит з отворами діаметром 1, 2, 3 та 5 мм з подальшим зважуванням отриманих сходів із кожного сита з точністю до 0,1 г, після чого розраховували модуль крупності[3].

**Результати досліджень.** На першому етапі досліджень було проведено подрібнення насіння соняшника та зерна кукурудзи при зміні їх вологості, та отримано результати кривих сушіння. Результати досліджень наведено на рис. 1.

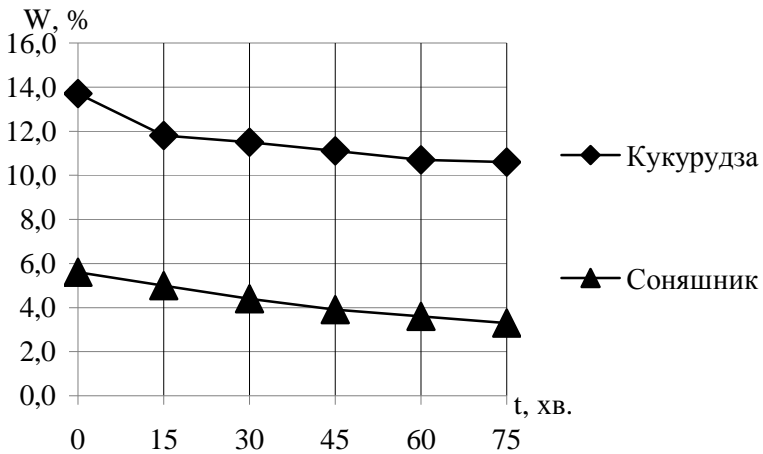


Рис.1 Криві сушіння сировини при температурі 60°C

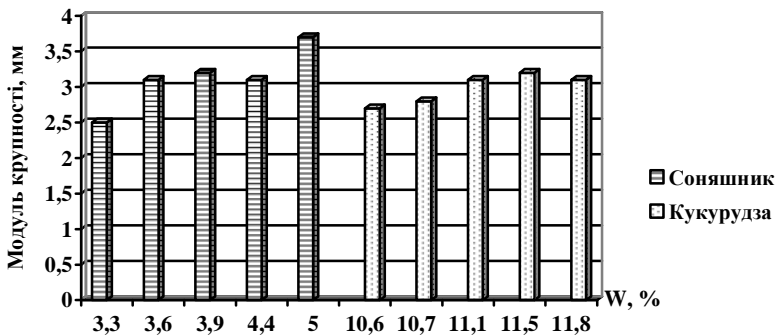


Рис.2 Модуль крупності при змінні вологості сировини

Аналіз результатів досліджень наведений на рис. 1 та 2, свідчить, про те, що починаючи з найвищої точки, вологість сировини зменшується при збільшенні часу сушіння. Вологість зерна кукурудзи з початкової 11,8 % знизилась до 10,7 %, а ступінь подрібнення при тривалості сушіння від 15 хв. до 45 хв. коливався в межах 3,1...3,2 мм. При сушінні сировини на протязі 60...75 хв. модуль крупності після подрібнення зменшився до 2,8...2,7 мм. В порівнянні з початковими даними ступінь подрібнення зерна кукурудзи після її сушіння збільшився з 1,7 мм до 2,7...3,1 мм в залежності від зміни вологості зерна.

Аналіз результатів досліджень, що наведені на рис. 1 та 2, свідчить, про те, що починаючи з найвищої точки, вологість сировини зменшується при збільшенні часу сушіння. Вологість насіння соняшника з початкової 5,0 % знизилась до 3,3 %, а модуль крупності після подрібнення при тривалості сушіння від 15 хв. до 45 хв. коливався в межах 3,7...3,2 мм. Після сушіння сировини на протязі 60...75 хв. модуль крупності після подрібнення зменшився до 2,5 мм. В порівнянні з початковими даними, крупність сировини при сушінні та подальшому подрібненні збільшилась від 2,0 мм до 2,5...3,7 мм.

Після сушіння зерна кукурудзи та насіння соняшника ступінь їх подрібнення зростає, це свідчить про те, що при низькій вологості помел сировини змінився від середнього до крупного. Характерним є те що, при вологості 5,6 % насіння соняшника його початкова крупність становить 2,0 мм, при його сушінні на протязі 15 хв. кінцева вологість становить 5,0 %, а ступінь подрібнення – 3,7 мм. Зерно кукурудзи при вологості – 13,7 % мало початкову крупність – 1,7мм, а після сушіння на протязі 15 хв. цей показник після подрібнення збільшився до 3,1 мм.

На другому етапі досліджень було проведено подрібнення зернової сировини та їх сумішей без зміни їх початкової вологості. Результати подрібнення наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати подрібнення зернової сировини

Назва продуктів	Маса сходових продуктів, г					Механічні втрати, г
	5 мм	3 мм	2 мм	1 мм	Піддон	
Соняшник 100 %	2,7	19,1	23,0	25,3	28,5	0,4
Льон 100 %	0	0	21,9	45,2	31,4	0,5
Кукурудза 100 %	0,6	9,8	20,9	38,4	29,7	0,6

Продовження табл. 1

Соняшник-льон 50/50 %	1,0	11,1	20,0	35,1	31,8	1,0
Соняшник-кукурудза 50/50 %	1,3	16,5	20,4	27,1	34,5	0,2
Кукурудза-льон 50/50 %	0,2	5,5	19,9	37,5	36,5	0,4
Кукурудза-льон- соняшник 33/33/33 %	0,7	10,0	18,5	33,2	36,2	1,4

Аналіз результатів досліджень, наведених в табл. 1, свідчить про те, що ефективність подрібнення насіння льону в порівнянні з іншими зразками є найбільшою (маса проходу сита з отворами діаметром 3 мм становить 99,5 г).

Отримані результати (табл. 1), дали змогу також розрахувати модуль крупності продуктів подрібнення, який свідчить про середній розмір частинок, використовуючи формулу 1:

$$X = \frac{X_0 \cdot \frac{d_1}{2} + X_1 \cdot \frac{d_1 + d_2}{2} + \dots + X_{n-1} \cdot \frac{d_{n-1} + d_n}{2}}{\sum_{i=0}^n X_i}, \text{ мм} \quad (1)$$

де  $X_0$  – прохід через сито з мінімальним розміром отворів, г,  
 $X_{1,2,n}$  – залишок на ситах з діаметром отворів  $d_1, d_2, d_n$   
 відповідно, г.

Модуль крупності прогнозований визначався як середнє арифметичне значення отриманих експериментальних даних при подрібненні 100 % сировини в залежності від її співвідношення в суміші. Результати досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Модуль крупності продуктів подрібнення

Назва продуктів	Модуль крупності, мм	
	Розрахунковий	Експериментальний
Соняшник 100 %	-	2,0
Льон 100 %	-	1,4
Кукурудза 100 %	-	1,7
Соняшник-льон 50/50 %	1,7	1,7

*Продовження табл. 2*

Соняшник-кукурудза 50/50 %	1,9	1,8
Кукурудза-льон 50/50 %	1,6	1,5
Кукурудза-льон- соняшник 33/33/33 %	1,7	1,6

Модуль крупності для соняшника, льону та кукурудзи відповідно становив 2,0 мм – крупний помел; 1,4 мм і 1,7 мм – середній помел. При порівнянні розрахункових та фактичних значень можна відзначити, що розрахунковий модуль крупності та експериментальний співпали лише для суміші соняшник-льон 50/50 % (1,7 та 1,7 мм), що може бути пояснене 1 % механічними втратами (табл. 1).

При подрібненні всіх інших сумішей спостерігається позитивна динаміка щодо зменшення фактичного модуля крупності на 0,1 мм. При створенні початкової суміші соняшник-кукурудза 50/50 % з подальшим її подрібненням було досягнути значення модуля крупності 1,8 мм, характерного для середнього помелу, на відміну від розрахункового 1,9 мм (крупний помел).

Таким чином, за результатами контролю якості подрібнення олійної та зернової сировини можна рекомендувати створення попередніх зернових сумішей з подальшим їх подрібненням до необхідних параметрів.

На другому етапі досліджень було проведено подрібнення насіння соняшника та зерна кукурудзи при зміні їх вологості. Результати досліджень наведено на рис. 3.

Аналіз результатів досліджень, які наведені на (рис.3) свідчить про те, що при збільшенні вологості від початкової 6,4 % до 9,4 % ступінь подрібнення соняшника зростає від 2,0 мм до 3,0 мм, що можна пояснити більшою пластичністю оболонки та ядра. Всі чотири зразки належать до крупного помелу.

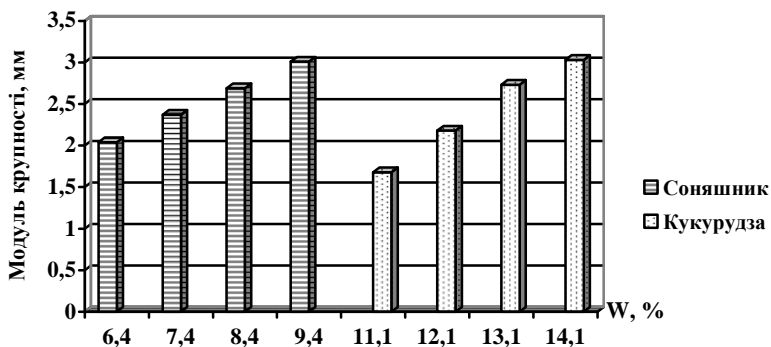


Рис.3. Середньозважений розмір частинок насіння соняшника та зерна кукурудзи

Подібні результати досліджень модуля крупності було отримана і для зерна кукурудзи (рис.3). Для неї середньозважений розмір частинок змінювався від 1,7 мм до 3,0 мм, при збільшенні вологості від 11,1 % до 14,1 %. Таким чином, помел зерна кукурудзи змінився з середнього (модуль крупності 1,7 мм) до крупного (модуль крупності 3,0 мм).

Для ефективнішого процесу змішування сумішей необхідним фактором є подібність компонентів за крупністю, тому можна рекомендувати для суміші соняшник-кукурудза 50/50 % попереднє подрібнення насіння соняшнику при вологості 9,4 % та зерна кукурудзи при вологості 14,1 %, оскільки при цьому модуль крупності для кожного з них дорівнюватиме 3,0 мм.

**Висновки:** Ступінь подрібнення для соняшника, льону та кукурудзи відповідно становив 2,0 мм – крупний помел; 1,4 мм і 1,7 мм – середній помел.

При створенні початкової суміші соняшник-кукурудза 50/50 % з подальшим її подрібненням було досягнуто значення модуля крупності 1,8 мм, характерного для середнього помелу, на відміну від розрахункового 1,9 мм (крупний помел).

Таким чином, за результатами проведених досліджень подрібнення олійної і зернової сировини можна рекомендувати створення попередніх зернових сумішей з подальшим їх подрібненням до досягнення модуля крупності на рівні 3,0 мм для

насіння соняшнику з вологістю 9,4 % (на загальну масу), а для зерна кукурудзи – 14,1 %.

### **Список література:**

1. Бойко, Ю. І. Дослідження процесу подрібнення зернових продуктів і розроблення нової конструкції кулькового подрібнювача : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Бойко Юрій Іванович ; НУХТ. - К., 2006. - 20 с.

2. Електронний ресурс: <http://m.ua/desc/zelmer-fd1001/>.

3. Сімахіна Г. О. Підвищення біодоступності нутрієнтів зерна шляхом механоактивування / Г. О. Сімахіна, О. М. Корихалова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. пр. – 2009. – Вип. 2(10). – С. 431–435.

### **Аннотация**

#### **«ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРУПНОСТИ ЗЕРНОВОГО И МАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ ПОСЛЕ ИХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ»**

*В статье приведены результаты экспериментальных исследований процесса измельчения зернового и масличного сырья, а также их смесей в различных соотношениях. Полученные результаты, дали возможность рассчитать модуль крупности продуктов измельчения, установить вид помола. Также в статье приведены результаты измельчения подсолнечника и кукурузы при изменении их влажности.*

### **Annotation**

#### **DEFINITION THE PARTICLE SIZE GRAIN AND OILSEEDS AFTER GRINDING**

*The article presents the results of experimental studies of the process of grinding grain and oilseeds, as well as mixtures in different proportions. The results helped to calculate the size of the products grinding module, set the type of comminution. Also in the article results crushing sunflower and corn at change of humidity.*