

Лущення зерна ячменю

Харченко Є.І., канд. техн. наук, Шаран А.В., канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

В статті наведено результати досліджень процесу лущення зерна ячменю. Показано вплив вологості та швидкості обертання робочого органу лущильника на індекс лущення; зміну зольності ядра та оболонки під час лущення. Наведено результати дослідження впливу навантаження на лущильник та індексу лущення.

Ключові слова: ячмінь, лущення, вологість, оболонки, зольність, навантаження

В статье приведены результаты исследования процесса шелушения зерна ячменя. Показано влияние влажности и скорости вращения рабочего органа шелушителя на индекс шелушения; изменения зольности ядра и оболочек во время шелушения. Приведены результаты исследования влияния нагрузки на шелушитель и индекса шелушения.

Ключевые слова: ячмень, шелушение, влажность, оболочки, зольность, нагрузка

The article presents the results of the investigation of the process of peeling of barley grain. The influence of humidity and speed of rotation of the debris body on the peeling index is shown; changes in the ash content of the core and shells during peeling. The results of the study of the influence of the load on the peeler and the index of peeling are presented.

Keywords: barley, peeling, moisture, shells, ash content, load

Крупи – один із цінних продуктів масового споживання. Вироби із різних видів крупи володіють високою калорійністю, засвоюваністю, смаковими властивостями та іншими споживчими якостями. Із зерна ячменю виробляють перлову і ячну крупи, які мають широке розповсюдження на території України. Ячмінь ззовні вкритий квітковою плівкою, яка щільно зрослася із плодовими оболонками. Під ними знаходяться тонкі насінневі оболонки, які вкривають алейроновий шар із двох-трьох рядів товстих стінок. Оболонки, які вкривають зерно ячменю щільно з'єднані з ендоспермом, тому потребують великих зусиль для їх відділення [1] їх від ендосперму. Плівчастість зерна ячменю коливається в межах від 8 до 15 % [3].

Лущення зерна – одна із основних операцій в технології круп'яного виробництва, від досконалості якої залежить вихід та якість крупи. Ячмінь лущать як правило в оббивальних машинах із абразивною поверхнею або в лущильно-шліфувальних машинах типу А1-ЗШН [1, 3].

Моделювання технологічного процесу переробки зерна в крупи залишається актуальною науковою проблемою із-за своєї складності та відсутності функції лущення зернових культур. Математичний опис технологічного процесу можливий на основі індексу лущення.

Лущення зерна ячменю здійснювали в лабораторному лущильнику УЛЗ-1 (рисунок 1) періодичної дії, змінюючи вологість наважки зерна ячменю масою 100 г в межах від 13,1 % до 16,0 % та швидкість обертання робочого органу від 25

с^{-1} (1500 об/хв) до 2500 об/с $41,6 \text{ с}^{-1}$ (2500 об/хв), а також тривалість лушення від 10 до 100 с. Ефективність лушення визначали за індексом лушення, який розраховується за формулою 1. За фізичним змістом індекс лушення показує вихід оболонки під час лушення.

$$I_{\text{л}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

де, m_1, m_2 – відповідно маса зерна до та після лушення, г.



Рис. 1. Загальний вид лабораторного лущильника УЛЗ-1

Після лушення здійснювали розбирання лущених зерен та частково лущених зерен, зважували на електронних вагах та розраховували індекс лушення.

Вологість зерна ячменю визначали за ГОСТ 13586.5-93 «Зерно. Метод определения влажности», шляхом висушування подрібненої наважки зерна масою 5 г на протязі 40 хв. в сушильній шафі СЕШ-3М при температурі $130 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Вологість зерна змінювали шляхом додавання до зерна розрахованої кількості води, яку розраховували за формулою:

$$G_{\text{в}} = G_{\text{з}} \left(\frac{100 - W_0}{100 - W_p} - 1 \right), \quad (2)$$

де, $G_{\text{в}}, G_{\text{з}}$ – відповідно маса води та маса зерна, кг; W_0, W_p – відповідно вологість зерна початкова та задана, %.

Після зволоження зерна проводили відлежування на протязі доби після чого проводили лушення при різних режимах обробки.

Зольність зерна продуктів лушення визначали за ГОСТ 10847-74 «Зерно. Методы определения зольности», шляхом спалювання подрібненої наважки масою 1 г у муфельній пічі при температурі $600 \dots 900 \text{ }^{\circ}\text{C}$ на протязі 4 год.

Вплив завантаження лущильника УЛЗ-1 на індекс лушення визначали наступним чином: наважки 40, 80, 120, 160 та 200 г лушили на протязі 25 с. Після чого визначали кількість відокремлених оболонки і розраховували індекс лушення за формулою 1. Швидкість обертання абразивних кругів лущильника становила 25 с^{-1} , натура зерна ячменю становила 657 г/л, вологість – 12,6 %.

В результаті проведених досліджень встановлено, що існує лінійна залежність між тривалістю лушення та індексом лушення незалежно від вологості

ячменю та швидкості обертання робочого органу луцильника. Результати досліджень наведено на рис. 2.

Із даних рис. 2 можна бачити, що найменші значення індексу луцення отримано при вологості 13,1 %, що відповідає сухому стану зерна та швидкості обертання робочого органу луцильника 25 с^{-1} , що свідчить про значний опір зерна ячменю процесу стирання оболонок. При збільшенні тривалості луцення з 10 до 100 с індекс луцення збільшився на 14,7 % з 2,08 % до 16,8 %. Із збільшенням вологості ячменю до 16,0 % та при усьх інших рівних умовах (тривалість луцення збільшувалася з 10 до 100 с, швидкість обертання робочого органу луцильника 25 с^{-1}) індекс луцення збільшився на 17,7 %, а саме з 2,0 % до 19,7 %. Таким чином, вологість зерна значно впливає на інтенсивність луцення.

При збільшенні швидкості обертання робочого органу луцильника з 25 с^{-1} до $41,6 \text{ с}^{-1}$, при луценні ячменю в сухому стані з вологістю 13,1 % та при зміні тривалості луцення з 10 до 100 с, індекс луцення збільшився на 19,0 % від 4,3 % при тривалості луцення 10 с і до 23,4 % при тривалості луцення 100 с.

Із даних рис. 2 видно, що найбільші значенні індексу луцення отримано при вологості 13,1 % та швидкості обертання робочого органу луцильника $41,6 \text{ с}^{-1}$. Збільшення вологості ячменю з 13,1 % до 16,0 % при цій самій швидкості обертання робочого органу луцильника навпаки призвело до зниження індексу луцення в середньому на 2,3 %. Наведені дані свідчать про те, що підвищення швидкості обертання робочого органу луцильника не завжди призводить до збільшення ефективності луцення.

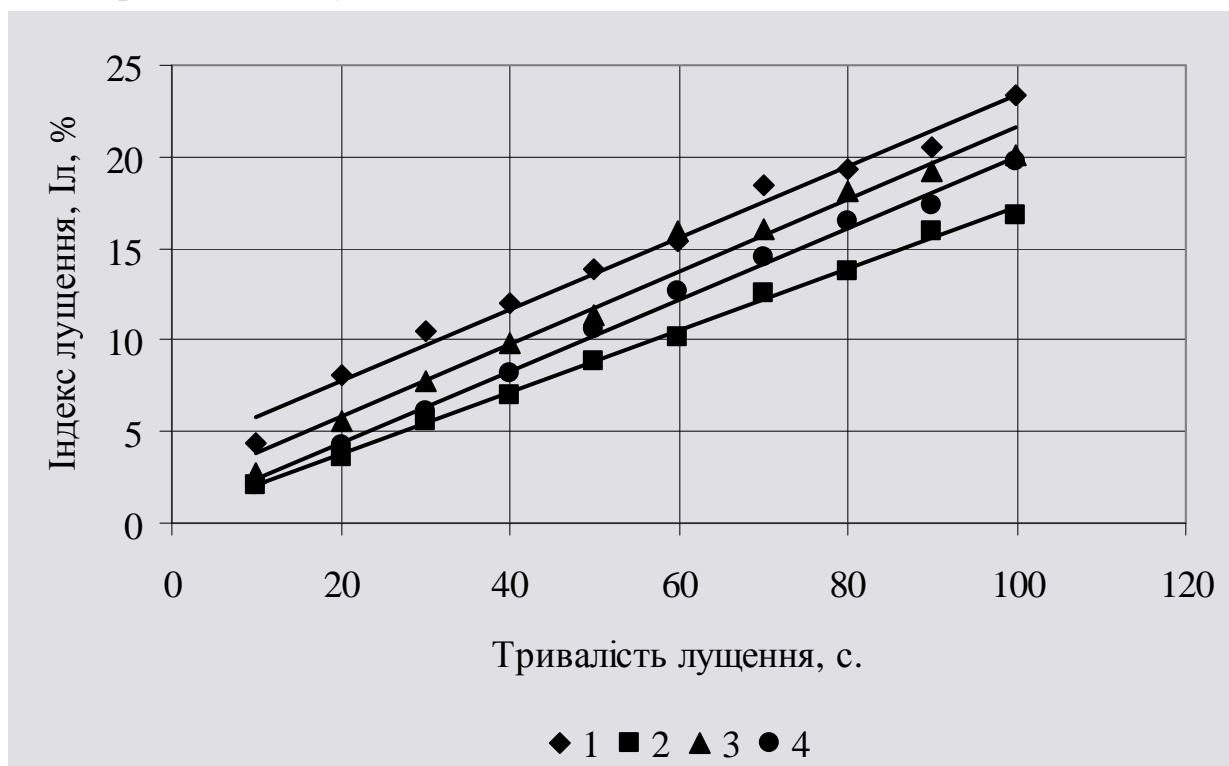


Рис. 2. Кінетика луцення зерна ячменю в залежності від вологості зерна та швидкості обертання робочих органів луцильника УЛЗ-1:

1- вологість ячменю $W=13,1 \%$, швидкість обертання робочого органу $41,6 \text{ с}^{-1}$ об/хв;

2- вологість ячменю $W=13,1 \%$, швидкість обертання робочого органу 25 с^{-1} об/хв;

3- вологість ячменю $W=16,0$ %, швидкість обертання робочого органу $41,6$ с^{-1} об/хв;

4- вологість ячменю $W=16,0$ %, швидкість обертання робочого органу 25 с^{-1} об/хв.

Прямі, які наведено на рис. 2 описуються наступними залежностями:

$$I_1 = 0,196t + 3,8 \quad (3)$$

$$I_2 = 0,168t + 0,38 \quad (4)$$

$$I_3 = 0,197t + 1,8 \quad (5)$$

$$I_4 = 0,196t + 0,39 \quad (6)$$

де, I_i – індекс лушення при відповідних параметрах, %; t – тривалість лушення, с.

Аналіз коефіцієнтів рівнянь 1...4 показує, що коефіцієнти нахилу прямих мають близькі значення. Це є підтвердженням того, що прямі прагнуть до паралельності. Це може слугувати підтвердженням того, що процес лушення ячменю протікає однаково як при зміні обертання робочого органу лушильника так і зміні вологості зерна. Незначні відхилення між коефіцієнтами є результатом впливу неврахованих факторів та точності методу вимірювання.

В таблиці 1 наведено коефіцієнти кореляції та детермінації, а також стандартне відхилення експериментальних даних від розрахункових прямих.

Таблиця 1. Коефіцієнти кореляції та стандартне відхилення

№ рівняння	Коефіцієнт кореляції, R	Коефіцієнт детермінації, R^2	Стандартне відхилення, S
1	0,98	0,97	0,77
2	0,99	0,99	0,27
3	0,98	0,97	1,0
4	0,99	0,99	0,38

Великі значення коефіцієнтів кореляції свідчать про тісний зв'язок досліджуваних ознак. Високе значення коефіцієнту детермінації свідчить, про високу міру якості регресійних рівнянь, які описують зв'язок між тривалістю лушення та індексом лушення. Стандартне відхилення показує, що відхилення експериментальних даних від математичних залежностей лежить в межах від 0,38 % до 1,0 %, тобто в межах 1,0 %.

Проведені дослідження показали, що зволоження зерна ячменю позитивно позначається на ефективності лушення при швидкості обертання робочого органу лушильника 25 с^{-1} , але лушення вологого зерна ячменю при швидкості обертання $41,6$ с^{-1} мало зворотній технологічний ефект. Найкращі результати лушення виявлено при тривалості лушення 100 с, за цієї тривалості лушення зерно ячменю майже повністю звільняється від оболонки, незначна кількість оболонки залишається в борізці. Підвищення швидкості обертання робочого органу лушильника також призводить до збільшення індексу лушення за умови лушення сухого зерна ячменю. Усі ці умови можна віднести до режимів лушення ячменю.

Якщо індекс лушення показує кількісну сторону процесу, то зміна зольності ядра та оболонки показує якісну сторону процесу лушення зерна ячменю. Дослідження зміни зольності ядра та оболонки від тривалості лушення

виявили лінійний спадний характер залежності. Результати досліджень наведено на рис. 3. Поступове зниження зольності ядра свідчить про зниження вмісту високозольних оболонок. В той час поступове зниження зольності оболонок є результатом стирання периферійних частин ядра з меншим вмістом зольних елементів. Під час лущення ядро стирається, поступово переходячи до складу оболонок, тим самим знижуючи зольність оболонок. Підтвердженням цього процесу переходу зольних елементів з одних продуктів в другі є паралельність двох прямих на рис. 3, а також результатом спадного характеру обох прямих. Зольність ядра знижувалася з 4,35 % до 2,74 %, а зольність оболонок знижувалася з 7,77 % до 5,92 %.

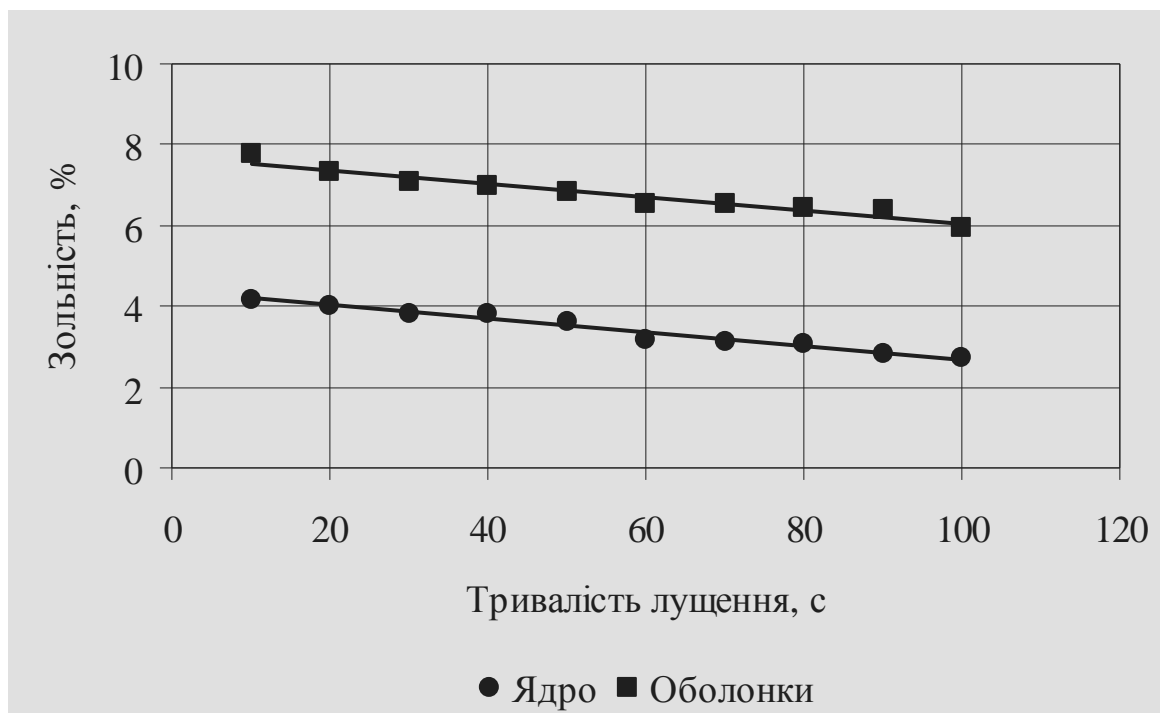


Рис. 3. Зміна зольності ядра та оболонок в процесі лущення зерна ячменю

Прямі на рис. 3 описуються лінійними рівняннями:

$$z_{я} = -0,0167t + 4,355 \quad (7)$$

$$z_{о} = -0,0169t + 7,709 \quad (8)$$

де, $z_{я}$, $z_{о}$ – відповідно зольність ядра та оболонкових продуктів, %; t – тривалість лущення, с.

Аналіз коефіцієнтів рівнянь 5 та 6 показує, що коефіцієнти, які відповідають за нахил прямих до осі x дуже близькі (0,0167 та 0,0169) і тому прямі можна вважати паралельними. Вільні члени рівнянь є величинами, які характеризують зольність продуктів в початковий момент часу.

На індекс лущення впливає також кількість зерна, яка знаходиться в лущильну машину. Дані рис. 4 свідчать, що збільшення маси зерна, яке завантажено в лущильник призводить до збільшення індексу лущення за криволінійною залежністю. Коефіцієнт кореляції дослідних даних становить 0,99.

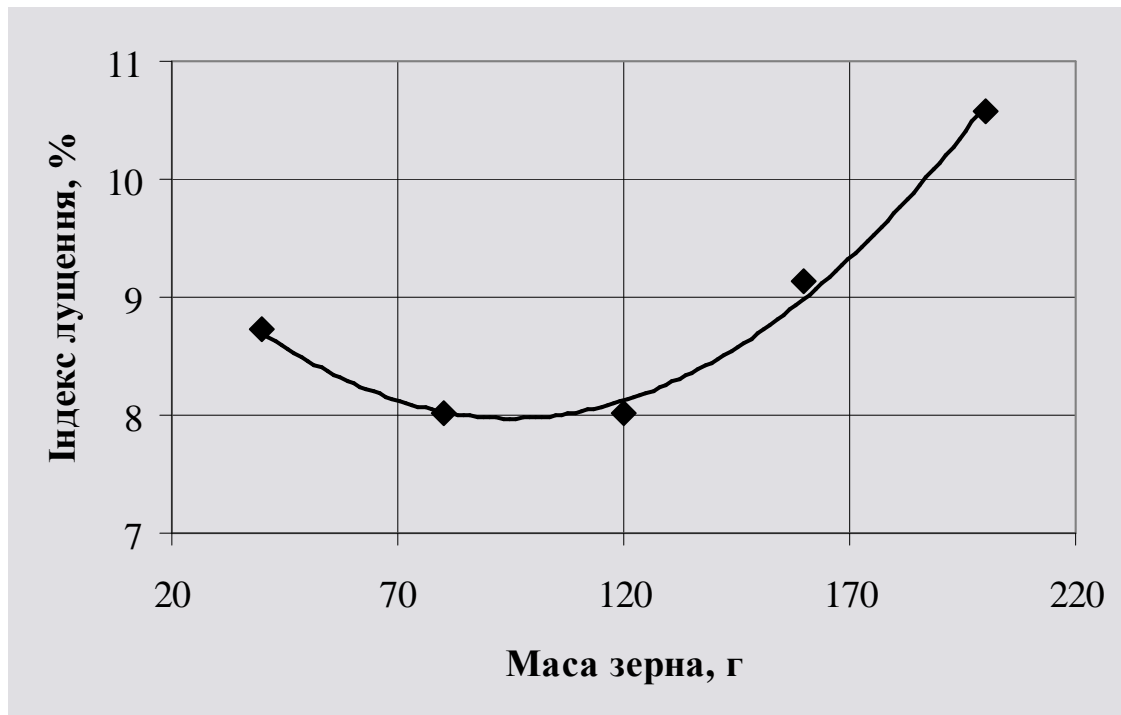


Рис. 4. Залежність індекса лушення від кількості зерна, яке завантажено в луцильник.

Верещинським О.П. отримано аналогічні за видом залежності під час дослідження лушення зерна пшениці, при цьому тривалість лушення зерна становила 100 с [2]. Це свідчить про однаковий характер впливу навантаження на луцильне обладнання незалежно від типу зерна, вологості чи тривалості лушення.

Завантаження робочої камери луцильної машини можна виразити через коефіцієнт завантаження, який можна розрахувати за формулою:

$$K_z = \frac{V_z}{V_n} \quad (9)$$

де, K_z – коефіцієнт завантаження робочої камери луцильної машини; V_z – об'єм зерна, яке завантажено в луцильну машину, m^3 ; V_n – об'єм робочої зони (камери) луцильної машини, m^3 .

Об'єм зерна розраховується за формулою:

$$V_z = \frac{m}{\gamma} \quad (10)$$

де, m – маса зерна, яка завантажена в луцильну машину, кг; γ – натура зерна, kg/m^3 , $\gamma=657 kg/m^3$.

Об'єм робочої камери луцильної машини можна розрахувати за формулою:

$$V_n = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) \cdot H \quad (11)$$

де, D , d – відповідно діаметр решітного полотна луцильної машини та абразивного диска ($D = 0,165$ м; $d = 0,15$ м), м; H – висота решітного полотна луцильної машини, м ($H = 0,058$ м).

На рис. 5 наведено залежність індексу лушення від коефіцієнта завантаження робочої камери луцильної машини.

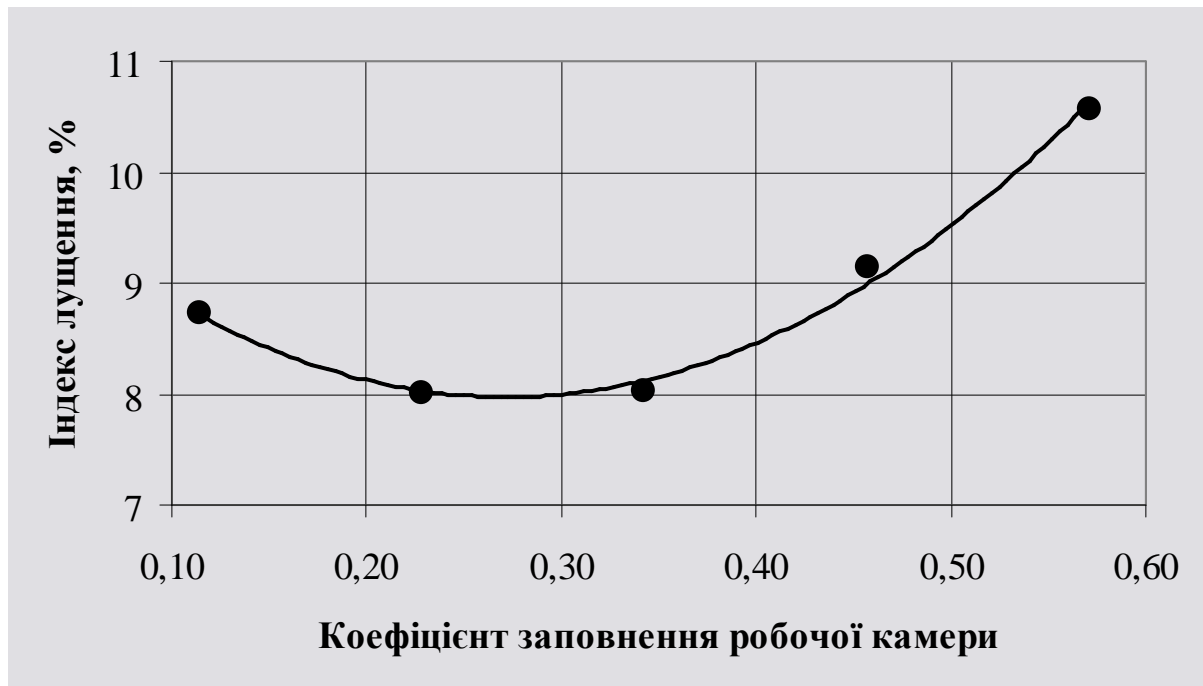


Рис. 5. Залежність індексу лушення від коефіцієнта завантаження робочої камери лушильної машини.

Із даних рис. 5 можна зробити висновок, що із збільшенням коефіцієнту завантаження робочої камери лушильної машини індекс лушення також збільшується при усіх інших незмінних умовах. Це можна пояснити тим, що із збільшенням кількості зерна в робочій камері збільшується інтенсивність сил тертя між абразивними дисками і зерном; між зерном та решітним полотном обечайки, а також між самими зернами.

В практичній діяльності спостерігається зниження ефективності лушення при недовантаженні лушильних машин безперервної дії типу А1-ЗШН.

Література:

1. Бутковский, В.А. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства. – М.: Колос, 1981. – 256 с.
2. Верещинський, О.П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці. Дис. докт. техн. наук / О.П. Верещинський. – К.: НУХТ, 2013. – 280 с.
3. Гинзбург, М.Е. Технология крупяного производства. 4-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1981. – 208 с.
4. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2005. – 296 с.
5. Копейкина, Т.К. Практикум по мукомольно-крупяному и комбикормовому производству. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1980. – 199 с.