

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**ЛЕЩЕНКО ІВАН АНАТОЛІЙОВИЧ**

**УДК 664.7:633.112(043)**

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КРУП'ЯНИХ ПРОДУКТІВ**  
**ІЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ**  
201 – агрономія

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 І. А. Лещенко

Науковий керівник – Осокіна Ніна Максимівна, доктор сільськогосподарських наук, професор

Умань – 2021

## АНОТАЦІЯ

*Лещенко І. А.* Розроблення технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агронімія (20 Аграрні науки та продовольство). Уманський національний університет садівництва, Умань, 2021 р.

Дисертацію присвячено розробленню та оптимізації окремих складових технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби. Метою досліджень було комплексне оцінювання технологічних властивостей зерна пшениці полби для розроблення технології виробництва круп'яних продуктів.

Відповідно до поставленої мети передбачалося вирішити наступні завдання: визначити лінійні розміри і геометричні показники зерна пшениці полби; встановити зміни біохімічного складу й технологічних властивостей зерна пшениці полби залежно від особливостей сорту та погодних умов; визначити залежності між біохімічним складом і технологічними властивостями пшениці полби; дослідити вплив градієнта зволоження, тривалості луцення, пропарювання та відволоження на вихід і якість круп'яних продуктів із пшениці полби; застосувати інноваційний спосіб оброблення зерна пшениці полби електромагнітним полем надвисокої частоти (ЕМП НВЧ) під час виробництва круп'яних продуктів; розробити технологію та запропонувати рекомендації з виробництва крупи з пшениці полби № 1, крупи подрібненої № 1, 2, 3 та крупи плющеної.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в комплексному оцінюванні технологічних властивостей зерна пшениці полби для розроблення технології виробництва круп'яних продуктів. Вперше визначено, що за показником індексу розміру часточок (16,5–28,5 %) зерно пшениці полби може змінюватися від м'яко-до твердозерного типу; для зерна пшениці полби доведено кореляційні залежності між об'ємом зернівки, площею зовнішньої поверхні та масою 1000 зерен; між вмістом клейковини, білка та склоподібністю; встановлено, що за геометричною

характеристикою зернівки можна проводити очищення пшениці полби на типовому обладнанні; розширені наукові дані про рівномірність розподілення водорозчинних вітамінів групи В в зерні пшениці полби, що проявляється умовну стабільність їх вмісту після процесу лушення (виняток є В<sub>6</sub> і В<sub>9</sub>); для зерна пшениці полби науково обґрунтовано оптимальний індекс лушення – 6–10 %; експериментально доведено, що за зволоження на 1 % зерна пшениці полби з вологістю 12–13 % і відволоження впродовж 30 хв, вихід крупи № 1 з нього становить 91–93 % з загальною кулінарною оцінкою каші 8 балів, а загальний вихід подрібнених круп – 76 % з 7–8 балами; науково обґрунтовано та розроблено технології виробництва крупи плющеної з пшениці полби оптимізацією режиму водотеплового оброблення, що передбачає: а) пропарювання зерна впродовж 6 хв та відволоження 3 хв; або б) оброблення зволоженого зерна на 1–1,5 % ЕМП НВЧ упродовж 80–100 с.

Практичне значення одержаних результатів. Полягає в розробленні технологічних інструкцій з виробництва крупи № 1 і подрібнених № 1, 2 і 3 та крупи плющеної з зерна пшениці полби. Розроблено технологію «Спосіб виробництва крупи плющеної із зерна пшениці полби після дії НВЧ-випромінювання» (пат. № 136918) та вдосконалено методику визначення придатності зерна пшениці полби для круп'яних продуктів – «Спосіб кулінарного оцінювання круп'яних продуктів із зерна пшениці, тритикале та ячменю» (пат. № 129205).

У першому розділі проаналізовано наукові праці вітчизняних та іноземних учених щодо сучасного стану знань з технологічних властивостей зерна пшениці полби і його використання. Встановлено, що зерно пшениці полби, завдяки біохімічному складу є перспективною сировиною для виробництва круп'яних продуктів. Розглянуто вплив різних чинників на вихід і якість круп'яних продуктів з пшениці полби.

Встановлено, що за геометричною характеристикою зерно пшениці полби: завдовжки – 6,2–7,9 мм, завширшки – 2,5–3,1 мм, завтовшки – 2,5–2,9 мм, об'ємом – 22,6–36,9 мм<sup>3</sup>, площею зовнішньої поверхні – 60,9–87,3 мм<sup>2</sup>, питомою поверхнею – 2,4–2,7 од., об'ємом поверхневих шарів – 4,0–5,7 мм<sup>3</sup> зі сферичністю – 0,6. Для такого зерна підбір сит сепараторів, встановлення режимів лушильних машин може

бути таким, як і для зерна пшениці м'якої. Між площею зовнішньої поверхні та об'ємом зернівки встановлено прямий сильний кореляційний зв'язок  $r = 0,97 \pm 0,02$ .

Зерно пшениці полби містить: 11,7–17,3 % білка, 25,2–37,7 % клейковини з ІДК 85–107 од. пр. ВДК, 54–52 % крохмалю з числом падання від 310 до 419 с. У складі зерна пшениці полби наявні водорозчинні (групи В), жиророзчинні ( $K_1$ ,  $\beta$ -каротин,  $\beta$ -токоферол,  $\gamma$ -токоферол) вітаміни і пігменти (лютеїн+зеаксантин). Зерно пшениці полби масою 100 г забезпечує добову потребу людини у вітамінах  $B_1$ ,  $B_3$ ,  $B_4$ ,  $B_5$  і  $B_7$  на 19–31 %, вітамінами  $B_2$ ,  $B_6$ ,  $B_9$ ,  $K_1$  на 3,5–14 % та на 0,09–0,13 %  $\beta$ -каротином.

Показники технологічних властивостей зерна пшениці полби, залежно від сорту, лінії та погодних умов вирощування, варіюють у широкому діапазоні: маса 1000 зерен – 31,3–53,5 г; натура – від 756 до 787 г/л, склоподібність – 21–94 %, вміст золи – 1,81–1,98 %, значення седиментації – 29,4–53,9 см<sup>3</sup>. За індексом розміру часточок (ІРЧ) зерно пшениці полби відноситься до твердозерного – 17,1–20,1 %, з вмістом оболонки – 7,1–8,2 %, зародку – 2,5–3,7 % та ендосперму – 89–90 %.

Особливістю пшениці полби є високий вміст золи і клейковини, задовільна або незадовільна слабка за якістю, з низькою автолітичною активністю, що вказує на високу газотримувальну здатність. Між показниками масою 1000 зерен та об'ємом зернівки і вмістом білка встановлено високі кореляційні зв'язки (відповідно  $r = 0,91 \pm 0,05$  і  $r = 0,72 \pm 0,03$ ). Між вмістом білка і показником седиментації – високий кореляційний зв'язок ( $r = 0,88 \pm 0,03$ ).

Круп'яні продукти одержані із очищеного від домішків та дрібного (прохід сита 1,7–20 мм) зерна з початковою вологістю 12 %

Вихід крупи з пшениці полби № 1 істотно залежить від тривалості лущення, а також консистенції ядра, а неістотно – від особливостей сорту й лінії та режимів водо теплового оброблення. За лущення зерна впродовж 20 с вихід крупи становить 93–97 %, зменшується до 77–84 % за лущення впродовж 200 с внаслідок видалення оболонки з поверхні зернівки і стирання ендосперму.

Найвагоміший вплив на органолептичну оцінку крупи з пшениці полби № 1 має тривалість лущення. Найкращі кулінарні властивості крупи забезпечуються

лущенням зерна пшениці полби впродовж 140 с і більше. При цьому каша має сильно виражений запах і смак, світло кремовий колір та досить ніжну без хрусту консистенцію за тривалості варіння – 20–49 хв

За поліноміальними кривими залежності виходу крупи з пшениці полби № 1 та загальної кулінарної оцінки, оптимальним для зерна пшениці полби є тривалість лушення 100–120 с, що дає високу кулінарну оцінку за незначного зменшення виходу крупи.

Встановлено, що лушення зерна сорту Голіковська (2018 р.) істотно не впливає на вміст вітамінів групи В. Винятком були вітаміни В<sub>6</sub> і В<sub>9</sub>. Їх вміст зменшувався відповідно від 0,37 до 0,29 і 0,068–0,057 мг/100 г.

Вихід крупи подрібненої із пшениці полби № 1, 2, 3 значно змінювався залежно від тривалості лушення та особливостей сорту та лінії. За використання зерна лінії пшениці полби LP 1152 загальний вихід крупи подрібненої вищий (84–86 %) порівняно із зерно сорту Голіковська (76–78 %). Каша із крупи подрібненої, за використання нелущеного зерна, мала середню загальну кулінарну оцінку (6–7 балів), а з використанням лущеного зерна (крупа з пшениці полби № 1) – високу та дуже високу (7,2–8,9 бала).

За оптимізованого технологічного процесу виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби, передбачається використання зерна з вологістю 12–13 %, зволоження на 1 % відволоження впродовж 30 хв, лушення впродовж 100–120 с (індекс лушення – 7–10 %). Це забезпечує: 90–93 % вихід крупи з пшениці полби № 1 з тривалістю варіння 29–35 хв і загальною кулінарною оцінкою каші 7,4–8,5 балів.

Для виробництва крупи подрібненої № 1, 2, 3 слід використовувати крупу № 1 з індексом лушення – 6–9 %, що забезпечує загальний вихід подрібнених круп на рівні 77–85 % із таким розподілом: № 1 – 5–8 %, № 2 – 41–52, № 3 – 25–31 %, із загальною кулінарною оцінкою каші з них – 6,5–8,6 бала. Тривалість варіння каші з крупи подрібненої найбільше залежить від номера крупи. Крупу подрібнену № 1 із пшениці полби достатньо варити впродовж 20–26 хв, № 2 – 16–22 і № 3 – 10–12 хв залежно від коефіцієнта лушення зерна, що в 1,4, 1,7 і в 3 рази швидше порівняно з

крупкою з пшениці полби № 1.

Найбільший вихід (89–92 %) крупи плющеної, незалежно від тривалості пропарювання, отримано за лушення зерна сорту Голіковська впродовж 20 с, що відповідає індексу лушення (ІЛ) 2,9 %. За тривалості пропарювання 9 хв, незалежно від тривалості відволожування, показник змінюється не істотно – 90,9–91,7 %. Відволожування впродовж 3 і 9 хв зменшує вихід крупи плющеної на 2–3 %.

За тривалості лушення зерна 100–160 с (ІЛ – 9–15 %) зростає значення пропарювання крупи. Під час 80 с лушення (ІЛ – 6 %), вихід крупи за пропарювання впродовж 3 хв – 72,9–76,8 %, 6 хв – 77,2–82,5, а 9 хв – 80,4–83,1 % залежно від тривалості відволожування. Подібна тенденція і за вищого ІЛ (9–11 %).

Вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту за традиційного способу виробництва (пропарювання) змінюється більше (в 1,2–1,5 рази) від тривалості лушення зерна, ніж від режимів ВТО. Збільшення тривалості пропарювання від 3 до 9 хв підвищує вихід крупи на 10–20 %, а подовження відволожування з 3 до 9 хв зменшує вихід на 10–30 %. Особливості сорту та лінії мають найменший ступінь впливу на вихід крупи плющеної.

Загальна кулінарна оцінка каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту змінюється, внаслідок зміни показників кольору і консистенції каші під час розжовування. Зазначені показники залежать від тривалості лушення зерна. Тривалість пропарювання та відволожування не впливає на кулінарні властивості каші. Проте збільшення тривалості пропарювання зменшує час варіння на 10–15 %.

Комплексним аналізом отриманих функціональних залежностей встановлено, що тенденція зміни якості круп залежно від режимів лушення ідентична для цілих і плющених. Досліджено поліноміальні криві залежностей виходу крупи з пшениці полби плющеної вищого сорту та загальної кулінарної оцінки, а тому сировиною для виробництва крупи плющеної рекомендовано використовувати крупу з пшениці полби № 1 (ІЛ – 6–10 %), проводити її пропарювання впродовж 6 хв та відволожування – 3 хв. За цих режимів вихід готового продукту становить 76,3–82,5 % з високими кулінарними властивостями (7,7–8,5 балів). Тривалість варіння даної крупи – від 11 до 17 хв.

Порівняльною оцінкою крупи плющеної із зерном пшениці полби встановлено, що в результаті оброблення зерна значно зменшується вміст вітамінів В<sub>7</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, β-каротину, β-токоферолу, γ-токоферолу та не істотно – В<sub>1</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>9</sub>. Збільшення тривалості пропарювання і відволожування під час виготовлення круп плющених зумовлювало підвищення (в 1,3–1,4 рази) вмісту вітаміну К<sub>1</sub>.

За виробництва крупи плющеної обробленням ЕМП НВЧ підвищенню виходу крупи вищого сорту сприяє використання нелущеного зерна, зволоження та опромінювання тривалістю 80–100 с. На вихід продукту впливають особливості сорту. За використання зерна одного сорту вихід крупи плющеної вищого сорту збільшується за використання склоподібного ядра. Вплив зволоження збільшувався у варіантах використання крупи № 1 порівняно із нелущеним зерном. На кулінарну оцінку продукту впливали лущення зерна та особливості сорту. Тривалість оброблення ЕМП НВЧ і зволоження зерна не впливали на даний показник, проте зменшували час варіння каші.

Для виробництва крупи плющеної обробленням ЕМП НВЧ слід використовувати нелущене зерно зі склоподібним ядром. Зерно необхідно зволожувати на 1–1,5 % і обробляти ЕМП НВЧ впродовж 80–100 с. За цих режимів вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту становить 92 %. Загальна кулінарна оцінка продукту на високому рівні – 7,3 балів. Тривалість варіння – 16–18 хв.

*Технології виробництва круп'яних продуктів.* Отримання круп'яних продуктів з пшениці полби, за розробленою схемою, передбачає зважування на автоматичних вагах, очищення зерна у скальператорі, доочищення на ситоповітряному сепараторі, каменевідбірній машині та трієріах, відділення дрібного зерна (прохід сита 1,7·20 мм) зерна зволоження у зволожувальній машині на 1–2 % та відволожування в бункерах упродовж 30 хв. Далі зерно лущать у машинах типу «Каскад». Після кожної системи проводять сепарування отриманого продукту через дуаспіратор. Перед аспіраційною мережею та машинами ударно-стиральної дії встановлюють магнітну колонку.

Для отримання крупи з пшениці полби № 1 круп'яний продукт одержаний

після повторного лушення сепарують на розсійнику. Для виробництва крупи подрібненої крупу № 1 дроблять на вальцьовому верстаті, очищають на дуаспіраторі та спрямовують на розсійник. У розсійнику подрібнену суміш розділяють за розміром на відповідні номери № 1, 2, 3.

Для виробництва крупи з пшениці полби плющеної обробленням парою слід використовувати крупу з пшениці полби № 1 без додаткового сортування. Крупу зважують, пропарюють у пропарювачі безперервної дії за тиску насиченої пари 0,15 МПа упродовж 6 хв та відволожують у термоізолюваному бункері впродовж 3 хв. Після цього, зерно плющать на плющильному верстаті за диференціала 1:1. Крупу плющену сушать до вологості 14 % у сушарці та охолоджують в охолоджувальній колонці. Крупу отримують проходом сита Ø 6,5 мм і сходом сита Ø 3,5 мм на розсійнику. Перед аспіраційною мережею встановлюють магнітний сепаратор.

Для виробництва крупи з пшениці полби плющеної обробленням ЕМП НВЧ доцільно використовувати крупу з пшениці полби № 1 без додаткового сортування. Крупу зважують, пропускають через магнітну колонку, обробляють ЕМП НВЧ впродовж 80–100 с. Після цього, зерно плющать на плющильному верстаті за диференціала 1:1. Крупу плющену охолоджують в охолоджувальній колонці. Крупу вищого сорту отримують сходом сита Ø 3,5 мм на розсійнику.

Розрахунки економічної ефективності підтверджують доцільність виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби, оскільки термін окупності капіталовкладень за рівня рентабельності виробництва 15,1 % складає 2 роки для круп подрібнених № 1, 2, 3; 2 роки і 4 місяці при рівні рентабельності 11,5 % для крупи № 1 (цілої) та 7 місяці для круп плющених (обробленням парою) за рівня рентабельності 71,7 %.

**Ключові слова:** пшениця полба, зерно, показники якості, сорт, лінія, геометрична характеристика, біохімічний склад, технологічні властивості, лушення, водотеплове оброблення, плющення, круп'яні продукти.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ



*Статті у наукових фахових виданнях України:*

1. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вихід цілої крупи із зерна пшениці полби залежно від тривалості лушення і водотеплового оброблення. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2019. Вип. 207. С. 108–113. (Виконання досліджень, аналіз результатів і літературних джерел, написання статті).
2. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вплив тривалості лушення та водотеплового оброблення зерна на вихід і кулінарну оцінку плющеної крупи із пшениці полби. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2019. Том 30 (69). Ч. 2. № 6. С. 107–111. DOI:10.32838/2663-5941/2019.6-2/19 (Проведення експерименту, написання статті).
3. Осокіна Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Біохімічний склад зерна пшениці полби (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl) залежно від генотипу. *Агробіологія*. 2020. № 1 (157). С. 111–119. DOI:10.33245/2310-9270-2020-157-1-111-119 (Виконання досліджень, аналіз результатів і літературних джерел, написання статті).
4. Осокіна Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вихід крупи плющеної із пшениці полби залежно від тривалості опромінення ЕМП НВЧ і водотеплового оброблення. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 52–71. DOI:10.31395/2415-8240-2020-96-1-52-71 (Проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).
5. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вихід і якість цілої крупи із зерна пшениці полби залежно від консистенції ендосперму та водотеплового оброблення. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 2. (106). С. 71–79. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-5(105)-8 (Виконання досліджень, аналіз результатів і літературних джерел, написання статті).
6. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Технологічні властивості зерна різних видів пшениці залежно від генотипу. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 114. С. 63–69. DOI:10.32851/2226-0099.2020.114.9 (Проведення експерименту, написання статті).
7. Любич В. В., **Лещенко І. А.**, Сторожик Л. І., Войтовська В. І. Вихід і якість

подрібненої крупи із зерна пшениці полби. *Агробіологія*. 2020. № 2 (158). С. 110–122. (Проведення експерименту, написання статті)

8. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вплив параметрів луцення та водотеплового оброблення зерна на вихід і кулінарну якість плющеної крупи із пшениці полби. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. Ч. 1. С. 112–127. (Проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

*Статті у наукових виданнях України, індексованих у Міжнародних наукометричних базах:*

9. Osokina N., Liubych V., Novikov V., Leshchenko I., Petrenko V., Khomenko S., Zorunko V., Balabak O., Moskalets V., Moskalets T. Effect of electromagnetic irradiation of emmer wheat grain on the yield of flattened wholegrain cereal. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. V. 6. № 11 (108). P. 17–26. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.217018 (Виконання досліджень, аналіз результатів і літературних джерел, написання статті).

*Статті у закордонних наукових виданнях, індексованих у Міжнародних наукометричних базах:*

10. Osokina N., Liubych V., Novikov V., **Leshchenko I.**, Petrenko V., Khomenko S., Zorunko V., Balabak O., Moskalets V., Moskalets T. Investigation of the influence of UHF electromagnetic field on the output of rolled groats of wheat spelt. *EUREKA: Life Sciences*. 2020. № 6. P. 47–57. DOI:10.21303/2504-5695.2020.001533 (Проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

*Публікації, у яких засвідчено апробацію матеріалів дисертації:*

11. **Лещенко І. А.**, Любич В. В. Использование потенциала пшеницы полбы. *Инновационные подходы и перспективные идеи молодых ученых в аграрной науке: материалы междун. науч.-практ. конф. молодых ученых*. (г. Кайнар, 17 ноября 2017 г.). Алматы, Казахстан. 2017. С. 350–353.

12. **Лещенко І. А.**, Любич В. В. Технологічні та споживчі властивості крупів залежно від водотеплового оброблення. *Актуальні питання сучасної аграрної науки: матеріали міжн. наук.-практ. конф.* (м. Умань, 17 листопада 2017 р.). Умань. 2017. С. 333–334.

13. Осокіна Н. М., Любич В. В., **Лещенко І. А.** Впровадження пшениці полби у виробництво. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва*: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 17–18 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 101–103.

14. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Геометричні параметри зернівок пшениці полби. *Актуальні питання аграрної науки*: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 15 листопада 2018 р.). Умань. 2018. С. 395–397.

15. **Лещенко І. А.** Умови проведення первинного перероблення зерна пшениці полби. Матеріали всеукр. наук. конф. молодих учених. (м. Умань, 15–16 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 161–162.

16. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вихід лущеної крупи із зерна пшениці полби залежно від тривалості лущення і водотеплового оброблення. *Підвищення ефективності діяльності підприємств харчової та переробної галузей АПК*: матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Київ, 20–21 листопада 2018 р.). Київ: НУХТ. 2019. С. 34–36.

17. Осокіна Н. М., Любич В. В., **Лещенко І. А.** Визначення оптимальних параметрів підготовки зерна пшениці полби перед плющенням. *Актуальні питання аграрної науки*: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 21 листопада 2019 р.). Умань. 2019. С. 279–281.

18. Осокіна Н. М., Любич В. В., **Лещенко І. А.**, Колодійчук А. В. Білково-протеїназний комплекс пшениці полби. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)*: матеріали VIII міжнар. наук. конф. (м. Умань, 18–20 березня 2019 р.). Умань. 2019. С. 183–184.

19. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вплив тривалості лущення зерна пшениці полби на вміст клейковини у крупі. *Актуальні питання агротехнологій*: матеріали Всеукр. наук. конф. (м. Умань, 28 березня 2019 р.). Умань. 2019. С. 54–55.

20. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Кулінарна оцінка каші з крупи пшениці полби № 1. *Якість і безпека харчових продуктів*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 20–21 листопада 2019 р.). Київ. 2019. С. 120–121.

21. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Технологічні властивості пшениці полби.

*Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (с. Центральне, 19 квітня 2019 р.). Центральне. 2019. С. 70.

22. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Якість цілої крупи із зерна пшениці полби залежно від тривалості лушіння. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі*: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. (м. Умань, 26 червня 2019 р.). Умань. 2019. С. 68–69.

23. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вихід крупи плющеної з пшениці полби залежно від тривалості оброблення в мікрохвильовій печі. *Topical issues of the development of modern science: abstracts of the VI International scientific and practical conference* (Sofia, 12–14 february 2020). Sofia, Bulgaria. 2020. P. 612–616.

24. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вплив НВЧ-випромінювання на вихід плющених круп із зерна пшениці полби. *Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки)*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (с. Крути, 12 березня 2020 р.). Крути. 2020. С. 84–89.

25. Осокіна Н. М., Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вихід подрібненої крупи з пшениці полби (*Triticum dicossum*). *Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва*: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. онлайн-конф. (м. Умань, 28–29 травня 2020 р.). Умань. 2020. С. 124–126.

26. Liubych V. V., **Leschenko I. A.** Technological composition of different species of wheat (emmer wheat, soft wheat) grain depending on the variety. *Innovative development of science and education: abstracts of the 1st International scientific and practical conference*. (Athens, 29–31 march 2020). Athens, Greece. 2020. P. 11–13.

27. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вихід цілої крупи із пшениці полби залежно від елементів технології перероблення. *Селекція, генетика та технології вирощування с-г культур*: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (с. Центральне, 24 квітня 2020 р.). Центральне. 2020. С. 64–65.

28. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вплив тривалості лушення на одержання цілої крупи із зерна пшениці полби. *Молодь і технічний прогрес в АПВ «Інноваційні*

*розробки в аграрній сфері»*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Том 2. (м. Харків, 7–8 травня 2020 р.). Харків. 2020. С. 246–249.

29. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Технологічні властивості зерна залежно від сорту. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)*: матеріали ІХ Міжнар. наук. конф. (м. Умань, 19 березня 2020 р.). Умань. 2020. С. 112–115.

30. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Застосування електромагнітного поля надвисокої частоти для отримання плющених круп із зерна пшениці полби. *Рубіновські читання*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Умань, 15 травня 2020 р.). Умань. 2020. С. 41–42.

31. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вихід круп цілої із зерна пшениці полби залежно від елементів технології перероблення. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції*: матеріали Міжнар. наук.-техніч. конф. (м. Київ, 10–11 листопада 2020 р.). Київ. 2020. С. 68–69.

32. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Технологічні та біохімічні властивості зерна малопоширених видів пшениці. *Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах*: Матеріали ІІІ Міжнар. наук.-практ. конф. (с. Селекційне, 23 липня 2020 р.). Селекційне. 2020. С. 107–108.

33. **Лещенко І. А.** Вихід круп подрібненої із зерна пшениці полби залежно від ступеня його лушчіння. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали ІІ Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Мелітополь, 02–27 листопада 2020 р.). Мелітополь. 2020. С. 210–213.

34. **Лещенко І. А.** Економічна ефективність виробництва круп плющеної із пшениці полби. *European scientific discussions: abstracts of the 7th International scientific and practical conference (Rome, 23–25 may 2021)*. Rome, Italy. 2021. P. 293–297.

*Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:*

35. Спосіб виробництва круп плющеної із зерна пшениці полби після дії НВЧ-випромінювання: пат. 136918 України: МПК (2019.01), A23L 7/00. № u 2019 03877; заявл.15.04.2019; опубл. 10.09.2019, Бюл. № 17.

## ABSTRACT

*I. A. Leshchenko. – The development of technology for the production of cereals from emmer grain. – Qualifying research paper on the rights of the manuscript.*

PhD dissertation on a specialty of 201 Agronomy - *Agronomy (20 Agrarian sciences and food)*. Uman National University of Horticulture, Uman, 2021

The dissertation is devoted to the development and optimization of certain technology components of emmer grain cereals production. The aim of research was to evaluate comprehensively the technological properties of emmer grain to develop a technology for cereals production.

In accordance with the set goal it was supposed to solve the following tasks: to determine the linear dimensions and geometric parameters of emmer grain; to establish changes in the biochemical composition and technological properties of emmer grain depending on the variety characteristics and weather conditions; to determine the relationships between the biochemical composition and technological properties of emmer; to investigate the influence of moistening gradient, duration of husking, steaming and softening on the yield and quality of emmer cereals; to apply an innovative method of emmer grain processing with ultra-high frequency electromagnetic field (microwave EMF) during the cereals production; to develop technology and offer recommendations for the production of emmer cereals № 1, crushed cereals № 1, 2, 3 and flattened cereals.

The scientific novelty of the obtained results is a comprehensive estimation of the technological properties of emmer grain to develop a technology for cereals production. For the first time it was determined that according to the particle size index (16.5–28.5 %) emmer grain can vary from soft to hard grain type; for emmer grain, correlations between kernel volume, outer surface area and thousand grain weight have been proved; between the content of gluten, protein and vitreosity; it is established that according to the geometrical characteristic of the kernel it is possible to carry out emmer cleaning on standard equipment; extended scientific data on the distribution uniformity of water-soluble B vitamins in emmer grain, which shows the conditional stability of their content after the husking process (exceptions are B<sub>6</sub> and B<sub>9</sub>); for emmer grain, the optimal husking

index is scientifically substantiated – 6–10 %; It has been experimentally proved that by 1% moistening of emmer grain with a moisture content of 12–13 % and softening for 30 min, the yield of cereals № 1 of it is 91–93 % with a total culinary estimation of 8 points, and the total yield of crushed cereals – 76 % with 7–8 points; it is scientifically substantiated and developed technologies for emmer crushed cereals production by optimizing the regime of water-heat treatment which provides: a) grain steaming for 6 minutes and softening for 3 minutes; or b) treatment of moistened grain at 1–1.5 % of microwave EMF for 80–100 s.

The practical significance of obtained results lies in the development of technological instructions for the production of cereals № 1 and crushed cereals № 1, 2, 3 and flattened cereals of emmer grain. «Method of emmer grain flattened cereals production after the action of microwave EMF» (Pat. № 136918) technology was developed.

The first part analyzes the scientific works of domestic and foreign scientists on the current state of knowledge on the technological properties of emmer grain and its use. It has been established that emmer grain, due to its biochemical composition, is a promising raw material for cereals production. The influence of various factors on the yield and quality of emmer cereals is considered.

It was found that the geometric characteristics of emmer grain has: length – 6.2–7.9 mm, width – 2.5–3.1 mm, thickness – 2.5–2.9 mm, volume – 22.6 –36.9 mm<sup>3</sup>, outer surface area – 60.9–87.3 mm<sup>2</sup>, specific surface area – 2.4–2.7 units, volume of surface layers – 4.0–5.7 mm<sup>3</sup> with sphericity – 0.6. For such grain, the selection of separator sieves, setting the modes of husking machines can be the same as for soft wheat grain. A direct strong correlation  $r=0.97 \pm 0.02$  was established between the outer surface area and kernel volume.

Emmer grain contains: 11.7–17.3 % of protein, 25.2–37.7 % of gluten with IDC 85–107 units of FSG instrument, 54–52 % of starch with a falling number from 310 to 419 s. Emmer grain contains water-soluble (B group), fat-soluble (K<sub>1</sub>, β-carotene, β-tocopherol, γ-tocopherol) vitamins and pigments (lutein + zeaxanthin). Emmer grain weighing 100 g

provides the daily human need for B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>, B<sub>5</sub> vitamins and B<sub>7</sub> by 19–31 %, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, K<sub>1</sub> vitamins by 3.5–14 % and by 0.09–0.13 % for β-carotene.

Indicators of technological properties of emmer grain, depending on the variety, line and weather conditions of cultivation, vary in a wide range: thousand grain weight – 31.3–53.5 g; grain unit – from 756 to 787 g/l, vitreosity – 21–94 %, ash content – 1.81–1.98 %, sedimentation value – 29.4–53.9 cm<sup>3</sup>. According to the particle size index (PSI), emmer grain belongs to the hard one – 17.1–20.1 %, with shell content – 7.1–8.2 %, germ – 2.5–3.7 % and endosperm – 89–90 %.

The peculiarity of emmer is a high content of ash and gluten, satisfactory or unsatisfactory poor in quality, with low autolytic activity which indicates a high gas holding capacity. High correlations were found between thousand grain weight and grain volume and protein content ( $r=0.91\pm 0.05$  and  $r=0.72\pm 0.03$ , respectively). There is a high correlation between protein content and sedimentation rate ( $r=0.88\pm 0.03$ ).

Cereals are obtained from cleaned from impurities and small (sieve passage 1.7–2.0 mm) grain with an initial moisture content of 12 %.

The yield of emmer № 1 cereals significantly depends on the duration of husking as well as the kernel consistency, and insignificantly – on the characteristics of variety and line and modes of water-heat treatment. For grain husking for 20 s, cereals yield is 93–97 %. It decreases to 77–84 % for husking for 200 s due to husk removal from the grain surface and endosperm abrasion.

The most significant influence on the organoleptic estimation of emmer № 1 cereals the duration of husking has. The best culinary properties of cereals are provided by husking of emmer grain for 140 s and more. At the same time porridge has a strong smell and taste, light cream color and rather tender, non-crunchy consistency for the cooking duration – 20–49 minutes.

According to the polynomial curves of the dependence of emmer № 1 cereals yield and the general culinary estimation, the optimal for emmer grain is the husking duration for 100–120 s, which gives a high culinary estimation with a slight decrease in cereals yield.



It was found that the husking of Holikovska grain variety (2018) does not significantly affect the content of B vitamins. The exceptions were vitamins B<sub>6</sub> and B<sub>9</sub>. Their content decreased from 0.37 to 0.29 and 0.068–0.057 mg/100 g, respectively.

The yield of emmer № 1, 2, 3 crushed cereals varied significantly depending on husking duration and the characteristics of variety and line. With the use of LP 1152 emmer grain line, the total yield of crushed cereals is higher (84–86 %) compared to Holikovska grain variety (76–78 %). Crushed cereals porridge, for the use of husked grain, had an average overall culinary estimation (6–7 points), and with the use of husked grain (emmer № 1 cereals) – high and very high (7.2–8.9 points).

With the optimized technological process of emmer grain cereals production, the use of grain with a moisture content of 12–13 %, moistening by 1 %, softening for 30 minutes, husking for 100–120 s (husking index – 7–10 %) is provided. This provides: 90–93 % of emmer № 1 cereals yield with a cooking duration of 29–35 min and a total culinary estimation of porridge of 7.4–8.5 points.

For the production of crushed cereals № 1, 2, 3, cereals № 1 with a husking index of 6–9 % should be used. It provides a total yield of crushed cereals at the level of 77–85 % with the following distribution: № 1 – 5–8 %, № 2 – 41–52 %, № 3 – 25–31 %, with the general culinary estimation of porridge from them – 6.5–8.6 points. The cooking duration of crushed cereals porridge depends most on the number of cereals. It is enough to cook crushed cereals № 1 from emmer for 20–26 min, № 2 – 16–22 and № 3 – 10–12 min depending on the grain husking coefficient, which is 1.4, 1.7 and 3 times faster compared to emmer № 1 cereals.

The highest yield (89–92 %) of high-grade emmer flattened cereals, regardless of steaming duration, was obtained when using unpeeled grain of the Golikovska variety. With steaming time of 9 minutes, regardless of softening time, the indicator does not change significantly – 90,9–91,7 %.. Softening for 3 and 9 minutes reduces the yield of flattened cereals by 2–3 %.

For grain husking time of 80–160 s (HI – 6–11 %) the value of grain steaming increases. During 80 s of husking (HI – 6 %), cereals yield for 3 min steaming for – 72,9–

76,8 %, for 6 min – 77,2–82,5 and for 9 min – 80,4–83,1 % depending on softening time. A similar trend is observed for higher HI (9–11 %).

The yield of high-grade emmer crushed cereals in the traditional method of production (steaming) varies more (1.2–1.5 times) from the grain husking time than from the WHT regimes. Increasing the steaming time from 3 to 9 minutes increases the cereals yield by 10–20 %, and softening prolonging from 3 to 9 minutes reduces the yield by 10–30 %. Peculiarities of the variety and line have the least degree of influence on the flattened cereals yield.

The general culinary estimation of high-grade emmer crushed cereals porridge varies due to changes in the color and consistency of the porridge during chewing. These indicators depend on grain husking time. The duration of steaming and moistening does not affect the culinary properties of porridge. However, increasing the steaming time reduces the cooking time by 10–15 %.

A comprehensive analysis of the obtained functional dependences revealed that the trend of changing cereals quality depending on the husking modes is identical for whole and flattened ones. The polynomial curves of dependences of yield of high-grade emmer crushed cereals and general culinary estimation were studied. Therefore, it is recommended to use emmer cereals № 1 (HI – 6–10 %) as raw material for its production, to steam it for 6 min and soften it for 3 min. Under these modes, the yield of finished product is 76.3–82.5 % with high culinary properties (7.7–8.5 points). The cooking time of this cereals is from 11 to 17 minutes.

A comparative evaluation of crushed cereals with emmer grain found that as a result of grain processing the content of vitamins B<sub>7</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, β-carotene, β-tocopherol, γ-tocopherol significantly reduces and B<sub>1</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>, B<sub>9</sub> - not significantly. The increase in steaming and softening time during the production of flattened cereals caused an increase (1.3–1.4 times) in the content of vitamin K<sub>1</sub>.

In the production of flattened cereals by microwave EMF treatment, the use of unhusked grain, moistening and irradiation lasting 80–100 s provides the yield of high-grade cereals. The product yield is influenced by the variety characteristics. With the use of one variety grain, the yield of high-grade flattened cereals increases with the use of

vitreous kernel. Moistening effect increased with the use of cereals № 1 compared to unhulled grain. Culinary evaluation of the product was influenced by grain husking and variety characteristics. The duration of microwave EMF treatment and grain moistening did not affect this figure but reduced the cooking time of the porridge.

For the production of flattened cereals by microwave EMF unhulled grain with a vitreous kernel should be used. The grain should be moistened by 1–1.5 % and microwave EMF treated for 80–100 s. Under these regimes, the yield of high-grade emmer flattened cereals is 92 %. The overall culinary estimation of the product at a high level is 7.3 points. Cooking time – 16–18 minutes.

*Cereal production technologies.* Obtaining emmer cereal products, according to the developed scheme, involves weighing on automatic scales, grain cleaning in a scalperator, additional cleaning on a sieve-air separator, stone-picking machine and triers, separation of small grain (sieve passage 1.7·20 mm) grain moistening in softening machine by 1–2 % and softening in grain tanks for 30 minutes. Then the grain is husked in machines such as ‘Cascade’. After each system, the obtained product is separated through a double aspirator. A magnetic column is installed before the aspiration network and impact hullers.

To obtain emmer No. 1 cereals, the cereal product obtained after rehusking is separated on a dispenser. To produce crushed cereals, cereals № 1 are crushed on a roller machine, cleaned on a double aspirator and sent to the dispenser. In the dispenser, the crushed mixture is divided by size into the corresponding numbers № 1, 2, 3.

For the production of emmer flattened cereals by steam treatment, emmer cereals № 1 should be used without additional sorting. The cereals are weighed, steamed in a continuous steamer at saturated vapor pressure of 0.15 MPa for 6 min and moistened in a thermally isolated tank for 3 min. After that, the grain is flattened on a flattening machine at a differential of 1:1. The flattened cereals are dried to moisture content of 14 % in a dryer and cooled in a cooling column. The cereals will be obtained by passing a sieve of Ø 6.5 mm and scalper of Ø 3.5 mm on the dispenser. A magnetic separator is installed before the aspiration network.

For the production of emmer flattened cereals by microwave EMF, it is advisable to use emmer № 1 cereals without additional sorting. The cereals are weighed, passed

through the magnetic column, and treated by microwave EMF for 80–100 s. After that, the grain is flattened on the flattening machine at differential of 1:1. Flattened cereals are cooled in the cooling column. High-grade cereals will be obtained by passing the sieve of Ø 3.5 mm on the dispenser.

Calculations of economic efficiency confirm the feasibility of emmer cereals production as the payback period at the level of production profitability of 15,1 % is 2 year for crushed cereals № 1,2, 3; 2 year and 4 months at the profitability level of 11.5% for cereals № 1 (whole) and 7 months for flattened cereals (steam treatment) at the profitability level of 71,7 %.

**Key words:** emmer, grain, quality indicators, variety, line, geometric characteristics, biochemical composition, technological properties, husking, water-heat treatment, flattening, cereal products.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Articles in scientific professional publications of Ukraine:*

1. Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Yield of the whole circle from emmer grain depending on the duration of peeling and waterheat processing. Bulletin of the Kharkov national technical university of agriculture of the name of Peter Vasilenko. 2019. V. 207. P. 108–113. (Performing research, analysis of results and literature sources, writing an article).

2. Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Influence of the duration of dehusking and water heat treatment grain obtaining and culinary evaluation of wheat rolled cereal emmer. Scientists notes of the V. I. Vernadsky Tavrida national university. Series: Technical Sciences. 2019. V. 30 (69). Ch. 2. № 6. S. 107–111. DOI: 10.32838/2663-5941 / 2019.6-2 / 19 (Experiment, article writing).

3. Osokina N. M., Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Biochemical composition of emmer wheat (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl) grain depending on the variety. *Agrobiologija*. 2020. № 1 (157). P. 111–119. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-111-119 (Research, analysis of results and literature, writing an article).

4. Osokina N. M., Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Yield of spelt wheat rolled grits depending on exposure time to microwave EMF (electromagnetic field of high-frequency current) and water treatment. *Collected works of Uman national university of horticulture*. 2020. V. 96, Part 1. P. 52–71. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-52-71 (Research, generalization and interpretation of results, writing an article).

5. Liubych V. V., Leshchenko I. A. Whole and quality grits yield of emmer wheat grain depending on endosperm consistency and water-heat treatment. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*. 2020. V. 2 (106). P. 71–79. DOI: 10.31521/2313-092X / 2020-5 (105) -8 (Performing research, analysis of results and literature, writing an article).

6. Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Technological properties of grain of different wheat types depending on the genotype. *Taurian Scientific Bulletin*. 2020. V. 114. P. 63–69. DOI: 10.32851 / 2226-0099.2020.114.9 (Experiment, article writing).

7. Liubych V. V., Leshchenko I. A., Storozhyk L. I., Voitovska V. I. The yield and the quality of crushed cereals from the polba wheat grain. *Agrobiology*. 2020. № 2 (158). P. 110–122. (Conducting an experiment, writing an article).

8. Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Effect of hulling and water-heat treatment parameters of grain on yield and culinary quality of flattened grits of emmer wheat. *Collected works of Uman national university of horticulture*. 2020. V. 97, Ch. 1. P. 12–127. (Conducting research, generalization and interpretation of results, writing an article).

*Articles in scientific publications of Ukraine indexed in International scientometric databases:*

9. Osokina N., Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. et al. Effect of electromagnetic irradiation of emmer wheat grain on the yield of flattened wholegrain cereal. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. V. 6 № 11 (108). P. 17–26. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.217018 (Research, analysis of results and literature, writing an article).

*Articles in foreign scientific journals indexed in International scientometric databases:*

10. Osokina N., Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. et al. Investigation of the influence of UHF electromagnetic field on the output of rolled groats of wheat spelt. *EUREKA: Life Sciences*. 2020. № 6. P. 47–57. DOI: 10.21303/2504-5695.2020.001533 (Research, generalization and interpretation of results, writing an article).

*Publications in which the approbation of the dissertation materials is certified:*

11. Leshchenko I. A., Liubych V. V. The degree of use of the potential of wheat polib. *Innovative approaches and perspective ideas of young scientists in agrarian sciences: materials int. scientific-practical conf. young scientists*. (Kainar, November 17, 2017). Almaty, Kazakhstan. 2017. P. 350–353.

12. Leshchenko I. A., Liubych V. V. Technological and consumer properties of cereals depending on water heat treatment. *Current issues of modern agricultural science: materials int. scientific-practical conf.* (Uman, November 17, 2017). Uman. 2017. P. 333–334.

13. Osokina N. M., Liubych V. V., Leshchenko I. A. Introduction of spelled wheat into production. *Import-substituting technologies for growing, storage and processing of horticulture and crop production: materials IV International. scientific-practical conf.* (Uman, May 17-18, 2018). Uman. 2018. P. 101–103.

14. Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Geometric parameters of spelled wheat grains. *Current issues of agricultural science: materials VI International. scientific-practical conf.* (Uman, November 15, 2018). Uman. 2018. P. 395–397.

15. Leshchenko I. A. Conditions for primary processing of spelled wheat grain. *Materials all-Ukrainian Science. conf. young scientists*. (Uman, May 15-16, 2018). Uman. 2018. P. 161–162.

16. Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Yield of husked cereals from grain of spelled wheat depending on the duration of peeling and heat treatment. *Improving the efficiency of food and processing industries: materials VIII All-Ukrainian. scientific-practical conf.* (Kyiv, November 20-21, 2018). Kyiv: NUHT. 2019. P. 34–36

17. Osokina N. M., Liubych V. V., Leshchenko I. A. Determination of optimal parameters of preparation of spelled wheat grain before flattening. *Current issues of agricultural science: materials VII International. scientific-practical conf.* (Uman,

November 21, 2019). Uman. 2019. P. 279–281.

18. Osokina N. M., Liubych V. V., Leshchenko I. A., Kolodiychuk A. V. Protein-proteinase complex of spelled wheat. *Breeding and genetic science and education (Parieva chita)*: materials of the VIII International. Science. conf. (Uman, March 18-20, 2019) Uman, 2019. P. 183–184.

19. Liubych V. V., Leshchenko I. A. Influence of duration of peeling of spelled wheat grain on gluten content in groats. *Current issues of agricultural technologies*: materials All-Ukrainian. Science. conf. (Uman, March 28, 2019). Uman. 2019. P. 54–55.

20. Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Culinary evaluation of porridge of spelled wheat № 1. Quality and safety of food products: materials IV International. scientific-practical conf. (Kyiv, November 20-21, 2019). Kiev. 2019. P. 120–121.

21. Liubych V. V., Leshchenko I. A. Technological properties of spelled wheat. *Breeding, genetics and technologies of growing crops*: materials VII International. scientific-practical conference. young scientists and specialists. (Central village, April 19, 2019). Central. 2019. P. 70.

22. Liubych V. V., Leshchenko I. A. The quality of whole cereals from wheat grain spelled depending on the duration of peeling. *Genetics and selection in the modern agricultural complex*: materials all-Ukrainian. Scientific-practical conference. (Uman, June 26, 2019). Uman. 2019. P. 68–69.

23. Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Yield of grits flattened from wheat spelled depending on the duration of processing in a microwave oven. *Topical issues of the development of modern science*: Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference. (Sofia, 12–14 February 2020). Sofia, Bulgaria. 2020. P. 612–616.

24. Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Influence of microwave radiation on the yield of flattened cereals from the grain of spelled wheat. *Basic, uncommon and non-traditional plant species - from study to development (agricultural and biological sciences)*: materials of the IV International. scientific-practical conf. (Village of Kruty, March 12, 2020). Cool. 2020. P. 84–89.

25. Osokina N. M., Liubych V. V., Leshchenko I. A. Yield of crushed groats from

spelled wheat (*Triticum dicocum*). *Innovative technologies for growing, storage and processing of horticultural products*: materials VI International. scientific-practical online conf. (Uman, May 28-29, 2020). Uman. 2020. P. 124–126.

26. Liubych V. V., Leshchenko I. A. Technological composition of different species of wheat (emmer wheat, soft wheat) grain depending on the variety. *Innovative development of science and education*: abstracts of the 1st International scientific and practical conference. (Athens, March 29-31, 2020). Athens, Greece. 2020. P. 11–13.

27. Liubych V. V., Leshchenko I. A. Yield of whole groats from spelled wheat depending on the elements of processing technology. *Selection, genetics and technologies of growing agricultural crops*: materials VIII International. scientific-practical conf. young scientists and specialists. (Central village, April 24, 2020). Central. 2020. 64–65.

28. Liubych V. V., Leshchenko I. A. Influence of peeling duration on obtaining whole grain from spelled wheat grain. *Youth and technical progress in APV «Innovative developments in the agricultural sector»*: materials International. scientific-practical conf. Volume 2. (Kharkiv, May 7-8, 2020). Kharkiv. 2020. P. 246–249.

29. Liubych V. V., Novikov V. V., Leshchenko I. A. Technological properties of grain depending on the variety. Breeding and genetic science and education (Paris readings). Materials IX International. Science. conf. (Uman, March 19, 2020). Uman. 2020. P. 112–115.

30. Liubych V. V., Leshchenko I. A. Application of ultrahigh frequency electromagnetic field for obtaining flattened cereals from spelled wheat grain. *«Rubin readings»*: materials All-Ukrainian. scientific-practical conf. (Uman, May 15, 2020). Uman. 2020. P. 41–42.

31. Liubych V. V., Leshchenko I. A. Yield of whole grain from the grain of spelled wheat depending on the elements of processing technology. *Scientific problems of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration*: materials International. scientific and technical conf. (Kyiv, November 10–11, 2020). Kiev. 2020. P. 68–69.

32. Liubych V. V., Leshchenko I. A. Technological and biochemical properties of grain of uncommon wheat species. *Theoretical and practical aspects of the development of*



*the vegetable industry in modern conditions: Materials III International. scientific-practical conf. (Selection village, July 23, 2020). Selection. 2020. P. 107–108.*

33. Leshchenko I. A. Yield of grain of crushed wheat grain spelled depending on the degree of its peeling. *Technical support of innovative technologies in the agro-industrial complex: materials of the II International. scientific-practical Internet conference (Melitopol, November 02-27, 2020). Melitopol. 2020. P. 210–213.*

34. Leshchenko I. A. The economic efficiency of rolled grains of emmer wheat. *European scientific discussions: abstracts of the 7th International scientific and practical conference (Rome, 23–25 May 2021). Rome, Italy. 2021. P. 293–297.*

*Papers that additionally reflect the scientific results of the dissertation:*

35. A method of producing grain of wheat spelled from the grain of spelled after exposure to microwave radiation: US Pat. 136918 of Ukraine: IPC (2019.01), A23L 7/00. № in 2019 03 877; application 15.04.2019; publ. 10.09.2019, Bull. № 17.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>29</b>
<b>РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ЗНАНЬ У ФОРМУВАННІ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КРУП'ЯНИХ ПРОДУКТІВ</b>	<b>35</b>
1.1 Загальна характеристика пшениці полби.....	35
1.2 Властивості зерна пшениці полби.....	39
1.2.1 Геометрична характеристика зерна.....	40
1.2.2 Біохімічний склад зерна та фактори впливу на нього.....	41
1.2.3 Технологічні властивості зерна.....	46
1.3 Технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці.....	49
1.3.1 Характеристика основних технологічних операцій під час виробництва круп'яних продуктів .....	49
1.3.2 Технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці .....	52
1.3.3 Застосування електромагнітного поля надвисокої частоти в зернопереробній галузі.....	53
Висновки до розділу 1 .....	55
<b>РОЗДІЛ 2 УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	<b>57</b>
2.1 Ґрунтово-кліматичні умови у роки проведення досліджень.....	57
2.2 Програма досліджень .....	62
2.3 Методика досліджень .....	64
2.4 Методи досліджень .....	74
Висновки до розділу 2.....	75
<b>РОЗДІЛ 3 ОЦІНЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ</b>	<b>76</b>
3.1 Геометрична характеристика зерна .....	76
3.2 Біохімічний склад зерна .....	83
3.3 Технологічні властивості зерна .....	89

	27
Висновки до розділу 3.....	103
<b>РОЗДІЛ 4 ВИХІД КРУПИ ЦІЛОЇ ТА ПОДРІБНЕНОЇ ІЗ ЗЕРНА</b>	<b>106</b>
<b>ПШЕНИЦІ ПОЛБИ</b>	
4.1 Вплив тривалості лушення, зволоження та відволоження на вихід і якість крупи цілої та крупи подрібненої .....	106
4.2 Розробка технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби.....	123
Висновки до розділу 4.....	125
<b>РОЗДІЛ 5 ВИХІД І ЯКІСТЬ КРУП ПЛЮЩЕНИХ ЗА РІЗНИХ</b>	<b>128</b>
<b>СПОСОБІВ ОБРОБЛЕННЯ</b>	
5.1 Вплив тривалості лушення, пропарювання та відволоження на вихід і якість крупи плющеної.....	128
5.2 Вплив лушення зерна, зволоження та оброблення електромагнітного поля надвисокої частоти на вихід і якість крупи плющеної.....	139
5.3 Розробка технології виробництва круп плющених за різних способів оброблення.....	153
Висновки до розділу 5.....	155
<b>РОЗДІЛ 6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА</b>	<b>159</b>
<b>КРУП'ЯНИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ</b>	
Висновки до розділу 6.....	161
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>162</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ</b>	<b>164</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>165</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	<b>198</b>

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

«Правила...» – Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах.

ВТО – Водотеплове оброблення.

V/F – Відношення об'єму зерна до площі його зовнішньої поверхні.

ІРЧ – Індекс розміру часточок.

ІЛ – Індекс луцення.

ЕМП НВЧ – Електромагнітне поле надвисокої частоти.

CV – Коефіцієнт варіації.

Gli/Glu – Відношення гліадинів до глютенінів.

ЗКО – Загальна кулінарна оцінка.

## ВСТУП

Нинішні вимоги споживачів зумовлюють необхідність збільшення різноманіття вирощуваних зернових, перехід до органічного землеробства й удосконалення режимів перероблення сільськогосподарської сировини. Для вирощування за органічної моделі землеробства і системи нульового обробітку ґрунту впроваджується пшениця полба [233, 243, 289]. Рослина характеризується значною витривалістю до несприятливих чинників – посухи, надмірного зволоження, холодостійкістю в ранні етапи розвитку, проявляє толерантність до низки грибкових хвороб, невибаглива до ґрунтів [3, 95, 175, 196, 243, 244]. Одночасно, для раціонального використання зерна та збільшення конкурентоспроможності готового продукту з врахуванням біохімічного складу та технологічних властивостей зерна, доцільно вдосконалювати технологію виробництва кінцевого продукту.

**Актуальність теми.** В умовах глобалізації, важливим є поєднання збереження генетичного різноманіття і використання малопродатних для вирощування пшениці м'якої територій, з одночасним забезпеченням сучасних тенденцій споживачів щодо харчових продуктів. Вирощування малопоширених видів пшениці сприятиме забезпечення населення якісними, безпечними харчовими продуктами, що нині є досить перспективним напрямком.

До малопоширених пшениць належать більшість плівчастих її видів: пшениця полба звичайна (*Triticum dicoccum* Schuebl.), культурна однозернянка (*Triticum monococum* L.), спельта (*Triticum spelta* L.), пшениця туранська (*Triticum turanicum* Jakubz.) [16, 175]. Різниця між пшеницею м'якою і малопоширеними видами – в кількості хромосом, структурі протеїну і поживній цінності [227, 284]. Так, пшениця однозернянка належить до диплоїдної групи пшениць ( $2n=14$ ), пшениця полба – до тетраплоїдної ( $2n=4x=28$ ), спельта і м'яка – гексаплоїдні пшениці ( $2n=6x=42$ ) [56, 207, 225, 263].

Пшениця полба займає все більшу нішу серед інших видів пшениць, оскільки поряд з високим вмістом білка має значну кількість резистентного крохмалю,

клітковини, каротиноїдів, антиоксидантів і характеризується меншою калорійністю [205, 247, 249]. Хліб, макаронні вироби та крупи з пшениці полби є ідеальними харчовими продуктами для здорового харчування. Внаслідок повільнішого засвоєння крохмалю, зерно цього виду пшениці має низьке значення глікемічного індексу, що робить її придатною для спеціальних дієт, наприклад діабеті [21, 216, 219]. Зерно пшениці полби містить менше алергенних речовин, ніж у пшениці м'якої та спельти, що надає їй статус продовольчої культури для здорового харчування, проте не рекомендується до вживання хворим на целиацію [56, 230, 234].

Дослідженням питання раціонального використання зерна пшениці полби займалися вітчизняні та закордонні вчені А. Н. Боровик [13], О. В. Голік [29, 30], Д. О. Жигунов [75, 76], Е. В. Крюкова [95, 96], С. К. Темирбекова [175, 176], Е. В. Хмелева [189], Е. Cazzato [214], Н. Wieser [301, 300], А. Troccoli [299] і присвятили низку наукових праць. Більшість науковців відмічає, у її зерні високий вміст білка (понад 20 %) з ознаками слабкої клейковини. Це зумовлює доцільність його використання для виробництва круп'яних продуктів.

На вихід круп'яних продуктів значно впливають технологічні властивості зерна й анатомічна будова зернівки [36]. Проте, формування врожаю та якість зерна залежать від особливостей сорту, елементів агротехнології та ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування [26, 84, 85, 195, 217, 299]. Складові технології виробництва – лущення, зволоження і пропарювання зерна істотно визначають вихід, органолептичні [22, 42, 53] та кулінарні [53, 107, 108, 126] властивості круп'яних продуктів.

Сутність проблеми полягає в тому, що в науковій літературі недостатньо даних, щодо передумов і раціональних режимів первинної підготовки зерна пшениці полби для виготовлення круп'яних продуктів. Не проведено дослідження впливу біохімічного складу зерна пшениці полби, технологічних властивостей на вибір режимів водотеплового оброблення зерна, індексу лущення й оброблення електромагнітним полем надвисокої частоти, а також їхнього впливу в поєднанні на вихід і якість круп'яних продуктів. Враховуючи особливості анатомічної будови і технологічних властивостей зерна пшениці полби, порівняно з іншими видами

пшениці, розробка й оптимізація окремих складових технологій підготовки зерна для виробництва круп'яних продуктів є актуальними та практично значущими.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація є результатом виконання наукової роботи автора впродовж 2017–2021 рр. і була складовою частиною тематичного плану Уманського національного університету садівництва «Розробка технологій зберігання і переробки продуктів рослинництва» (номер державної реєстрації 0116U003208), галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство, спеціальність 201 Агрономія.

**Мета і завдання дослідження.** Метою досліджень було комплексне оцінювання технологічних властивостей зерна пшениці полби для розроблення технологій виробництва круп'яних продуктів.

Відповідно до поставленої мети передбачалося вирішити наступні завдання:

- провести аналіз джерел літератури та патентної інформації щодо сучасного стану знань з технологічних властивостей зерна пшениці полби та його використання;
- визначити лінійні розміри і геометричні показники зерна пшениці полби;
- встановити зміни біохімічного складу й технологічних властивостей зерна пшениці полби залежно від особливостей сорту та ґрунтово-кліматичних умов зони її вирощування;
- визначити залежності між біохімічним складом і технологічними властивостями пшениці полби;
- дослідити вплив градієнта зволоження, тривалості луцення, пропарювання та відволоження на вихід і якість круп'яних продуктів з пшениці полби;
- застосувати інноваційний спосіб оброблення зерна пшениці полби – електромагнітним полем надвисокої частоти за технологій виробництва круп'яних продуктів;
- розробити технологію та запропонувати рекомендації з виробництва крупи з пшениці полби № 1, круп подрібнентх № 1, 2 і 3 та крупи плющеної;
- економічно обґрунтувати ефективність виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби.

*Об'єкт дослідження* – біохімічні та технологічні властивості зерна пшениці

полби, процес формування якості круп'яних продуктів під час перероблення.

*Предмет дослідження* – зерно пшениці полби та круп'яні продукти з нього.

**Методи дослідження.** При виконанні дисертаційної роботи використано лабораторні методи – проведення фізико-хімічних, біохімічних, анатомо-морфологічних аналізів зерна і круп'яних продуктів, математично-статистичні методи – оцінка достовірності отриманих результатів на основі дисперсійного та кореляційного аналізу; методи експертного оцінювання кулінарної якості круп; економіко-математичний – встановлення економічної ефективності використання пшениці полби у виробництві.

**Наукова новизна одержаних результатів.** *Вперше визначено*, що: за показником індексу розміру часточок (16,5–28,5 %) зерно пшениці полби може змінюватися від м'яко- до твердозерного типу; для зерна пшениці полби доведено кореляційні залежності між масою 1000 зерен та об'ємом і площею зовнішньої поверхні зернівки; між вмістом клейковини, білка та склоподібністю; встановлено, що за геометричною характеристикою зернівки можна проводити очищення пшениці полби на типовому обладнанні; розширені наукові дані про рівномірність розподілення водорозчинних вітамінів групи В у зерні пшениці полби, що проявляється неістотною зміною їх вмісту після процесу лущення (виняток є В<sub>6</sub> і В<sub>9</sub>); для зерна пшениці полби науково обґрунтовано оптимальний індекс лущення – 6–9 %; експериментально доведено, що за вологістю зерна пшениці полби 12–13 % вихід крупи № 1 з нього становить 91–93 %, загальний вихід подрібнених круп – 76 %, а загальна кулінарна оцінка каш відповідно 7–8 балів.

*Науково обґрунтовано та розроблено* технології виробництва крупи плющеної з пшениці полби оптимізацією режиму водотеплового оброблення, що передбачає: а) пропарювання зерна впродовж 6 хв та відволожування – 3 хв; або б) оброблення зволоженого зерна на 1–1,5 % електромагнітним полем надвисокої частоти упродовж 80–100 с.

*Дістало подальший розвиток:* наукове обґрунтування і практичне підтвердження можливості перероблення зерна малопоширених видів пшениці для виробництва продуктів високої цінності зі збалансованим хімічним складом;



експериментальне обґрунтування використання проміжних продуктів, одержаних під час виготовлення крупи плющеної з пшениці полби.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі результатів досліджень розроблено та затверджено технологічні інструкції виробництва крупи № 1 і круп подрібнених № 1, 2 і 3 та крупи плющеної з зерна пшениці полби.

Розроблено технологію «Спосіб виробництва крупи плющеної із зерна пшениці полби після дії НВЧ-випромінювання» (пат. № 136918).

Основні результати досліджень пройшли виробничу перевірку і показали високу економічну ефективність у СТОВ ім. Б. Хмельницького Тростянецького р-н, Вінницької обл., (2021 р.); ПП «НЕО-СОЯ» м. Черкаси, (2021 р.), НВВ Уманського НУС м. Умань (2021 р.). Основні положення дисертаційної роботи використовуються в процесі викладання навчальних дисциплін «Технологія виробництва продукції рослинництва і садівництва», «Сучасні досягнення харчової науки», «Технології зберігання і переробки зерна» та «Технологія круп'яного виробництва» під час підготовки фахівців (довідка № 01-10/191 від 24.02.2021 р.).

**Особистий внесок здобувача** полягає у самостійному опрацюванні наукової вітчизняної і зарубіжної літератури за темою дисертації, опануванні необхідних методик досліджень, виконанні лабораторних досліджень, самостійному узагальненні, аналізі та статистичній обробці отриманих результатів. Автором сформульовано основні положення кваліфікаційної роботи, зроблено обґрунтовані висновки, підготовлено рекомендації виробництву. Публікації виконано автором самостійно та у співавторстві, де внесок здобувача полягає у проведенні лабораторних досліджень, теоретичному узагальненні результатів, систематизації та підготовці наукових праць до друку, написанні та оформленні кваліфікаційної роботи.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень, основні положення та висновки дисертації доповідались та обговорювались на засіданнях кафедри зберігання і переробки зерна, а також на наукових конференціях Уманського НУС: Міжнародній науково-практичній конференції «*Актуальні питання сучасної аграрної науки*» (2017, 2018, 2019); Міжнародній науково-практичній конференції «*Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції*

*садівництва та рослинництва»* (2018); Всеукраїнській науковій конференції молодих учених (2018); Міжнародній науковій конференції *«Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)»* (2019, 2020); Всеукраїнській науковій конференції *«Актуальні питання агротехнологій»* (2019); Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі»* (2019); Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Рубіновські читання»* (2020).

Результати досліджень доповідались на: Міжнародній науково-практичній конференції *«Инновационные подходы и перспективные идеи молодых ученых в аграрной науке»* (м. Алмати, 2017); Міжнародній науково-практичній конференції присвяченій 110-річчю від дня народження академіка-селекціонера В. М. Ремесла (с. Центральне, 2017); VIII Всеукраїнській науково-практичній конференції (м. Київ, 2019); Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку / ТЕБ-2019»* (м. Ірпінь, 2019); Міжнародній науково-практичній конференції *«Якість і безпека харчових продуктів»* (м. Київ, 2019); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів *«Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур»* (с. Центральне, 2019, 2020); VI International Scientific and Practical Conference *«Topical issues of the development of modern science»* (Sofia, 2020); 1-st International scientific and practical conference “Innovative development of science and education” (Athens, 2020); II Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції *«Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі»* (с. Мелітополь, 2020).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 35 наукових праць – 10 статей, з них вісім у фахових виданнях України, одна стаття у виданні, що індексується в наукометричній базі Scopus, одна стаття в іноземному періодичному виданні; один патент України на корисну модель, 24 тез доповідей на конференціях.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота викладена на 268 сторінках комп'ютерного тексту, з яких основний текст складає 131 сторінок. Робота містить анотацію, вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел (310 найменувань з яких 108 латиницею) та 59 додатків.

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ЗНАНЬ У ФОРМУВАННІ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КРУП'ЯНИХ ПРОДУКТІВ

Відповідно до нинішньої класифікації, за ботанічними ознаками рід пшениці (*Triticum* L.) нараховує понад 30 видів з великою міжвидовою мінливістю [283, 290, 310]. За морфологічними особливостями їх поділяють на плівчасті або полб'яні пшениці (колос ламкий, зерна в ньому міцно вкриті плівками, що важко відокремлюються) та голозерні або справжні пшениці (пружний колос, зерна легко відокремлюються від плівок) [263].

*Triticum dicoccum* Schuebl. – культурна полба або двозернянка (далі в тексті пшениця полба). Донедавна вона вважалася забутою і не використовувалася у сільськогосподарському виробництві. Пшениця полба належить до плівчастих видів пшениці. Вважається, що вона походить від дикої близькосхідної пшениці *Triticum dicoccoides* Korn. (дикої полби), яка мутаціями набула неламкого стрижня колосу [56, 296, 304]. Пшениця полба відома під багатьма назвами: емер (Emmer – Німеччина) [183]; оркіш (orkich), лускниця (Україна) [303], периндж (pərinç – Азербайджан); farro medio (Італія) [212], plaskurka (Польща) [56]. Слід відзначити, що в деяких країнах усі плівкові види пшениці об'єднують в одну групу, наприклад в Італії застосовується термін *farro*, який включає пшеницю полбу, спельту та однозернянку [212, 521, 299]; в Іспанії – *Asturian escanda* [213].

#### 1.1 Загальна характеристика пшениці полби

Широкий ареал вирощування пшениці полби зумовив велике різноманіття її екологічних типів. Екологічна диференціація подібна пшениці м'якій. Пшениця полба залежно від ареалу і морфологічно-екологічних особливостей включає 4 підвиди: 1) subsp. *abyssinicum* Vav. (ефіопська полба); 2) subsp. *asiaticum* Vav. (східна полба); 3) subsp. *dicoccum* (європейська полба); 4) subsp. *maroccanum* Flaksb.

(марокканська полба) [293].

До поки що, пшениця полба має незначне поширення, проте з тенденцією до поступового збільшення. Її частка у світовому виробництві пшениці становить близько 1 % [225, 303]. Нині пшениця полба є однією з важливих зернових культур Ефіопії, гірських районів Східної Європи, Албанії, Австрії, Греції, Італії, Іспанії, Румунії [56, 251], а також обмежено культивується у Вірменії [30], Туреччині [240], Індії та на Закавказзі [225, 288]. У Швейцарії цю культуру вирощують, у першу чергу, з лікувальною метою [175].

Нині зростає популярність пшениці полби серед багатьох європейських сільськогосподарських виробників [190, 192]. Зацікавленість до неї зумовлена уподобанням споживачів екологічно вирощеної харчової продукції за органічного землеробства [212, 213, 218, 233, 243, 245, 251, 289]. Пшениця полба витривала до надмірного зволоження й посухи, холодостійка, проявляє толерантність до низки грибкових хвороб, невибаглива до ґрунтів [3, 95, 243]. Зерно в її колосі захищене від шкідників, несприятливих зовнішніх чинників і втрати вологи щільним шаром твердих неїстівних лусок (квіткові та колоскові). Луски спричиняють певне сповільнення проростання зернівок, що є механізмом захисту проростків від несприятливих чинників навколишнього середовища [16].

Як у диких, так і у культурних плівчастих видів пшениці, колоскові луски, завдяки розвитку механічних тканин, дуже тверді та міцно охоплюють зернівки, так що їх обмолот ускладнений (вимагає додаткових технологічних операцій для звільнення зерна від лусок) [215, 263]. У плівчастих пшениць, на відміну від більшості інших видів родини Злакових (ячмінь, овес, рис) – перикарпій зернівки не зрощується з квітковими лусками [12]. Звільнення зерна від лусок можна проводити на різних типах луцильників відцентрового типу або з абразивною поверхнею тощо[9].

Серед представників пшениці полби є дуже ранні – з вегетацією у 80 діб (східні підвиди) і дуже пізні – 120 діб (європейські підвиди) [95, 183]. Період вегетації пшениці полби скорочується за меншої кількості опадів і збільшення норми висіву [155]. Залежно від умов вирощування продуктивна куцистість

пшениці полби становить від 2 до 10 стебел на рослину [13, 95, 139]. Висота рослин варіює від низькорослих до високорослих (довжина соломини від 50 до 150 см), з різною схильністю до вилягання.

Залежно від особливостей технології вирощування довжина колоса змінюється від 3,5 до 12,5 см [95, 167, 183, 218, 245]. Крім цього встановлено узгодження розміру колосу з географічним районом вирощування і погодними умовами. Так, європейські сорти пшениці полби відрізняються найстійкішими показниками довжини колосу – понад 7 см, ефіопські підвиди – короткі до 5 см. Встановлено [95] кореляційний зв'язок між довжиною колоса, масою 1000 зерен і масою зерна з одиниці площі.

Залежно від підвиду полби кількість колосків у колосі становить від 12 до 27 шт. [13, 95, 139, 245]. У колоску, зазвичай, розвиваються дві, рідше три зернівки [257]. При цьому, кількість зерен у колосі варіює від 21 до 55 шт. [167]. Колос стиснутий: дворядна сторона (0,8–1,2 см) значно ширша лицьової (0,5–0,8 см). Більшою кількістю зерен у колосі відмічаються підвиди європейської та східної полби. Зовнішня квіткова луска опукла і зазвичай з остюком (3–17 см) [95].

Відомо [175, 225], що пшениця полба здатна формувати врожай на висоті до 2000 м над рівнем моря. Зазначається [257], що пшениця полба адаптована до тих самих умов, що й пшениця тверда. При цьому вона краще пристосована до регіонів з меншою кількістю опадів. Для забезпечення високого вмісту білка необхідно проводити позакореневе азотне підживлення [179].

Негативними властивостями колосу є його ламкість (розпадання на окремі колоски). Внаслідок недорозвинення видільного шару колос під час досягання не поділяється на окремі членики самостійно, а залишається цілим, проте легко розламується натисканням [215]. Ламкість колосу не спостерігається за роздільного збирання врожаю, а також на початку воскової стиглості зерна.

Нині створюються нові сорти плівчастих видів пшениці, в яких плівчастість і ламкість колосового стрижня слабша. При цьому генетично зумовлена невибагливість до кліматичних, абіотичних і біотичних чинників, а також високі круп'яні властивості зерна збережені [3, 295].

У джерелах літератури зазначається значна варіативність рівня врожайності пшениці полби, що пояснюється різним еколого-географічним походженням, погодними умовами й особливостями технології вирощування [299]. За оптимальних ґрунтово-кліматичних умов вирощування пшениця полба формує на 25–50 % нижчу врожайність, ніж пшениця м'яка [91, 243, 275]. Проте, за вирощування в екстремальних умовах, врожайність пшениці полби може перевищувати пшеницю м'яку і тверду [13]. Раніше вчені [217] відзначили низьку врожайність старих сортів пшениці полби – на рівні 5,9–22,3 ц/га, а в дослідженнях С. В. Кондратівни [91] – 16,1–21,9 ц/га. Сучасні сорти й лінії пшениці полби вже перевищують врожайність минулих на 10–15 ц/га, що свідчить про перспективність селекції з метою виведення сортів, які не поступатимуться поширеним видам пшениці та забезпечують урожайність у межах 25,1–42,9 ц/га [221]. Проте, згідно розрахунків [13, 218, 221, 248, 281] її потенційна врожайність може сягати 65,4–76,6 ц/га.

Пшениця полба широко застосовується в селекції нових сортів у багатьох країнах, в тому числі й Україні. Пшениця полба є вихідним матеріалом за міжвидової та міжродової гібридизації для створення скоростиглих, низькорослих, посухостійких, стійких до грибкових захворювань, з високою якістю зерна сортів [13, 86, 134]. Вчені [3, 244] відмічають можливість використання пшениці полби, як донора стійкості до посухи у процесі гібридизації. Цей вид досить легко схрещується з *Triticum turgidum* L. і *Triticum durum* L., утворюючи високопродуктивні гібриди [3].

В Україні значну роботу над створенням високопродуктивних сортів полби проводить Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України [3, 30]. Результатом складних міжвидових схрещувань за участі зразків полби ярої UA 0300209 (Ефіопія), UA 0300181 (Німеччина) і сорту пшениці твердої ярої Харківська 41 є створення пшениці полби сорту Голіковська (селекційна лінія 06-193). Цей сорт занесено до «Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні» у 2015 році (рекомендована зона – Лісостеп). Він характеризується врожайністю на рівні 30,1–37,0 ц/га, вмістом білка 15,3–17,2 % і

плівчастістю на рівні 17,0 % [30]. За зовнішнім виглядом сорт пшениці полби Голіковська ближчий до пшениці твердої, хоча за смаковими властивостями крупи наближається до класичної полби [3]. Також зареєстровані й інші сорти пшениці полби звичайної – у 2016 р. сорт Романівська [139, 165], у 2020 р. – сорт Юніка [29].

Для харчування із зерна пшениці полби виробляють крупи, борошно і використовують як сировину для виготовлення пива та оцту [3, 265]. В Італії поширеним є хліб із пшениці полби «*pane di farro*», а також макаронні вироби та печиво. Борошно із пшениці полби додають до борошна з пшениці м'якої під час виробництва хліба для збагачення біологічними складовими.

## 1.2 Властивості зерна пшениці полби

В джерелах літератури показники властивостей зерна пшениці полби значно відрізняються, що пояснюється впливом багатьох чинників. Так, урожайність і вміст білка в зерні пшениці, найбільше змінюються від ґрунтово-кліматичних умов [89, 90]. Вплив цієї групи чинників майже в п'ять разів більший, ніж особливостей технології вирощування, у три рази – добрив і в два – особливостей сорту. Проте, значення сорту при цьому не зменшується, оскільки від нього залежить адаптація рослин до несприятливих умов вирощування. Нині генетичний потенціал урожайності сорту реалізовується лише на 30–50 %, за можливого – 70–80 % [31].

Зі зміною норми висіву можна регулювати густоту стеблестою, висоту рослин, а також забур'яненість [299]. Збільшення норми висіву сприяє зменшенню вмісту білка в зерні, натури та маси 1000 зерен. Встановлено [275], що порівняно з пшеницями м'якою, твердою і спельтою, пшениця полба, вирощена за однакових умов має менше варіювання за масою 1000 зерен, склоподібністю та вмістом білка.

Відзначається [217, 222, 259], що різні варіанти обробітку ґрунту істотно впливають на рослини пшениці полби, проте вони не виявили достовірного впливу на якісні показники зерна. На відміну до цього, внесення органічних і мінеральних добрив впливає на якість зерна пшениці [105, 195]. Азотне живлення регулює закладання елементів продуктивності рослини (стебел, колосків, зерен) і забезпечує

наливання зерна, впливаючи на врожайність.

**1.2.1 Геометрична характеристика зерна.** На процес перероблення зерна значно впливає його геометрична характеристика та вирівняність. Зазвичай більший вихід готового продукту забезпечується використанням виповненого зерна, оскільки воно містить більше ендосперму. Кращу ефективність процесів перероблення мають вирівняні за крупністю партії зерна [66].

Більшість підвидів пшениці полби характеризуються видовженою формою зернівки з гладенькою або матовою поверхнею. Встановлено [95, 177], що довжина зернівки пшениці полби змінюється в широких у межах – від 5 до 10 мм (стисла з боків), ширина і товщина 2–3 мм і більше, тоді як у пшениці м'якої довжина зернівки змінюється від 6,3 до 7,7 мм, ширина – від 3,5 до 3,6, а товщина – від 3,0 до 3,2 мм. Підвиди європейської полби відрізняється коротшими та виповненими зернівками. Довгі, вузькі зернівки відзначаються у східних і марокканських підвидів. Переважна форма борозенки вузька, стиснута з боків, середня або глибока.

З розміром зернівки пов'язаний показник сферичності. Його значення підвищується зі збільшенням ширини та товщини, внаслідок чого зменшується вміст оболонки та алейронового шару. Згідно з джерелами літератури [5, 56, 66, 109] сферичність зерна пшениці становить 0,82–0,85, жита – 0,45–0,75, ячменю – 0,76–0,83, вівса – 0,64–0,77, рису – 0,60–0,70, а пшениці полби – 0,79–0,81.

Насіннева оболонка зернівки разом з алейроновим шаром під час перероблювання складають мучку, що впливає на вихід продукту. Встановлено [177], що товщина насінневої оболонки пшениці полби становить 38,0 мкм, тоді як у пшениці м'якої – 41–50 мкм. Можна припустити, що завдяки меншій товщині оболонки, порівняно з пшеницею м'якою, вихід круп'яних продуктів і борошна у пшениці полби буде вищий.

Площа поверхні зерна залежить від лінійних розмірів зернівки і наявності зморшок на її поверхні. Відношення об'єму зерна до площі його зовнішньої поверхні ( $V/F$ ), має важливе значення для організації процесів термомасоперенесення. Для зерна пшениці м'якої цей показник змінюється – від 0,49 до 0,64 [65].



**1.2.2 Біохімічний склад зерна та фактори впливу на нього.** Вчені [287] дійшли висновку щодо сприятливого впливу на здоров'я людини вживання малопоширених видів пшениць і цілозернових продуктів внаслідок підвищеного вмісту корисних нутрієнтів. У багатьох дослідженнях [56, 96, 196, 205, 219, 247, 250, 290,] відзначається, що зерно пшениці полби якісно відрізняється від пшениці м'якої за харчовою цінністю, а саме вищим вмістом білка, ліпідів, мінеральних речовин, каротиноїдів, антиоксидантних сполук, вітамінів і меншим вмістом вуглеводів.

Вміст білка в зерні є одним із найважливіших критеріїв оцінювання якості зерна пшениці у світовій практиці. Білки зернових становлять приблизно третину споживаного людиною протеїну. Вміст білка – генетично контрольована ознака, величина якої визначається детермінацією генів з умовами навколишнього природного середовища. З джерел літератури [157, 195, 272, 282] відомо, що на вміст білка істотно впливають як погодні умови, так особливості сорту. Тому, практичний інтерес викликає питання вмісту білка в зерні та збалансованість його за незамінними амінокислотами.

За вмістом білка пшениця полба значно не відрізняється від пшениці твердої, проте відмічається вищий показник відношення гліадинів до глютенінів (Gli/Glu) [233, 300]. Формула гліадину в зерні в цілому типова для пшениці твердої [5, 25].

Вміст білка в зерні пшениці полби має велику мінливість 3–37 % [13, 21, 221, 236, 249, 282, 292]. Вчені [137] зазначають можливий вміст білка в зерні пшениці м'якої від 9,9 до 18,2 %, у пшениці твердої – від 12,1 до 21,4 %, а в пшениці полби – від 12,7 до 25,7 %. Проте, в більшості джерел літератури значення цього показника для зерна пшениці полби варіює від 11,2 до 22,7 % [4, 56, 223]. Так, О. М. Ружицька [167], вирощуючи пшеницю полбу чотирьох сортів європейського походження в Степу України, відмічала в зерні вміст білка від 16,9 до 22,6 %. Значна відмінність результатів різних досліджень є наслідком використання різних сортів і вирощування за різних агрокліматичних умов.

Роздільне внесення азотних добрив у різні періоди розвитку рослини сприяє кращому засвоєнню азоту, що спричиняє збільшення біомаси, урожайності та вмісту білка [289]. Використання значної кількості азотних добрив за вирощування

пшениці полби негативно впливає на рослини та якість зерна. Так, внесення азотних добрив у ранні фази розвитку зумовлює інтенсивне куціння, що негативно позначається на стійкості до вилягання і спричиняє зниженням продуктивності [13, 248]. Проте, без внесення добрив, рослини пшениці полби характеризуються істотним зменшенням продуктивності [169]. При цьому, в зерні зменшується вміст білка, а також значення співвідношення білкових груп Gli/Glu, внаслідок зменшення вмісту гліадинів.

Застосування гербіцидів і регуляторів росту також впливають на формування вмісту білка в зерні пшениці. Так, обробка насіння перед сівбою та вегетуючих посівів регуляторами росту із гербіцидами позитивно впливає на формування вмісту білка та сирого клейковини у зерні пшениці полби звичайної [84].

Згідно з даними О. Д. Черно [195] за відсутності опадів та високої температури у фазу наливу зерна відбувається збільшення вмісту білка і поліпшується якість клейковини. Посушливі умови певною мірою сповільнюють фотосинтетичні процеси, а дихання рослин підсилюється, через що збільшуються витрати вуглеводів [169]. За таких умов підвищується вміст білка. Збільшення кількості опадів сприяє значному наростанню зеленої маси, що спричиняє вилягання рослин [243]. За випадання значної кількості опадів у період досягання зерна вміст білка також зменшується [85].

Встановлено [83] залежність – з підвищенням урожайності збільшується й вміст білка у зерні пшениці озимої, проте не завжди. Проаналізувавши урожайність пшениці, І. Г. Протопіш [163] встановив слабку кореляцію між умістом білка та врожайністю зерна, а саме – нижчий вміст білка відповідає вищому рівню врожайності зерна. У своїх дослідженнях Р. Konvalina [243] розділив пшеницю полбу на дві групи: сорти, що характеризуються меншим вмістом білка, вищою врожайністю та меншою стійкістю до вилягання. Інша група сортів характеризуються більшим вмістом білка, нижчою врожайністю та вищою стійкістю до вилягання.

Хоча вміст білка має важливе значення, проте його склад є ключовим чинником у характеристиці біологічної цінності продукції. Білки пшениці

поділяються на водорозчинні (метаболичні) та нерозчинні у воді (запасні). Біологічна цінність зерна визначається саме наявністю водорозчинних фракцій білка, які є основним джерелом цінних незамінних амінокислот [196]. Зерно пшениці полби має більший вміст водорозчинних білків порівняно з м'якою і твердою [268]. Вміст альбумінів і глобулінів у пшениці полби становить близько 24–39 % від загального вмісту білка, тоді як у пшениці м'якої та твердої 15–25 % [167, 235]. Тому, для пшениці полби кількість сухої клейковини менше корелює із загальним вмістом білка. Клейковиноутворювальні фракції білка гліadini та глютеніни складають відповідно 29–64 % і 13–40 % від загального його вмісту [167, 219, 235].

Відомо [273], що вміст амінокислот у зерні пшениці полби вищий порівняно з пшеницею м'якою. Вміст незамінних амінокислот у білка зерна полби становить 29,7–34,4 %, а замінних – 65,6–70,3 %. Порівняно із зерном пшениці м'якої, Р. Рерó і Z. Gудбі [273] встановили перевищення вмісту амінокислот на 15–28 % у зерні пшениці полби. У дослідженнях О. В. Чугунової та Е. В. Крюкової [196] ці показники вищі в 1,5–1,6 рази. Якісний склад амінокислот пшениці полби подібний до пшениці твердої і спельти [219]. Подібно пшениці м'якої, білки зерна пшениці полби дефіцитні за лізином і треоніном [5, 56, 180].

Вуглеводи є важливим джерелом енергії у раціоні людини. Близько  $\frac{1}{2}$ – $\frac{3}{4}$  маси зернівки пшениці становлять вуглеводи що, в основному представлені крохмалем. Крохмаль складається з двох типів полісахаридних молекул амілози й амілопектину. Під час росту зерна крохмаль відкладається в ендоспермі, як дискретні напівкристалічні агрегати (крохмальні гранули), що занурені в білкову матрицю.

Для пшениці полби крохмаль є основною складовою зерна, а вміст цукру становить лише 2–3 % [219]. Вчені М. Lacko-Bartošová та ін. [250] зазначають, що вміст крохмалю в зерні пшениці полби знаходиться на рівні 64,8–66,1 %, а Z. Stehno та ін. [290] – на рівні від 55,3 до 63,0 % залежно від сорту. Згідно даних О. М. Ружицької, В. І. Дробот та ін. [56, 167] вміст крохмалю становить від 50,0 до 66,2 %. Форма крохмальних гранул, у пшениці полби сферична, що є типовою для пшениць [5].

Відомо [5, 160, 305], що в ендоспермі зерна пшениці полби переважають крохмальні гранули лінзоподібної форми (А-тип), у той час, як у пшениці м'якої – вони сферичної форми (В-тип). Розміри і співвідношення різних фракцій крохмальних зерен, зв'язок з білками визначають такі технологічні властивості, як набубнявіння, тривалість варіння, розварюваність, що впливає на якість круп [5, 298, 306]. Чим ширше відношення амілоза/амілопектин, тим нижча температура клейстеризація крохмалю, більше набубнявіння крупи і кращі її споживні властивості. Засвоюваність крохмалю збільшується за підвищеного вмісту амілози, якої, в середньому, в ячмені та пшениці – 24 %, у тритикале – 19–22 % [65]. У зерні пшениці полби наявні розчинні вуглеводи – мукополісахариди, що сприяють зміцненню імунної системи організму людини.

Харчові волокна – комплекс біополімерів, що включає клітковину, геміцелюлозу, пектинові речовини, лігнін [93]. Вони важко перетравлюються, проте виконують механічні та сорбційні функції в організмі людини, а також є джерелом харчуванням бактерій у кишківнику [285].

Вміст харчових волокон у зерні пшениці полби змінюється від 7,2 до 15,5 % (від загального вмісту вуглеводів) [21, 56, 204, 236] або від 1,0 до 2,17 % від загальної маси зернівки [167, 223].

Вміст ліпідів у зерні пшениці полби змінюється в широких межах – від 0,9 до 4,9 % [56, 167, 236, 249, 290]. Як і білкові речовини, ліпіди розподілені в зерні нерівномірно. Найбільше їх міститься в зародку (28,5 %) та алейроновому шарі (8,0 %) [249]. Порівняно з пшеницею м'якою ліпіди плівчастих пшениць мають більше мононенасичених жирних кислот, менше насичених і поліненасичених жирних кислот [56]. Склад жирних кислот плівчастих пшениць подібний до найбільш поширених видів пшениць: найбільше – лінолевої, потім – олеїнової, пальмітинової та ліноленової кислот [219].

Вміст золи у зерні пшениці полби може змінюватись від 1,10 до 3,96 % залежно від особливостей технології вирощування та погодних умов [56, 223, 235, 236, 249]. За вмістом золи О. М. Ружицька [167] не виявила достовірної відмінності між сортами пшениці полби.

Мінеральні елементи складають лише 2–5 % від маси зерна, проте вони є цінними поживними речовинами, що необхідні для людського організму. Недоліком є те, що значна частка цих речовин знаходяться в зовнішніх оболонках зернівки, які видаляються під час технологічних операцій [228]. Якісний склад і вміст мінеральних елементів у зерні сильно змінюється залежно від особливостей сорту та ґрунтово-кліматичних умов вирощування культури [13].

Зерно пшениці полби відрізняється від пшениці м'якої та твердої за вмістом мікроелементів. Зерно пшениці полби містить більше селену, заліза, мангану, цинку та міді порівняно з пшеницею м'якою [13, 219]. Встановлено [297], що середні концентрації заліза, цинку, міді, мангану та селену в лініях пшениці полби становили відповідно  $41,72 \pm 3,57$ ,  $17,06 \pm 0,63$ ,  $2,85 \pm 0,15$ ,  $18,11 \pm 0,71$  та  $0,05 \pm 0,00$  мг/кг. Проте, внаслідок більшого дисбалансу мінеральних речовин (кальцію, фосфору і магнію) плівчасті пшениці мають менший ступінь їх засвоєння [56].

Зернові культури є цінним джерелом вітамінів групи В [278]. Під час проростання їхній вміст зростає в 5–10 разів, також під час цього утворюється аскорбінова кислота (вітамін С) [88]. Вміст  $\alpha$ -токоферолу, який є основною формою вітаміну Е, у пшениці полбі значно менший, ніж у пшениці м'якої [56, 205]. Проте у пшениці полбі більше міститься лютеїну (основний каротиноїд у пшениці), що відображається жовтим відтінком борошна [247]. Значний вміст лютеїну в зерні є ефективним для профілактики розладів зору [285].

Вченими [297] встановлено, що вміст вітамінів у зерні пшениці полби є на рівні А –  $65,48 \pm 2,39$ , В<sub>1</sub> –  $4,22 \pm 0,13$ , В<sub>2</sub> –  $0,36 \pm 0,05$ , В<sub>5</sub> –  $3,60 \pm 0,21$ , В<sub>6</sub> –  $2,06 \pm 0,09$  мкг/кг.

У зерні пшениці полби відмічається підвищений вміст глютамінової кислоти, що нормалізує обмін речовин в організмі людини та надає специфічний смак і запах готовому продукту, а також триптофану, що сприяє біосинтезу нікотинової кислоти (вітамін РР), проліну – попередника глютамінової кислоти і валіну – однієї з вихідних речовин у біосинтезі пантотенової кислоти (В<sub>3</sub>) [219]. Відомо [246, 247] про кращі антиоксидантні властивості пшениці полби порівняно з пшеницею спельтою, однозернянкою і пшеницею м'якою, що зумовлено вищим вмістом вільної ферулової кислоти та загальним вмістом фенолів.

**1.2.3 Технологічні властивості зерна.** Вітчизняні й закордонні вчені, зокрема І. А. Баженова [5], О. В. Чугунова [196], Е. В. Бадамшина [4], А. Н. Боровик [13], О. М. Ружицька [167], Гилев С. Д. [28], М. Lacko-Bartošová [249, 250], V. Čurná [219, 248], A. Troccoli [214, 299], Pagnotta M. A. [269], Galterio G. [232] та ін. досліджували технологічні властивості пшениці полби з метою встановлення найдоцільнішого застосування її зерна. Технологічні властивості зерна формуються залежно від особливостей сорту, ґрунтово-кліматичних умов у період вегетації та особливостей технології вирощування, а також структури зерна – співвідношення його анатомічних частин і особливостей мікроструктури ендосперму й оболонки [27, 39, 46, 71, 77, 99, 142, 154, 178, 261].

Маса 1000 зерен пшениці характеризує крупність зерна. Чим більше її значення, тим кращі його технологічні властивості. Цей показник корелює з крупністю зерна, склоподібністю, щільністю і вмістом ендосперму. За даними А. Г. Крюкової [95] маса 1000 зерен пшениці полби становить 28,1–30,0 г, а з І. А. Баженової [5] – 24,0–35,0 г. Істотну варіацію цього показника залежно від погодних умов, особливостей технології вирощування та сорту зазначають А. Н. Боровик [13] – від 18,0 до 44,8 г, а G. N. Desheva, P. De Vita та ін. [221, 223] – від 21,8 до 52,8 г. Найбільші значення маси 1000 зерен наводить Е. В. Бадамшина та ін. [4] – від 58,8 до 61,0 г.

Натура зерна залежить від сферичності, крупності, стану поверхні зерна, наявності домішок, вологості, склоподібності, зольності. Вона характеризує виповненість зерна і є ознакою його борошномельних властивостей. В джерелах літератури зустрічаються значення натури від 716 до 830 г/л [4, 5, 67, 160, 165, 221, 275], що відповідає пшениці м'якій (620–870 г/л).

Склоподібність характеризує круп'яні та борошномельні властивості зерна. Зазвичай з цим показником пов'язують фізико-механічні властивості зерна – кількість утворених крупок, характер вимелювання і відділення оболонки від ендосперму, просіювання борошна [294]. У склоподібному зерні крохмальні зерна, що заповнюють клітини, міцно і щільно пов'язані між собою білком. Між крохмальними зернами борошнистих клітин ця проміжна речовина представлена

менш щільно або зовсім відсутня, в результаті чого виникають зони, заповнені повітрям. Встановлено сильний кореляційний зв'язок між показниками склоподібності та вмісту білка [108]. Консистенція ядра для зерна круп'яного призначення є одним з визначальних чинників, що впливає на вихід та асортимент продуктів. Використання зерна зі склоподібним ендоспермом дозволяє в процесі його перероблення отримувати більший вихід кінцевої продукції [170].

За показником твердозерності зерно полби відноситься до середньотвердозерного 2 класу і прирівнюється до значень пшениці твердої [4, 303]. За твердістю О. В. Борисова [209], прирівнює пшеницю полбу до пшениці твердої. Відомо [33], що при переробці твердозерного зерна вихід круп'яних продуктів буде вищий порівняно з використанням м'якозерного.

Вважається [65, 271], що показник твердозерності є особливістю сорту і за зміни склоподібності та вмісту білка зерно одного сорту проявляє подібні значення індексу розміру часточок (ІРЧ). Проте Р. С. Williams [302] на зразках австралійської пшениці продемонстрував, що для одних твердозерних сортів пшениць ІРЧ зі збільшенням вмісту білка зменшується, а для інших збільшується. На м'якозерні сорти ця закономірність також поширюється.

Найважливішим показником якості зерна пшениці є борошномельні властивості, як основної сировини для виробництва хліба. Провідна роль у визначенні хлібопекарської якості борошна належить білкам, вміст і якість яких у зерні пшениці залежить від сорту й умов вирощування [24]. На кількість та якість клейковини у зерні пшениці озимої істотно впливають попередники. Так, встановлено [72], що найкращими попередниками для пшениці озимої є горох та однорічні трави.

Хоча пшениця полба відрізняється високим вмістом клейковини, проте вона більш розпливчаста і менш пружна (слабка), ніж клейковина пшениці м'якої [4]. Вміст клейковини у зерні пшениці полби істотно змінюється залежно від сорту та кліматичних умов – від 9,0 до 46,6 % [13, 21, 223, 236, 275]. Найчастіше зустрічаються значення цього показника від 24,2 до 39,5 % [4, 248, 290]. Згідно даних Л. А. Вечерської, Л. І. Реліна та О. В. Голіка [21] вміст клейковини у

вітчизняних сортах пшениці полби варіює від 17,5 до 33,5 %.

Встановлено [56, 224], що гліадин (гетерогенний білок) надає клейковині в'язких властивостей, необхідних для приготування тіста, в той час як глютенін (полімерний білок) – міцність і еластичність, необхідні для утримування діоксиду вуглецю. Для забезпечення відмінних хлібопекарських властивостей необхідний певний баланс еластичності та в'язкості. Кількість гліадину та глютеніну різняться між видами пшениці, сортами й вирощуванням за різних умов. Основними параметрами білка, пов'язаними з якістю випікання хліба, є високий вміст глютену та відносно низьке відношення Gli/Glu [233, 301]. Це дозволяє ідентифікувати сорти серед видів пшениці з прогнозованими добрими показниками для випікання хліба незалежно від місця вирощування. Надмірне його збільшення супроводжується послабленням клейковини. Для пшениці полби характерне високе відношення Gli/Glu 2–5:1, а для пшениці м'якої низьке – 1–3:1 [56, 233, 235, 300].

За меншої кількості опадів під час наливання зерна відношення Gli/Glu зазвичай збільшується [220]. Якщо в період від середини наливання зерна середньодобова температура вища оптимальної, то пружність клейковини посилюється [242].

Використання полби у хлібопеченні обмежено через низькі хлібопекарські властивості [188, 215]. Про це свідчить низьке значення показника седиментації [290]. Останній змінюється залежно від кількісно-якісного співвідношення білкових фракцій. Однак в цілому високий вміст білка забезпечує високі значення седиментації [76].

Хліб, випечений з полб'яного борошна, має низький питомий об'єм, нерозвинену пористість, значні підриви та тріщини. При цьому, пшениця полба, завдяки своєму багатому хімічному складу, є перспективним видом рослинної сировини, для створення продуктів здорового харчування [16]. Зазвичай зерно пшениці полби рекомендують використовувати для виробництва круп'яних продуктів, а борошно застосовувати для виготовлення борошняних кондитерських і макаронних виробів [188, 290].



### **1.3 Технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці**

Оскільки у процесі виробництва круп їх харчова цінність відносно зерна, що переробляється, здатна суттєво знижуватися, нині у світі відбувається стрімкий розвиток ресурсощадних технологій, розробляються напрямки поліпшення харчової цінності продукції її фортифікацією та пошуку нових видів сировини.

Харчова цінність круп залежить від кількісного та якісного розподілу поживних нутрієнтів у зернівці й опосередковано від індексу луцення [219, 238, 308]. В основному більшість біоактивних і фенольних речовин концентрується у зовнішньому шарі зернівки, а тому використання цільнозернових продуктів вважається найкращим рішенням для зменшення втрат біоактивних сполук і підвищення їхньої корисності для здоров'я людини [276]. В скандинавських країнах (Норвегія, Швеція та Данія) органи харчування та охорони здоров'я рекомендують вживати не менш як 75 г цільного зерна на 2400 ккал [231].

Крупа з полби швидко розварюється й не утворює слиз під час варіння. Каша має гарний зовнішній вигляд з коричневим відтінком, добре розсипчаста, приємний смак і запах із горіховим відтінком. Проте, асортимент круп обмежує недостатнє вивчення впливу режимів перероблення зерна.

**1.3.1 Характеристика основних технологічних операцій під час виробництва круп'яних продуктів.** Основним процесом перероблення зерна є подрібнення – луцення, подрібнення, розмелювання та шліфування [210]. Луцення – технологічний процес під час якого відділяються оболонки зернівки. Перебіг луцення залежить від анатомічних особливостей зерна (міцності ядра, оболонок і прилягання до ендосперму) та його вологості.

Луцення зерна пшениці здійснюють на оббивальних машинах з абразивною поверхнею. Також його можна проводити на луцильних машинах типу А1–ЗШН. Одним із важливих показників виробництва круп'яних продуктів є встановлення оптимального ступеня луцення зерна, показник якого змінюється залежно від особливостей сорту, оскільки зерно характеризується різним вмістом оболонок і міцністю їхнього прилягання до ендосперму.

Відомо, що круп'яні властивості зерна пшениці м'якої істотно залежать від особливостей сорту, а на вихід крупи цілої найбільше впливає вміст ендосперму в зернівці [36, 107]. Між виходом цілої крупи з пшениці та вмістом ендосперму в зернівці встановлено сильну кореляційну залежність [40].

Збільшення індексу луцення зерна зменшує вміст оболонки, біологічна цінність також знижується, однак кулінарна оцінка крупи підвищується [125, 126, 146]. Оскільки клітковина, вітаміни та мінерали зазвичай концентруються в зовнішніх оболонках та алейроновому шарі зерна, залишковий вміст поживних речовин залежатиме від того, наскільки ці шари будуть видалені під час оброблення.

Оптимальний ступінь луцення повинен забезпечити високі кулінарні властивості за найменшого видалення оболонки. Відомо [53, 107, 108, 126], що органолептичні властивості та кулінарна якість залежить від виду та сорту пшениці. Так, для одержання цілої крупи № 1 із пшениці спельти з високими кулінарними якостями рекомендується лущити зерно до досягнення значення коефіцієнта луцення 11–14 % [125]. Зменшення вмісту оболонки сприяє скороченню тривалості варіння крупи [42]. Досліджуючи луцення зерна вівса, Z. Zheng та ін. [307] відзначили зменшення мікробного забруднення, активності ліпази, твердості та поліпшення текстури звареної крупи за збільшення індексу луцення.

Дослідженнями [13] встановлено, що незалежно від наявності проведення шліфування кулінарна якість круп із зерна пшениці полби знаходиться на «доброму» рівні. Відомо [56, 225, 229], що із зерна пшениці полби одержують крупу манну (семоліну) з поліпшеними кулінарними властивостями, порівняно з крупою з пшениці м'якої та аналогічну за кулінарною оцінкою з пшениці твердої. Коефіцієнт розварювання круп із пшениці полби залежить від виду крупи і становить 2,8–3,5.

Підвищення вологості сприяє різкому збільшенню пластичних властивостей зерна та частин його оболонки, а низька вологість зерна перед шліфуванням сприяє значному подрібненню зерна, що знижує вихід крупи та її якість.

Для надання необхідних технологічних властивостей зерна перед луценням проводять водотеплове оброблення (ВТО) [48, 210, 238]. Воно полягає у впливі на зерно вологи і тепла. Процес поглинання вологи зерном є нелінійним і має декілька

фаз [15, 168, 171, 194]. Під час проникнення вологи у зернівку в ній відбуваються значні фізико-хімічні зміни [156, 208, 260]. Ендосперм і оболонки стають пластичними та міцнішими, а їх зв'язок зменшується [81, 82]. Наслідком є полегшення відокремлення оболонок від ядра, останнє менше дробиться, а отже підвищується вихід кінцевого продукту [182]. Проведення ВТО актуальне під час виробництва цілих і плющених круп. ВТО дещо впливає на споживні властивості крупи, тривалість варіння, консистенцію каші та її розварювання [42, 73125, 126, 146, 238]. Обґрунтування оптимальних режимів ВТО зерна в технологічних процесах виготовлення круп має важливе значення.

Під час виробництва круп'яних продуктів використовують кілька методів теплової обробки зерна, що забезпечують інактивацію гідролітичних ферментів – пропарювання під тиском та мікронізацію – опроміненням інфрачервоним випромінюванням і електромагнітним полем надвисокої частоти (ЕМП НВЧ) [98]. Нині поширені методи, що передбачають пропарювання зерна під тиском. Метод мікронізації є відносно новим і нині його обмежено застосовують лише у комбікормовому виробництві.

Більшість зернопереробних підприємств України використовують метод пропарювання зерна за надлишкового тиску. Пропарювання, зазвичай, застосовують перед процесом плющення. Метою цього процесу є нагрівання зернівок, зниження крихкості ядра, підвищення пластичності, що сприяє зменшенню ламкості крупи під час плющення. Цьому сприяють окремі хімічні перетворення: клейстеризація частини крохмалю, утворення невеликої кількості декстринів, що мають властивості склеюватись. У процесі пропарювання зернівок пара конденсується на поверхні ядра, внаслідок чого воно зволожується і нагрівається. В результаті цього зернівки здатні злипатися між собою. Подальше проникнення вологи в ядро сприяє підвищенню пластичності ендосперму в результаті чого збільшується вихід крупи та зменшується термін її варіння [42]. Ефективність взаємодії зерна з парою залежить від умов режимів оброблення і технологічних властивостей зерна.

Вчені [187] рекомендують встановлювати режими плющення із урахуванням вологості, склоподібності, крупності зерна пшениці та зазором між вальцями.

Відомо [42], що на вихід плющених круп впливає тривалість пропарювання та коефіцієнт лушення зерна. Тривалість відволожування після пропарювання істотно не впливає на вихід крупи [22]. Незалежно від коефіцієнта лушення зі збільшенням тиску та подовження тривалості пропарювання, зростає вихід плющеної крупи [53]. Недоліком пропарювання є значна вологість продукту після плющення, тому його необхідно досушувати.

Крупи, отримані після пропарювання, стійкіші до прогрікання та мають більший строк зберігання. Це пов'язано із денатураційними процесами які впливають на активність ферментів, а саме частково інактивують ліпазу і ліпоксигеназу [1, 184, 237].

Проведення ВТО зумовлює проходженню різних біохімічних процесів у зернівці. Встановлено [70], що в результаті ВТО зерна пшениці змінюються зольність у різних анатомічних частинах: зародку збільшується, а для інших – зменшується. Крім цього, ВТО сприяє підвищенню в крупі вмісту водорозчинних речовин, мікро- та макроелементів, що поліпшує її біологічну цінність, а також засвоюваність. Після дії високих температур зменшується глікемічний індекс і активність антиоксидантних сполук [229].

**1.3.2 Технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці.** З погляду технології вирощування і перероблення зерна, пшениця полба має певні особливості, оскільки є плівковою культурою. Лушення слід здійснювати на спеціальних машинах. Серед них, наприклад, відцентрові лушильники типу FKS-500, ЗАФ-1000; лушильники з абразивною поверхнею MHSA фірми Bühler, ШО-3Х [179]. Відомі спроби виготовлення подрібненої крупи із необмолочених колосків. При цьому встановлено [181], що без попереднього вилучення зерен із лусок загальний вихід крупи подрібненої значно (в 1,5 рази) зменшується.

Відповідно до «Правил...» [159] технологія виробництва круп'яних продуктів з пшениці м'якої передбачає очищення зерна за допомогою скальператора, сепаратора, каменевідбірника, кукле- і вівсюговідбірника. Також, під час очищення зерна відділяють дрібну фракцію (прохід пробивного сита 1,7-20 мм).

Перед лущенням зерно зволожують до 14,5–15,0 % з тривалістю відволожування 30–120 хв. Після цього зерно лущать в оббивальних машинах з абразивними циліндрами або в машинах типу Р6-БГО-6 із сепаруванням кожного проходу в аспіраціях. Для виготовлення цілих круп передбачається шліфування зерна в машинах типу А1–ЗШН. Для одержання круп подрібнених лущене зерно після шліфування подрібнюють на вальцьовому верстаті [286].

Відходи, одержані на оббивальних машинах і аспіраціях, спрямовують на контрольне просіювання. Контроль мучки кормової здійснюють на ситі з дротяної сітки № 063 з наступним пропусканням через магнітні сепаратори.

Швидкорозварювальну крупу із пшениці отримують із крупы «Полтавської № 1, 2 і 3». Технологічні операції включають проведення контрольного просіювання сировини, зволожування до 25–27 %, первинне відволожування в шнеках упродовж 40 хв, пропарювання вологих круп у шнекових пропарювачах безперервної дії за тиску насиченої пари 0,1 МПа та темперування 3 хв. Після цього проводять повторне відволожування впродовж 40 хв, а потім підсушування до вологості 23–25 %. Плющення круп виконують на вальцьових верстатах за диференціала 1:1, сушіння плющених круп до вологості не вище 14 %, просіювання, фасування та пакування продукту [159].

**1.3.3 Застосування електромагнітного поля надвисокої частоти в зернопереробній галузі.** Мікрохвилі – це електромагнітні хвилі в електромагнітному спектрі. Як джерело мікрохвиль в харчовій промисловості використовуються магнетрони, з частотою опромінення від 915 до 2450 МГц [241, 255]. В побутовому використанні (мікрохвильова піч) застосовується частота у 2450 МГц.

ЕМП НВЧ спричиняє коливання зв'язаних електричних зарядів (диполів) у зернівці, як результат – діелектричний нагрів води. Нагрівання зерна зумовлює інтенсивний перехід води у газоподібний стан, внаслідок чого зернівка збільшується в розмірах – «надувається», а її внутрішня структура стає пористою, нещільною роздутою. Також відбувається інтенсивне випаровування вологи із зерна. В самій зернівці проходить процес «варіння», внаслідок чого збільшується вміст водорозчинних речовин, підвищується харчова цінність і засвоюваність готового

продукту.

Залежно від дози оброблення електромагнітним полем у зерні пшениці протікають різноманітні фізико-хімічні процеси, що пов'язані з умістом білка і крохмалю. ЕМП НВЧ не впливає на хімічний склад зерна. Так, Н. Diraman, С. Lamacchia та ін. [226, 252] не виявили значної зміни у кількості білка після обробленням ЕМП НВЧ зерна пшениці м'якої. Проводячи визначення масової частки білка в пшениці м'якої, Е. П. Кондратенко та ін. [92] виявили зміну його вмісту лише на 1 %. Встановлено [185] часткову денатурацію білка в зерні гречки. Підтвердженням цього було збільшення вмісту деяких вільних амінокислот, а саме – лізину, ізолейцину, метіоніну, фенілаланіну, треоніну. Проте вміст азоту зберігся на однаковому рівні, що свідчить про відсутність процесу деструкції білка.

Результатом дії ЕМП НВЧ є нагрівання зерна, в наслідок чого відбуваються незворотні біохімічні процеси (розпад білкових ланцюгів, декстринізація крохмалю) зміна лінійних і технологічних властивостей [239, 252, 262, 274, 279]. Русійним чинником процесів у зерні є тепло, що виникає під час оброблення ЕМП НВЧ.

Швидкість нагрівання значно залежить від потужності магнетрона і вологості продукту [258]. Відомо [185, 197], що інтенсивність зростання температури зерна більша за більшої генерованої потужності магнетрона. І навпаки, за однакової потужності магнетрона – за меншої вологості зерна. Це зумовлено тим, що нагрівання зерна з більшою вологістю потребує більших витрат енергії. З іншого боку, вища вологість зерна сприяє утворенню більшої кількості пари й інтенсифікації біохімічних процесів.

Мікрохвилі не мають іонізувального характеру. Так, вони не мають енергії, щоб викликати хімічні зміни речовин, як це могло б статися у випадку радіоактивності. Електромагнітне випромінювання надвисокої частоти широко використовується в харчовому виробництві: нагрівання або розморожування продуктів, сушіння макаронних виробів, приготування страв. Нині збільшується зацікавленість щодо використання ЕМП НВЧ під час знезаражування зерна, його сушіння та як метод гідротермічного оброблення в круп'яному виробництві [6, 7, 193]. Відомо, що за оброблення ЕМП НВЧ зменшується кількість пліснявих грибів і

дріжджів [10, 185, 197, 206]. Як наслідок, непрямим результатом опромінення є підвищення безпечності та терміну зберігання продуктів.

Встановлена ефективність використання оброблення ЕМП НВЧ для поліпшення технологічних властивостей зерна пшениці м'якої ураженої клопом черепашкою [74, 226]. Відомо [226, 256], що після перевищення значення температури зерна понад 65–75 °С відбуваються незворотні біохімічні процеси, внаслідок яких унеможлиблюється відмивання клейковини. Проте, одержане борошно з такого зерна зберігає здатність формувати тісто і закваску [252]. У дослідженнях з вивчення впливу ЕМП НВЧ на зерно пшениці, Chenling Qu та ін. [274] відзначали, що короткі періоди (700 Вт,  $\leq 20$  с,  $< 60$  °С) мікрохвильового опромінювання дещо поліпшували технологічні властивості, а саме – вихід сирої клейковини та об'єм седиментації. Збільшення тривалості опромінення унеможлиблювало відмивання клейковини.

Отже, оптимальні режими підготовки зерна дозволяють скоригувати технологічні властивості зерна, збільшити вихід круп'яних продуктів, змінити їхні харчові та кулінарні властивості. Дослідження впливу тривалості лушення і режимів водотеплового оброблення під час виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби є важливими, але не вивченими.

### **Висновки до розділу 1**

1. Зерно пшениці полби істотно відрізняється за біохімічним складом і технологічними властивостями, а способи його раціонального використання не розроблено. Враховуючи технологічні властивості, зерно пшениці полби мало придатне для виробництва хлібобулочних виробів, тому рекомендовано використовувати у круп'яному, спиртовому, комбікормовому та пивоварному виробництві.

2. Під впливом особливостей сорту, агротехнології та кліматичних умов біохімічний склад і технологічні властивості зерна пшениці полби значно змінюються, що впливає на вихід та кулінарні властивості круп'яних продуктів.

3. Круп'яні продукти мають важливу роль у забезпеченні населення якісним харчовими продуктами, оскільки характеризуються високою харчовою цінністю,

широким асортиментом, доступністю різним верствам населення. Проте пшениця полба, як сировина для виробництва круп'яних продуктів, не досліджена.

4. Подібна будова зернівки та геометричні розміри пшениці полби і пшениці м'якої дає можливість використовувати типові обладнання, проте технологія виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби потребує глибоких досліджень та розроблення.

5. Впровадження технології ЕМП НВЧ для термічного оброблення зерна перед плющенням може спростити технологію виробництва крупи.

6. У науковій літературі недостатньо обґрунтовано режими підготовки і перероблення зерна пшениці полби у круп'яні продукти. Обмежена також кількість досліджень режимів зволоження та відволоження зерна пшениці полби перед лушенням, що і визначило задачі наших досліджень.

*Матеріали розділу 1 опубліковано та апробовано в працях [100, 103, 104, 151]:*

1. Лещенко І. А., Любич В. В. Использование потенциала пшеницы полбы. *Инновационные подходы и перспективные идеи молодых ученых в аграрной науке: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых.* (г. Кайнар, 17 ноября 2017 г.). Алматы, Казахстан. 2017. С. 350–353.

2. Лещенко І. А., Любич В. В. Технологічні та споживчі властивості крупів залежно від водотеплового оброблення. *Актуальні питання сучасної аграрної науки: матеріали міжн. наук.-практ. конф.* (м. Умань, 17 листопада 2017 р.). Умань. 2017. С. 333–334.

3. Осокіна Н. М., Любич В. В., Лещенко І. А. Впровадження пшениці полби у виробництво. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Умань, 17–18 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 101–103.

4. Лещенко І. А. Умови проведення первинного перероблення зерна пшениці полби. *Матеріали всеукр. наук. конф. молодих учених.* (м. Умань, 15–16 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 61–162.



## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ, СХЕМА ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Ґрунтово-кліматичні умови у роки проведення досліджень

Дослідження проводили протягом 2017–2021 років. Пшеницю полбу вирощували на дослідному полі навчально-виробничого відділу Уманського НУС, розташованому в Маньківському природно-сільськогосподарському районі Середньо-Дніпровсько-Бузького округу Лісостепової Правобережної провінції України з географічними координатами за Гринвічем 48°46' північної широти, 30°14' східної довготи. Висота над рівнем моря – 245 м.

Рельєф дослідного поля представлений плато з незначними (1–2°) схилами південно-східної та північно-західної експозиції. Ґрунтові води залягають досить глибоко (22–24 м), тому польові культури споживають вологу, що акумулюється в ґрунті з атмосферних опадів. За кількістю опадів регіон характеризується нестійким зволоженням і періодичними посухами та відноситься до підзони нестійкого зволоження. Розподіл опадів за періодами вегетації й інтенсивністю нерівномірний.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. Ґрунти цього типу займають майже 16 % загальної площі Лісостепу України та найбільше поширені в Правобережній його частині. За даними [32, 43, 44, 45] в орному шарі міститься від 3,0 до 5,0 % гумусу, ступінь насиченості основами в межах 78–85 %, гідролітична кислотність – 1,9–3,3 моль/кг ґрунту, реакція ґрунтового розчину середньоокисла ( $\text{pH}_{\text{сол}}$  6,0–6,5). Чорноземи опідзолені характеризуються меншим вмістом азоту та більшим фосфору в порівнянні з чорноземи типовими. Отже, за своїми ключовими характеристиками ґрунт дослідного поля подібний до ґрунтів помірно-континентальної східноєвропейської частини.

У 2017 р. пшениця полба сорту Голіковська була вирощена після мало сприятливого попередника, а саме кукурудза на зерно без внесення добрив. Цей прийом використано для отримання зерна із борошністим ендоспермом.

За даними метеостанції м. Умань, дослідне поле Уманського НУС знаходиться в підзоні нестійкого зволоження (ГТК 1,1–1,2). Річна сума опадів у середньому становить 633 мм, в окремі роки спостерігаються значні відхилення від 300 до 750 мм. Опади протягом року розподіляються нерівномірно. За період квітень – жовтень випадає біля 66–70 % річної їх кількості. Безморозний період продовжується 160–170 діб. Перші осінні заморозки спостерігаються на початку жовтня. Середня річна температура становить  $+7,4^{\circ}\text{C}$ . Сума активних температур коливається в межах 2600 і 2660.

Тривалість теплового періоду року з додатною добовою температурою повітря ( $t > 0^{\circ}\text{C}$ ) складає 245 діб, у тому числі тривалість вегетаційного періоду ( $t > 5^{\circ}\text{C}$ ) – 201 доба, періоду активної вегетації сільськогосподарських культур ( $t > 10^{\circ}\text{C}$ ) – 159 діб і найбільш забезпеченого теплом періоду ( $t > 15^{\circ}\text{C}$ ) – 109 діб. Зимом середня добова температура повітря може досягати значень від 0 до  $+2^{\circ}\text{C}$ , а іноді  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Весняний сезон починається з переходом середньодобової температури повітря через  $+15^{\circ}\text{C}$  і продовжується близько двох місяців. Літо характеризується високими температурами, а середня температура становить  $+19^{\circ}\text{C}$ , з коливаннями в окремі роки від  $+17$  до  $+22$ . Теплий і вологий період цього сезону сприяє нормальній вегетації сільськогосподарських культур, оскільки найпоширеніші західні вітри приносять значну кількість опадів. В окремі роки буває літня посуха (2–3 роки, а в окремі періоди, 3–5 років за десятиліття), з тривалим і значним дефіцитом опадів і підвищеною температурою повітря.

Осінь переважно тепла, сонячна, іноді тривала. Перехід середньодобової температури через  $+10^{\circ}\text{C}$  спостерігається в середині або кінці жовтня. Погода стає хмарною і дощовою, відмічаються перші приморозки. Для пізньої осені характерна мінлива температура з періодичним випаданням дощу та снігу, які сприяють поповненню запасів вологи у ґрунті.

Зима переважно м'яка, з частими відлигами та похмурою погодою. Середня температура повітря в січні – мінус  $6^{\circ}\text{C}$ . Ґрунт часто замерзається, що сприяє кращому засвоєнню зимових опадів. Під час відлиг температура підвищується до  $+9\dots+12^{\circ}\text{C}$ , що супроводжується утворенням крижаної кірки [94]. Стійкий сніговий

покрив утворюється 14–22 грудня, сходить 21–23 березня, хоча бувають роки, коли сніговий покрив вже відсутній на початку – у середині лютого. Період зі стійким сніговим покривом триває 82–95 діб. У цілому кліматичні умови регіону сприятливі для вирощування більшості сільськогосподарських культур помірного поясу.

Погодні умови за період проведення досліджень характеризувались певними особливостями щодо метеорологічних показників, але в цілому були придатними для культивування пшениці полби (табл. 2.1).

Впродовж зими 2017 року сніговий покрив був мінливий. Формуватися він почав з 13 грудня. Найвища висота снігу становила 26 см, проте, в більшості, не перевищувалася 5–7 см. Сніговий покрив зійшов у третій декаді лютого. Остаточно ґрунт відтанув упродовж першої декади березня, що фактично на 20 діб раніше, ніж зазвичай.

Середні температури повітря в березні (2017 р.) на 5,5 °С переважали середньобагаторічне значення. У квітні середня місячна температура склала 9,7 °С. Швидке наростання тепла почалося з першої декади травня, у другій – на 2,4 °С було прохолодніше, а в третій – на 1,8 °С тепліше середньобагаторічних значень. В цілому весняний період характеризувався недостатньою проти середньобагаторічних значень кількістю опадів.

Літо 2017 року було теплим (середня температура повітря склала 20,9 °С), а атмосферних опадів було – 130,1 мм, що на 102,9 мм менше середньобагаторічних значень. Середня температура повітря за червень, липень і серпень місяці складала відповідно 20,0; 20,6 і 22,1 °С, що на 2,4, 1,6 і 3,9 °С вище середньобагаторічних значень. Літній період відмічався зливовим характером атмосферних опадів. Так, у червні їхня кількість склала лише 41 мм, що на 46 мм менше середньобагаторічних значень. У липні і серпні дефіцит опадів відповідно склав 27,8 та 29,1 мм [144].

### Метеорологічні умови в роки проведення досліджень

(за даними метеостанції Умань)

Рік	За рік	Місяць											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Середня температура повітря, °С</b>													
2017	9,7	-5,2	-2,8	5,9	9,7	14,8	20,0	20,6	22,1	16,5	8,7	3,4	2,1
2018	9,2	-3,0	-3,6	-1,5	13,5	17,9	20,2	20,7	22,1	15,8	10,1	0,2	-2,0
2019	10,4	-4,7	0,5	4,5	9,6	17,0	23,4	20,0	20,7	15,6	10,0	5,5	2,2
Середньо-багаторічна	7,4	-5,7	-4,2	0,4	8,5	14,6	17,6	19,0	18,2	13,6	7,6	2,1	-2,4
<b>Сума опадів, мм</b>													
2017	548,8	21,8	38,9	25,8	53,3	46,4	41,0	59,2	29,9	38,5	53,9	37,9	102,2
2018	600,8	58,4	43,7	65,6	17,5	18,3	82,4	92,9	2,6	105,2	13,8	49,9	50,5
2019	376,6	55,1	23,8	16,3	22,4	35,6	69,8	33,8	19,2	30,6	10,3	14,0	45,7
Середньо-багаторічна	633,0	47,0	44,0	39,0	48,0	55,0	87,0	87,0	59,0	43,0	33,0	43,0	48,0
<b>Відносна вологість повітря, %</b>													
2017	73,6	84,0	83,0	76,0	60,0	63,0	64,0	65,0	64,0	69,0	80,0	86,0	89,0
2018	74,8	85,0	83,0	81,0	58,0	58,0	67,0	75,0	62,0	74,0	79,0	86,0	90,0
2019	73,9	86,0	82,0	68,0	62,0	72,0	69,0	67,0	63,0	66,0	80,0	84,0	88,0
Середньо-багаторічна	76,0	86,0	85,0	82,0	68,0	64,0	66,0	67,0	68,0	73,0	80,0	87,0	88,0

Сніговий покрив упродовж зими 2018 р. був мінливий і остаточно зійшов у першій декаді лютого. Ґрунт у більшості часу був слабкомерзлим або талим. Максимальна глибина промерзання ґрунту відмічалась у третій декаді лютого і становила 12 см, тобто була значно менше середніх багаторічних значень (58 см). Ґрунт повністю відтанув у другій декаді лютого.

Весна 2018 року була тривалою (розпочалася в третій декаді березня) із потеплінням у квітні та нетипово теплим травнем. Кількість атмосферних опадів за рахунок березня на 26,6 мм перевищувала середньобагаторічні значення, але у квітні та травні дефіцит опадів відповідно складав 30,5 і 36,7 мм. Середні температури повітря в березні 2018 року були – мінус 1,5 °С, сніготанення було повільним, на ґрунті стояла вода. У квітні середня місячна температура склала 13,5 °С перевищуючи на 5,0 °С середньобагаторічні значення. Температура травня підвищувалася до 17,9 °С. Швидке наростання тепла спостерігалось в першій декаді, коли її значення досягали 19,8 °С. Друга та третя декади травня були на 0,5 та 2,9 °С теплішими, тому сумарне місячне перевищення температури проти середньобагаторічного показника знаходилося на рівні 3,3 °С. Перша та друга декади березня за кількістю атмосферних опадів були в сумі на 34,8 мм більше середньобагаторічних значень. В третій декаді березня їх випало 7,8 мм. У першій і другій декадах квітня та першій і третій декадах травня опади були практично відсутні, а тому в середньому за два останні весняні місяці їх сумарний дефіцит складав 67,2 мм.

Літо 2018 року виявилось теплим, з рівнем атмосферних опадів на рівні 177,9 мм, що на 55,1 мм менше середньобагаторічних значень. Середня температура повітря за червень, липень і серпень складала відповідно 20,2, 20,7 і 22,1 °С, що на 2,6, 1,7 і 3,9 °С вище середньобагаторічних значень. Атмосферні опади літнього сезону мали зливовий характер. У червні та липні рівень опадів складала 175,3 мм, а в серпні їх було на 56,4 мм менше середньобагаторічних значень, що спричинило посушливі умови [145].

Взимку 2019 року відмічалось достатній сніговий покрив на поверхні ґрунту із незначним його промерзанням. Весняний період 2019 року був досить сприятливим у

ранні фази росту і розвитку пшениці полби, що пояснюється підвищеними температурними значеннями у березні–травні, а також сприятливими показниками вологозабезпеченості посівів.

Погодні умови червня і липня 2019 року відмічалися високими середніми температурами, які, загалом, перевищували середньобагаторічні значення. Сума опадів у червні (69,6 мм) позитивно впливала на процес формування і наливу зерна.

Отже, погодні умови в роки проведення досліджень в цілому були сприятливими для вирощування пшениці полби з незначними відхиленнями, що знайшло своє відображення в проходженні фізіолого-біохімічних процесів і формуванні продуктивності посівів. Для формування кращої якості зерна озимих колосових культур, у т. ч. й лінії LP 1152, сприятливішими були 2017 і 2019 рр., а для ярих форм пшениці полби (сорт Голіковська) сприятливими були 2018 і 2019 рр.

## 2.2 Програма досліджень

Дослідження проводилися в лабораторних умовах науково-дослідної лабораторії «Оцінювання якості зерна та зернопродуктів» кафедри технології зберігання і переробки зерна та лабораторії масових аналізів (свідоцтво про реєстрацію № А 06–203) Уманського НУС. Предметом дослідження було зерно пшениці полби сорту Голіковська (яра) і лінія LP1152 (озима).

Пшениця полба звичайна (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl.) належить до класу Однодольні (*Liliopsida*), порядку Тонконогоцвіті (*Poales*), родини Тонконогові (*Poaceae*), роду Пшениця (*Triticum*). Сорт пшениці полби Голіковська середньостиглий, створено в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва та внесений в державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2017–2021 рік [52]. Походження лінії пшениці полби LP 1152 – США одержана із Генбанку України.

Відповідно до раніше поставлених задач розроблена структурна програма проведення дослідження (рис. 2.1), у якій наведено схему проведення дослідження та основні етапи роботи.



Рис. 2.1 Програма досліджень

## 2.3 Методика досліджень

**Дослід 1. Оцінювання властивостей зерна пшениці полби.** Для проведення досліджування використали зерно пшениці полби сорту Голіковська і лінії LP1152. В якості контролю були два районовані сорти пшениці м'якої – Епоха одеська ( $st_1$ ) і Акратос ( $st_2$ ). Маса проби зерна для аналізу – 2 кг, повторність триразова. Вологість зразків зерна становила  $12,0 \pm 0,5$  %.

Геометрична характеристика зернової маси – лінійні розміри зерна (довжина, ширина, товщина), об'єм ( $V$ ), площа зовнішньої поверхні ( $F$ ), відношення  $V/F$ , форма зернівок і сферичність ( $\phi$ ) [78]. Лінійні розміри зернівок вимірювали штангенциркулем ( $\pm 0,02$  мм); їхній об'єм, площу зовнішньої поверхні, питому поверхню, об'єм поверхневих шарів і сферичність визначали розрахунковим методом за такими формулами (формули 2.1–2.6), відповідно:

– об'єм зернівки ( $V$ )

$$V = kabl, \quad (2.1)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує форму зерна (для зерна пшениці – 0,52);

$a$  – ширина, мм;

$b$  – товщина, мм;

$l$  – довжина, мм;

– площа зовнішньої поверхні зернівки ( $F$ )

$$F = 1,12a^2 + 3,76b^2 + 0,88l^2 - 10, \quad (2.2)$$

– питома поверхня зернівки ( $f$ )

$$f = \frac{F}{V}, \quad (2.3)$$

де  $F$  – площа зовнішньої поверхні,  $\text{мм}^2$ ;

$V$  – об'єм зернівки ( $V \text{ мм}^3$ );

– об'єм поверхневих шарів зернівки ( $V_1$ )

$$V_1 = F \cdot G, \quad (2.4)$$

де  $G$  – товщина тканини (для зерна пшениці 0,065 мкм);

– сферичність ( $\Psi$ )



$$\psi = \frac{F_{\text{ш}}}{F}, \quad (2.5)$$

де  $F_{\text{ш}}$  – площа шару еквівалентна зерну, мм<sup>2</sup>;

$$F_{\text{ш}} = 4,83 \sqrt[3]{V^2}. \quad (2.6)$$

Вплив погодних умов і залежність особливостей сорту на вміст основних складових хімічного складу зерна оцінювали за вмістом білка, крохмалю та вітамінів.

Технологічні властивості зерна визначали за масою 1000 зерен, натурою, індексом розміру часточок (ІРЧ), склоподібністю, вмістом золи, числом падання, вмістом та якістю клейковини, показником седиментації, вмістом анатомічних складових зерна.

Індекс розміру часточок встановлювали за кількістю подрібненого зерна, отриманого проходом сита № 64 та виражали у відсотках до маси проби, що аналізували. Зерно вважали твердозерним, якщо ІРЧ становив менше 16 %, а м'якозерним – понад 26 % (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

### Шкала відносної твердозерності [270].

Категорія	Індекс розміру часточок, %
Екстра тверда	< 7
Дуже тверда	8,0–12,0
Тверда	13,0–16,0
Середньо тверда	17,0–20,0
Середньо м'яка	21,0–25,0
М'яка	26,0–30,0
Дуже м'яка	31,0–35,0
Екстра м'яка	> 35,0

Фактичний вихід круп'яних продуктів за допомогою обчислювального методу коригували до значень, які вони мали б, за стандартної вологості (14,0 %) продукту згідно норм [159]

$$M = \frac{100 \cdot (w_c - w_\phi)}{100 - w_\phi} 0,6 + m_\phi, \quad (2.6)$$

де  $M$  – скоригований вихід продукту до стандартної вологості, %;

$w_c$  – стандартна вологість продукту, %;

$w_\phi$  – фактична вологість продукту, %;

$m\phi$  – фактичний вихід продукту, %.

**Дослід 2. Вплив тривалості лушення та режимів водотеплового оброблення на вихід і якість круп'яних продуктів із зерна пшениці полби.** Процеси вироблення круп'яних продуктів із зерна пшениці були змодельовані в лабораторних умовах відповідно до «Правила...» [159]. Підготовка зерна пшениці полби перед виготовленням круп'яних продуктів включала відділення зерна від лусок за допомоги лушильника, наступного очищення зернової суміші за допомогою лабораторного пневматичного сепаратора PETKUS K-293 та очищення від дрібного зерна – прохід пробивного сита 1,7x20 мм – розсів РЛУ-1.

Варіння крупи з пшениці полби та кулінарну оцінку каші проводили за вдосконаленою методикою, описаною у патенті на корисну модель № 129205 України «Спосіб кулінарного оцінювання круп'яних продуктів із зерна пшениці, тритикале та ячменю». Кулінарна оцінка каші вважається дуже високою, якщо її рівень становить 8,0–9,0 балів, високою – 6,6–7,9, середньою – 5,4–6,5, низькою – 4,0–5,3 і дуже низькою – < 4,0 балів [107].

**2.1 Вплив лушення, зволоження та відволоження на вихід і якість крупи цілої та крупи подрібненої.** Відповідно до «Правил...» [159] технологією перероблення зерна пшениці м'якої передбачено виробництво крупи шліфованої № 1 та круп подрібнених і шліфованих № 1, 2 і 3. Відповідно до [159] зовнішній вигляд крупи із пшениці м'якої шліфованої № 1 має відповідати наступним вимогам – зерно, яке частково звільнене від зародка, плодових і насінневих оболонок, подовженої та овальної форм із закругленими кінцями. Крупи із пшениці м'якої подрібнені та шліфовані № 1, 2 і 3 є частинками подрібненого зерна пшениці, яке частково звільнене від зародка, плодових і насінневих оболонок, різної форми. Залежно від крупності крупи поділяються на відповідні номери. Такі крупи одержують після лушення, шліфування і подрібнення зерна.

Аналогічно до цих класифікацій і назв, продукти, що отримані під час перероблення зерна пшениці полби рекомендовано називати: цілі крупи – крупа з

пшениці полби № 1, подрібненні крупи – крупа з пшениці полби подрібнена № 1, 2 і 3.

Крупу з пшениці полби № 1 отримували із зерна сорту Голиковська (врожай 2017 і 2018 р.) і лінії LP 1152. Підстава – зерно цих сортів характеризувалось різними походженням і технологічними властивостями. Схема досліду представлена на рис. 2.2.



Рис. 2.2 Схема виробництва крупи з пшениці полби № 1

Очищене зерно зволожували мікрокрапельним зрошуванням. Кількість необхідної води ( $V$ ) обраховували за формулою [159]

$$V = \frac{M(W_1 - W_2)}{100 - W_1}, \quad \text{мл}; \quad (2.8)$$

де  $M$  – маса зерна, г;

$W_1$  – необхідна вологість суміші, %;

$W_2$  – початкова вологість суміші, %.

Зерно після зволоження і відволожування лушили у лабораторному лущильнику УШЗ–1. Це обладнання призначене для оброблення поверхні зерна методом інтенсивного стирання оболонок, у процесі якого відбувається видалення плодкових і насінневих оболонок, алейронового шару та частково зародку.

Основними робочими органами машини є диск з абразивною поверхнею, що обертається зі швидкістю 3000 об/хв, решітчастий барабан, діаметр отворів якого складає 2,0 мм. Маса досліджуваного зразка становила 150 г. Суміш одержану після лушення зерна сепарували на лабораторному ситовому розсійнику РУЛ-1 для відділення крупи цілої від мучки кормової (прохід сита № 063). Технологічні результати оцінювали за виходом крупи з пшениці полби № 1 і мучки.

Для оцінювання ефективності лушення зерна пшениці полби використано індекс лушення, що розраховували за формулою (2.9)

$$I_{\text{л}} = \frac{M_{\text{з}} - M_{\text{л}}}{M_{\text{з}}} \cdot 100, \quad (2.9)$$

де  $I_{\text{л}}$  – індекс лушення, %;

$M_{\text{з}}$  – маса зерна до лушення, г;

$M_{\text{л}}$  – маса продукту після лушення, г.

Крупи з пшениці полби подрібнені № 1, 2 і 3 отримували із зерна пшениці полби сорту Голіковська (врожай 2018 р.) і лінії LP 1152. Підстава – зерно цих сортів характеризувалось різними походженням і лінійними розмірами. Схема досліду представлена на рис. 2.3.

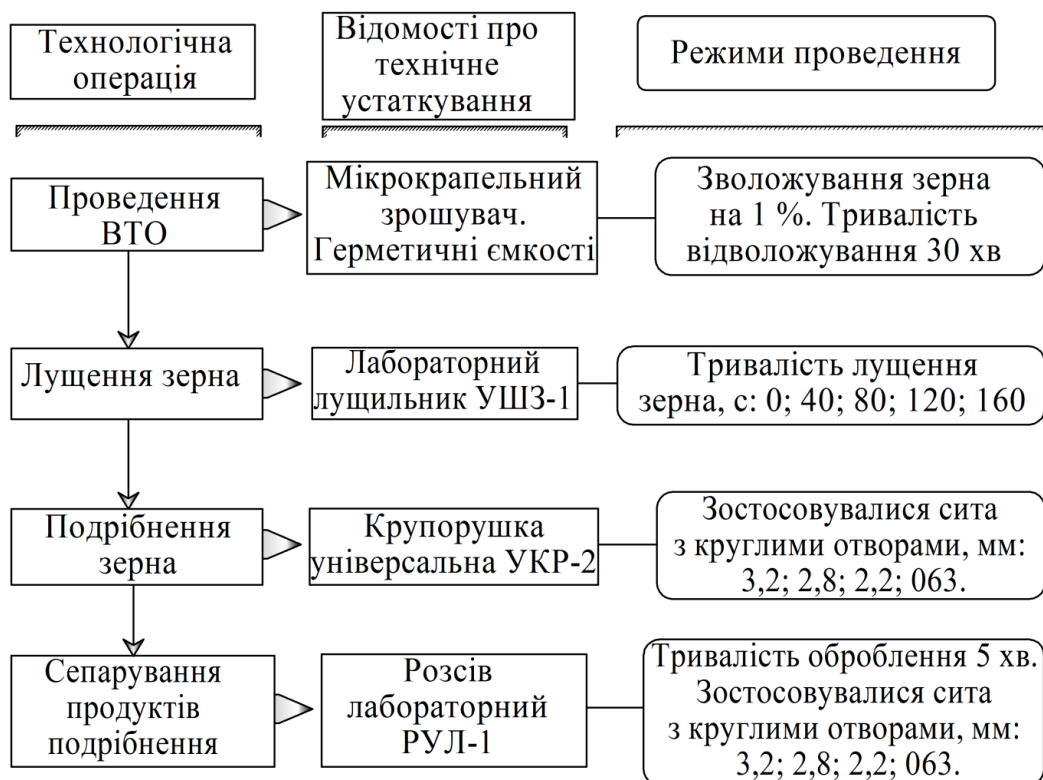


Рис. 2.3 Схема виробництва крупи подрібненої із пшениці полби

Для виробництва крупи подрібненої з пшениці полби № 1, 2 і 3 використовували зерно з різною тривалістю лушення 0, 40, 80, 120 і 160 с. Виробництво цих круп проводили за допомогою універсальної крупорушки УКР–2. Після подрібнення круп'яні продукти додатково сепарували для розділення на відповідні номери та відділення мучки. Крупи подрібнені з пшениці полби (табл. 2.3) класифікували аналогічно крупи з пшениці м'якої подрібнені № 1, 2 і 3.

Таблиця 2.3

### Класифікація крупи подрібненої з пшениці полби

Номер круп, №	Діаметри отворів двох суміжних пробивних сит, мм	
	прохід	схід
1	3,2	2,8
2	2,8	2,2
3	2,2	063

**2.2 Вплив ступеня лушення, тривалості пропарювання та відволожування на вихід і якість крупи плющеної.** Для проведення аналізу взято зерно пшениці полби сорту Голіковська (врожай 2018 р.) і лінії LP 1152. Схема досліду представлена на рис. 2.4. Крупу плющену з пшениці полби отримували із зерна пшениці полби з різним ступенем лушення та за різних режимів пропарювання.

Маса зразка під час пропарювання становила 100 г. Підготовлене зерно пропарювали за сталого тиску насиченої пари  $0,15 \pm 0,01$  МПа в лабораторному пропарнику періодичної дії (ППД-1), який спроектований і розроблений на кафедрі технології зберігання і переробки зерна Уманського НУС. Пропарник ППД-1 складається з нагрівального елемента 8, на якому нерухомо встановлено корпус апарата 4 (рис. 2.5).

У нижній частині корпусу розміщено шар рідини 7. Для запобігання втрат пари, у механізмі регулювання подачі пари 6 передбачено манжетне ущільнення 5. Досліджуваний зразок 3 розміщують на ситі 2, що герметизується кришкою 1.

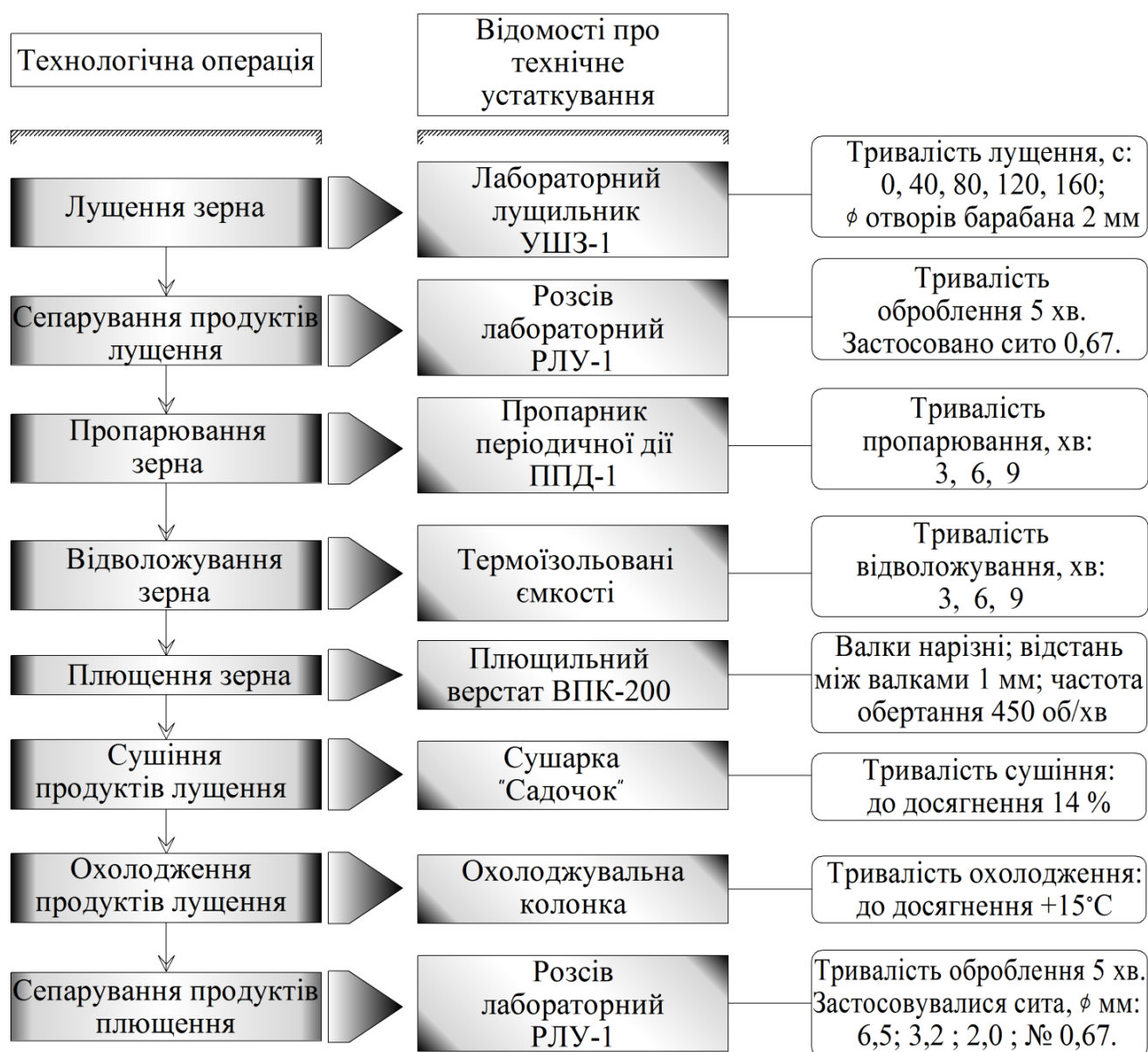


Рис. 2.4 Схема виробництва крупи плющеної з пшениці полби

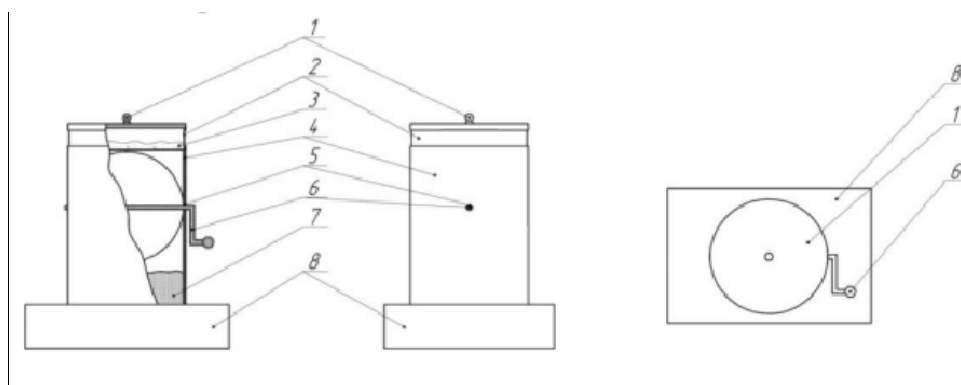


Рис. 2.5 Лабораторний пропарник періодичної дії ППД-1:

- 1 – герметична кришка; 2 – сито; 3 – шар зерна; 4 – корпус пропарювача;  
5 – манжетне ущільнення; 6 – механізм контролю подачі пари; 7 – шар води;  
8 – нагрівальний елемент

Принцип роботи ППД-1: після заповнення водою нижньої частини робочої зони, механізм контролю подачі пари переводиться в горизонтальне положення після цього відбувається нагрівання до встановлення робочого тиску насиченої пари. Потім ручка механізму контролю подачі пари переводиться у максимально вертикальне положення, що спричиняє миттєве вирівнювання тиску в обох камерах ( $0,15 \pm 0,01$  МПа). Дослідний зразок розміщували на робочій поверхні (сита) перед подачею пари для запобігання попереднього нагрівання зерна. Час пропарювання контролювали секундоміром ( $\pm 0,5$  с).

Після пропарювання сито із герметичною кришкою демонтували, досліджуваний зразок розвантажували та відволожували у термоізованому бункері. Вологість зерна перед плющенням контролювали висушуванням у сушильній установці за сталої температури  $90^\circ\text{C}$  до встановлення вологості 23–25 % відповідно вимог [159].

Плющили крупу на плющильному верстаті марки ВПК–200 (рис. 2.6). Установка складається зі здавлювального вузла на рамі у вигляді двох провідних паралельних валків 4 і 5 (частота обертання – 350/450 об/хв), що приводяться в дію електродвигуном 7 (1,1–2,2 кВт·год), через ремінно-клинопасову передачу. Зверху здавлювального вузла встановлено бункер із шибером 1, знизу – розвантажувальний лоток 9. Продуктивність машини становить 100–200 кг/год.

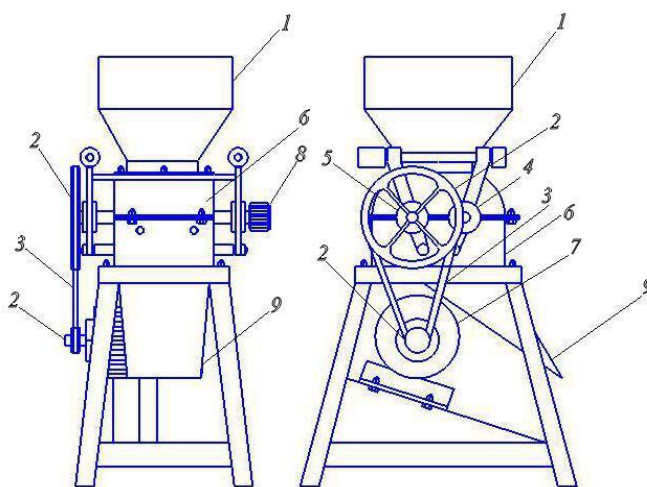


Рис. 2.6 Плющильний верстат ВПК – 200:

- 1 – бункер з шибером; 2 – шків; 3 – клиновий ремінь; 4 і 5 – вальці; 6 – кожух;  
7 – електродвигун; 8 – шестерня; 9 – розвантажувальний лоток

Принцип роботи плющильної машини полягає у деформації сировини вальцями. Ширина прорізу між валками регулюється від 0 до 50 мм. Обидва валки – нарізні, для виключення прослизання зерна. Шибер виконує роль дозатора подачі сировини. Під час попадання зерна між валками відбувається захоплення і втягування його в щілину між валками. У зіткненні з валками постійно перебувають щітки, що знімають налиплий продукт. Валки забезпечені страхувальним пружинним механізмом, що дозволяє пропускати крізь них тверді предмети більшого розміру для запобігання заклинювання агрегата та деформації валків.

Після висушування, суміш круп сепарували на лабораторному розсіві РЛУ-1. Одержували 5 фракцій за використання трьох сит із круглими отворами (6,5; 3,2; 2,0 мм) і сита № 067. Одержані круп'яні продукти рекомендуємо називати аналогічно крупи вівсяної плющеної (продукт, одержаний після плющення пропарених неподрібнених круп) [159] – крупа із зерна пшениці полби. Класифікацію плющеної крупи проводили залежно від зовнішнього виду крупок та відповідно до «Правил...» [159] (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

#### Характеристика круп'яних продуктів одержаних після проведення плющення

Назва круп'яного продукту	Умови отримання	Зовнішній вигляд
Злиплі крупки	Схід сита 6,5 мм	Злиплі між собою крупки
Крупа плющена вищого сорту	Прохід сита 6,5 мм схід сита 3,2 мм	Овальні або круглі з нерівними краями «перепічки», з обох сторін наявний відтиск рифлів
Крупа плющена першого сорту	Прохід сита 3,2 мм схід сита 2,0 мм	Неправильної форми, з наявним відтиском рифлів
Дрібка (крупа)	Прохід сита 2,0 схід сита № 0,67	Мучниста крупка
Мучка кормова	Прохід сита № 0,67	Часточки оболонки та ендосперму

**2.3 Вплив лушення зерна, зволоження та оброблення Електромагнітним полем надвисокої частоти на вихід крупи плющеної.** Для проведення дослідження використано зерно пшениці полби сорту Голиковська (врожай 2017 і 2018 р.) і лінії LP 1152. Схема досліду представлена на рис. 2.7. Крупу плющену з



пшениці полби отримували із зерна пшениці полби з різним ступенем лушення, градієнта зволоження та тривалістю оброблення ЕМП НВЧ.

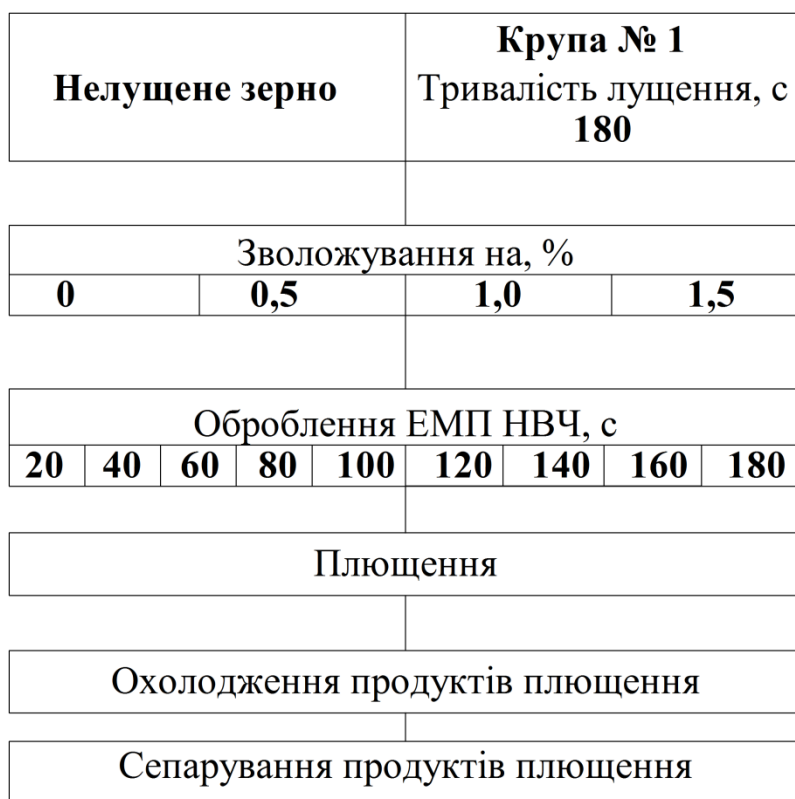


Рис. 2.7 Схема виробництва крупи подрібненої з пшениці полби за оброблення ЕМП НВЧ

Зерно лущили у лабораторному лущильнику УШЗ–1 з наступним відділенням мучки за допомоги лабораторного розсіву РЛУ–1 (сито № 0,67). Кількість води, необхідну для зволоження зерна перед оброблення ЕМП НВЧ, розраховували згідно з формулою 2.8. Строк відволоження зерна становив 30 хв

Оброблення ЕМП НВЧ зерна проводили в мікрохвильовій печі: RAINFORD RMW-301 DGC/S. Номінальна потужність пристрою 1000 Вт, частота мікрохвиль 2450 МГц. Цей пристрій не є спеціалізованим обладнанням для лабораторних досліджень, проте забезпечує можливість вивчення впливу оброблення ЕМП НВЧ на вихід і якість плющених круп.

Маса зразка під час оброблення ЕМП НВЧ становила 100 г. Зразок рівномірним шаром розподіляли на робочій поверхні. Після опромінення в мікрохвильовій печі сировину плющили, не допускаючи охолодження зерна на плющильному верстаті марки ВПК–200 (див. рис. 2.6). Після охолодження, суміш

круп сепарували на лабораторному розсвіві РЛУ-1. З Класифікацію плющеної крупи проводили залежно від зовнішнього виду крупок та відповідно до «Правил...» [286] (див. табл. 2.4).

## 2.4 Методи досліджень

Використовували загальноприйняті, спеціальні технологічні, фізико-хімічні, органолептичні методи дослідження якості зерна та готового продукту, а також методи планування та математичної обробки експериментальних даних.

У зерні пшениці полби та крупах визначали:

- вологість зерна – ДСТУ ISO 712:2015 [63];
- геометричну характеристику та вивчення анатомічних частин лабораторним і розрахунковим методами за методикою описаною Г. О. Єгоровим [65];
- форму зернівки – за патентом № 76472 «Спосіб визначення форми зернівки (насінини) у зернових і зернобобових культур» [173];
- вміст білка та крохмалю – методом інфрачервоної спектроскопії, ДСТУ 4117:2007 [58];
- вміст вітамінів – методом іонообмінної рідинної хроматографії на аналізаторі амінокислот Т-339 [51];
- вміст мікроелементів – методом атомно-абсорбційної спектрометрії за ГОСТ 30178–96 [47];
- вміст анатомічних складових зерна – за патентом № 112304 Україн, «Спосіб визначення вмісту ендосперму в зерні тритикале та пшениці» [172].
- масу 1000 зерен – ДСТУ ISO 520:2015 [62];
- склоподібність зерна – ГОСТ 10987–76 [57];
- натуру зерна – ДСТУ 10840:2019 [64];
- твердозерність (індекс розміру часточок – ІРЧ) – ААСС Method 55-30.01 Particle Size Index for Wheat Hardness [203];
- вміст золи – ДСТУ ISO 2171:2009 [60];
- число падання – ДСТУ ISO 3093:2019 [61];

- вміст і якість клейковини – ДСТУ ISO 21415–1:2009 [59];
- показник седиментації за методом Зелені – ДСТУ 4117:2007 [58].

Під час проведення досліджень використовувалися методи наведенні в “Основи наукових досліджень в агрономії” [54, 69]. Використовувався одно- дво- та три факторний дисперсійний аналіз [2, 14, 69, 200].

Залежність між технологічними властивостями зерна пшениці полби визначали кореляційним методом [201, 291]. Точність вимірювань та достовірність даних математично обґрунтовували на кожному етапі дослідних робіт. За значення показника одиниці – зв’язок повний, 0,9–0,99 – зв’язок дуже тісний, в межах 0,7–0,9 – тісний, 0,5–0,7 – істотний, 0,3–0,5 – середній, 0,1–0,3 – зв’язок слабкий [199].

Для оцінювання відхилення від середнього числа вибірки використовували коефіцієнт варіації. При величині  $\leq 5\%$  варіація вважається слабкою, 6–10 – помірною, 10–20 – значною, 21–50 – великою,  $V > 50\%$  – дуже великою [191]. Силу впливу приймали згідно з [211, 277].

План повного факторного експерименту містив усі можливі комбінації досліджуваних чинників, що повторювалися на кожному рівні однаково кількість разів. Кожний чинник мав зумовлену межу вимірювання, в межах якої він змінювався дискретно чи перервано.

## **Висновки до розділу 2**

Для проведення досліджень використовували перший в Україні зареєстрований сорт пшениці полби Голіковська і перспективну лінію LP 1152, що характеризуються комплексом цінних господарських ознак.

Методики, що використовувались у дослідженнях, є загально прийнятими та ефективними, що дає змогу достовірно провести точне оцінювання експериментальних даних.

## РОЗДІЛ 3

### ОЦІНЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ

#### 3.1 Геометрична характеристика зерна

Відомості про розмір і форму зернівок використовують за різноманітних технологічних розрахунків, у том числі й за лушення та водотеплового оброблення. Всі вони взаємопов'язані один з одним і значно впливають на технологічні властивості зерна. Лінійні розміри зернівок впливають на режими оброблення, оскільки зі збільшенням геометричних розмірів зерна підвищується об'єм зернівки та площа зовнішньої поверхні.

Дослідження геометричної характеристики має практичне значення, оскільки вміст ендосперму, натура, маса 1000 зерен, кількість клейковини та її якість змінюються залежно від лінійних розмірів зернівки. Вказані показники істотно змінюються залежно від погодних умов, особливості технології вирощування і сорту [8, 23, 49, 55, 111, 195].

Значну роботу щодо вивчення морфологічних особливостей пшениці полби здійснювали А. Г. Крюкова [95], С. В. Кондрат [91], І. А. Баженова [5], А. Н. Боровик [13]. Проте їхні дослідження проводилися в інших кліматичних умовах, а також з різними сортами та лініями пшениці полби. Ці обставини зумовлюють доцільність вивчення лінійних характеристик зернівок інших сортів і ліній пшениці полби, вирощеної у Правобережному Лісостепу України. За геометричними розмірами зернівки пшениці полби наближаються до зерна голозерної пшениці. В джерелах літератури [95, 183] наголошується, що за лінійними розмірами зернівок можна визначити ареал вирощування. Підвиди європейської полби відрізняються коротшими та виповненішими зернівками. Довгі, вузькі зернівки відмічають у східних і марокканських підвидів.

Враховуючи вказані особливості, досліджували геометричні характеристики зернівок пшениці полби порівняно із зернівками пшениці м'якої. Це дасть можливість оцінити переваги та недоліки й особливості сорту чи лінії зернівок

пшениці полби.

Так, було встановлено, що лінійні розміри зернівок пшениці полби (довжина, ширина, товщина) істотно змінюються залежно від умов формування врожаю року та особливостей сорту (табл. 3.1). Дослідження свідчать, що довжина зернівок пшениці полби істотно варіювали від 6,2 до 7,9 мм ( $HIP_{05}$  (загальна) – 0,2). Прослідковувалися істотні переваги в 1,2–1,3 рази лінії LP 1152 (7,8–7,9 мм) над аналізованими показниками в сорту Голіковська (6,2–6,7 мм) ( $HIP_{05}$  (B) – 0,1). Одночасно довжина зернівок пшениці м'якої сорту Епоха одеська змінювалась від 6,4 до 6,6 мм, а в Акратос – 6,0–6,2 мм. Порівнюючи сорт пшениці полби Голіковська зі стандартами не встановлено істотної різниці, хоча довжина зернівок полби лінії LP 1152 була в 1,2–1,3 рази більшою.

Таблиця 3.1

### Лінійні розміри зерна різних видів пшениці, мм

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)									Середнє за три роки			
	2017			2018			2019						
	Довжина	Ширина	Товщина	Довжина	Ширина	Товщина	Довжина	Ширина	Товщина	Довжина	Ширина	Товщина	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )*	6,5	3,0	2,9	6,6	2,9	3,0	6,4	3,0	2,9	6,5	3,0	2,9	
Акратос (st <sub>2</sub> )*	6,0	2,8	2,7	6,1	2,7	2,6	6,2	2,8	2,7	6,1	2,8	2,7	
Голіковська**	6,2	2,6	2,8	6,7	2,5	2,7	6,7	2,6	2,5	6,5	2,6	2,7	
LP 1152**	7,9	3,1	2,9	7,8	2,8	2,6	7,9	3,0	2,9	7,9	3,0	2,8	
$HIP_{05}$	Довжина	A – 0,1; B – 0,1; AB – 0,2									–		
	Ширина	A – 0,1; B – 0,1; AB – 0,1											
	Товщина	A – 0,1; B – 0,1; AB – 0,1											

Примітки: 1. \* – пшениця м'яка; 2. \*\* – пшениця полба.

Відомо [112, 38], що дуже довгими вважаються зернівки, що мають довжину  $\geq 9$  мм, довгими – 8–9, середніми – 6–8, короткими – 5–6 і дуже короткими –  $\leq 5$  мм. Так, було встановлено, що досліджувані рослини пшениці полби, незалежно від року вирощування, формували зернівки середньої довжини (6,0–7,9 мм).

Визначено, що ширина зернівок пшениці полби істотно змінювалась від 2,5 до 3,1 мм. Так, у сорті Голіковська – 2,5–2,6 мм, а в лінії LP 1152 – 2,8–3,1 мм залежно від року. У лінії LP 1152 прослідковувалася на 10–20 % перевага показника над значеннями сорту Голіковська. Ширина зернівок у сортів стандартів була від 2,7 до 3,0 мм. Порівнюючи сорт пшениці полби Голіковська зі стандартами, встановлена істотна, в 1,1–1,2 рази, різниця. При цьому, ширина зернівок полби лінії LP 1152 була на рівні пшениці м'якої Епоха одеська.

До дуже широких відносять зернівки, що мають ширину  $> 2$  мм, середніх – 1,2–2,0, вузьких –  $< 1,2$  мм [112, 38]. Дослідженнями встановлено, що зернівки усіх зразків були дуже широкими (2,5–3,1 мм) за весь період дослідження.



Встановлено, що товщина зернівок пшениці полби істотно варіювала – від 2,5 до 3,0 мм за роки проведення досліджень. Зерно пшениці сортів-стандартів за вказаним показником було стабільнішим за роками. Так, товщина зернівок сорту пшениці м'якої Епоха одеська – 2,9–3,0 мм, а Акратос – 2,6–2,7 мм. Порівнюючи середні значення за роки дослідження, товщина зерна сорту пшениці полби Голіковська була на рівні стандарту Акратос (2,7 мм). Хоча за товщиною зернівок полба лінії LP 1152 (2,8 мм) займала проміжне значення між сортами-стандартами (2,7–2,9 мм).

Згідно з результатами аналізу табл. 3.1, видно, що за лінійними розмірами зернівок пшениці полби помітна істотна відмінність показників між сортом і лінією. Пшениця полба сорту Голіковська за довжиною подібна до пшениці м'якої сорту Епоха одеська, а за шириною та товщиною до сорту Акратос. Зернівки полби лінії LP 1152 істотно довші порівняно з іншими сортами, проте за рештою показників подібні до сорту-стандарту Епоха одеська.

Форма зернівки пшениці впливає на значення показника сферичності. Відомо [38], що видовжена форма погіршує показник сферичності зерна. Згідно з класифікацією зернівок наведеної в патенті № 76472 (Україна) [173] дуже видовжену форму мало зерно пшениці полби лінії LP 1152 ( $3a \leq l \leq 3b$ ), зерно решти досліджених сортів мало видовжену форму ( $2a \leq l \leq 2b$ ) (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Форма зернівок різних видів пшениці**

Формула	Форма зернівки згідно з методикою проведення експертизи сортів на ВОС		Сорт, лінія
$2a < l < 3a$ $2b < l < 3b$ $2a \leq l \leq 2b$		видовжена	Епоха одеська (st1) Акратос (st2) Голіковська
$3a \leq l \leq 3b$		дуже видовжена	LP1152

*Примітка:*  $a$  – ширина зернівки;  $b$  – товщина зернівки.

Сферичність – величина, якою зручно характеризувати особливості будови зернівки [66]. Так, встановлено, що для всіх зразків значення цього показника істотно не змінювалося протягом років дослідження (табл. 3.3). У середньому, сферичність зернівок пшениці полби становила 0,6. Істотно більше значення цього показника мало зерно пшениці м'якої – 0,7 ( $НІР_{05} = 0,03$ ) у порівнянні з полбою. Враховуючи те, що ідеальною була б сферичність, що наближається до 1, слід вважати сферичність зерна пшениці полби лише на 54–67 % близькою до ідеальної, а в пшениці м'якої – 62–81 %.

Таблиця 3.3

**Сферичність зернівок різних видів пшениці**

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	0,70	0,70	0,70	0,70
Акратос (st <sub>2</sub> )	0,70	0,70	0,70	0,70
Голіковська	0,60	0,60	0,60	0,60
LP 1152	0,63	0,63	0,63	0,63
$НІР_{05}$	$A - 0,03; B - 0,02; AB - 0,04$			–

Об'єм і зовнішня поверхня зернівок мають важливе значення в процесах водотеплого оброблення. Також об'єм зернівки впливає на шпаруватість зернової маси, об'ємну масу, вихід готової продукції.

Згідно з результатами аналізу табл. 3.4, видно, що об'єм зернівок пшениці полби істотно змінювався – від 22,6 до 36,9 мм<sup>3</sup> у роки проведення досліджень (табл. 3.4). При чому, в сорту Голіковська він становить 22,6–23,5, а в лінії LP 1152 – 29,5–36,9 мм<sup>3</sup>. Прослідковуються значні переваги лінії над сортом – значення цього показника були вищі в 1,6 рази (2017 і 2019 рр.) та в 1,3 рази (2018 р.). Зменшення об'єму зернівки у лінії LP 1152 у 2018 р. є наслідком істотного зменшення лінійних розмірів, а саме – її ширини і товщини.

Таблиця 3.4

Об'єм зернівок різних видів пшениці, мм<sup>3</sup>

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st1)	29,4	29,9	29,0	29,4
Акратос (st2)	23,6	22,3	24,4	23,4
Голіковська	23,5	23,5	22,6	23,2
LP 1152	36,9	29,5	35,7	34,0
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>A – 0,7; B – 0,6; AB – 1,2</i>			–

Об'єм зернівок у сортів-стандартів варіював від 22,3 до 29,9 м<sup>3</sup>. Так, цей показник у пшениці м'якої сорту Епоха одеська змінювався від 29,0 до 29,9 мм<sup>3</sup>, а в Акратос – від 22,3 до 24,4 мм<sup>3</sup>. У зернівках цих сортів прослідковувалася значна відмінність між собою – в 1,3 рази. Порівнюючи середні значення за роки дослідження об'єм зернівок сорту пшениці полби Голіковська (23,2 мм<sup>3</sup>), було відмічено, що він знаходився на рівні стандарту Акратос (23,4 мм<sup>3</sup>). Найбільше значення цього показника було у зернівках лінії полби LP 1152 (34,0 мм<sup>3</sup>) – в 1,2–1,5 рази вище, порівно з рештою сортів.

За даними результатів досліджень [198] площа зовнішньої поверхні зерна пшениці становить – 65,0–115 мм<sup>2</sup>, вівса – 64–107, тритикале – 72–148 мм<sup>2</sup>.

Досліджено (табл. 3.5), що площа зовнішньої поверхні зернівки усіх зразків пшениць істотно змінювалася протягом років дослідження, а також відрізнялася між сортами та лінією. Причому вказаний показник у пшениці полби сорту Голіковська становив 60,9–64,3 мм<sup>2</sup>, а в лінії LP 1152 77,9–87,3 мм<sup>2</sup>, залежно від року врожаю. Прослідковувались значні переваги лінії над сортом в значенні цього показника –



1,2–1,4 рази. Істотне зменшення площі зовнішньої поверхні зернівки лінії LP 1152 у 2018 р. (77,9 %) є наслідком значного зменшення значень її ширини і товщини.

Таблиця 3.5

### Площа зовнішньої поверхні зернівок різних видів пшениці, мм<sup>2</sup>

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st1)	68,9	71,7	67,8	69,5
Акратос (st2)	58,1	56,6	60,2	58,3
Голіковська	61,2	64,3	60,9	62,1
LP 1152	87,3	77,9	86,7	84,0
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A – 1,4; B – 1,2; AB – 2,4</i>			–

Сорти пшениці м'якої за площею зовнішньої поверхні зернівки різняться в 1,2 рази. Порівнюючи сорт пшениці полби Голіковська (62,1 мм<sup>2</sup>) зі стандартами, встановлена подібність за цим показником до сортів пшениці м'якої, оскільки сорт Акратос мав її 58,3 мм<sup>2</sup>, а сорт Епоха одеська – 69,5 мм<sup>2</sup>. При цьому площа зовнішньої поверхні зернівок пшениці полби лінії LP 1152 була в 1,2–1,4 рази вища сортів стандартів.

Між об'ємом зернівки та площею зовнішньої поверхні встановлено дуже тісний кореляційний зв'язок ( $r = 0,97 \pm 0,02$ ) (рис. 3.2), що описується рівнянням регресії

$$y = -2,7592 + 0,4424x, \quad (3.1)$$

де  $y$  – об'єм зернівки, мм<sup>3</sup>;

$x$  – площа зовнішньої поверхні, мм<sup>2</sup>.

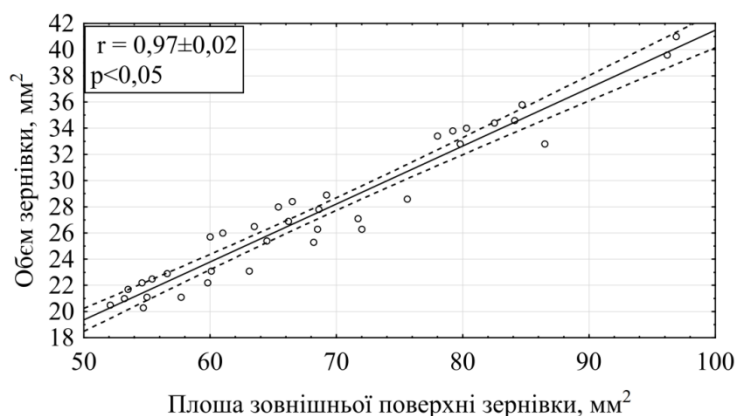


Рис. 3.2 Кореляційна залежність між об'ємом та площею зовнішньої поверхні зернівки різних видів пшениці, 2017–2019 рр.

Під час сушіння і водотеплового оброблення зерна важливе значення має показник питомої поверхні. Дослідженнями встановлено, що за питомою поверхнею зернівки пшениці полби істотно змінювалися протягом років та не поступалися пшениці м'якій за абсолютними значеннями (табл. 3.6). Так, у зернівок пшениці полби сорту Голіковська питома поверхня перевищувала рівень цього показника в обох сортів-стандартів на 8–17 %, а показник зернівки лінії LP 1152 був подібний до пшениці м'якої сорту Акратос (2,5 од.).

Таблиця 3.6

**Питома поверхня зернівки різних видів пшениці, од.**

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	2,27	2,40	2,27	2,3
Акратос (st <sub>2</sub> )	2,53	2,53	2,53	2,5
Голіковська	2,60	2,70	2,70	2,7
LP 1152	2,40	2,60	2,40	2,5
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>A – 0,1; B – 0,1; AB – 0,1</i>			–

Лінія пшениці полби LP 1152 мала великий об'єм зернівок, проте низьке значення питомої поверхні, що було пов'язане зі збільшеною площею зовнішньої поверхні її зернівки.

Так, було встановлено (табл. 3.7), що об'єм поверхневих шарів зернівок істотно змінювався протягом років дослідження, а також відрізнявся між видами пшениці. Цей показник у сорту пшениці полби Голіковська варіював від 4,0 до 4,2 мм<sup>2</sup>, а в лінії LP 1152 від 5,1 до 5,7 мм<sup>2</sup> залежно від погодних умов року. Об'єм поверхневих шарів зернівок полби лінії LP 1152 був у 1,4 рази вищий у 2017 і 2019 рр. і в 1,2 рази – у 2018 р.

Між сортами пшениці м'якої прослідковувалася значна відмінність за вказаним показником. Так, залежно від року вирощування в зерні сорту Епоха одеська об'єм поверхневих шарів був на рівні 4,4–4,7 мм<sup>2</sup>, а в сорту Акратос – 3,7–3,9 мм<sup>2</sup>. Порівнюючи сорт пшениці полби Голіковська зі стандартами, встановлена істотна, на 8–10 % відмінність. Найбільше значення цього показника мали зернівки лінії полби LP 1152, перевищуючи стандарти в 1,2–1,4 рази.

Таблиця 3.7

**Об'єм поверхневих шарів зернівок різних видів пшениці, мм<sup>2</sup>**

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	4,5	4,7	4,4	4,5
Акратос (st <sub>2</sub> )	3,8	3,7	3,9	3,8
Голіковська	4,0	4,2	4,0	4,1
LP 1152	5,7	5,1	5,6	5,5
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>A – 0,1; B – 0,1; AB – 0,1</i>			–

У результаті проведених досліджень встановлено, що за геометричною характеристикою зерно пшениці полби подібне до пшениці м'якої, тому для його оброблення може бути використане традиційне обладнання. Крім того, зернівки пшениці полби мають виражені відмінності за сортом і лінією.

Найбільші лінійні розміри встановлено в зерні лінії пшениці полби LP 1152 (в середньому за роки дослідження: довжина – 7,9 мм; ширина – 3,0; товщина – 2,8 мм). Зерно характеризувалося найбільшим об'ємом зернівки (34,0 мм<sup>2</sup>), площею зовнішньої поверхні (84,0 мм<sup>2</sup>) й об'ємом поверхневих шарів (5,5 мм<sup>3</sup>), істотно перевищуючи за цими показниками сорти-стандарти. За геометричними показниками зернівки (лінійні розміри – 6,5, 2,6 і 2,7 мм), об'єм (23,2 мм<sup>3</sup>), площа зовнішньої поверхні (62,1 мм<sup>2</sup>), об'єм поверхневих шарів (4,1 мм<sup>2</sup>) зерно сорту пшениці полби Голіковська близьке до пшениці м'якої.

### 3.2 Біохімічний склад зерна

Цінність зерна для виробництва круп'яних продуктів визначається можливістю одержання рентабельного рівня виходу продукту з високими споживними властивостями. Підвищенню популярності продукту сприяє його висока харчова цінність. Остання залежить від біохімічного складу сировини: вмісту білка, поліненасичених жирних кислот, мінеральних речовин, вітамінів тощо. Ботанічні відмінності видів пшениць і сортів істотно впливають і на біохімічні властивості зерна [93].

Важливим показником якості зерна є вміст білка. Цей показник, поряд із кількістю та якістю клейковини, визначає хлібопекарські властивості зерна, що є найважливішими господарсько-цінними ознаками сорту. Вміст білка в зерні має важливе значення в житті людини, оскільки саме зерно є одним з основних джерел рослинного білка в її раціоні. Білки злакових культур складають близько третини споживаного людиною протеїну та є основним його джерелом для вегенів [31, 225].

Сортові характеристики пшениці, метеорологічні умови генеративного та репродуктивного періодів, особливості технології вирощування – все це визначає вміст білка та якість клейковини [80, 85]. Вчені відмічають [272, 282], що на вміст білка найбільше впливають погодні умови (2/3) та особливості сорту (1/3). Для накопичення білка в зерні пшениці озимої добрим попередниками є горох та однорічні бобові трави, гіршим – кукурудза та соняшник [72].

Відомо [37, 110], що для пшениці дуже високим вважається вміст білка > 18 %, високим – у межах 16–18, середнім – 14–16, низьким – 12–14 і дуже низьким < 12 %. За отриманими даними (табл. 3.8), встановлено, що вміст білка в зерні пшениці полби істотно змінювався протягом років дослідження і відрізнявся між сортом та лінією. У лінії LP 1152 він був від середнього (15,2 %) до високого (17,3 %), а в сорту Голіковська – від дуже низького (11,7 %) до середнього (15,3 %). Порівняно з цим, у зерні стандартів вміст білка змінювався від низького (11,5 %) до середнього (14,1 %).

Таблиця 3.8

### Вміст білка в зерні різних видів пшениці, %

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	14,0	13,8	14,1	14,0
Акратос (st <sub>2</sub> )	11,5	12,2	12,8	12,2
Голіковська	11,7	14,3	15,3	13,8
LP 1152	17,3	15,2	16,2	16,2
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>A – 0,3; B – 0,2; AB – 0,5</i>			–

В середньому, за три роки дослідження, зерно сорту пшениці м'якої Акратос

мало найнижче значення вмісту білка (12,2 %). Порівнюючи зерно сорту пшениці полби Голіковська (13,8 %) зі стандартом Епоха одеська (14,0 %), істотної різниці не встановлено ( $HIP_{05} = 0,3$ ). Проте, зерно лінії полби LP 1152 в 1,2–1,3 рази характеризувалося з більшим вмістом білка порівняно з сортами пшениці м'якої.

За спекотної, сухої погоди та недостатньої забезпеченості рослин вологою в період досягання зерна відбувається утворення міцної та пружної клейковини та, відповідно, менш розтяжної [195]. Надмірна кількість опадів та вилягання рослин знижує вміст білка в зерні пшениці [34].

Сприятливі погодні умови під час досягання зерна пшениці були у 2017 р., оскільки температура повітря відповідала оптимальній (22–25 °C). Крім цього, випало лише 41,0 мм опадів, що на 46 пункти менше середньобагаторічного показника. Проте, вирощування пшениці полби сорту Голіковська після несприятливого попередника (кукурудза без удобрення) спричинило синтезування низького вмісту білка – 11,7 %. Погодні умови 2018 р. сприяли формуванню високої вегетативної маси, що зумовило вилягання рослин пшениці полби лінії LP1152. Вміст білка в зерні пшениці м'якої сорту Акратос був найнижчим у 2017 р. внаслідок низької реутилізації азоту з вегетативної маси. Формування більшої вегетативної маси у 2018–2019 рр. сприяло накопиченню вищого вмісту білка.

Відомо [56, 167, 250, 290], що вміст крохмалю в зерні пшениці полби, залежно від сорту та умов вирощування варіює від 50,0 до 66,2 %. Встановлено, що вміст крохмалю в зерні пшениці полби та м'якої істотно змінювався залежно від року збору врожаю. У середньому, за три роки досліджень, цей показник в зерні пшениці полби сорту Голіковська (57,2 %) був на рівні обох сортів-стандартів – 57,1–57,4 % (табл. 3.9) з мінливістю від 55,9 до 61,7 %. В зерні лінії полби LP 1152 вміст крохмалю був найменший (54,3–55,6 %) порівняно з усіма сортами. Оскільки у зерні сорту пшениці м'якої Епоха одеська вміст крохмалю, в середньому, становив 57,4 %, а сорту Акратос – 57,1 %.

За результатами досліджень було встановлено, що кількісний склад вітамінів у зерні пшениці істотно змінювався залежно від року збору врожаю та виду пшениці (додаток А).

Таблиця 3.9

**Вміст крохмалю в зерні різних видів пшениці, %**

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	57,1	58,3	56,8	57,4
Акратос (st <sub>2</sub> )	58,6	56,7	56,0	57,1
Голіковська	61,7	54,0	55,9	57,2
LP 1152	55,6	55,0	54,3	55,0
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A – 1,2; B – 1,0; AB – 2,0</i>			–

У складі зерна пшениці полби наявні жиророзчинні (К<sub>1</sub>, β-каротин, β-токоферол, γ-токоферол) вітаміни, водорозчинні (групи В) та пігменти (лютеїн+зеаксантин) (табл. 3.10). Слід відзначити, що вміст вітамінів у зерні пшениці полби був істотно (в 1,3 рази) більшим порівняно з обома сортами стандартами.

Таблиця 3.10

**Якісний і кількісний склад вітамінів у зерні різних видів пшениці (2017–2019 рр), мг/100 г**

Вітамін	Пшениця полба		Пшениця м'яка	
	Голіковська	LP 1152	Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	Акратос (st <sub>2</sub> )
К <sub>1</sub>	0,004	0,004	0,002	0,001
β-каротин	0,004	0,006	0,002	0,001
β-токоферол	0,250	0,273	0,197	0,203
γ-токоферол	1,753	1,760	1,520	1,517
В <sub>7</sub>	0,012	0,014	0,008	0,008
В <sub>9</sub>	0,045	0,048	0,031	0,032
В <sub>2</sub>	0,117	0,123	0,083	0,090
В <sub>6</sub>	0,253	0,273	0,213	0,220
В <sub>1</sub>	0,370	0,373	0,320	0,320
В <sub>5</sub>	1,080	1,083	0,933	0,953
В <sub>3</sub>	6,843	6,860	4,553	4,657
В <sub>4</sub>	95,17	97,6	73,13	73,13
Лютеїн+зеаксантин	0,174	0,175	0,167	0,166

Частка γ-токоферолу в зерні була найвища (86,1–88,4 %), тоді як β-токоферолу становила 11,4–13,4 % від загальної суми жиророзчинних вітамінів. Частка вітамінів групи В в зерні пшениці полби займала 98,0 % від основної суми вітамінів. Вміст В<sub>4</sub>

у зерні був найвищим (90 % від суми вітамінів В), а В<sub>7</sub> – найнижчий (0,01 %).

Зерно пшениці полби сорту Голіковська за вмістом вітамінів В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>7</sub> і В<sub>9</sub> на 40–50 % переважало сорти стандарти. Вміст вітаміну В<sub>4</sub> на 30 %, а В<sub>1</sub>, В<sub>5</sub> і В<sub>6</sub> – був на 16–19 % більший, ніж у пшениці м'якої. Кількісний склад вітамінів цієї групи у зерні пшениці полби лінії LP 1152 був подібний сорту Голіковська. Вміст пігментів (лютеїн + зеаксантин) у зерні пшениці полби майже не відрізнявся від пшениці м'якої, оскільки був лише на 3–4 % більшим. Така тенденція розподілення вітамінів є притаманна для пшениці [35].

Інтегральний скор є критерієм харчової цінності продукту. Зерно пшениці полби масою 100 г забезпечує добову потребу людини у вітамінах В<sub>1</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub> і В<sub>7</sub> на 19–31 %, вітамінами В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub> і К<sub>1</sub> на 3,5–14 % та лише на 0,09–0,13 % β-каротином (табл. 3.11). При цьому, прослідковується значні (в 1,3–2,7 рази) переваги пшениці полби. Оскільки зерно пшениці сортів-стандартів за вказаними групами вітамінів забезпечувало добову потребу людини відповідно лише на 15–21 %, 1,3–11 і 0,02–0,03 %.

Таблиця 3.11

**Інтегральний скор вітамінів у зерні різних видів пшениці масою 100 г (2017–2019 рр.), %**

Вітамін	Добова потреба*, мг	Пшениця полба		Пшениця м'яка	
		Голіковська	LP 1152	Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	Акратос (st <sub>2</sub> )
К <sub>1</sub>	0,1	3,5	3,9	1,8	1,3
β-каротин	5	0,09	0,13	0,03	0,02
В <sub>1</sub>	1,6	23	23	20	20
В <sub>2</sub>	2	6	6	4	5
В <sub>3</sub>	22	31	31	21	21
В <sub>4</sub>	500	19	20	15	15
В <sub>5</sub>	5	22	22	19	19
В <sub>6</sub>	2	13	14	11	11
В <sub>7</sub>	0,05	24	27	17	15
В <sub>9</sub>	0,4	11	12	8	8

*Примітка: \* – згідно норм фізіологічних потреб населення України [161]*

З огляду на дані табл. 3.11 видно, що порівняно з пшеницею м'якою для забезпечення добової потреби у вітамінах необхідно спожити в 1,5–2,0 рази меншу кількість продуктів із зерна пшениці полби.

Мінерали – важливі складові, необхідні людині в щоденній їжі. Зернові культури є джерелом основних макро- і мікроелементів. Так, серед макроелементів переважають калій, фосфор, магній, менше – кальцій. З мікроелементів у зернових містяться цинк, манган, молібден, кобальт [13]. Науковцями зазначається в зерні різний вміст мінеральних речовин.

Отримані дані (табл. 3.12) свідчать, що загальний вміст мінеральних елементів і якісний склад істотно відрізнявся залежно від генотипу пшениці. Так, зерно пшениці полби мало більший в 1,2–1,3 рази загальний вміст мінеральних елементів. Частка фосфору і калію у зерні пшениці полби становила 74–75 % від загальної кількості елементів. Частка сірки, магнію і кальцію – була 24–26 %. На решту елементів припадало лише 1 % від загальної кількості мінерального складу. Порівнюючи зерно пшениці полби та сорту пшениці м'якої Епоха одеська, слід відмітити подібність результатів.

Таблиця 3.12

**Якісний і кількісний мінеральний склад зерна різних видів пшениці  
(2017–2019 рр.), мг/кг сухої речовини**

Хімічний елемент	Сорт, лінія		
	Голіковська	LP 1152	Епоха одеська (st <sub>1</sub> )
Фосфор	8900±530	8800±380	7300±401
Калій	4200±511	4500±426	3600±403
Сірка	1700±135	1900±191	1400±138
Магній	1800±128	2000±118	1200±163
Кальцій	650±61,2	740±46,2	510±62,0
Залізо	52,6±4,0	50,1±4,9	40,9±4,58
Манган	34,1±3,8	27,8±3,1	36,3±3,58
Цинк	47,2±3,7	46,3±3,6	40,5±5,50
Натрій	22,0±3,0	22,0±3,0	33,0±4,0
Мідь	7,08±0,62	7,43±0,54	6,26±0,70
Бор	0,81±0,09	0,57±0,06	1,45±0,14
Кобальт	0,071±0,007	0,058±0,006	0,11±0,015

Отже, порівнюючи біохімічний склад зерна пшениці полби урожаю 2017–2019 років, встановлено істотні відмінності. Вміст білка, крохмалю, вітамінів



змінювалися під впливом погодних умов та особливостей сорту. Сприятливі погодні умови у 2017 і 2019 р. забезпечили високий вміст білка в зерні лінії LP 1152 (16,2–17,3 %). За вирощування сорту пшениці полби Голіковська у 2017 р. після попередника – кукурудза без удобрення, одержано зерно з дуже низьким вмістом білка (11,7 %). На вміст крохмалю в зерні пшениці істотно впливали особливості сорту. Зерно пшениці полби у 1,3–1,5 рази багатше на вітаміни порівняно з пшеницею м'якою.

В цілому пшениця полба за біохімічним складом не поступалася пшениці м'якій, а за вмістом вітамінів і мінеральних елементів істотно переважала. Це в свою чергу, підвищує цінність зерна пшениці полби.

### **3.3 Технологічні властивості зерна**

Технологічні властивості зерна визначаються його природними особливостями та формуються під дією великої групи чинників під час вегетації, післязбирального оброблення та зберігання. Крупніше зерно з високим показником сферичності в технологічному аспекті є найціннішим, оскільки має найбільший вміст ендосперму, а отже, потенційно вищий вихід готового продукту. З дрібнішого зерна, внаслідок збільшення частки оболонки, значно знижується вихід цілого ядра.

Маса 1000 зерен пшениці є опосередкованим показником крупності зерна та його виповненості. Цей показник впливає на вихід борошна. При цьому маса 1000 зерен, як один зі складових продуктивності, вважається критерієм добору генотипів на посухостійкість. На рівень цього показника значно впливає вміст білка, оскільки порівняно з крохмальними гранулами він в ендоспермі розміщується компактніше. В інтервалі маси 1000 зерен пшениці від 15 до 40 г існує тісний зв'язок із натурою зерна. Збільшення маси 1000 зерен від 40 до 60 г практично не впливає на натуру. Досліджуючи формування показників адаптивності, Л. А. Коломієць і ін. [90] встановили, що найбільший вплив на масу 1000 зерен і натуру мають погодні умови.

В джерелах літератури наведені дані маси 1000 зерен пшениці полби від 21,8 до 61,0 г [4, 5, 167, 223, 245, 281, 289]. Значення цього показника змінюється

залежно від погодних умов. Встановлено [264], що для пшениці дуже високою вважається маса 1000 зерен  $> 35$  г, високою, якщо цей показник знаходиться в межах  $- 30-35$ , середньою  $- 27-30$ , низькою  $< 27$  г.

Результати проведених досліджень (табл. 3.13) свідчать, що маса 1000 зерен пшениці полби змінювалась у межах від високої (31,3 г) до дуже високої (53,5 г). Причому, у зерні сорту Голіковська – від 31,3 до 36,9 г, а у лінії LP 1152 – була на рівні 42,8–53,5 г залежно від погодних умов року дослідження. Очевидна істотна перевага зерна лінії над сортом, значення показника в 1,6 рази було вищим у 2017 і 2019 рр. та в 1,2 рази у 2018 р.

Таблиця 3.13

**Маса 1000 зерен різних видів пшениці, г**

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	46,6	47,1	46,2	46,6
Акратос (st <sub>2</sub> )	40,9	41,3	40,4	40,9
Голіковська	31,3	36,9	34,3	34,2
LP 1152	51,6	42,8	53,5	49,3
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>Фактор A – 1,1; B – 0,9; AB – 1,9</i>			–

Зерно пшениці сортів-стандартів за вказаним показником було більш стабільним за роками. Так, маса 1000 зерен сорту Епоха одеська становила  $- 46,2-47,1$  г, а сорту Акратос  $- 40,4-41,3$  г. У зерна цих сортів була встановлена значна відмінність за цим показником, оскільки середнє значення відповідно становило 46,6 і 40,9 г.

Порівнюючи сорт пшениці полби Голіковська зі стандартами, встановлено істотну в 1,2–1,4 рази різницю, хоча маса 1000 зерен полби лінії LP 1152 вища на 10–20 % сортів стандартів.

В середньому, за три роки дослідження, маса 1000 зерен лінії пшениці полби LP 1152 і сортів-стандартів була дуже високою  $- 40,9-49,3$  г. Цей показник для пшениці полби сорту Голіковська був найменший, становлячи 34,2 г, що в 1,4 рази менше лінії LP 1152.

Отримані результати щодо маси 1000 зерен пшениці полби сорту Голіковська підтверджують данні В. І. Примечасвої [160]. Значення цього показника в лінії LP 1152 входять в межі відомих.

Між масою 1000 зерен і об'ємом зернівки встановлено (рис. 3.2) дуже тісний кореляційний зв'язок ( $r=0,91\pm 0,05$ ), що описується таким рівнянням регресії

$$y = 7,9702 + 1,2631x, \quad (3.2)$$

де  $m$  – маса 1000 зерен (г);

$x$  – об'єм зернівки ( $\text{мм}^3$ ).

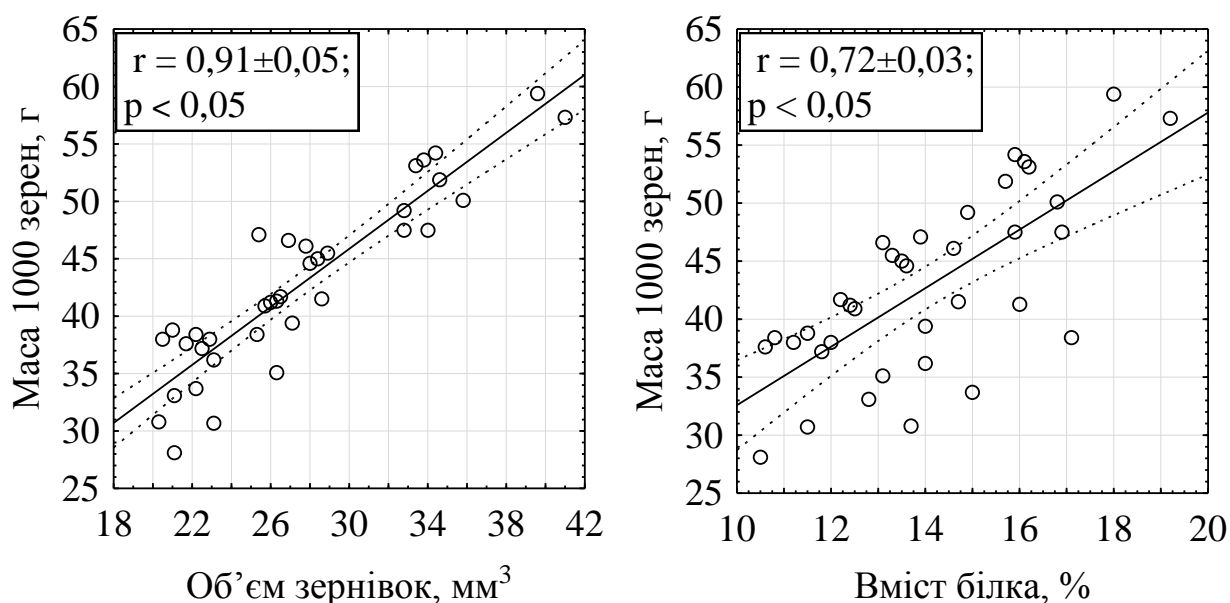


Рис. 3.2 Кореляційна залежність маси 1000 зерен від об'єму зернівки та вмісту білка в зерні пшениці різних видів, 2017–2019 рр.

Тісний кореляційний зв'язок встановлено між масою 1000 зерен і вмістом білка ( $r=0,72\pm 0,03$ ), що описується таким рівнянням регресії

$$y = 7,3738 + 2,5215x, \quad (3.3)$$

де  $y$  – маса 1000 зерен (г);

$x$  – вміст білка (%).

Склоподібність впливає на структурно-механічні властивості зерна, що визначають режими його підготовки до перероблення. Встановлено [195], що найважливішими умовами, які формують склоподібність зерна пшениці є ґрунтова й повітряна волога та наявність елементів живлення, що водночас впливають на вміст

білка в зерні. Існує кореляція між вмістом білка і склоподібністю [108].

За склоподібністю зерно пшениці поділяють на три групи: менш як 40 % – борошністе; від 40 до 60 – напівсклоподібне; понад 60 % – склоподібне.

Встановлено (табл. 3.14), що показник склоподібності істото змінювався протягом років та під впливом особливостей сорту. У середньому за три роки дослідження, склоподібність зерна пшениці полби становила 57–78 %. Причому, у зерні сорту Голіковська – 21–80 %, а лінії LP 1152 – 69–94 % залежно від року. У 2017 р. зерно сорту пшениці полби Голіковська було борошністим (рівень склоподібності 21 %), оскільки було вирощене після попередника кукурудза без удобрення.

Таблиця 3.14

### Склоподібність зерна різних видів пшениці, %

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	69	65	70	68
Акратос (st <sub>2</sub> )	55	60	63	59
Голіковська	21	70	80	57
LP 1152	94	69	71	78
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A – 2; B – 2; AB – 4</i>			–

Склоподібність зерна пшениці м'якої – 55–70 %. Причому, істотна перевага (в 1,2 рази) була у зерна сорту Епоха одеська (68 %) над сортом Акратос (59 %). Зерно пшениці полби сорту Голіковська за цим показником подібне до сорту Акратос. Найвищим за три роки цей показник був у зерні лінії полби LP 1152 – 78 %, що в 1,1–1,3 рази більше сортів-стандартів.

Між вмістом білка і склоподібністю встановлено (рис. 3.3) тісний кореляційний зв'язок ( $r=0,81 \pm <0,03$ ), що описується таким рівнянням регресії

$$y = -7,4672 + 0,1x, \quad (3.4)$$

де  $y$  – вміст білка (%),

$x$  – склоподібність (%).

Кореляційний зв'язок ( $r=0,65 \pm 0,04$ ) встановлено між склоподібністю зерна і

масою 1000 зерен, що описується наступним рівнянням регресії

$$y = 24,369 + 0,2802x, \quad (3.5)$$

де  $y$  – маса 1000 зерен (г),

$x$  – склоподібність (%).

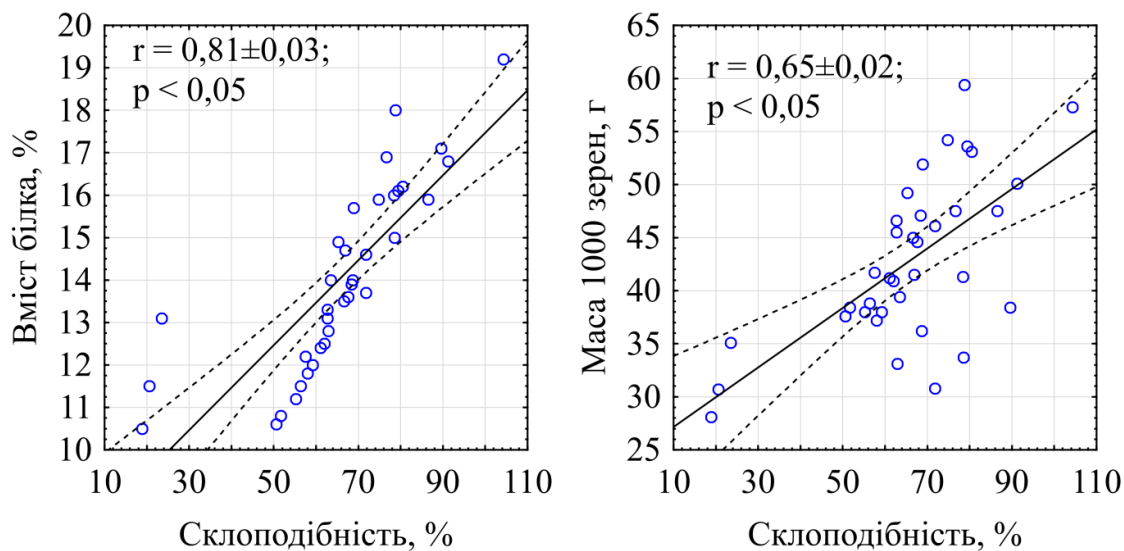


Рис. 3.3 Кореляційна залежність вмісту білка та маси 1000 зерен, склоподібності різних видів пшениці, 2017–2019 рр.

Натура зерна одного генотипу змінюється під впливом багатьох чинників, таких як виповненість, засміченість, вміст білка й крохмалю. Цей показник характеризує виповненість зерна. Він один із важливих фізичних показників зерна, що пов'язаний із посухостійкістю [90]. Встановлено [8], що на відміну від склоподібності між крупністю зерна і натурою немає чіткої залежності. Встановлено [90], що кореляція між натурою зерна та масою 1000 зерен змінюється у широкому діапазоні.

Показник натури у поєднанні із масою 1000 зерен застосовують для розрахунку виходу борошна. Залежно від значення натури зерно пшениці поділяють на три групи: високонатурне – понад 785 г/л; середньонатурне – 745–784 г/л; низьконатурне – менше як 745 г/л [147].

Результати проведених досліджень (табл. 3.15) свідчать, що натура зерна пшениці полби змінювалась у широких межах від середньо- (772 г/л) до високонатурного (787 г/л). Однак, істотна різниця між зерном сорту полби Голіковська і лінією LP 1152 була лише у 2017 р., як результат низького вмісту в зерні білка.

Таблиця 3.15

## Натура зерна різних видів пшениці, г/л

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	814	820	815	816
Акратос (st <sub>2</sub> )	801	813	807	807
Голіковська	756	780	776	771
LP 1152	787	785	772	781
<i>HIP</i> <sub>05</sub>	<i>A – 17; B – 14; AB – 29</i>			–

Натура зерна пшениці сортів-стандартів змінювалась в діапазоні 801–820 г/л, без істотної різниці між сортами (*HIP*<sub>05</sub> – 14). Різниця в зерні між пшеницею полби та стандартами за натурою була 10 %.

Один із важливих показників, що впливає на розмелювальну здатність є твердість зерна. Це комплексний показник, що характеризує міцність зв'язку анатомічних складових зернівки [286]. Технологія переробки твердозерного і м'якозерного зерна відрізняється, а тому визначення цього показника є необхідним.

Відомим методом визначення твердості зерна є розсів розмеленого продукту через відповідні сита – індекс розміру часток (ІЧР). Встановлено (табл. 3.16), що, в середньому, зерно пшениці полби було твердозерним (17,1–20,1 %), що відповідає категорії середньої твердості, тоді як зерно пшениці м'якої було м'якозерним (30,6–32,0 %), категорія – дуже м'яке.

Таблиця 3.16

## Індекс розміру часточок різних видів пшениці, %

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	31,9	32,2	32,0	32,0
Акратос (st <sub>2</sub> )	30,6	30,4	30,8	30,6
Голіковська	28,5	15,1	16,6	20,1
LP 1152	17,0	17,9	16,5	17,1
<i>HIP</i> <sub>05</sub>	<i>A – 1,2; B – 1,0; AB – 2,1</i>			–

ІЧР зерна пшениці полби сорту Голіковська визначений у 2017 р. відповідав м'якозерному типу (ІЧР – 28,5 %), що є наслідком дуже низького вмісту білка

(11,7 %), а також борошнистого ендосперму.

ІРЧ зерна пшениці полби сорту Голіковська визначений у 2017 р. відповідав м'якозерному типу (ІРЧ – 28,5 %), що є наслідком дуже низького вмісту білка (11,7 %), а також борошнистого ендосперму.

Вважається [65], що показник твердозерності є особливістю сорту. За зміни склоподібності, зерно одного сорту проявляє подібні властивості значення індексу розміру часточок. Це твердження суперечить одержаним результатам проведених досліджень. Проте Р. С. Williams [302], на зразках австралійської пшениці показав, що для одних твердозерних сортів пшениць індекс розміру часток зі збільшенням вмісту білка зменшується, а для інших – навпаки, збільшується. На м'якозерні сорти ця закономірність також поширюється.

Встановлено [11, 50], що зміна вологості зерна також впливає на результат визначення показника індексу розміру часточок, а саме – зі збільшенням вологості зменшується значення ІРЧ. Отже, результати проведених досліджень не суперечать загальновідомим значенням.

Зольність зерна має важливе значення, оскільки впливає на його борошномельні, хлібопекарські і круп'яні властивості [65], а також побічно вказує на загальний вміст мікроелементів і білість борошна [309].

Відмічається [56], що вміст золи у зерні пливчастих пшениць зазвичай вищий, порівняно із зерном пшениці м'якої. Зольність зерна пшениці м'якої і твердої може бути від 1,3 до 3,0 %, спельти – 1,5–2,5 %, а полби – 1,7–2,8 % [4, 56, 223].

Результати проведених досліджень (табл. 3.17) свідчать, що в середньому, вміст золи у зерні пшениці полби змінювався від 1,81 до 1,98 % залежно від року врожаю. Причому, в зерні лінії LP 1152 (1,91–1,98 %) порівняно з сортом Голіковська (1,81–1,92 %) прослідковується істотно вища зольність. Зольність зерна сортів-стандартів змінювалась від 1,5 до 1,6 %.

У середньому за три роки проведення досліджень цей показник був більший у зерні сорту пшениці м'якої Епоха одеська (1,59 %). Зерно пшениці полби, порівняно з пшеницею м'якою, за цим показником різнилося в 1,2 рази. Найбільшу зольність серед усіх зразків мало зерно лінії полби LP 1152 (1,95 %).

Таблиця 3.17

**Вміст золи у зерні різних видів пшениці, %**

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	1,60	1,56	1,61	1,59
Акратос (st <sub>2</sub> )	1,52	1,58	1,50	1,53
Голіковська	1,81	1,90	1,92	1,88
LP 1152	1,97	1,91	1,98	1,95
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>A – 0,03; B – 0,02; AB – 0,04</i>			–

Число падання – технологічний показник, за допомогою якого можна оцінити технологічні та хлібопекарські властивості зерна. Значення цього показника характеризує активність  $\alpha$ -амілази зерна під час гідролізу крохмалю. Борошно з активною  $\alpha$ -амілазою характеризується підвищеною цукро- і газоутворювальною здатністю, проте має низькі технологічні властивості. Хліб з такого борошна темний, із рваною скоринкою і тріщинами у м'якушці. За показника числа падання пшениці менше ніж 150 с спостерігається липкість м'якуша хліба (висока активність  $\alpha$ -амілази), за перевищення значення показника в 300 с відбувається зменшення об'єму хліба та підвищення сухості м'якушки (активність  $\alpha$ -амілази сповільнена).

Встановлено (табл. 3.18), що число падання пшениці полби змінювалось в діапазоні від 343 до 436 с. Причому, у зерні сорту Голіковська – 310–436 с, а у лінії LP 1152 – 343–419 с залежно від року формування врожаю без істотних відмінностей за середнім показником (відповідно 382 і 378 с).

Таблиця 3.18

**Число падання зерна різних видів пшениці, с**

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	441	420	433	431
Акратос (st <sub>2</sub> )	464	471	454	463
Голіковська	401	310	436	382
LP 1152	343	371	419	378
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>A – 10; B – 11; AB – 20</i>			–



Зерно пшениці сортів-стандартів за числом падання було більш стабільне за роками досліджень. Так, за цим показником сорт пшениці м'якої Епоха одеська мав значення від 420 до 441 с, а сорт Акратос – від 454 до 471 с. У зерні цих сортів прослідковується істотна відмінність, оскільки середнє значення відповідно становило 431 і 463 с. Порівнюючи зразки пшениці полби зі стандартами, виявлена істотна (в 1,1–1,2 рази) різниця з перевагою полби.

Встановлено [166], що для пшениці активність  $\alpha$ -амілази висока за показника числа падання  $\leq 150$  с, середня – 150–300, а низька –  $\geq 300$  с. Отже, активність  $\alpha$ -амілази в зерні всіх досліджуваних зразків зерна пшениці була низькою протягом років дослідження.

Вміст і якість клейковини зумовлюють «силу» борошна. Від кількості та еластично-пружних властивостей клейковини тіста буде залежати здатність утримувати у порах газ і рівномірно під його тиском збільшуватись в об'ємі, набуваючи дрібно-шпаруватої структури, що фіксується в процесі випікання хліба. На вихід сирої клейковини впливають різні чинники (рН і сольовий склад води, методика відмивання) [97].

Дані, доступні у літературі [13, 21, 223, 236, 275], про вміст сирої клейковини у зерні пшениці полби показують велику мінливість цього показника – від 9,0 до 46,6 %. Найчастіше зустрічаються значення цього показника від 24,21 до 39,5 % [4, 248, 290]. Вміст клейковини у зерні пшениці полби змінюється залежно від сорту, а також агротехнології та погодних умов. Встановлено [196], що пшениця полба відрізняється зниженим вмістом спирторозчинних фракцій білків. Також для пшениці полби характерне високе відношення Gli/Glu 2–5 : 1 (за вмісту гліадинів 82,0 % і глютенинів 18,0 %) [56, 233], що вказує на низькі пружні (слабкі) властивості клейковини.

Проведенні дослідження показали (табл. 3.19), що вміст сирої клейковини у зерні пшениці варіював залежно від погодних умов року та генотипу культури. Значення цього показника в зерні пшениці полби змінювався у досить широких межах – від 25,2 до 37,7 %. Причому у зерні сорту Голиковська вміст клейковини становив від 25,2 до 33,8 %, а у лінії LP 1152 – від 33,5 до 37,7 % залежно від року

збору врожаю. В середньому, прослідковувалася істотна (в 1,2 рази) перевага за цим показником лінії над сортом.

Таблиця 3.19

**Вміст сирої клейковини в зерні різних видів пшениці, %**

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	27,7	30,6	31,4	29,9
Акратос (st <sub>2</sub> )	25,6	27,0	28,5	27,0
Голіковська	25,2	31,0	33,8	30,0
LP 1152	37,7	33,5	35,7	35,6
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A – 0,5; B – 0,5; AB – 1,0</i>			–

Вміст клейковини у зерні стандартів також істотно змінювався – у сорті Епоха одеська від 27,7 до 31,4 %, і сорт Акратос – 25,6–28,5 %, з відмінністю у 10 % за всі роки. Порівнюючи лінію пшениці полби LP 1152 зі сортами-стандартами, встановлено істотну (в 1,2–1,3 рази) перевагу. При цьому, за вмістом клейковини зерно сорту Голіковська (30,0 %) було подібне до пшениці м'якої Епоха одеська (29,9 %).

Встановлено [264], що для пшениці дуже високим вважається вміст клейковини > 36 %, високим, якщо цей показник знаходиться в межах 31–36, середнім – 26–31, низьким – 21–26 і дуже низьким < 21 %. Отже, у середньому за три роки досліджень, зерно пшениці полби лінії LP 1152 мало високий вміст (35,6 %), сорт Голіковська – середній (30,0 %), а сорти пшениці м'якої також середній вміст клейковини (27,0–29,9 %).

Поряд із кількістю клейковини, важливе значення має її якість. Зазвичай якість клейковини характеризує її пружність. При цьому, оптимальне значення пружності клейковини знаходиться в діапазоні від 45 до 75 од. пр. ВДК. Якість клейковини у зерні на 50 % зумовлена особливостями сорту, а решта – умовами вирощування. Якщо в період від середини наливання зерна середньодобова температура нижче оптимальних (18 °C) значення ВДК збільшуються [242].

Результати досліджень (табл. 3.20) вказують, що на якість клейковини істотно впливав генотип культури. Так, у середньому за три роки досліджень, цей показник у сорту пшениці полби Голіковська становив 94 од. пр. ВДК, що відповідало II групі

якості – задовільно слабка. У зерні лінії полби LP 1152 – незадовільна слабка якість клейковини (103 од. пр. ВДК).

Таблиця 3.20

**Якість клейковини в зерні різних видів пшениці, од. пр. ВДК**

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	60	65	62	62
Акратос (st <sub>2</sub> )	77	75	70	74
Голіковська	97	85	101	94
LP 1152	107	101	101	103
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A – 1,3; B – 1,5; AB – 2,6</i>			–

Якість клейковини сортів стандартів була «доброю» (62–74 од. пр. ВДК) і відносилася до І-ї групи якості. Порівнюючи за цим показником зразки пшениці полби та м'якої, була встановлено значну різницю – в 1,3–1,7 рази. Одержані дані вказують на низькі хлібопекарські властивості пшениці полби. Проте, це не повинно впливати на якість круп'яних продуктів.

Між вмістом білка і сирої клейковини встановлено (рис. 3.4) дуже тісний кореляційний зв'язок ( $r=0,92\pm0,02$ ), що описується таким рівнянням регресії

$$y = 0,4498 + 0,4432x, \quad (3.6)$$

де  $y$  – вміст білка (%);

$x$  – вміст сирої клейковини (%).

Багатьма вченими також відзначена тісна кореляція між вмістом білка і сирої клейковини [275, 163]. Як виняток є зіпсоване зерно. Тісний кореляційний зв'язок ( $r=0,81\pm0,03$ ) встановлено між склоподібністю та вмістом клейковини, що описується рівнянням регресії

$$y = -25,0788 + 2,9592x, \quad (3.7)$$

де  $y$  – склоподібність, (%);

$x$  – вміст сирої клейковини, (%).

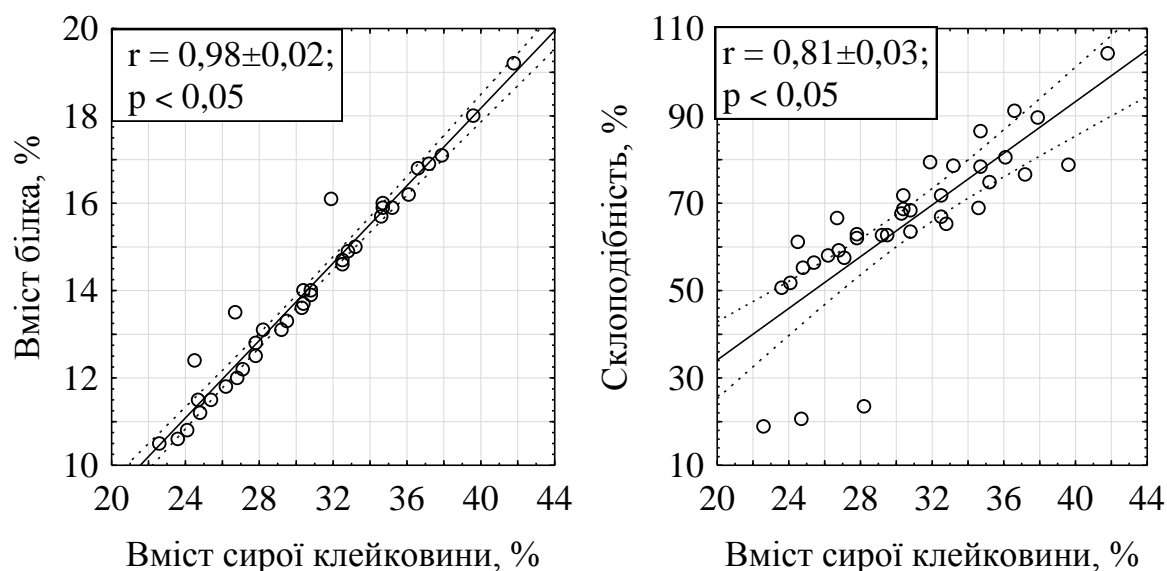


Рис. 3.4 Кореляційна залежність між вмістом білка, сирової клейковини і склоподібністю зерна різних видів пшениці, 2017–2019 рр.

Показник седиментації відображає здатність клейковинних білків до гідратації та набухання в кислому середовищі й залежить не лише від якості клейковини, а й від фізико-хімічних властивостей і кількісно-якісного співвідношення білкових фракцій [143]. Встановлено [290], що пшениця полба характеризується не високим показником седиментації (за методом Зелені) – 6–19 мл, а кількість білка в зерні пшениці значно впливає на індекс седиментації [76].

За результатами досліджень (табл. 3.21) показник седиментації зерна пшениці полби становив від 31,0 до 55,8 см<sup>3</sup>. Причому, у зерні сорту Голіковська – 31,0–53,5 см<sup>3</sup>, а в лінії LP 1152 – 52,4–55,8 см<sup>3</sup>.

Таблиця 3.21

**Показник седиментації зерна різних видів пшениці, см<sup>3</sup>**

Сорт, лінія (A)	Рік проведення дослідження (B)			Середнє за три роки
	2017	2018	2019	
Епоха одеська (st <sub>1</sub> )	48,8	46,2	49,7	48,2
Акратос (st <sub>2</sub> )	28,1	29,4	30,6	29,4
Голіковська	31,0	52,8	53,5	45,8
LP 1152	53,6	52,4	55,8	53,9
<i>НІР</i> <sub>05</sub>	<i>A – 1,2; B – 1,3; AB – 2,3</i>			–

У середньому, за три роки дослідження, за показником седиментації зерно лінії

LP 1152 мало перевагу над зерном сорту Голіковська в 1,2 рази. Цей показник у зерні сорту пшениці м'якої Епоха одеська становив  $46,2\text{--}49,7\text{ см}^3$ , а у сорту Акратос –  $28,1\text{--}30,6\text{ см}^3$ . У цих сортів прослідковується істотна в 1,6 рази відмінність. Середнє значення седиментації сортів-стандартів становило відповідно 29,4 і  $48,2\text{ см}^3$ . Порівнюючи зерно сорту пшениці полби Голіковська ( $45,8\text{ см}^3$ ) із зерном стандартів, встановлена аналогія із сортом Епоха одеська ( $48,2\text{ см}^3$ ). При цьому, показник седиментації у зерна лінії полби LP 1152 був у 1,1–1,6 рази вищий сортів стандартів.

Для пшениці «сила борошна» вважається дуже високою за показника седиментації (методом Зелені)  $> 60\text{ см}^3$ , високою в межах 40–60, середньою – 20–40, а низькою  $< 20\text{ см}^3$ . Хоч якість клейковини обох зразків пшениці полби була слабкою (94–103 од. пр. ВДК), показник седиментації відповідав високій «силі борошна». Очевидно, це пов'язано зі значним вмістом білка (13,8–16,2 %). Оскільки, в цілому, високий вміст білка забезпечує високі значення седиментації [76]. За показником седиментації «сила борошна» зерна сорту пшениці м'якої Епоха одеська ( $st_1$ ) – була високою (48,2 %), а сорту Акратос – середньою (29,4 %).

Між вмістом білка і показником седиментації (рис. 3.5) встановлено сильний кореляційний зв'язок ( $r=0,88\pm 0,03$ ), що описується таким рівнянням регресії:

$$y = 6,5866 + 0,1679x, \quad (3.8)$$

де,  $y$  – вміст білка, %;

$x$  – показник седиментації,  $\text{см}^3$ .

Натомість обернений середній кореляційний зв'язок ( $r=-0,46\pm 0,05$ ) встановлено між ІРЧ і показником седиментації.

З огляду на дослідженні технологічні властивості зерна пшениці полби (слабка клейковина, високий показник числа падання і значний вміст золи) можна передбачити його невисокі хлібопекарські властивості. Проте, високий вміст білка, вітамінів і мінеральних елементів зумовлює використання цього зерна для харчування населення як збагачувача раціону. Зерно, з низькими хлібопекарськими властивостями, може використовуватись для отримання круп'яних продуктів. Для зерна у круп'яному виробництві передбачаються певні вимоги до показників. До них відносять масу 1000 зерен, натуру, крупність, вирівняність за крупністю,

плівчастість, вміст ядра та його консистенцію. З них плівчастість – один з основних показників якості, що впливає на вихід крупи.

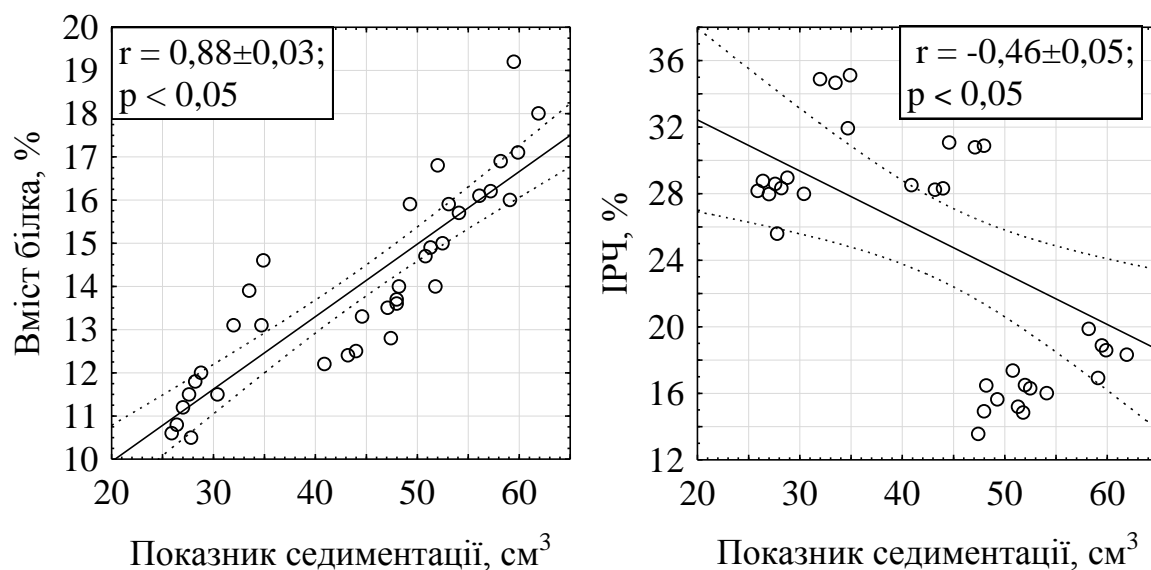


Рис. 3.5 Кореляційна залежність між вмістом білка, показником седиментації та індексом розміру часточок різних видів пшениці, 2017–2019 рр.

Плівчастість зерна пшениці визначається за вмістом плодових оболонки, які щільно зрослися з ядром. Очевидно, що чим менша плівчастість, тим більший вміст ядра та вихід крупи. Встановлено [36, 107], що вміст анатомічних складових зернівок пшениці змінюється залежно від генотипу та особливостей сорту. Вміст ендосперму в зерні пшениці м'якої – від 80,8 до 87,8 %, оболонки від 10,8 до 17,1 %, зародку – від 1,3 до 2,4 % [36, 107, 111], в зерні пшениці спельти – 81,5–88,5 %, 10,4–17,3 %, 0,9–2,8 % [41].

Встановлено (табл. 3.22), що вміст ядра в зерні пшениці полби змінювався від 88,8 до 90,4 %, оболонки – 7,1–8,2 %, зародку – 2,5–3,7 %. Порівнюючи з відомими значеннями пшениці м'якої, встановлено істотні переваги зерна полби за вмістом ендосперму (на 10 %) і зародку (в 1,5 рази), натомість оболонки значно (в 1,8 рази) менше.

Оскільки, зольність зерна пшениці полби істотно вища порівняно з пшеницею м'якою, а частка оболонки менша – це вказує на значний вміст мінеральних речовин в ендоспермі. За борошномельного оцінювання, це означає, зниження показника білості борошна, незалежно від коефіцієнта лущення. Проте для круп'яного

виробництва ця обставина є перевагою, оскільки краще будуть зберігатися корисні нутрієнти. Високий вміст ядра означає потенційно високий вихід круп'яних продуктів.

Таблиця 3.22

**Вміст анатомічних складових зернівки пшениці полби, %**

Сорт, лінія	Рік	Ендосперм	Оболонки	Зародок
Голіковська	2017	90,4	7,1	2,5
Голіковська	2019	88,8	7,5	3,7
LP 1152	2018	88,9	8,2	2,9

Отже, встановлено, що технологічні властивості зерна пшениці змінювалися протягом років вирощування та особливостей сорту. У середньому за три роки зерно пшениці полби Голіковська мало найменші значення маси 1000 зерен (34,2 г), склоподібність – 57 %, а лінія LP 1152 – навпаки, найбільші – відповідно 49,3 г і 78 %. Зерно обох пшениць полби характеризувалося середнім показником натурності (771–781 г/л).

Зазвичай зерно пшениці полби відносилось до твердозерного (ІРЧ – 17–20 %) з невиключеною можливістю м'якозерного (28,5 % у 2017 р.). Воно мало високий вміст золи (1,9–2,0 %) з майже 75 % часткою фосфору і калію та 24 % – сірки, магнію, кальцію; високий вміст клейковини (30–36 %) і задовільно слабку (94 од. пр. ВДК) або незадовільно слабку (103 од. пр. ВДК) її якість. Натомість «сила борошна» за показником седиментації (46–54 см<sup>3</sup>) – була висока, а активність  $\alpha$ -амілази низька – число падання 378–382 с.

Для зерна пшениці полби характерний анатомічний склад зернівки – з умістом оболонок лише 7,1–8,2 %, зародку – 2,5–3,7 % та ендосперму – 89–90 %, що надзвичайно перспективно для використання в круп'яному виробництві.

### **Висновки до розділу 3**

1. Встановлено, що геометричні властивості зерна пшениці полби значно залежать від особливостей сорту та лінії. Об'єм зернівок становить 23,2–34,0 мм<sup>3</sup>, площа зовнішньої поверхні – 62,1–84,0 мм<sup>2</sup>, питома поверхня – 2,5–2,7; об'єм поверхневих шарів зернівок – 4,1–5,5 мм<sup>3</sup>. Найбільші лінійні розміри у зерні пшениці

полби лінії LP 1152 (довжина 7,9 мм, ширина 3,0 мм, товщина 2,8 мм). Зерно цієї лінії характеризується найбільшим об'ємом зернівки ( $34,0 \text{ мм}^3$ ), площею її зовнішньої поверхні ( $84,0 \text{ мм}^2$ ). Геометричні властивості зернівок пшениці полби сорту Голіковська подібні до значень зерна сорту-стандарту пшениці м'якої Акратос ( $st_2$ ).

2. Біохімічний склад зерна пшениці змінювався під впливом погодних умов вирощування та генотипу. У середньому, вміст білка в зерні всіх пшениць становить від 12,2 до 16,2 %, а крохмалю – від 55,0 до 57,4 %. Сорт пшениці полби Голіковська за вказаними показниками (відповідно 13,8 і 57,2 %) знаходиться на рівні сорту пшениці м'якої Епоха одеська (14,0 і 57,4 %). Зерно лінії полби LP 1152 має найбільший вміст білка (16,2 %) і найменший – крохмалю (55,0 %). Загальний вміст вітамінів і мінеральних елементів у зерні пшениці полби істотно (в 1,3 рази), більший порівняно з сортами-стандартами. Відмічено подібність розподілення частки вітамінів і мінеральних елементів у пшеницях полби і м'якої.

3. Технологічні властивості зерна пшениці змінюються під впливом погодних умов років вирощування та особливостей сорту. У середньому за три роки, маса 1000 зерен всіх зразків пшениць була від 34,2 до 49,3 г, склоподібність – 57–78 %, натура – 771–816, індекс розміру часточок – 17,1–32,0 %, вміст золи – 1,53–1,95 %, число падання – 378–463 с, вміст сирової клейковини – 27,0–35,6 %, якість клейковини – 62–103 од. пр. ВДК, а показник седиментації – 29,4–53,9  $\text{см}^3$ . Зерно пшениці полби Голіковська має найменшу масу 1000 зерен (34,2 г), склоподібність 57 %, а лінія LP 1152 – навпаки, найбільші (відповідно 49,3 г і 78 %). Зерно обох зразків пшениць полби характеризується меншими показниками натури (771–781 г/л) і числа падання (378–382 с). Полба належить до твердозерних пшениць з більшим умістом золи і клейковини, проте низької якості, а за показником седиментації відповідає показнику високої «сили борошна».

4. Пшениця полба майже не поступається за біохімічним складом пшениці м'якій, а за вмістом вітамінів і мінеральних елементів істотно її переважає. Високий вміст ендосперму (89–90 %) та рівномірність розподілення мінеральних елементів у зернівці полби підвищує цінність її зерна як сировини для круп'яного виробництва та харчового продукту оздоровчого призначення.



*Матеріали розділу 3 опубліковано та апробовано в працях [106, 116, 123, 130, 133, 148, 152, 254]:*

1. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Геометричні параметри зернівок пшениці полби. *Актуальні питання аграрної науки: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 15 листопада 2018 р.).* Умань. 2018. С. 395–397.
2. Осокіна Н. М., Любич В. В., Лещенко І. А., Колодійчук А. В. Білково-протеїназний комплекс пшениці полби. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання): матеріали VIII міжнар. наук. конф. (м. Умань, 18–20 березня 2019 р.).* Умань. 2019. С. 183–184.
3. Любич В. В., Лещенко І. А. Технологічні властивості пшениці полби. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (с. Центральне, 19 квітня 2019 р.).* Центральне. 2019. С. 70.
4. Liubych V. V., Leschenko I. A. Technological composition of different species of wheat (emmer wheat, soft wheat) grain depending on the variety. Innovative development of science and education: abstracts of the 1st International scientific and practical conference. (Athens, 29–31 march 2020). Athens, Greece. 2020. P. 11–13.
5. Осокіна Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Біохімічний склад зерна пшениці полби (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl) залежно від генотипу. *Агробіологія.* 2020. № 1 (157). С. 111–119. DOI:10.33245/2310-9270-2020-157-1-111-119
6. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Технологічні властивості зерна різних видів пшениці залежно від генотипу. *Таврійський науковий вісник.* 2020. Вип. 114. С. 63–69. DOI:10.32851/2226-0099.2020.114.9
7. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Технологічні властивості зерна залежно від сорту. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання): матеріали IX Міжнар. наук. конф. (м. Умань, 19 березня 2020 р.).* Умань. 2020. С. 112–115.
8. Любич В. В., Лещенко І. А. Технологічні та біохімічні властивості зерна малопоширених видів пшениці. *Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах: Матеріали III Міжнар. наук.-практ. конфер. 23 липня 2020 р. с. Селекційне.* 2020. С. 107–108.

## РОЗДІЛ 4

### ВИХІД КРУПИ ЦІЛОЇ ТА ПОДРІБНЕНОЇ ІЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ

#### 4.1 Вплив тривалості лушення, зволоження та відволоження на вихід і якість крупи цілої та крупи подрібненої

Одним з варіантів виробництва здорового харчування є використання продуктів на основі цільного зерна [228, 280]. У контексті збалансованого харчування, ціла крупа містить зародок, алейроновий шар, харчові волокна та біоактивні пептиди, які є джерелом вітамінів, ліпідів і мінеральних речовин [266].

**Виробництво крупи з пшениці полби № 1.** Для оцінювання виходу крупи з пшениці полби № 1, досліджено вплив режимів ВТО і тривалості лушення на показники якості. Зазначену крупу отримували із зерна пшениці полби сорту Голіковська з борошністим (2017 р.) і зі склоподібним ядром (2018 р.) та лінії LP 1152 (зі склоподібним ядром). Досліджувалися чинники – консистенція ядра (А), особливості сорту (В), вологість зерна (С) і тривалість лушення (D).

Згідно результатів дисперсійного аналізу (додаток Б.1), вихід крупи з пшениці полби № 1 за використанням зерна сорту Голіковська з борошністим і склоподібним ядром, встановлений істотний вплив консистенції ядра та процесу лушення зерна. Проте, достовірний вплив вологості зерна та взаємодії цих чинників не встановлено.

Аналізуючи рис. 4.1 видно, що зі збільшенням тривалості лушення зерна зменшується вихід крупи з пшениці полби № 1. А також, що вихід зазначеної крупи зменшувався за використанням зерна пшениці полби з борошністим ендоспермом. Очевидно, що сили взаємодії плодових, насінневих оболонки і алейронового шару між собою та швидкість стирання ядра змінюються по-різному, залежно від консистенції ядра.

В результаті проведених досліджень встановлено, що вихід крупи з пшениці полби № 1, за використанням зерна з вологістю 12 % сорту Голіковська (2017 р.) з борошністим ядром, змінювався від 81,0 до 97,5 % (табл. 4.1).

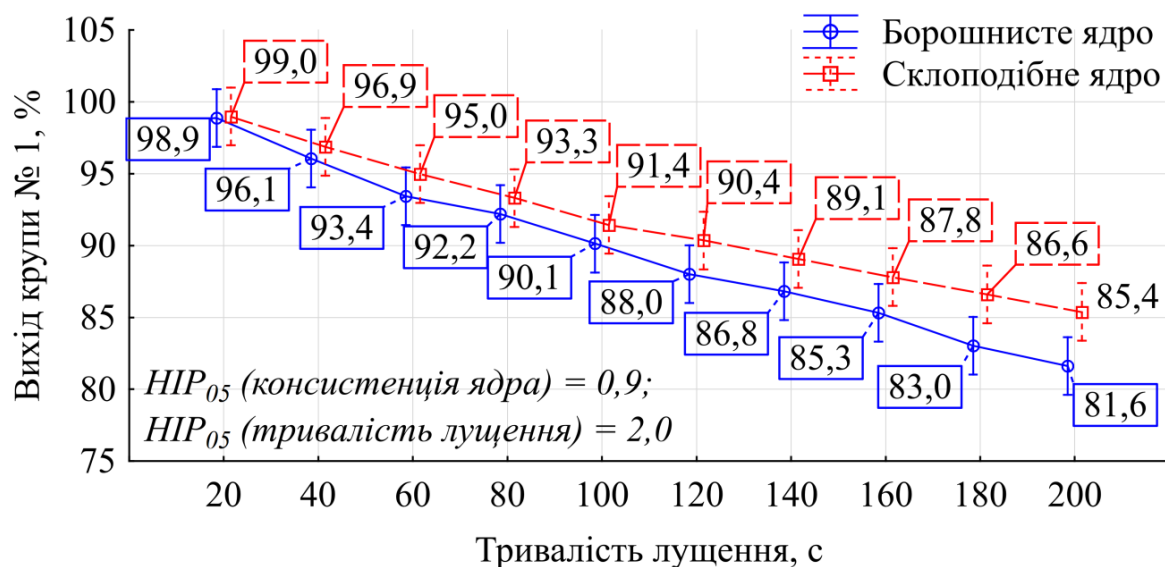


Рис. 4.1. Вихід крупи з пшениці полби № 1 (сорт Голіковська, 2017–2018 рр.) залежно від тривалості лушення і консистенції ядра, %

Зволоження зерна до 13 і 14 % не істотно змінювало вихід крупи – (81,9–99,6 %) у порівнянні з 12-відсотковою вологістю.

Таблиця 4.1

**Вихід крупи з пшениці полби № 1 (сорт Голіковська) залежно від тривалості лушення, %**

Тривалість лушення, с	2017 р. (борошнисте ядро)			2018 р. (склоподібне ядро)		
	Вологість зерна, %			Вологість зерна, %		
	12,0	13,0	14,0	12,0	13,0	14,0
20	97,5	99,5	99,6	99,3	99,3	98,3
40	94,9	96,8	96,4	97,2	97,2	96,3
60	92,4	94,1	93,8	95,2	95,3	94,4
80	90,7	92,6	93,3	93,4	93,8	92,7
100	88,5	91,5	90,4	91,7	92,3	90,4
120	87,4	88,7	88,0	90,3	91,0	89,8
140	85,8	87,4	87,3	88,8	89,7	88,8
160	83,9	86,1	85,9	87,5	88,4	87,5
180	82,7	83,4	83,0	86,1	87,2	86,5
200	81,0	81,9	82,0	85,0	86,1	85,1
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>A</i> (консистенція ядра) – 0,9; <i>C</i> (вологість зерна) – 1,1; <i>D</i> (тривалість лушення) – 2,0; <i>AC</i> – 3,5; <i>AD</i> – 2,9; <i>CD</i> – 1,6; <i>ACD</i> – 4,9					

Було встановлено, що за використання сорту Голіковська (2018 р.) зі склоподібним ядром, вихід крупи з пшениці полби № 1 змінювався від 85,0 до 99,3 % за вологості 12,0 %. Це на 2–5 % більше порівняно з використанням зерна цього ж сорту з борошністим ядром з аналогічною вологістю. Зволоження зерна сорту Голіковська (2018 р.) до 13 % не сприяло істотному (1–2 %) підвищенню виходу крупи з пшениці полби № 1 (89,7–99,3 %) у порівнянні з аналогічними режимами за вологості 12 %. Підвищення вологості зерна до 14 % також істотно не вплинуло на вихід крупи з пшениці полби № 1, який становив від 95,1 до 98,3 %.

За виробництва крупи з пшениці полби № 1 із зерна лінії LP 1152 (2018 р.), спостерігалась аналогічна тенденція як і за використання зерна сорту Голіковська (2018 р.) зі склоподібним ядром. Після опрацювання даних виходу крупи № 1 за використанням зерна зазначених сортів за дисперсійним аналізом, було встановлений істотний вплив лише тривалості лушення зерна. На вихід крупи з пшениці полби № 1 значного впливу особливостей сорту за різних режимів зволоження зерна та взаємодії цих чинників не встановлено.

Оцінюючи вихід крупи з пшениці полби № 1 за використання зерна лінії полби LP 1152, у порівнянні з зерном сорту Голіковська зі склоподібним ядром, істотної різниці не встановлено (рис. 4.2). Так, вихід зазначеної крупи із зерна лінії пшениці полби LP 1152 змінювався від 85,1 до 99,7 % за різної тривалості лушення та вологості зернівок (додаток Б.2).

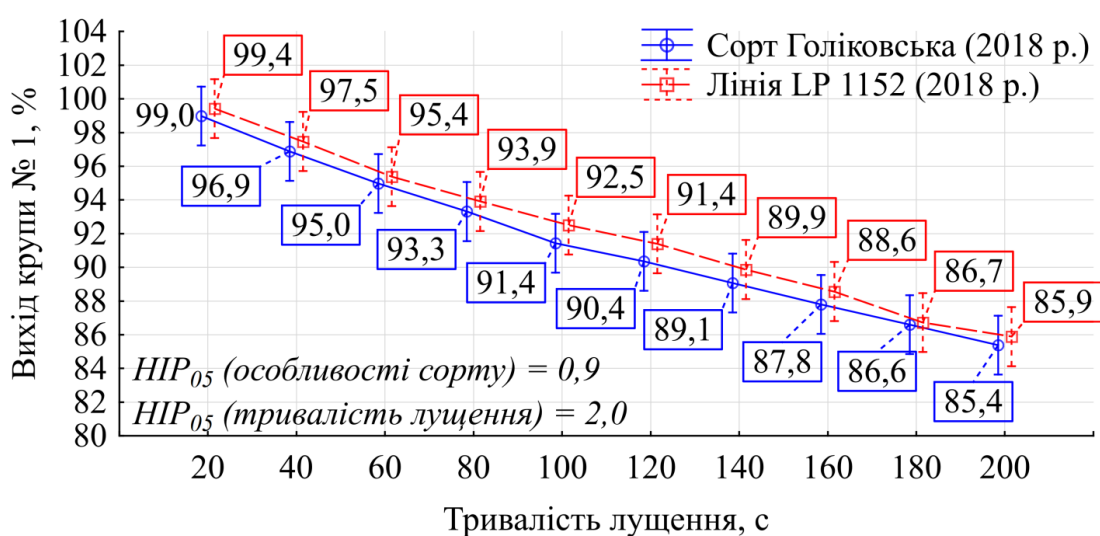


Рис. 4.2 Вихід крупи з пшениці полби № 1 (сорт Голіковська, 2018 р.) та лінія LP 1152 (2018 р.) залежно від тривалості лушення, %

Отже, найбільший вплив на вихід крупи мала тривалість лушення. Зі збільшенням тривалості цього процесу, внаслідок стирання поверхні зернівки, спостерігалось зменшення виходу крупи з пшениці полби № 1.

З'ясовано, що лушення зерна впродовж 20–40 с не викликає істотних змін на поверхні зернівок. Зі збільшенням тривалості лушення з 60 до 200 с спостерігається поступове стирання оболонок і ядра. Зернівки набувають округлої форми, характерної для крупи класичної «Полтавської».

Для оцінювання виходу крупи з пшениці полби № 1, залежно від тривалості відволожування, зерно зволожували від 14,5 до 17,0 % і лушили упродовж 180 с. Згідно з одержаними результатами, вихід зазначеної крупи дещо змінювався за різних режимів ВТО, проте вплив вологості та відволожування був незначний. Так, за даними табл. 4.2 видно, що залежно від вологості та тривалості відволожування вихід крупи з пшениці полби № 1 при використанні зерна сорту Голіковська (2017 р.) з борошністим ядром змінювався від 79,5 до 82,1 %.

Таблиця 4.2

**Вихід крупи з пшениці полби № 1 (сорт Голіковська, 2017 р., борошністе ядро) залежно від режимів ВТО за тривалості лушення 180 с, %**

Вологість зерна, % (A)	Тривалість відволожування, хв (B)			
	30	60	90	120
14,5	82,1±1,7	80,9±1,6	80,9±1,5	79,9±2,0
15,0	82,2±1,5	80,7±2,6	81,9±1,8	81,4±1,9
15,5	81,7±2,3	81,3±1,7	81,9±1,4	80,6±1,5
16,0	80,9±1,6	80,5±1,6	80,1±2,1	80,0±1,7
16,5	80,9±2,1	80,6±1,9	80,3±1,7	80,0±2,0
17,0	80,6±1,2	80,0±1,5	79,7±1,1	79,5±2,1
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A – 2,6; B – 2,1; AB – 5,1</i>			

Найбільший вихід крупи із цього зерна був за вологості 14,5 % з тривалістю відволожування 30 хв і становив 82,1 %. Збільшення вологості до 17,0 %, без зміни тривалості відволожування, зменшувало вихід крупи до 80,6 %, а за вологості 17 % та тривалості відволожування упродовж 120 хв він був найнижчий – 79,5 %.

Подібну тенденцію виходу крупи з пшениці полби № 1 встановлено для зерна сорту Голіковська зі склоподібним ядром. Вихід крупи з такого зерна змінювався від 86,0 до 83,1 % (табл. 4.3). За вологості 14,5 %, з тривалістю відволожування 90 хв, становив 86,0 %, що на 6 % більше порівняно з використанням зерна з борошністим ядром за аналогічних режимів. Зволожування зерна до 17,0 % і відволожуванні впродовж 60 і 90 хв давало найменший вихід крупи – 83,1 %.

Таблиця 4.3

**Вихід крупи з пшениці полби № 1 (сорт Голіковська, 2018 р., склоподібне ядро) залежно від режимів ВТО за тривалості луцення 180 с, %**

Вологість зерна, % (A)	Тривалість відволожування, хв (B)			
	30	60	90	120
14,5	85,2±2,4	85,0±2,5	86,0±1,7	85,2±1,4
15,0	84,7±3,2	84,5±2,6	85,3±0,8	84,9±2,1
15,5	84,2±3,0	84,0±2,1	84,7±1,8	84,0±1,3
16,0	84,8±2,8	84,8±1,3	84,8±2,2	84,3±2,5
16,5	83,9±2,3	83,8±2,0	83,5±0,8	83,7±1,3
17,0	83,2±1,1	83,1±2,4	83,1±1,0	83,2±1,6
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A – 2,6; B – 2,1; AB – 5,1</i>			

Тенденція виходу крупи з пшениці полби № 1 за використання зерна лінії LP 1152 (додаток. Б.3) була подібною до зерна сорту Голіковська зі склоподібним ядром. Так, вихід цієї крупи змінювався від 88,7 до 84,0 %.

Вплив параметрів луцення та водотеплового оброблення на вихід мучки кормової були обернено пропорційними виходу крупи з пшениці полби № 1.

Комплексно оцінивши усі технологічні прийоми та режими було встановлено, що найбільший вплив на вихід крупи з пшениці полби № 1 мала тривалість луцення зерна (рис. 4.3). Консистенція ядра й особливості сорту істотно та достовірно впливали на вихід цієї крупи, але значно менше – відповідно у 2,5 і 12 разів. Зволожування і відволожування зерна не мали достовірного впливу на ефективність виробництва крупи.

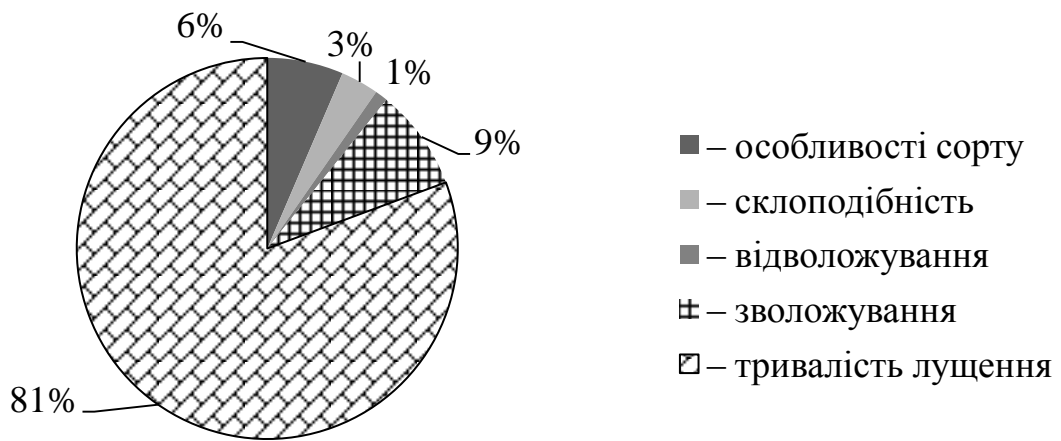


Рис. 4.3 Частка впливу режимів ВТО, лушення, консистенції та особливості сорту зерна на вихід крупи з пшениці полби № 1

Оскільки на вихід крупи з пшениці полби № 1 найбільше впливали тривалість лушення, консистенція та вологість, тому процеси одержання цієї крупи можна описати за допомогою моделей, ігноруючи тривалість відволожування:

$$M_6 = -77,7757 - 0,0802x + 26,5044y + 0,0001x^2 - 0,003xy - 0,9783y^2, \% \quad (4.1)$$

$$M_c = -26,1517 - 0,1611x + 20,3267y + 0,0002x^2 + 0,0041xy - 0,8083y^2, \% \quad (4.2)$$

де  $M_6$  – вихід крупи із борошністого зерна (сорт Голіковська) %

$M_c$  – вихід крупи зі склоподібного зерна (сорт Голіковська) %

$x$  – тривалість лушення с;

$y$  – вологість зерна %.

Залежності 4.1 і 4.2 можна зобразити графічно за допомоги площин відгуку (рис. 4.4).

Крупу оцінюють за смаком, кольором, вологістю, вмістом домішок, вирівняністю за крупністю, вмістом і доброякісністю ядра та нелущених зерен. Для певних видів круп додатково визначають вміст золи, зародку та кислотність. Проте, найкраща характеристика смакових властивостей продукту – органолептична оцінка, а у випадку крупи – кулінарна [253].

Кулінарна оцінка крупи включала оцінювання органолептичних (колір, консистенція) і смакових показників каші (смак, запах, консистенція каші під час розжовування). Також визначили тривалість варіння крупи та коефіцієнт

розварювання.

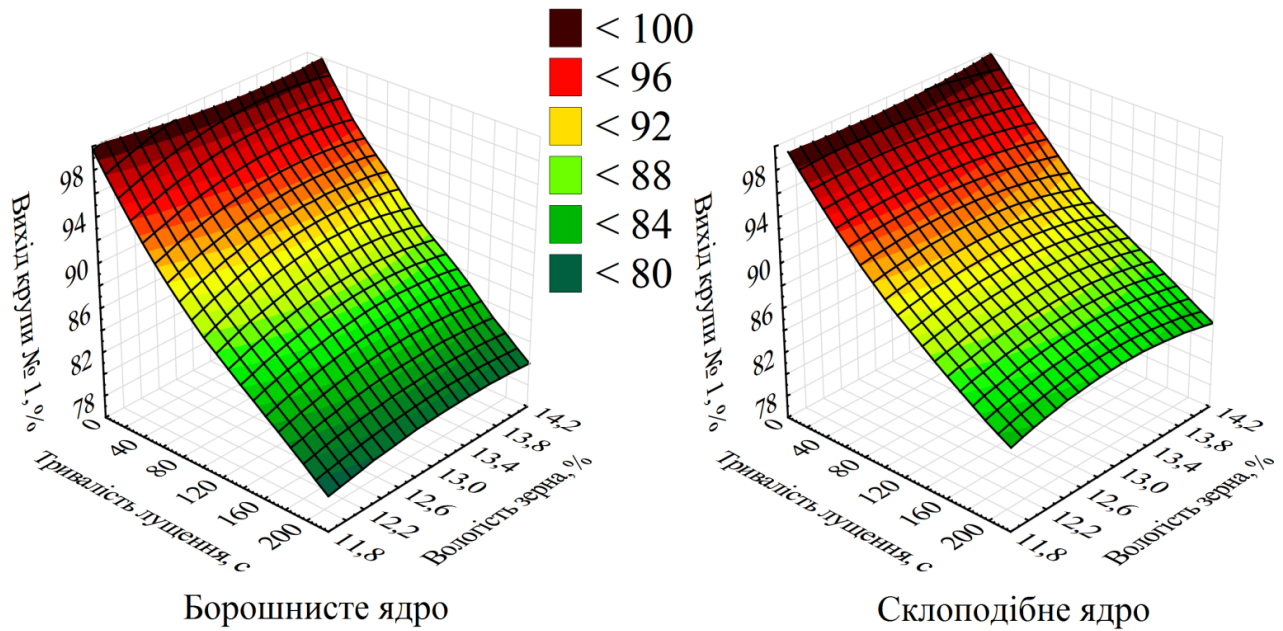


Рис. 4.4 Вихід крупи з пшениці полби № 1 залежно від вологості, тривалості лушення і консистенції ядра (сорт Голіковська, 2017–2018 рр.), %

Так, було встановлено, що кулінарна оцінка каші з крупи з пшениці полби № 1 залежала від тривалості лушення зерна, консистенції ядра й особливостей сорту. Режими ВТО зерна не впливали на кулінарну оцінку крупи і тривалість її варіння.

Результати проведених досліджень (рис. 4.5) вказують, що тривалість варіння крупи з пшениці полби № 1 значно змінювалась залежно від тривалості лушення. Менш істотно впливали ( $p < 0,05$ ) особливості сорту і консистенція ядра. Час приготування крупи із зерна лінії LP 1152 (2017 р.) на 1–8 хв був тривалішим порівняно з сортом Голіковська (2018 р.). Це зумовлено її більшими лінійними розмірами.

Крупа одержана з борошністого ядра сорту Голіковська (2017 р.) найшвидше варилася, порівняно з крупою зерна цього сорту зі склоподібним ядром. Склоподібне ядро має більшу адгезією білково-крохмального комплексу порівняно з борошністим ядром, що гальмує проникнення води в ядро.

Найменша тривалість варіння крупи з пшениці полби № 1 була за найбільшої тривалості лушення (180–200 с) – 33–20 хв. Найдовше варилась крупа після короткотривалого лушення (20–40 с) – 37–49 хв. Очевидно, оболонки зерна



затримували проникнення вологи в ядро під час варіння.

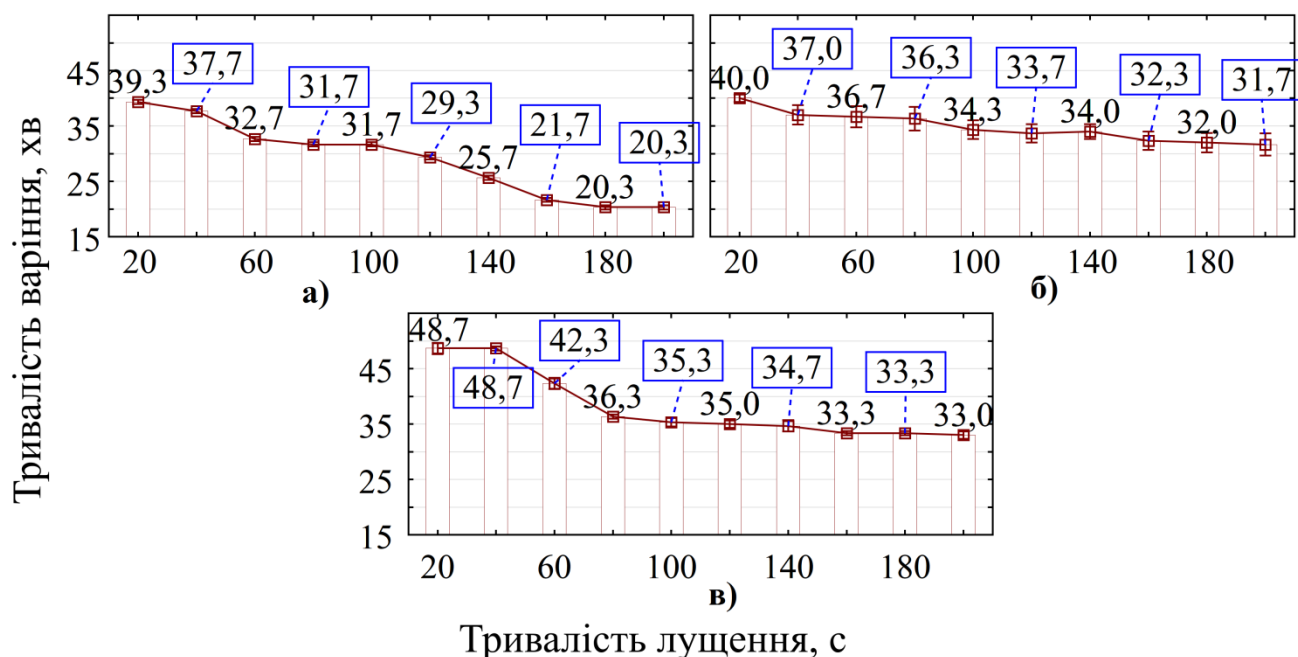


Рис. 4.5 Тривалість варіння каші з крупи з пшениці полби № 1, хв:  
 а) сорт Голіковська (борошністе ядро, 2017 р.); б) сорт Голіковська (склоподібне ядро, 2018 р.); в) лінія LP 1152 (склоподібне ядро, 2017 р.)

Встановлено [5, 306], що коефіцієнт розварювання залежить від вмісту і якості клейковини, консистенції та структури зерна. Для пшениці полби коефіцієнт розварювання за об'ємом становить 2,8–3,0 [5]. Ці значення можна порівняти з гречаною, вівсяною крупою і рисом.

Було встановлено (рис. 4.6), що зі збільшенням тривалості луццання, коефіцієнт розварювання істотно збільшувався та залежав від особливостей сорту і консистенції зерна. Коефіцієнт розварювання за тривалості луццання зерна 20 с – становив 2,2–2,8, а впродовж 200 с – 3,0–3,3.

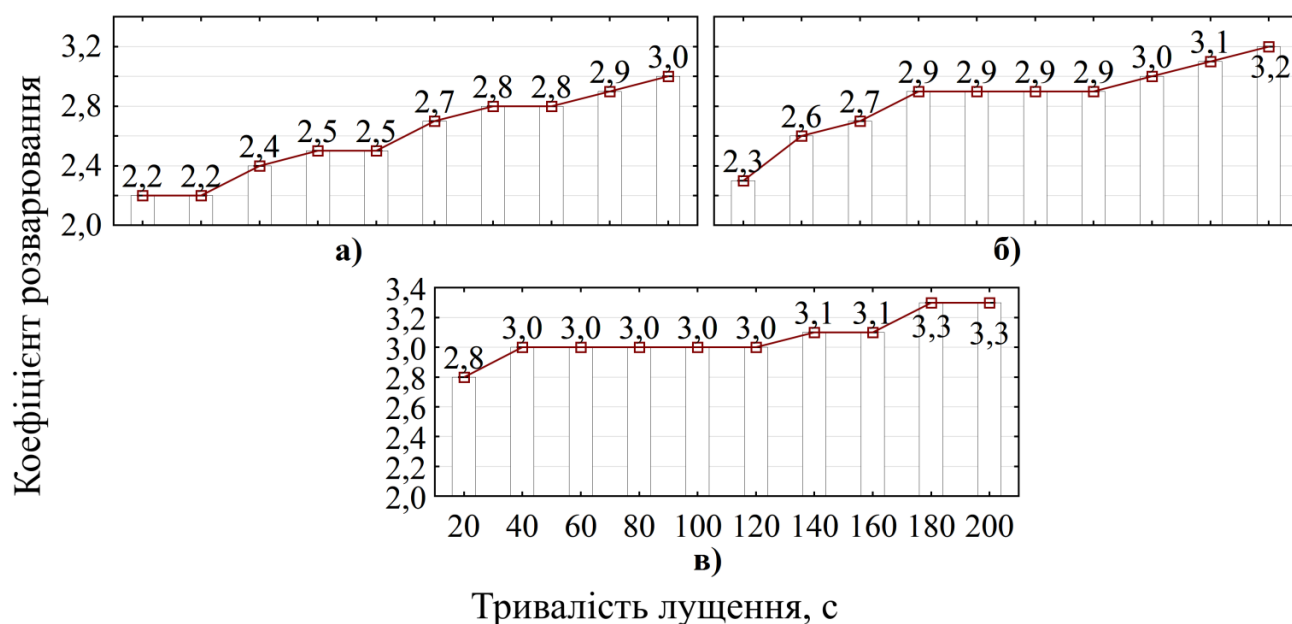


Рис. 4.6 Коефіцієнт розварювання крупи з пшениці полби № 1:

а) сорт Голіковська (борошнисте ядро, 2017 р.); б) сорт Голіковська (склоподібне ядро, 2018 р.); в) лінія LP 1152 (склоподібне ядро, 2017 р.)

Очевидно, оболонки зерна стримували збільшення об'єму ендосперму. І навпаки, за посиленого процесу лушення їх кількість зменшувалась і крупки без супротиву збільшувалися в об'ємі. Підвищений вміст білка, що характерно для склоподібного зерна, сприяв підвищенню коефіцієнта розварювання крупи.

Запах і смак каші з крупи з пшениці полби № 1 залежали від консистенції ядра (табл. 4.4). Виражений запах (7 балів) і смак (7 балів) був характерний за використання зерна з борошнистим ендоспермом.

Каша, одержана зі склоподібного зерна, мала сильно виражений запах і смак (8,3 балів), проте консистенція каші з крупи пшениці полби № 1 не залежала від консистенції ядра та тривалості лушення і була розсипчастою (9 балів).

На колір найбільш істотно впливала тривалість лушення. При цьому, вплив консистенції ядра на цей показник був неістотним. Колір каші із зерна пшениці полби сорту Голіковська змінювався від коричневого забарвлення (за тривалості лушення зерна 20 с), кремового зі світло-коричневим відтінком (40–60 с), темно-кремового (80–120 с) до світло-кремового (за тривалості лушення зерна 140–200 с).

Органолептична оцінка каші з крупи з пшениці полби № 1, одержаної із зерна

лінії LP 1152 (2017 р., склоподібне ядро) (додаток Б.4) змінювалася подібно з використанням зерна сорту Голіковська з склоподібним ядром.

Встановлено [253], що консистенція каші під час розжовування є важливим чинник, що впливає на вибір споживача. Визначено (рис. 4.7), що консистенція каші під час розжовування істотно залежала лише від тривалості лушення зерна ( $p < 0,05$ ). Особливості сорту, консистенція ядра, зволоження і відволоження істотно ( $p > 0,05$ ) не впливали на значення цього показника.

Таблиця 4.4

**Органолептична оцінка каші з крупи пшениці полби № 1  
(сорт Голіковська), бал**

Тривалість лушення, с	Борошнисте ядро, 2017 р.				Склоподібне ядро, 2018 р.			
	Запах, бал	Колір, бал	Смак, бал	Консистенція, бал	Запах, бал	Колір, бал	Смак, бал	Консистенція, бал
20	7	4,3	7,7	9	8,3	3,0	8,3	9
40	7	4,3	7,7	9	8,3	4,3	8,3	9
60	7	5,7	7,7	9	8,3	5,3	8,3	9
80	7	5,7	7,7	9	8,3	6,3	8,3	9
100	7	6,3	7,7	9	8,3	7,0	8,3	9
120	7	7	7,7	9	8,3	7,0	8,3	9
140	7	7,7	7,7	9	8,3	7,7	8,3	9
160	7	8,3	7,7	9	8,3	8,3	8,3	9
180	7	8,3	7,7	9	8,3	8,3	8,3	9
200	7	8,3	7,7	9	8,3	8,3	8,3	9

Середнє значення показника консистенції каші під час розжовування крупи з пшениці полби № 1 варіювало від 3,7 до 9 балів, залежно від тривалості лушення. Добре розжовувалась, дуже ніжна, без хрусту каша (8,3–9,0 балів) з крупи за тривалості лушення зерна 120–200 с. Проте, за 60–100 с – каша добре розжовувалася, без хрусту (6,3–7 балів). Консистенція каші з крупи за лушення зерна впродовж 20–40 с була грудкуватою зі слабким хрустом (3,7–5 балів).

Вважається [107], що загальна кулінарна оцінка (ЗКО) каші зі значенням 8,0–9,0 бала – дуже висока, 6,6–7,9 – висока, 5,4–6,5 – середня, 4,0–5,3 – низька, < 4,0 бала – дуже низька.

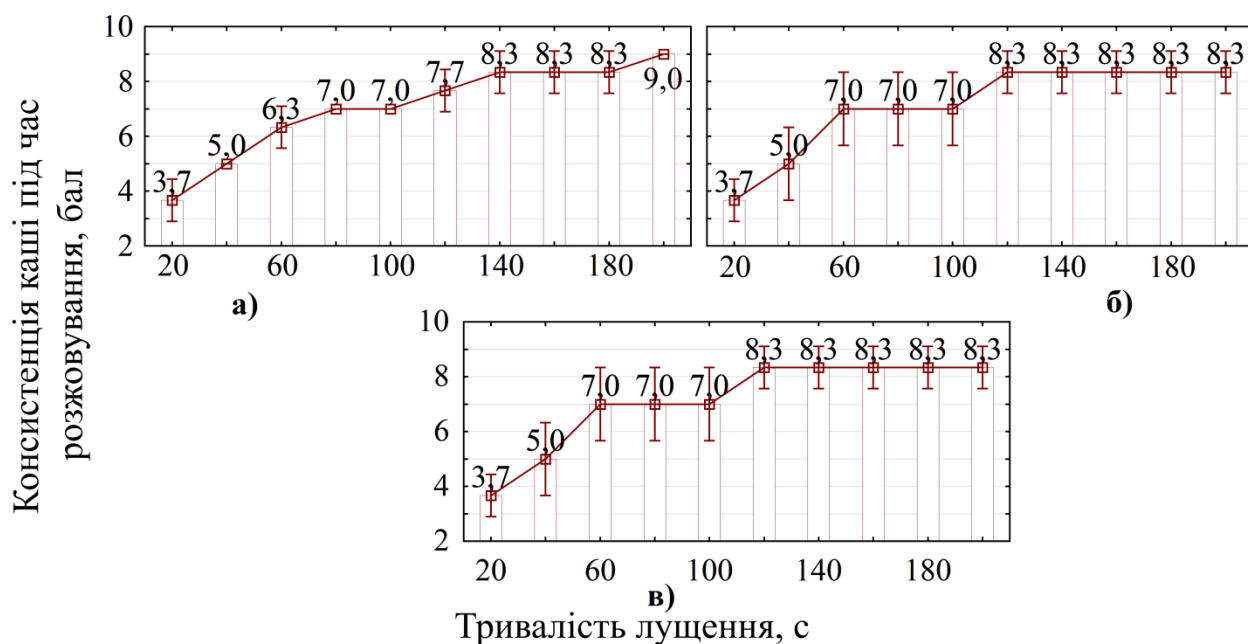


Рис. 4.7 Консистенція каші з крупи пшениці полби № 1 під час розжовування, бал  
 а) сорт Голіковська (борошнисте ядро, 2017 р.); б) сорт Голіковська (склоподібне ядро, 2018 р.); в) лінія LP 1152 (склоподібне ядро, 2017 р.)

Встановлено (рис. 4.8), що загальна кулінарна оцінка (ЗКО) крупи із зерна лінії LP1152 (2018 р.) перевищувала таку із зерна сорту Голіковська (2018 р.). Крупа зі склоподібного ядра (сорт Голіковська, 2018 р.) мала вищу ЗКО порівняно з варіантом використання зерна того ж сорту з борошнистим ядром.

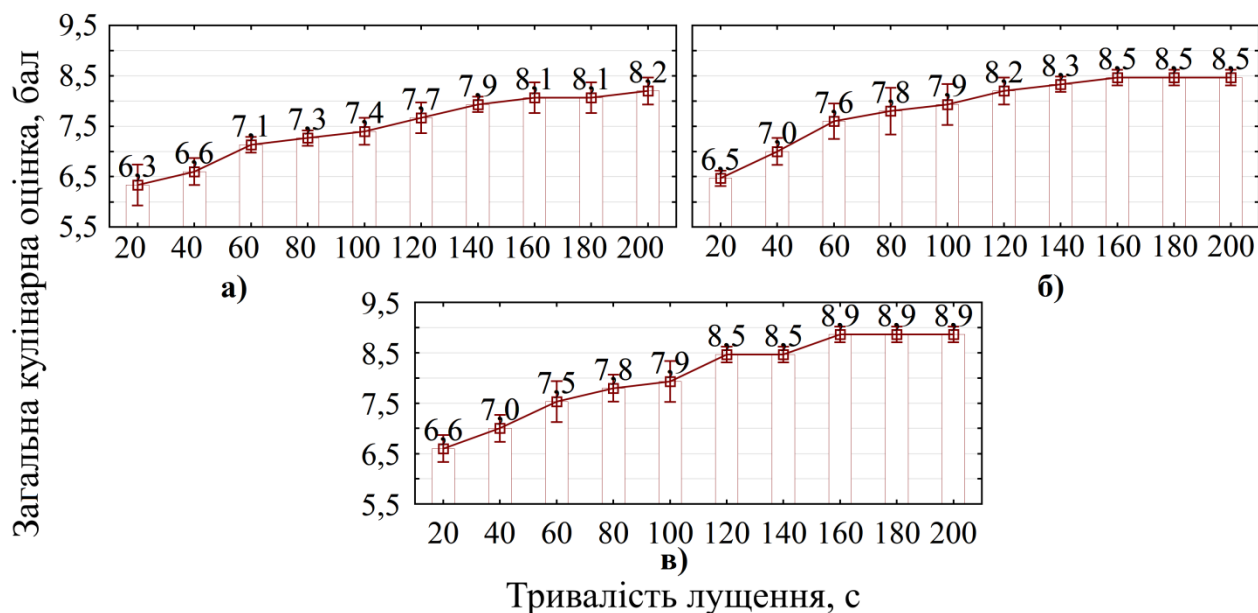


Рис. 4.8 Загальна кулінарна оцінка крупи з пшениці полби № 1 залежно від тривалості лушення, бал  
 а) сорт Голіковська (борошнисте ядро, 2017 р.); б) сорт Голіковська (склоподібне ядро, 2018 р.); в) лінія LP 1152 (склоподібне ядро, 2017 р.)

Дуже високу загальну кулінарну оцінку мала крупа за тривалості лущення 120–200 с (склоподібний ендосперм) і 160–200 с (борошнистий ендосперм). Середнє значення ЗКО мала крупа після лущення протягом 20 с. За решти варіантів оцінка відповідала високій якості.

Комплексно оцінивши усі технологічні прийоми та режими, було встановлено (рис. 4.9), що загальна кулінарна оцінка крупи з пшениці полби № 1 найістотніше залежала від тривалості лущення.

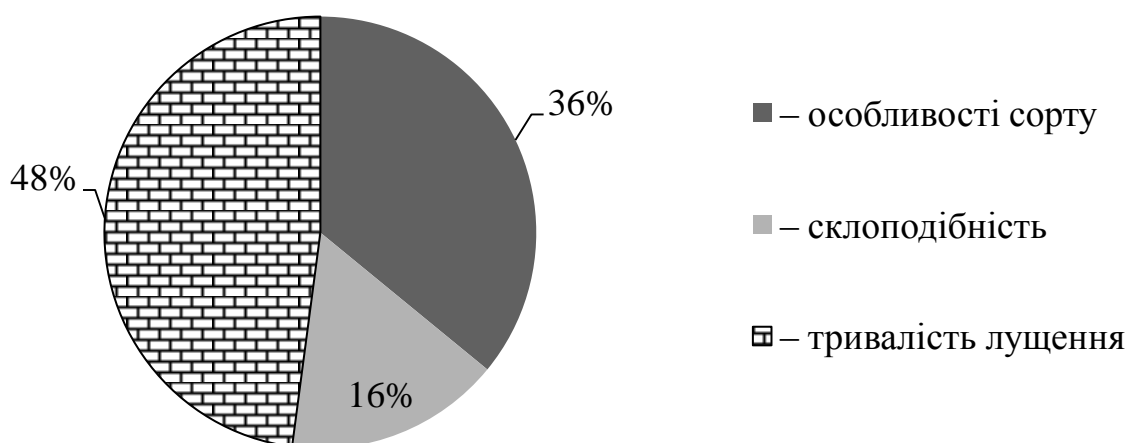


Рис. 4.9 Частка впливу тривалості лущення, консистенції ядра та особливості сорту зерна на органолептичну оцінку каші

Особливості сорту та консистенція ядра мали меншу силу впливу ( $p < 0,05$ ). Зміна режимів ВТО не впливали на кулінарну якість крупи з пшениці полби № 1.

Одержані нами результати узгоджуються із висновками інших учених [37, 108], які зазначають, що підвищення вмісту білка і склоподібності зерна пшениці покращують запах і смак готового продукту. Також встановлено [36, 42, 146], що на запах, колір і консистенцію під час розжовування значно впливає вміст оболонки.

Між виходом крупи з пшениці полби № 1 і тривалістю лущення встановлено (додаток Б.5) обернений тісний кореляційний зв'язок ( $r = -0,85 \pm 0,01$ ), а між загальною кулінарною оцінкою і тривалістю лущення – прямий тісний зв'язок ( $r = 0,81 \pm 0,01$ ), що описуються такими рівняннями регресії:

$$y = 99,8647 - 0,0802x; \quad (4.3)$$

$$k = 99,8647 - 0,0802x; \quad (4.4)$$

де  $y$  – вихід крупи (%);

$x$  – тривалість лушення (с);

$k$  – загальна кулінарна оцінка (бал).

Поліноміальні криві відповідних залежностей перетинаються в точці, що відповідає тривалості лушення 110 с. Напевно, що оптимальним для зерна пшениці полби є тривалість лушення 100–120 с. Це відповідає високій загальній кулінарній оцінці (7,4–8,5 бал) і виходу крупи № 1 на рівні 88,7–92,9 % залежно від сорту та консистенції ядра.

Отже, можна зробити висновок, що найбільший вплив на вихід крупи має тривалість лушення, менше, проте також істотно – консистенція ендосперму. Використання склоподібного зерна забезпечувало вищий вихід цілої крупи № 1. Вплив початкової вологості зерна перед лушенням був незначним. Під час лушення зерна впродовж 20–180 с найбільший вихід крупи за початкової вологості (12 %) для склоподібного зерна – 99,6 %, для борошністого – 98,2 %. Зволоження зерна пшениці полби до 14,5–17,0 % з подальшим відволоженням упродовж 30–120 хв істотно не змінювало вихід крупи.

Враховуючи всі показники, що впливають на вихід крупи із зерна пшениці полби № 1 та її органолептичну оцінку, можна зробити висновок, що для забезпечення конкурентоспроможності нового круп'яного продукту доцільно лущити склоподібне зерно пшениці полби за вологості 12,0–13,0 %. Тривалість лушення такого зерна повинна становити 40–120 с (вихід крупи 92–97 %) – для отримання продукту з високими показниками якості та 120–140 с (вихід крупи 86–90 %) – з дуже високими. Внаслідок лушення зерна пшениці полби ЗКО отриманих продуктів була високою, тому шліфування проводити недоцільно.

Вітаміни нерівномірно розподілені в зернівці пшениці [88]. Так, істотна кількість вітаміну Е знаходиться в зародку зерна, а каротину – в алейроновому шарі [186]. Тканини ендосперму пшениці містять незначну кількість вітамінів, зокрема, А, В і Е. Встановлено [278], що вміст вітамінів у борошні вищого сорту значно

менший порівняно з іншими сортами. Тому вивчення впливу проведення на вміст вітамінів у крупі пшениці полби № 1 є актуальним.

Так, результати дослідження свідчать (табл. 4.5), що зі збільшенням тривалості лушення (20–200 с) зерна пшениці полби вміст вітаміну В<sub>7</sub> зменшувався у 1,4 рази від 0,11 до 0,008 мг/100 г, вітамінів В<sub>6</sub> і В<sub>9</sub> у 1,2–1,3 рази – відповідно з 0,29–0,37 до 0,057–0,068 мг/100 г. Натомість, кількісний склад вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub> і пігментів (лютеїн + зеаксантин) змінювався не істотно.

Таблиця 4.5

**Вміст водорозчинних вітамінів і пігментів у крупі з пшениці полби № 1 (сорт Голіковська, 2018 р.) залежно від тривалості лушення, мг/100 г**

Тривалість лушення, с	Вміст вітаміну								Лютеїн + зеаксантин
	В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>3</sub>	В <sub>4</sub>	В <sub>5</sub>	В <sub>6</sub>	В <sub>7</sub>	В <sub>9</sub>	
20	0,38	0,10	6,81	95,8	1,09	0,37	0,011	0,068	0,166
40	0,38	0,11	6,81	95,8	1,09	0,37	0,011	0,066	0,166
60	0,38	0,11	6,81	95,8	1,10	0,36	0,010	0,066	0,168
80	0,39	0,11	6,81	95,5	1,10	0,36	0,010	0,061	0,170
100	0,39	0,12	6,80	95,6	1,10	0,35	0,009	0,059	0,169
120	0,39	0,11	6,80	95,4	1,11	0,35	0,009	0,057	0,168
140	0,38	0,11	6,80	95,4	1,08	0,35	0,009	0,057	0,165
160	0,38	0,11	6,80	95,4	1,08	0,34	0,009	0,058	0,164
180	0,38	0,10	6,80	95,3	1,08	0,33	0,009	0,057	0,161
200	0,38	0,11	6,78	95,0	1,07	0,29	0,008	0,057	0,161

Було встановлено (табл. 4.6), що вміст вітаміну К<sub>1</sub> у крупі з пшениці полби № 1 (сорт Голіковська, 2018 р.) істотно змінювався – від 4,6 до  $3,8 \times 10^{-3}$  мг/100 г залежно від тривалості лушення зерна. Вміст β-каротину, β- і γ-токоферолу були більш стабільними – відповідно 0,002–0,003, 0,21–0,23 і 1,67–1,71 мг/100 г.

Комплексно оцінивши динаміку зміни вмісту вітамінів у процесі лушення зерна пшениці полби сорту Голіковська (2018 р.), було встановлено їх рівномірний розподіл у зернівці, оскільки, в цілому, їх вміст змінювався неістотно.

Таблиця 4.6

**Вміст жиророзчинних вітамінів у крупі з пшениці полби № 1 (сорт Голіковська, 2018 р.) залежно від тривалості лушення, мг/100 г**

Тривалість лушення, с	Вміст провітамінів			
	$K_1$	$\beta$ -каротину	$\beta$ -токоферолу	$\gamma$ -токоферолу
20	$4,6 \times 10^{-3}$	0,003	0,21	1,71
40	$4,5 \times 10^{-3}$	0,003	0,21	1,68
60	$4,5 \times 10^{-3}$	0,003	0,22	1,69
80	$4,4 \times 10^{-3}$	0,003	0,21	1,68
100	$4,3 \times 10^{-3}$	0,003	0,22	1,69
120	$4,2 \times 10^{-3}$	0,003	0,21	1,68
140	$4,2 \times 10^{-3}$	0,003	0,23	1,67
160	$4,1 \times 10^{-3}$	0,003	0,22	1,68
180	$4,1 \times 10^{-3}$	0,002	0,21	1,67
200	$3,8 \times 10^{-3}$	0,002	0,22	1,68

**Виробництво крупі з пшениці полби подрібненої № 1, 2 і 3.** Для виробництва круп подрібнених з пшениці полби використовували нелущене та лущене зерно (круп з пшениці полби № 1) зі склоподібним ядром. Тривалість лушення зерна становила 40, 80, 120, 160 с, що в середньому відповідало індексу лушення (ІЛ) зерна відповідно 3, 6, 9 і 11 %.

Встановлено, що залежно від індексу лушення, загальний вихід круп подрібнених з пшениці полби лінії LP 1152 істотно змінювався від 86,0 до 83,6 % ( $HIP_{05} - 1,4$ ) (табл. 4.7), а із сорту Голіковська – від 77,5 до 76,0 % ( $HIP_{05} - 1,1$ ) (табл. 4.8).

Таблиця 4.7

**Вихід крупі подрібненої залежно від індексу лушення зерна пшениці полби лінії LP 1152 (2018 р.), %**

Продукт		Нелущене зерно	Лущене зерно (круп № 1)				$HIP_{05}$
			Індекс лушення зерна, %				
		0	3	6	9	11	
Круп подрібнена, №	1	9,3±0,3	9,0±0,3	7,7±0,3	6,3±0	6,0±0,3	0,5
	2	54,5±0,6	54,0±1,5	52,2±1,2	51,6±1,1	50,4±0,4	2,1
	3	22,2±0,9	22,0±0,7	24,7±1,1	26,2±0,9	27,2±0,7	1,8
Загальний вихід		86,0±0,3	85,0±1,3	84,6±0,8	84,1±0,3	83,6±0,3	1,4
Мучка кормова		9,0±0,3	10,2±1,2	10,2±0,6	11,1±0,4	11,5±0,6	1,2
Відходи I і II категорії		4,2±0,1	4,0±0,1	4,3±0,2	4,0±0,2	4,1±0,4	0,4
Механічні втрати		0,8±0	0,8±0	0,9±0,1	0,8±0,2	0,8±0,1	0,1



Таблиця 4.8

**Вихід крупи подрібненої залежно від індексу лушення зерна пшениці  
полби сорту Голіковська (2018 р.), %**

Продукт		Нелущене зерно	Лущене зерно (крупа № 1)				НІР <sub>05</sub>
			Індекс лушення зерна, %				
		0	3	6	9	11	
Крупа подрібнена, №	1	7,5±0,3	6,6±0,2	6±0,2	5,0±0,3	3,5±0,2	0,4
	2	48,9±0,5	45,6±1,2	43,7±0,4	40,9±0,9	40,5±0,8	1,4
	3	21,1±0,9	24,9±1,0	27,2±0,9	30,5±0,7	32,0±0,9	1,7
Загальний вихід		77,5±0,3	77,1±0,5	76,9±0,7	76,4±0,7	76,0±0,4	1,1
Мучка кормова		16,0±0,3	16,6±0,5	17,3±1,4	17,7±1,4	18,0±0,4	1,5
Відходи I і II категорії		5,5±0,1	5,3±0,1	5,0±0,7	5,0±0,7	5,1±0,2	0,6
Механічні втрати		1±0,1	0,9±0,1	0,8±0,2	0,9±0,2	0,9±0,1	0,2

Слід зазначити, що порівняно із зерном лінії LP 1152, сила впливу процесу лушення зерна більшою була за використання зерна пшениці полби сорту Голіковська.

Проведення лушення зерна призводило до зменшення загального виходу круп подрібнених, у тому числі, виходу крупи подрібненої з пшениці полби № 1 і 2. Зниження виходу подрібнених круп (№ 1 і 2) супроводжувалося підвищенням виходу крупи подрібненої з пшениці полби № 3 і мучки. Зв'язку між механічними втратами, відходами I і II категорії та застосуванням зерна з різним індексом лушення не встановлено. При цьому, ЗКО істотно відрізнялася між різними номерами круп і змінювалась залежно від індексу лушення зерна і особливостей сорту чи лінії (рис. 4.10).

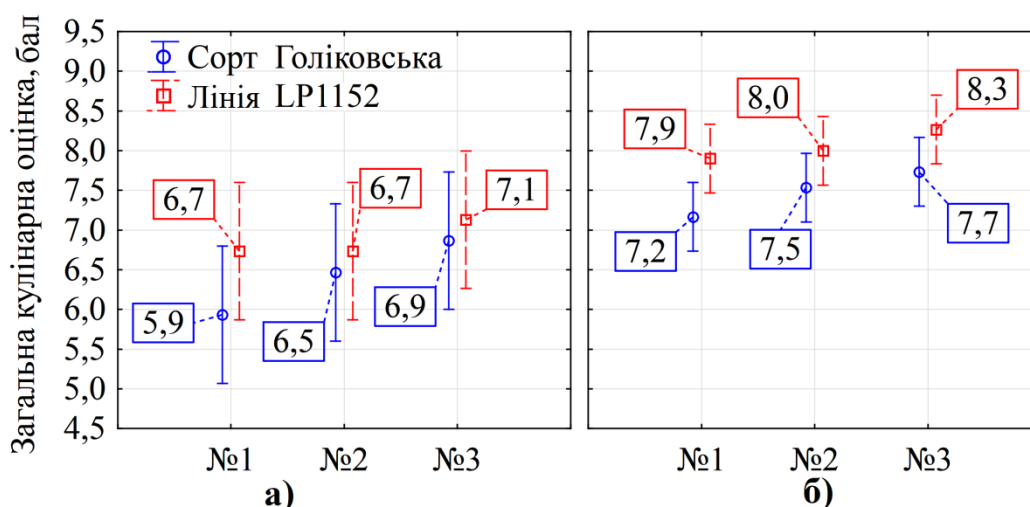


Рис. 4.10 Залежність між загальною кулінарною оцінкою крупи з пшениці полби подрібненої № 1, 2 і 3, особливостями сорту та лушення зерна:

а) нелущене зерно; б) лущене зерно

Кулінарна оцінка круп подрібнених з пшениці полби № 1, 2 і 3, що одержані з нелущеного та лущеного зерна з індексом лущення в 11 % наведена в табл. 4.9 і 4.10. Кулінарна оцінка круп інших варіантів дослідження наведена в додатках (додаток В.2, В.3).

Таблиця 4.9

**Кулінарна оцінка крупи подрібненої з пшениці полби № 1, 2 і 3 одержаних із нелущеного зерна**

Показник	Сорт Голіковська (2018 р.)			Лінія LP1152 (2018 р.)		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3
Тривалість варіння, хв	26,3	22,0	11,7	26,0	22,7	11,7
Коефіцієнт розварювання	3,7	3,8	3,6	3,7	3,8	3,7
Запах, бал	8,3	8,3	9,0	8,3	8,3	8,3
Колір, бал	3,0	4,3	5,0	4,3	4,3	5,0
Смак, бал	8,3	8,3	8,3	9,0	9,0	9,0
Консистенція, бал	7,7	7,7	7,0	9,0	9,0	9,0
Консистенція під час розжовування, бал	2,3	3,7	5,0	3,0	3,0	4,3
Загальна кулінарна оцінка, бал	5,9	6,5	6,9	6,7	6,7	7,1

Показники тривалості варіння круп і коефіцієнт розварювання істотно ( $p < 0,05$ ) змінювалися від стану зерна за проведення лущення та відрізнялися залежно від номера крупи. Сортіві особливості істотно не впливали на ці показники. Оболонки зернівки не лише уповільнювали проникненню вологи у товщу ядра, а й стримували його набубнявіння.

Таблиця 4.13

**Кулінарна оцінка крупи подрібненої з пшениці полби № 1, 2 і 3 одержаних із крупи № 1 (індекс лущення – 11 %)**

Показник	Сорт Голіковська (2018 р.)			Лінія LP1152 (2018 р.)		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 1	№ 2	№ 3
Тривалість варіння, хв	20,3	17,0	10,3	20,3	16,7	10,0
Коефіцієнт розварювання	4,4	4,3	4,1	4,4	4,3	4,1
Запах, бал	9,0	9,0	9,0	8,3	8,3	8,3
Колір, бал	8,3	8,3	8,3	9,0	9,0	9,0
Смак, бал	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Консистенція, бал	8,3	7,7	7,0	9,0	9,0	9,0
Консистенція під час розжовування, бал	7,7	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Загальна кулінарна оцінка, бал	8,5	8,6	8,5	8,9	8,9	8,9

Отже, для отримання подрібненої крупи із пшениці полби з високою кулінарною оцінкою необхідно використовувати крупу № 1 з індексом лущення 3–6 %, а для подрібненої крупи з дуже високою оцінкою – 9–11 %. Оскільки загальна органолептична оцінка отриманих продуктів висока, процес шліфування круп проводити недоцільно.

#### **4.2 Розробка технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби**

Враховуючи те, що зерно пшениці полби за геометричними і технологічними властивостями подібне до пшениці м'якої, його технологію переробки здійснювали на основі технології виробництва круп із пшениці м'якої згідно «Правил...» [159]. При цьому його очищення здійснювали на обладнанні придатному для пшениці м'якої, без додаткового налаштування.

Для виробництва крупи із пшениці полби № 1 та круп подрібнених № 1, № 2, № 3 зерно із бункерів для неочищеного зерна зважується вагами періодичної дії (1) (рис. 4.11). Для забезпечення рівномірної подачі зерна в обладнання використовують оперативний бункер (2).

Очищення зерна пшениці полби від домішок здійснювали із використанням традиційного зерноочищувального обладнання: скальператора (3), ситоповітряного сепаратора (4), каменевідбірної машини (5) і трієрів (6 і 7). Після цього зерно обробляли за встановлених оптимальних режимів, а саме – зволоження у зволожувальній машині (8) на 1–2 % та відволоження в бункерах (9) упродовж 30 хв.

Традиційні машини для лущення і шліфування зерна (оббивальні машини з абразивною поверхнею, Р6-БГО-6, А1–ЗШН) було замінено на машині типу «Каскад» (11). Це обладнання характеризується високою ефективністю роботи [17, 18]. Лущення зерна проводити до одержання індексу лущення – 7–11 %. Після кожної системи проводили сепарування отриманого продукту через дуаспіратор (12). Перед машинами ударно-стиральної дії встановлювали магнітні сепаратори (10).

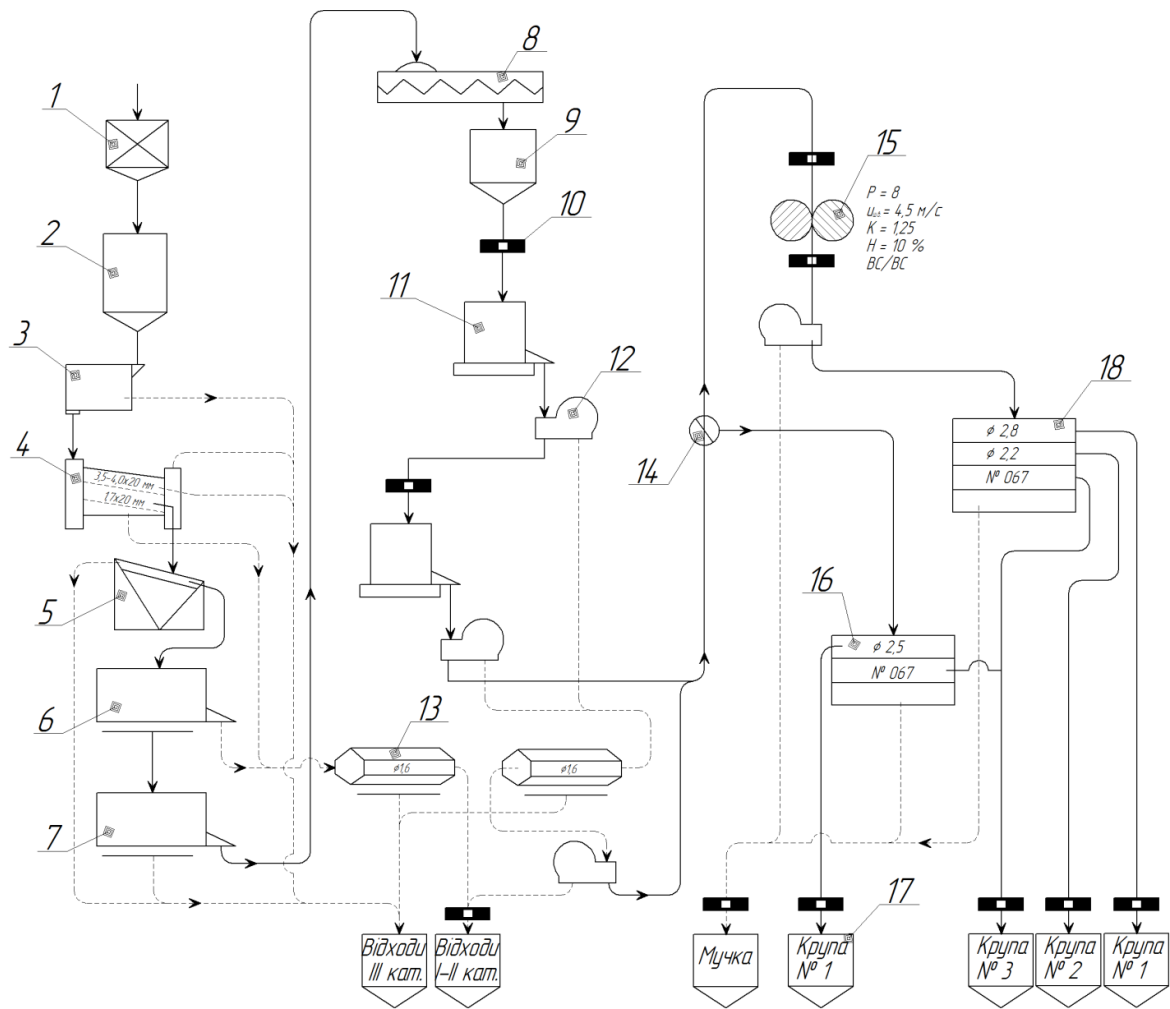


Рис. 4.11 Рекомендована технологічна схема виробництва круп з пшениці полби № 1 та подрібнених № 1, 2 і 3

Для отримання крупи з пшениці полби № 1 круп'яний продукт, одержаний після повторного лушення, сепарували на розсійнику (17).

Для виробництва крупи подрібненої, крупу № 1 дробили на вальцьовому верстаті (15), очищали на дуаспіраторі та спрямовували на розсійник (18). У розсійнику подрібнену суміш розділяли за розміром на відповідні номери № 1, № 2 і № 3.

Готові крупи додатково сепарували магнітними сепараторами. Відходи контролювали сепаруванням у буратах (13). Розроблена схема призначена для зерна пшениці полби, яке звільнене від плівок (квіткових і колоскових).

#### **Висновки до розділу 4.**

1. Вихід крупи з пшениці полби № 1 істотно залежить від тривалості луцення, особливостей сорту та режимів ВТО. Найвищий вихід крупи з пшениці полби № 1 (від 97,5 до 99,6 %) відбувається за луцення зерна впродовж 20 с, зменшуючись до 81–86,1 % за луцення впродовж 200 с. Оптимальним режимом оброблення зерна пшениці полби є зволоження (за необхідністю) до вологості 13 % та відволоження впродовж 30 хв, тривалість луцення 100–120 с. За цих режимів вихід крупи № 1, залежно від сорту та консистенції ядра становить 88,7–92,9 %, а загальна кулінарна оцінка відповідає високому рівні (7,4–8,5 балів).

2. Найвагоміший вплив на органолептичну оцінку крупи з пшениці полби № 1 має тривалість луцення. Найкращі кулінарні властивості крупи забезпечуються луценням зерна пшениці полби впродовж 140 с і більше. При цьому, каша має сильно виражений запах і смак, світло-кремовий колір і досить ніжну без хрусту консистенцію. Тривалість варіння крупи з пшениці полби № 1, залежно від тривалості луцення та особливостей сорту, становить 20–49 хв

3. Вміст окремих вітамінів у крупі з пшениці полби № 1 із зерна сорту Голіковська (2018 р.) істотно (майже на 43 %) змінювався залежно від тривалості луцення. Так, найбільш істотно зменшувався вміст вітамінів К<sub>1</sub> ( $4,6-3,8 \times 10^{-3}$  мг/100 г), В<sub>7</sub> (0,11–0,008 мг/100 г), В<sub>6</sub> (0,29–0,37 мг/100), В<sub>9</sub> (0,057–0,068 мг/100 г). Кількісний склад β-каротину, β- і γ-токоферолу пігментів (лютеїн + зеаксантин) і вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub> і В<sub>5</sub> змінювався не істотно.

4. Вихід крупи подрібненої із пшениці полби № 1, 2 і 3 значно змінюється залежно від індексу луцення та особливостей сорту. За використання зерна лінії пшениці полби LP 1152 загальний вихід подрібнених круп вищий (84–86 %), порівняно із сортом Голіковська (77,5–76,0 %). Каша із крупи подрібненої за використання нелущеного зерна має середню загальну кулінарну оцінку (6–7 балів). За використання лущеного зерна (крупа № 1) кулінарна оцінка зростає до високої і дуже високої (7,2–8,9 бала). Дещо вищою кулінарною якістю характеризуються крупи, одержані із зерна пшениці полби лінії LP 1152.

5. Оптимальним режимом виробництва крупи подрібненої із пшениці полби

№ 1, 2 і 3 є використання крупы № 1 з індексом лущення – 6–9 %, що забезпечить загальний вихід подрібнених круп на рівні 77–85 % (№ 1 – 5–8, № 2 – 41–52, № 3 – 25–31 %) з високою кулінарною оцінкою (6,5–8,6 бала). Тривалість варіння каші з крупы подрібненої найбільше залежить від номеру крупы. Крупу подрібнену № 1 із пшениці полби достатньо варити впродовж 20–26 хв, № 2 – 16–22 і № 3 – 10–12 хв, залежно від коефіцієнта лущення зерна.

*Матеріали розділу 4 опубліковано та апробовано в працях [101, 113, 114, 115, 117, 118, 120, 124, 127, 128, 131, 150]:*

1. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вихід цілої крупы із зерна пшениці полби залежно від тривалості лущення і водотеплового оброблення. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2019. Вип. 207. С. 108–113.

2. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вихід лущеної крупы із зерна пшениці полби залежно від тривалості лущення і водотеплового оброблення. *Підвищення ефективності діяльності підприємств харчової та переробної галузей АПК: матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Київ, 20–21 листопада 2018 р.)*. Київ: НУХТ. 2019. С. 34–36.

3. Любич В. В., Лещенко І. А. Вплив тривалості лущення зерна пшениці полби на вміст клейковини у крупі. *Актуальні питання агротехнологій: матеріали Всеукр. наук. конф. (м. Умань, 28 березня 2019 р.)*. Умань. 2019. С. 54–55.

4. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Кулінарна оцінка каші з крупы пшениці полби № 1. *Якість і безпека харчових продуктів: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 20–21 листопада 2019 р.)*. Київ. 2019. С. 120–121.

5. Любич В. В., Лещенко І. А. Якість цілої крупы із зерна пшениці полби залежно від тривалості лущіння. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. (м. Умань, 26 червня 2019 р.)*. Умань. 2019. С. 68–69.

6. Осокіна Н. М., Любич В. В., Лещенко І. А. Вихід подрібненої крупы з пшениці полби (*Triticum dicossum*). *Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: матеріали VI Міжнар. наук.-*

практ. онлайн-конф. (м. Умань, 28–29 травня 2020 р.). Умань. 2020. С. 124–126.

7. Любич В. В., Лещенко І. А. Вихід цілої крупи із пшениці полби залежно від елементів технології перероблення. *Селекція, генетика та технології вирощування с-г культур*: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (с. Центральне, 24 квітня 2020 р.). Центральне. 2020. С. 64–65.

8. Любич В. В., Лещенко І. А. Вплив тривалості луцення на одержання цілої крупи із зерна пшениці полби. *Молодь і технічний прогрес в АПВ «Інноваційні розробки в аграрній сфері»*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Том 2. (м. Харків, 7–8 травня 2020 р.). Харків. 2020. С. 246–249.

9. Любич В. В., Лещенко І. А. Вихід і якість цілої крупи із зерна пшениці полби залежно від консистенції ендосперму та водотеплового оброблення. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 2 (106). С. 71–79. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-5(105)-8

10. Любич В. В., Лещенко І. А., Сторожик Л. І., Войтовська В. І. Вихід і якість подрібненої крупи із зерна пшениці полби. *Агробіологія*. 2020. № 2 (158). С. 110–122.

11. Любич В. В., Лещенко І. А. Вихід крупи цілої із зерна пшениці полби залежно від елементів технології перероблення. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції*: матеріали Міжнар. наук.-техніч. конф. (м. Київ, 10–11 листопада 2020 р.). Київ. 2020. С. 68–69.

12. Лещенко І. А. Вихід крупи подрібненої із зерна пшениці полби залежно від ступеня його лушіння. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Мелітополь, 02–27 листопада 2020 р.). Мелітополь. 2020. С. 210–213.

## РОЗДІЛ 5

### ВИХІД І ЯКІСТЬ КРУП ПЛЮЩЕНИХ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБЛЕННЯ

#### 5.1 Вплив тривалості лушення, пропарювання та відволожування на вихід і якість крупи плющеної

Продукти швидкого приготування із цільного зерна – сучасний вид харчування, що відповідає останнім трендам в області здорового і раціонального харчування. Цільне зерно пшениці, завдяки наявності в ньому зародка, алейронового шару та оболонок, має дієтичні й функціональні властивості. Для поліпшення функціональних властивостей зерна пшениці рекомендується частину оболонок видаляти. Це поліпшує кулінарну й органолептичну оцінку продукту. Також встановлено [20], що проведення лушення прискорює міграцію вологи у зернівці.

Для дослідження було використано нелущене та лущене зерно (крупа з пшениці полби № 1) зі склоподібним ядром сорту Голіковська і лінії LP 1152. Тривалість лушення зерна становила 40, 80, 120 і 160 с. При оцінці виходу плющених продуктів основною метою було одержання крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту.

Вибірки цифрових даних виходу продуктів, що отримані під час виготовлення крупи плющеної із зерна пшениці полби сорту Голіковська та лінії LP 1152 за різних режимів, оброблені та зведено в табл. 5.1.

Коефіцієнт варіації середніх значень вибірок виходу крупи плющеної вищого сорту зростає від слабкого до помірного за збільшення тривалості лушення зерна. Це свідчить про збільшення відхилення від середнього значення виходу цієї крупи за впливу різних режимів оброблення.

Варіювання вибірок середніх значень загального виходу плющених круп характеризувалось слабким варіюванням (<5 %) і змінювалось від 96,1 до 97,0 %, що свідчить про малу ймовірність впливу параметрів оброблення зерна на відповідний показник.



Таблиця 5.1

**Варіаційна мінливість виходу плющених круп і мучки за різної тривалості  
лущення зерна пшениці полби**

Тривалість лущення зерна, с	Вихід круп, %				Вихід дрібки, %		Загальний вихід круп, %		Мучка, %	
	вищого сорту		першого сорту							
	$\bar{x} \pm S_x$	CV	$\bar{x} \pm S_x$	CV	$\bar{x} \pm S_x$	CV	$\bar{x} \pm S_x$	CV	$\bar{x} \pm S_x$	CV
0	88,8±0,3	2,5	6,9±0,2	19,7	1,3±0,1	35,8	97,0±0,2	1,5	3,0±0,2	49,2
40	83,2±0,4	3,9	11,7±0,2	14,9	1,9±0,2	68,5	96,9±0,1	0,6	3,1±0,1	18,6
80	77,5±0,4	3,8	14,6±0,3	12,6	4,5±0,3	44,9	96,6±0,1	0,6	3,4±0,1	16,4
120	74,3±0,5	5,0	16,9±0,3	14,4	5,0±0,3	41,4	96,2±0,1	0,4	3,8±0,1	9,4
160	70,4±0,8	8,5	20,8±0,5	17,3	4,9±0,3	49,2	96,1±0,1	0,9	3,9±0,1	21,5

Коефіцієнт варіації середніх значень виходу решти продуктів – був від помірного (9,4 %) до дуже великого (68,5 %). Це свідчить про високу ймовірність впливу параметрів оброблення зерна на відповідні показники.

За результатами проведеного дисперсійного аналізу був встановлений істотний зв'язок ( $p < 0,05$ ) між виходом круп плющеної вищого сорту із зерна пшениці полби, тривалістю лушення, режимами ВТО й особливостями сорту (додаток Г.1).

Оскільки варіювання результатів аналітичних повторювань було помірним (<10 %), для подальшого аналізу використовували середні значення вибірок.

Найбільший вихід круп плющеної з пшениці полби вищого сорту (88,7 – 91,7 %), незалежно від режимів ВТО, отримано з нелущеного зерна (табл. 5.2). За використання лущеного зерна (40–160 с) істотно у 1,1–1,4 рази зменшувався вихід цієї круп залежно від режимів водотеплового оброблення. Так, за пропарювання нелущеного зерна впродовж 3 хв, і такої ж тривалості відволожування вихід круп плющеної з пшениці полби вищого сорту становив 89,6 %, а впродовж 40–160 с – від 70,5 до 83,7 %. Отже, оболонки зерна виконують функцію каркасу, що утримує часточки ядра. Зменшення частки оболонок лушенням зерна зумовлює крихкість готового продукту.

Пропарювання зерна дещо підвищувало вихід круп плющеної із зерна пшениці полби вищого сорту. Так, за 9-хвилинного пропарювання вихід круп

істотно не змінювався від 91,7 % – за відволожування впродовж 3 хв, 91,3 – за 6 хв, до 90,9 % – за 9-хвилинного відволожування. За пропарювання зерна протягом 3 і 6 хв вихід цієї крупки зменшувався на 1–3 % (88,7–91,2 %). Подібна тенденція зберігалася й за використання зерна з більшим індексом лушення. Слід зазначити, що зі збільшенням тривалості лушення зростала роль пропарювання зерна. Так, найменший вихід крупки плющеної з пшениці полби вищого сорту був за пропарювання крупки з пшениці полби № 1 (тривалість лушення 160 с) упродовж 3 хв і відволожування 9 хв – 63,3 %.

Таблиця 5.2

**Вихід крупки плющеної із пшениці полби вищого сорту (сорт Голіковська)  
залежно від режимів виробництва, %**

Тривалість лушення зерна, с (A)	Тривалість пропарювання, хв (B)								
	3			6			9		
	Тривалість відволожування, хв (C)								
	3	6	9	3	6	9	3	6	9
0	89,6	89,4	88,7	91,2	90,3	89,2	91,7	91,3	90,9
40	83,7	82,6	80,2	83,9	83,4	82,1	86,1	82,7	82,3
80	76,8	75,9	72,9	82,5	79,8	77,2	83,1	81,6	80,4
120	74,5	72,1	69,1	78,0	75,4	72,0	79,6	78,9	75,4
160	70,5	65,3	63,3	75,1	71,3	67,5	80,7	79,9	71,3
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A – 0,6; B – 0,5; C – 0,5; AB – 0,8; AC – 1,0; BC – 1,0; ABC – 1,7</i>								

Вихід крупки плющеної з пшениці полби першого сорту і дрібки мав протилежну тенденцію (додаток Г.2).

Проаналізувавши результати виходу крупки плющеної з пшениці полби вищого сорту за використання зерна лінії LP 1152, було встановлено подібну тенденцію. Найбільший вихід крупки плющеної з пшениці полби вищого сорту, за використання зерна лінії LP 1152 (табл. 5.3), був за пропарювання нелущеного зерна впродовж 9 хв і 3-хвилинного відволожування – 88,9 %, що на 3 % менше, ніж за використання сорту пшениці полби Голіковська за аналогічного режиму. Незалежно від тривалості

лущення зерна, вихід цієї крупки був найменший за пропарювання впродовж 3 хв і відволожування 9 хв, змінюючись від 55,6 до 82,3 %.

Таблиця 5.3

**Вихід крупки плющеної з пшениці полби вищого сорту (лінія LP 1152), залежно від режимів виробництва, %**

Тривалість лущення зерна, с (A)	Тривалість пропарювання, хв (B)								
	3			6			9		
	Тривалість відволожування, хв (C)								
	3	6	9	3	6	9	3	6	9
0	86,7	86,0	82,3	88,5	88,6	88,3	88,9	88,7	88,1
40	80,8	77,9	75,4	85,3	85,9	84,3	87,3	87,2	87,1
80	75,5	75,0	74,7	77,3	77,0	75,2	77,6	77,4	75,3
120	70,6	71,1	65,6	76,3	76,0	75,3	77,1	76,4	74,3
160	69,8	64,2	55,6	74,2	72,1	70,4	75,6	70,7	68,8
<i>HIP<sub>05</sub></i>	<i>A – 0,6; B – 0,4; C – 0,4; AB – 0,8; AC – 1,0; BC – 1,0; ABC – 1,7</i>								

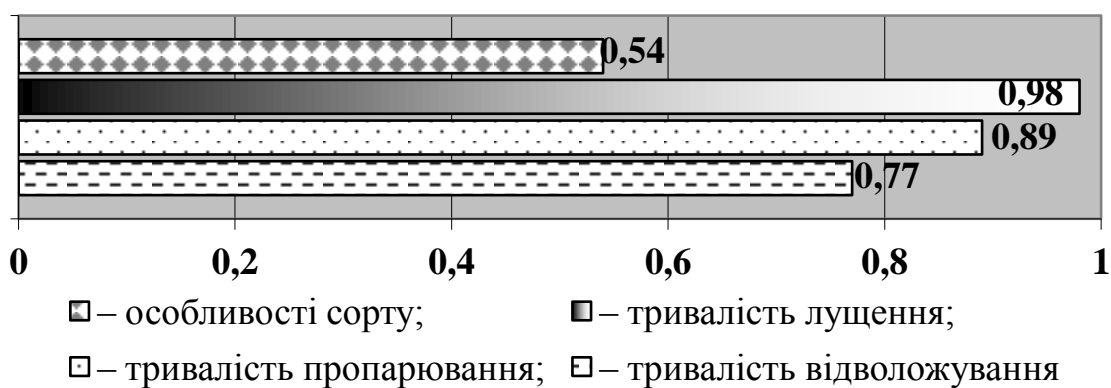
Вихід крупки плющеної з пшениці полби першого сорту і дрібки збільшувався прямопропорційно тривалості лушення (додаток Г.3).

За використання зерна сорту пшениці полби Голіковська вихід крупки плющеної вищого сорту був у середньому на 2 % більший, порівняно із використанням зерна лінії LP 1152.

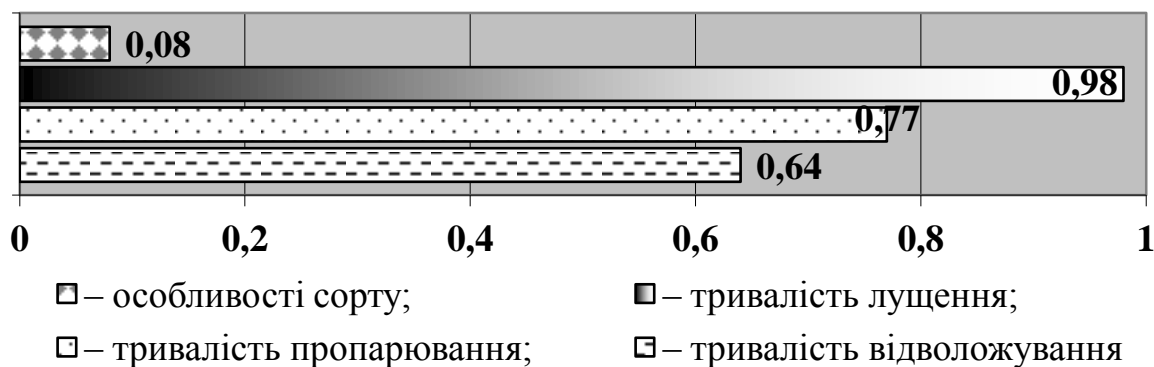
Необхідно відзначити, що за обох варіантів найбільший вихід крупки плющеної був за пропарювання впродовж 9 хв і відволожування 3 хв. За ощадного режиму (пропарювання – 6 хв і відволожування – 3 хв) вихід цієї крупки неістотно (на 1–2 %) зменшувався. З урахуванням цього, немає доцільності збільшувати тривалість пропарювання, оскільки це спричинить лише збільшення собівартості продукції.

Встановлено (рис. 5.1), що сила впливу досліджуваних чинників відрізнялась для різних продуктів. Проте, найбільший вплив на вихід круп'яних продуктів мала тривалість лушення зерна. Особливості сорту мали найбільшу варіацію значень показника, проте завжди були найменш впливовим на вихід крупки. Вплив ВТО продукту посилювався зі збільшенням тривалості лушення зерна. Сила впливу

тривалості пропарювання більша за тривалість темперування для всіх одержаних продуктів.



а)



б)

Рис. 5.1 Сила впливу досліджуваних чинників на вихід крупи плющеної із пшениці полби ( $p < 0,05$ ): а) вищий сорт; б) перший сорт

Одержані результати узгоджуються з висновками інших учених [42]. Встановлено [22, 53], що тривалість відволожування після пропарювання зерна істотно не впливає на вихід крупи плющеної.

Під час пропарювання відбуваються глибокі біохімічні зміни, що впливають не лише на хімічний склад, але й структурно-механічні властивості зерна. Так, встановлено [226, 256, 262, 274], що під час термічного оброблення в зерні відбуваються фізико-хімічні зміни – денатурація білка та часткова декстринізація крохмалю. Внаслідок дії пари спрямовано змінюються властивості крупи. Крім цього, поліпшуються її споживні властивості – смакові та харчові властивості, зовнішній вигляд, підвищується тривалість зберігання.

Результати проведених досліджень (рис. 5.2) вказують на те, що тривалість варіння каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту істотно змінювалась залежно від тривалості лушення та режимів пропарювання. Це зумовлено тим, що оболонки гальмують процес передачі тепла, в результаті чого відбувається низький рівень клейстеризації крохмальних зерен. Так, тривалість варіння крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту за різної тривалості лушення був від 9 до 26 хв.

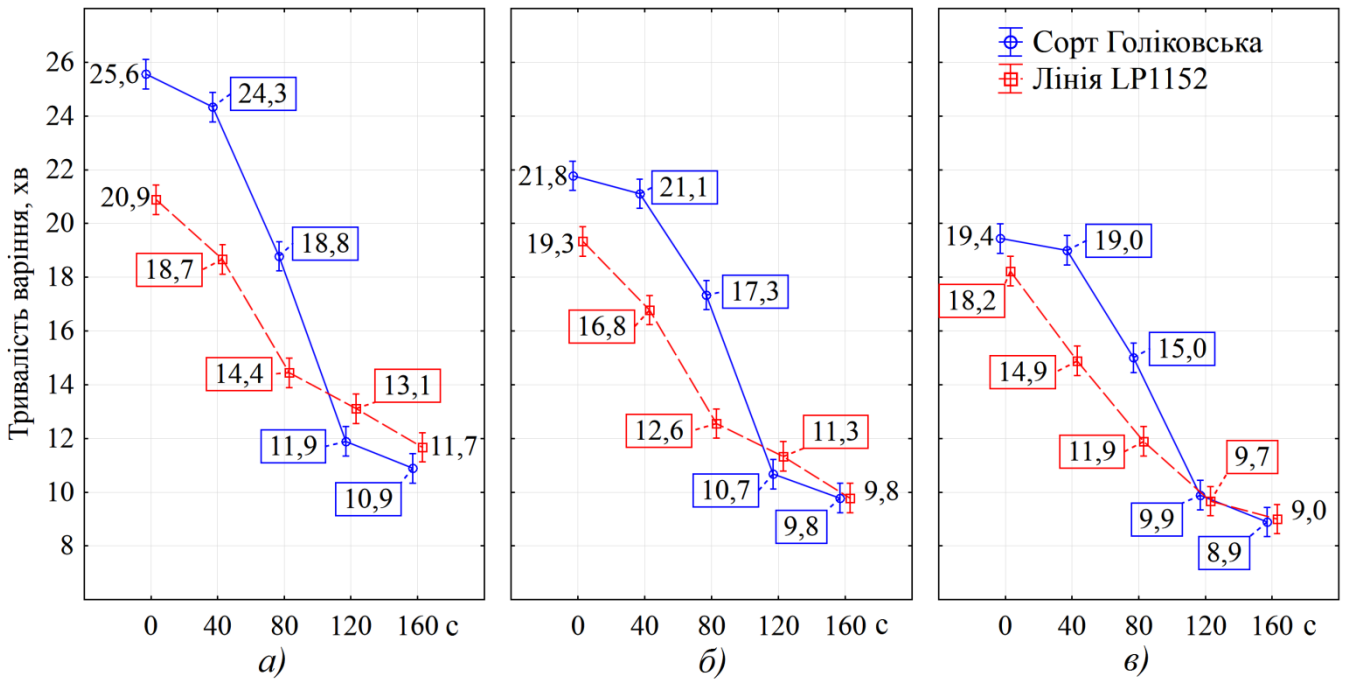


Рис. 5.2 Тривалість варіння каші з крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту залежно від особливостей сорту, тривалості лушення та пропарювання: а) тривалість пропарювання 3 хв; б) 6 хв; в) 9 хв

Особливості сорту так вносили свої корективи, проте сила впливу цього чинника зменшувалася за збільшення індексу лушення і тривалості пропарювання зерна. Відволожування зерна мало незначний вплив ( $p < 0,05$ ) на тривалість варіння.

За використання нелущеного зерна лінії LP1152 і сорту Голіковська та пропарювання впродовж 3 хв, тривалість варіння каші була найдовшою та становила відповідно 21 і 26 хв. Зі збільшенням тривалості лушення до 160 с, тривалість варіння каші зменшувалась відповідно до 12 і 11 хв. За тривалості пропарювання впродовж 6–9 хв, ця тенденція залишалася.

Було встановлено, що коефіцієнт розварювання каші із крупи плющеної з

пшениці полби вищого сорту істотно змінювалося залежно від тривалості луцнення зерна (рис. 5.3). Так, зі збільшенням тривалості луцнення з 0 до 180 с, коефіцієнт розварювання каші підвищувався від 3,4 до 4,4. Особливості сорту і тривалість пропарювання мали менший вплив ( $p < 0,05$ ), а тривалість відволожування не змінювала цей показник ( $p > 0,05$ ).

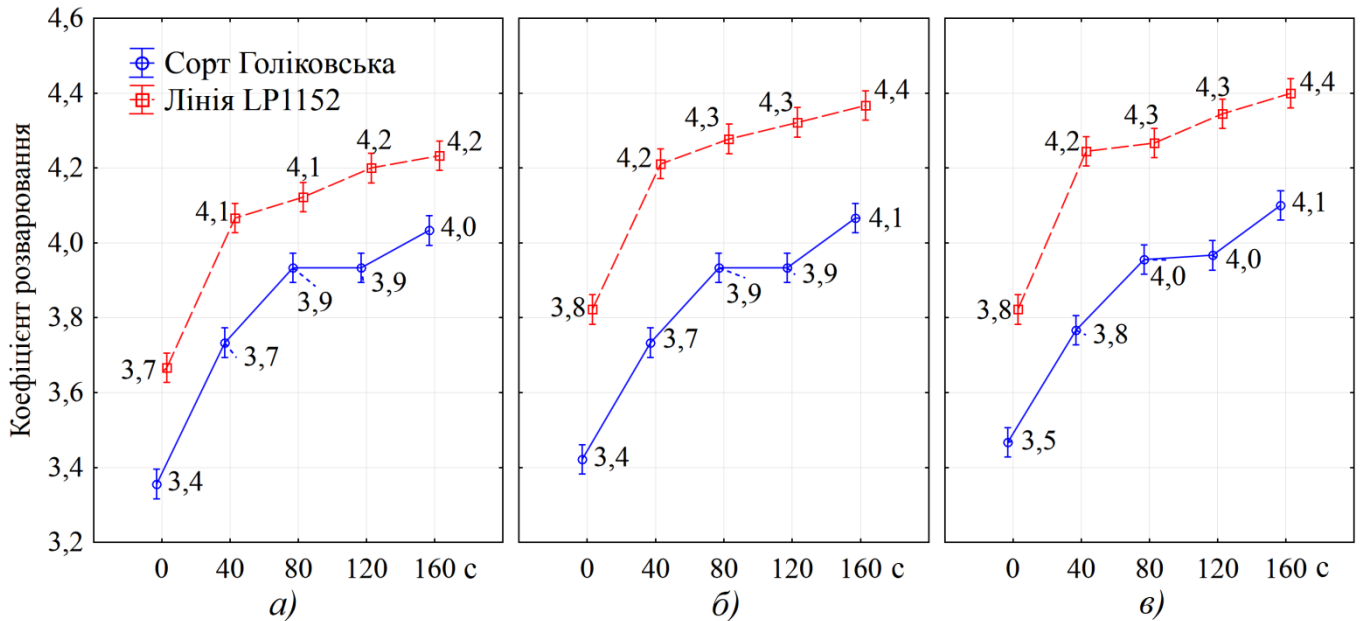


Рис. 5.3 Вплив особливостей сорту, тривалості луцнення та пропарювання зерна на коефіцієнт розварювання каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту: а) тривалість пропарювання 3 хв; б) 6 хв; в) 9 хв

Згідно з результатами проведених досліджень каша із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту характеризувалась сильно вираженим запахом, не залежно від зміни режимів ВТО (рис.5.4, а). Так, за шкалою оцінювання запах каші становив від 8,3 до 9 балів.

Смак каші з крупи плющеної з пшениці полби не залежав від режимів ВТО, проте відрізнявся за тривалості луцнення і особливостей сорту (рис.5.4, б). Так, за тривалості луцнення 40 с смак каші був вираженим (7,7 балів, сорт Голіковська), а зі збільшенням тривалості луцнення до 160 с – сильно вираженим (9 балів) для сорту і лінії.

Встановлено (рис.5.4, в), що на колір каші із крупи плющеної з пшениці полби істотний вплив мав індекс луцнення, тоді як тривалість пропарювання та

темперування не змінювали оцінки. Це пояснюється відмінністю забарвлення ендосперму (світло-кремовий) й оболонки (коричневий або сірий з різним відтінками). Особливості сорту вносили свої відмінності, проте не істотні.

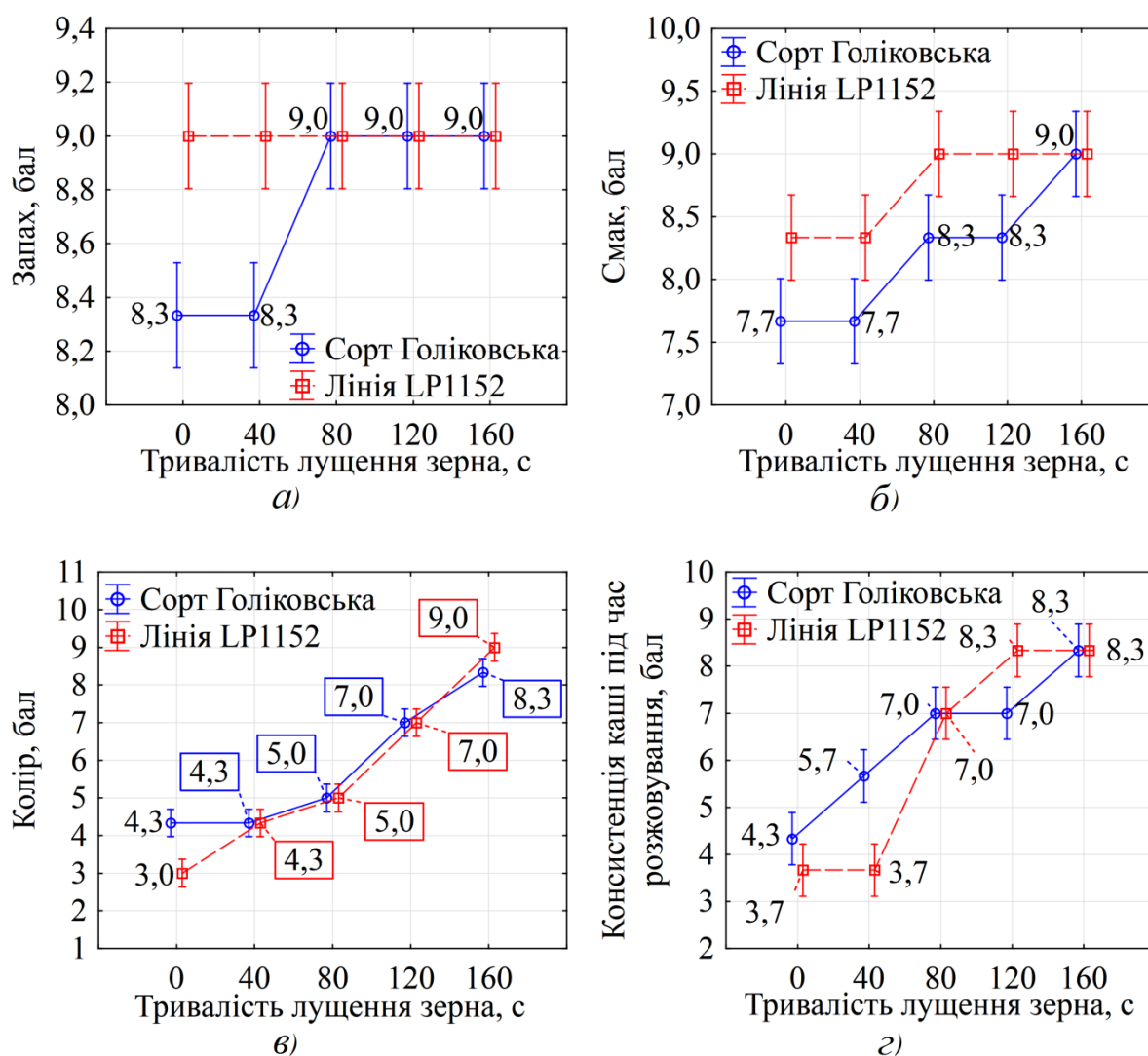


Рис. 5.4 Вплив особливостей сорту і тривалості лушення на органолептичні властивості каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту, бал:

а) запах; б) смак; в) колір; г) консистенція каші під час розжовування

За тривалості лушення зерна 40 с (індекс лушення 3,2–6,9 %) каша мала кремовий колір зі світло-коричневим відтінком і відповідала оцінці в 5 балів. Збільшення тривалості лушення зерна до 120 с (індекс лушення 9,9 %) надавало каші світло кремового кольору з оцінкою в 7 балів, що зумовлено зменшенням кількості оболонки. Проте найвищу оцінку – 9 балів, отримала каша за тривалості лушення зерна 160 с.

Згідно з результатами проведених досліджень (рис.5.4, з), зміна режимів ВТО не впливала на консистенцію каші під час розжовування. Особливості сорту не надавали істотних відмінностей каші ( $p>0,05$ ). Так, не залежно від тривалості пропарювання та відволожування зерна, найгіршу консистенцію мала каша з тривалістю луцення зерна 0–40 с. Її консистенція була жорсткою з хрустом під час розжовування – 3,7 бала (сорт Голіковська). За аналогічних умов виробництва крупи із зерна лінії LP 1152, консистенція каші під час розжовування була жорсткувата зі слабким хрустом – 4,3–5,7 бала. Збільшення тривалості луцення до 80 с поліпшувало консистенцію обох зразків – каша була досить ніжною, добре розжовувалась і без хрусту. Максимальної оцінки (8,3 бала) отримала каша з луценням зерна впродовж 160 с, що відповідало індексу луцення 11,6–12,5 %.

Розсипчаста консистенція каші (9 балів) не залежала від усіх досліджуваних чинників (додаток Г.4, Г.5).

Встановлено (рис. 5.5), що крупа плющена з пшениці полби характеризувалась високою загальною кулінарною оцінкою. Очевидно, це зумовлено її біохімічним складом, особливо високим вмістом водорозчинних білків, що поліпшують органолептичні показники готового продукту.

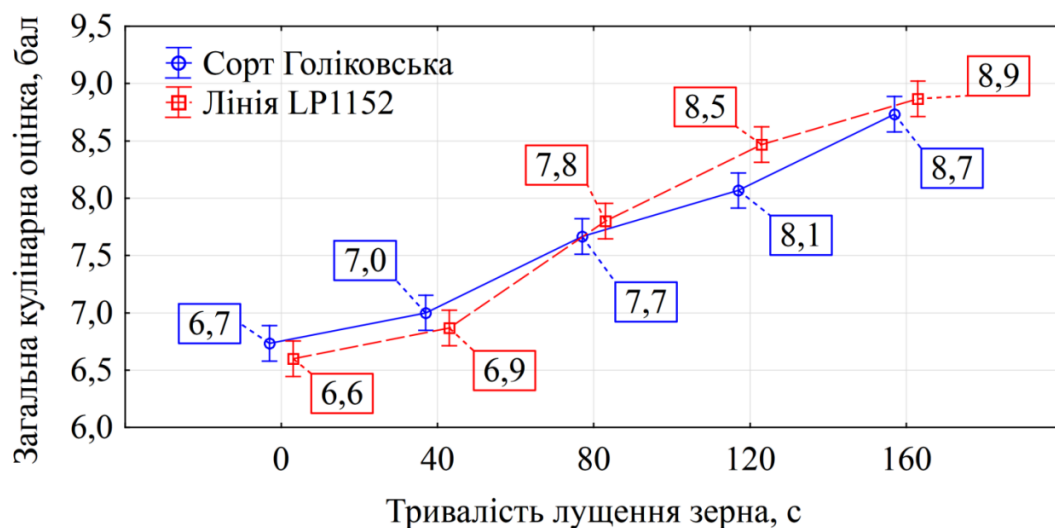


Рис. 5.5 Загальної кулінарна оцінка каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту залежно від тривалості луцення та особливостей сорту, бал

Найнижчу загальну кулінарну оцінку мала крупа, отримана з нелущеного



зерна – 6,6 бала. Зі збільшенням тривалості лушення зерна, кулінарна оцінка крупи становила 6,9–8,9 бала.

Отже, крупа плющена з пшениці полби отримана із нелущеного зерна і крупи № 1 (тривалість лушення 40–80 с) характеризувалась високою загальною кулінарною оцінкою (6,6–7,8 бала). Цей показник зростає до дуже високого (8,1–8,9 бала) за використання крупи № 1 з тривалістю лушення 120–160 с, і не залежав від режимів ВТО.

Отже, крупа отримана за низького індексу лушення (0–6,9 %) характеризувалась високою загальною кулінарною оцінкою (6,6–7,8 бала). Цей показник зростає до дуже високої (8,1–8,9 бала) за тривалості лушення 120–160 с, що відповідає індексу лушення 9,9–11,6 %, і не залежав від режимів водотеплового оброблення. В основному ЗКО змінювалася внаслідок показників кольору і консистенції каші під час розжовування. Останні залежали від вмісту оболонки, тому найтриваліше лушення (160 с) забезпечувало найкращий результат кулінарної оцінки – 8,3–9,0 бала.

Згідно з результатами проведених досліджень (додаток Г.6) між показником виходу крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту та тривалістю лушення встановлений обернений тісний кореляційний зв'язок ( $r = -0,85 \pm 0,02$ ), натомість між загальною кулінарною оцінкою і тривалістю лушення встановлено прямий тісний зв'язок ( $r = 0,91 \pm 0,01$ ), що описується рівнянням регресії:

$$y = 87,9563 - 0,1144x; \quad (5.1)$$

$$k = 6,56 + 0,014x; \quad (5.2)$$

де  $y$  – вихід крупи плющеної (%);

$x$  – тривалість лушення (с);

$k$  – загальна кулінарна оцінка (бал).

Згідно з місцем перетину поліноміальних кривих відповідних залежностей для виробництва крупи плющеної з пшениці полби необхідно використовувати крупу № 1 з тривалістю лушення – 80–120 с. Це відповідає високій загальній кулінарній оцінці за певного (на 10 %) зменшення виходу крупи порівняно з використанням

нелущеного зерна.

Комплексно оцінивши усі технологічні прийоми, режими та кулінарну оцінку, було встановлено, що для виробництва крупи плющеної з пшениці полби слід використовувати крупу з пшениці полби № 1 (тривалість лущення 80–120 с, що відповідає ІЛ – 6,9–9,9 %), проводити її пропарювання впродовж 6 хв і відволожувати 3 хв. За таких режимів вихід цієї крупи був – від 76,3 до 82,5 %.

Крупа плющена з пшениці полби вищого сорту, отримана за рекомендованого режиму, характеризувалася високою загальною кулінарною оцінкою (7,7–8,5 балів) та незначною тривалістю варіння (10,7–17,3 хв). За тривалістю варіння цю крупу можна прирівняти до швидкорозварюваної крупи з зерна пшениці, оскільки вона відповідала вимогам [159], де передбачено варіння не триваліше 25 хв.

Попередньо було встановлено (див. Розділ. 4 табл. 4.6 і 4.7), що лущення зерна пшениці полби сорту Голіковська зменшувало вміст вітамінів у крупі. Подібна закономірність виявлена за виготовлення крупи плющеної. Так, вміст вітамінів у крупі плющеної з пшениці полби виготовленої з крупи № 1 був на 10–30 % менший порівняно з використанням нелущеного зерна.

При цьому було встановлено (додаток Г.7 і Г.8), що вміст вітамінів значно змінювався за різних режимів ВТО. Так, вміст жиророзчинного вітаміну К<sub>1</sub> підвищувався в 1,3–1,4 рази, а β-токоферолу, γ-токоферол – у 1,1–1,2 рази після збільшення тривалості пропарювання і відволожування від 3 до 9 хв. Вміст β-каротину залишався стабільним за різних режимів проведення ВТО.

Вміст водорозчинних вітамінів і пігментів у крупі плющеної з пшениці полби вищого сорту (сорт Голіковська) значно не змінювався за різної тривалості пропарювання та відволожування, проте зменшувався зі збільшенням тривалості лущення зерна.

Отже, вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту істотно залежить від особливостей сорту та тривалості лущення. Проведення процесу лущення зерна (0–160 с) знижує вихід крупи плющеної з зерна пшениці полби у 1,2–1,5 рази, проте збільшення тривалості пропарювання від 3 до 9 хв підвищує її вихід на 10–20 %. Зміна тривалості відволожування (у 1,1–1,3 рази) зменшує вихід крупи вищого

сорту. За використання лущеного зерна пшениці полби підвищується загальна кулінарна якість від 6,6 до 8,9 бала.

Встановлено, що лущення зерна під час виготовлення крупи плющеної з пшениці полби значно зменшує вміст вітамінів В<sub>7</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, β-каротину, β-токоферолу і γ-токоферолу та не істотно – В<sub>1</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>9</sub> і К<sub>1</sub>. Збільшення тривалості пропарювання і відволожування під час виготовлення круп плющених зумовлює підвищення (в 1,3–1,4 рази) вмісту вітаміну К<sub>1</sub>.

## **5.2 Вплив лущення зерна, зволоження та оброблення електромагнітним полем надвисокої частоти на вихід і якість крупи плющеної**

За звичного виду ВТО (пропарювання з відволожуванням) тепло передається зернівкам завдяки конденсації пари на її поверхні й тепловологопровідності від поверхні в глиб ядра. Встановлено, що зерно має низькі значення тепло- і температуропровідності, тому необхідний значний період для пропарювання і проведення відволожування.

Натомість, під час оброблення ЕМП НВЧ відбувається перетворення мікрохвильової енергії, а не теплопередача. Цей метод теплового оброблення зерна не передбачає дифузії тепла з поверхонь, але може сприяти досягненню швидкого та рівномірного нагрівання зернового шару. Така різниця в способі надходження енергії під час обробки зерна, потенційно може мати багато потенційних переваг – пришвидшення нагрівання і біохімічних процесів, відсутність перезволожування, відмова від процесу відволожування. Тому, було проведено оцінювання виходу крупи плющеної з пшениці полби за різних режимів оброблення ЕМП НВЧ.

Для дослідження було використано нелущене зерно і крупа з пшениці полби № 1 сорту Голіковська зі склоподібним і борошністим ядром та зерно лінії LP 1152 (склоподібне ядро). Для одержання крупи № 1 зерно пшениці полби лущили тривалістю 180 с. Вологість нелущеного зерна і крупи № 1 становила 12,0 %, а тривалість відволожування – 30 хв. При оцінці виходу плющених продуктів основною метою було одержання крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту.

Оскільки варіювання результатів аналітичних повторювань не перевищувало помірною значення (<10 %), для подальшого аналізу використовували середні значення вибірок.

Так було встановлено (табл. 5.6), що за використання нелущеного зерна сорту пшениці полби Голіковська з борошністим ядром, вихід крупи плющеної вищого сорту варіював від 14,8 до 72,9 % без його зволоження.

Таблиця 5.6

**Вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту (сорт Голіковська,  
2017 р., борошністе ядро), %**

Тривалість оброблення ЕМП НВЧ, с	Нелущене зерно				Крупа № 1			
	Зволоження на, %							
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
20	14,8	17,4	29,3	29,5	0,7	1,3	2,2	2,0
40	36,6	43,5	44,8	54,0	3,7	5,8	8,3	8,5
60	54,9	64,8	62,8	62,4	28,0	28,7	29,0	29,2
80	72,9	74,4	75,4	75,1	32,5	38,9	45,6	44,1
100	60,3	79,5	76,8	76,2	29,4	29,0	31,5	31,2
120	57,3	71,2	67,5	68,0	22,9	26,5	28,3	28,9
140	53,9	63,4	61,4	61,9	17,8	18,5	22,9	22,0
160	44,4	59,4	49,4	48,3	12,5	13,1	14,4	14,3
180	39,7	48,2	44,4	44,6	10,8	12,1	13,1	12,8
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A (лушення зерна) – 0,4; B (зволоження) – 0,5; C (оброблення ЕМП НВЧ) – 0,8; AB – 1,5; AC – 1,1; BC – 0,7; ABC – 2,1</i>							

Найбільший вихід цієї крупи (72,9 %) був за обробленням ЕМП НВЧ впродовж 80 с. За цього режиму вихід крупи першого сорту був – 17,2 %, дрібки – 4,9 і мучки – 4,9 % (Додаток Д. 1). З підвищенням тривалості оброблення ЕМП НВЧ до 180 с вихід крупи вищого сорту знижувався до 39,7 % або в 1,8 рази. Зменшення виходу цієї крупи відбувався завдяки підвищенню виходу крупи плющеної першого сорту (31,7 %), дрібки (11,5 %) і мучки (17 %).

Зволоження нелущеного зерна пшениці полби з 12,0 до 12,5 % значно підвищувало вихід крупи плющеної вищого сорту. Так, за оброблення ЕМП НВЧ

упродовж 80 с він становив 74,4 %, що лише на 2 % більше порівняно з аналогічним варіантом без зволоження. Проте, максимальний вихід крупи був за оброблення ЕМП НВЧ упродовж 100 с – 79,5 %, що на 10 % перевищувало максимальне значення виходу без зволоження. При цьому, вихід крупи плющеної першого сорту був 13,0 %, дрібки – 4,0 і мучки – 3,6 %. Очевидно, що зволоження зерна сприяло меншій його крихкості. Проте, зволоження зерна до 13,0–13,5 % істотно не впливало на вихід крупи плющеної вищого сорту, будучи на рівні 76,2–76,8 %, що на 4 % менше порівняного з варіантом вологості 12,5 %.

Вихід крупи плющеної вищого сорту значно зменшився (в середньому у 2,7 раза) за використанням крупи № 1 із зерна пшениці полби (сорт Голіковська з борошністим ядром) порівняно із застосуванням нелущеного зерна цього ж сорту. Зменшення виходу цієї крупи супроводжуються підвищенням виходу крупи плющеної першого сорту, дрібки і мучки. Основною різницею між нелущеним зерном і крупою № 1 є зміна співвідношення між анатомічними складовими зернівок, а саме зменшення частки оболонки. Очевидно, причиною зменшення виходу крупи вищого сорту є низький вміст оболонки. Вони виконують роль каркасу для утримування часточок плющеного ендосперму.

У варіантах без зволоження крупи № 1 (вологість 12,0 %), найвищий вихід крупи плющеної вищого сорту був за оброблення ЕМП НВЧ упродовж 80 с – 32,5 %. Це у 2,2 рази менше від виходу крупи порівняно з аналогічним режимом оброблення нелущеного зерна. При цьому, вихід крупи першого сорту становив – 31,3%, дрібки – 23,3, а мучки – 12,8 % (Додаток Д.2). З підвищенням тривалості оброблення ЕМП НВЧ до 180 с, вихід крупи вищого сорту знижувався до 10,8 % або втричі.

Підвищення вологості крупи № 1 з пшениці полби з 12,0 до 12,5 % істотно підвищувало вихід крупи плющеної вищого сорту. Так, за обробленням ЕМП НВЧ упродовж 80 с, він становив 38,9 %, що на 16 % більше варіанту без зволоження. Проте, найвищий вихід (45,6 %) цієї крупи був за зволоження до 13,0 % за аналогічної тривалості оброблення ЕМП НВЧ (80 с). Зволоження крупи № 1 до 13,5 % істотно не змінило вихід крупи плющеної вищого сорту.

Очевидно, що зволоження зерна сприяє меншій його крихкості. Проте, слід зазначити про посилення впливу ВТО за використання крупи № 1 порівняно з нелущеним зерном. На нашу думку, причиною цього є швидше вологопроникнення у внутрішні шари ядра. Це сприяє прискоренню біохімічних процесів під час оброблення ЕМП НВЧ.

З огляду на отримані дані (див. табл. 5.6), встановлено, що є певна оптимальна тривалість оброблення ЕМП НВЧ. За меншої тривалості або її перевищення було одержано значно меншу кількість крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту. Мінливий вихід зазначеного продукту за різної тривалості оброблення відбувається внаслідок трансформації морфології та кристалічної структури гранул крохмалю, а також денатурації білка. Це впливає на ефективність фіксації форми під час плющення та наступних технологічних операцій. Встановлено [19, 226, 256, 274], що особливості сорту та вологість зерна впливають на швидкість і глибину змін крохмально-білкового комплексу. Незворотні порушення в цьому комплексі негативно впливають на здатність клейстеризації, і як наслідок, утримувати часточки ендосперму. Це узгоджується з одержаними у досліді результатами. Так, після оброблення ЕМП НВЧ впродовж 120 с і більше, вихід крупи плющеної вищого сорту зменшувався в наслідок підвищення крихкості крупинок.

З джерел літератури встановлено [253], що на ефективність оброблення ЕМП НВЧ найбільше впливає потужність обладнання і вологість продукту. Крім цього, значний вплив на перебіг процесу зволоження мають характеристики поверхневих шарів зернівки і біохімічний склад. Також встановлено [37], що на вихід крупи плющеної впливає вміст білка. З метою встановлення впливу цих чинників на вихід крупи плющеної було використано зерно пшениці полби сорту Голіковська зі склоподібним ядром.

Згідно одержаних результатів під час виробництва крупи плющеної із нелущеного зерна пшениці полби зі склоподібним ядром (сорт Голіковська) спостерігалася аналогічна тенденція (табл. 5.7). Вихід крупи плющеної вищого сорту істотно змінювався від 14,9 до 92,3 % за різних режимів оброблення. Необхідно зазначити, що в середньому вихід цієї крупи був більшим, порівняно з варіантом

використання того ж сорту з борошністим ядром за аналогічних режимів виробництва – в 1,4 рази за використання нелущеного зерна та у 2,8 рази – за крупи № 1.

Таблиця 5.7

**Вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту (сорт Голіковська, 2018 р. склоподібний ендосперм), %**

Тривалість оброблення ЕМП НВЧ, с	Нелущене зерно				Крупа № 1			
	Зволоження на, %							
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
20	14,9	47,3	66,7	66,5	3,4	20,4	19,7	19,7
40	42,2	64,3	76,6	76,7	24,3	43,8	40,4	40,8
60	77,3	85,8	87,7	87,9	67,0	62,0	60,1	59,7
80	87,3	91,7	92,3	92,1	82,1	78,7	79,2	80,1
100	89,6	91,3	91,7	92,0	77,8	73,8	71,5	71,1
120	87,6	86,8	88,9	89,1	68,7	66,8	66,1	65,9
140	76,2	81,2	82,1	82,3	58,4	57,0	60,0	60,5
160	66,0	70,4	74,2	73,7	44,8	43,2	54,4	45,7
180	55,3	62,1	63,4	63,1	39,6	36,7	47,8	37,4
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A (лущення зерна) – 0,3; B (зволоження) – 0,5; C (оброблення ЕМП НВЧ) – 0,7; AB – 1,4; AC – 1,0; BC – 0,7; ABC – 2,0</i>							

За оброблення нелущеного зерна без зволоження найвищий вихід крупи плющеної вищого сорту був за тривалості дії ЕМП НВЧ 100 с – 89,6 %, тоді як крупи плющеної першого сорту – 6,3 %, дрібки – 2,1, мучки – 2 % (Додаток Д.3). З підвищенням тривалості оброблення ЕМП НВЧ до 180 с вихід крупи плющеної вищого сорту зменшувався до 55,3 %.

Зволоження нелущеного зерна пшениці полби зі склоподібним ядром на 0,5 % (з 12,0 до 12,5 %) істотно, в середньому на 12 %, збільшувало вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту. Найбільший вихід цієї крупи був за обробленням ЕМП НВЧ тривалістю 80 с – 91,7 %, що на 5 % більше аналогічного варіанту без зволоження. Збільшення вологості до 13,0–13,5 % дещо змінювало вихід крупи плющеної вищого сорту. Проте, максимальний вихід цієї крупи підвищився лише на 0,4–0,6 %.

Вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту істотно (в середньому в 1,4 рази) зменшувався за використанням крупи із пшениці полби №1 зі склоподібним ядром, порівняно із застосуванням нелущеного зерна. У варіантах без зволоження крупи №1, найвищий вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту був за обробленням ЕМП НВЧ упродовж 80 с – 82,1 %, водночас крупи плющеної першого сорту – 12,5 %, дрібки – 2,7 і мучки – 2,7 % (Додаток Д.4).

Застосування зволоження крупи з пшениці полби №1 від 12,0 до 13,5 % істотно змінювало вихід крупи плющеної вищого сорту. Проте, за жодного з цих режимів максимальний вихід (78,7–80,1 %) не перевищив значення варіанту без зволоження.

Необхідно зазначити, що вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту, за використання крупи №1 з борошністим ядром зменшився у 2,7 рази порівняно із нелущеним, тоді як за використання крупи №1 з склоподібним ядром – в 1,4 рази. Цьому сприяв значно вищий вміст білка (в 1,2 рази), що забезпечував високу здатність склеювання часточок ендосперму, оскільки білкові речовини здатні створювати міцні структури, що виконують роль склеювача для утримування часточок ендосперму після процесу плющення.

Подібна тенденція зміни виходу крупи плющеної із зерна пшениці полби була за використання лінії полби LP 1152 (Додаток Д.5, Д.6).

Умови, за яких одержується найвищий вихід бажаного продукту можна вважати найкращим режимом. Проте, для споживачів круп'яних продуктів важливим значенням є кулінарні властивості кінцевого продукту – каші [253]. Тому, оптимальним режимом виробництва крупи плющеної буде компромісний варіант – між високим виходом і високою кулінарною оцінкою каші. Отже, необхідним є вивчення залежності між режимами виробництва крупи плющеної та її кулінарних властивостей. Була проведена кулінарна оцінка крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту.

*Кулінарна оцінка крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту.* Проведеними дослідженнями встановлено (табл. 5.8), що тривалість варіння крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту (сорт Голіковська, борошністе ядро) варіювала від 8



до 17 хв. За використання нелущеного зерна тривалість становила 14–17 хв, а за використання крупи № 1 – 8–15 хв.

Зі збільшенням тривалості оброблення ЕМП НВЧ спостерігалось істотне (в 1,1–1,5 рази) зменшення тривалості варіння крупи плющеної. На нашу думку, це зумовлено розпушенням внутрішньої структури ядра внаслідок інтенсивного переходу води у газоподібний стан під час дії ЕМП НВЧ.

Зволоження (на 0,5–1,5 %) зерна пшениці полби зменшувало на 4–18 % тривалість варіння внаслідок прискорення фізико-хімічних змін у зернівці під час оброблення ЕМП НВЧ.

Таблиця 5.8

**Тривалість варіння каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту (сорт Голіковська, 2017 р., борошністе ядро), хв**

Тривалість оброблення ЕМП НВЧ, с	Нелущене зерно				Крупа № 1			
	Зволоження на, %							
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
20	17,3	16,7	15,7	14,7	15,3	14,7	13,7	12,3
40	17,3	16,3	15,7	14,3	15,3	14,3	13,3	12,0
60	17,0	16,0	15,0	13,7	14,3	13,7	12,7	11,3
80	15,7	15,0	14,3	13,0	14,3	13,3	12,7	11,0
100	15,7	14,7	14,0	12,7	13,7	12,7	11,7	10,3
120	15,3	14,3	13,7	12,3	13,3	12,3	11,7	10,0
140	14,7	13,7	12,7	11,3	12,7	11,7	10,7	9,3
160	14,7	13,7	12,7	11,3	12,0	11,3	10,3	8,7
180	14,0	12,7	11,7	10,3	11,3	10,3	9,3	8,0
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>A (лущення зерна) – 0,3; B (зволоження) – 0,5; C (оброблення ЕМП НВЧ) – 0,7; AB – 1,4; AC – 1,0; BC – 0,7; ABC – 2,0</i>							

За використання крупи № 1 тривалість варіння каші із крупи плющеної вищого сорту скорочувалась на 2–4 хв, порівняно з аналогічними режимами оброблення нелущеного зерна. Очевидно, що оболонки зернівки гальмують процес проникнення вологи, а отже і передавання тепла. У результаті цього необхідно більше часу для денатурації білків і клейстеризації крохмалю під час варіння.

Аналізуючи дані табл. 5.9, встановлено, що зміна тривалості варіння каші з крупи плющеної із зерна пшениці полби вищого сорту (сорт Голіковська, склоподібне ядро) мала аналогічну тенденцію і складала від 12 до 21 хв. За використання нелущеного зерна цей показник становив 14–21 хв, а у варіантах використання крупи № 1 – від 12 до 18,3 хв, зменшуючись на 2–3 хв.

Таблиця 5.9

**Тривалість варіння каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту (сорт Голіковська, склоподібне ядро), хв**

Тривалість оброблення ЕМП НВЧ, с	Нелущене зерно				Крупа № 1			
	Зволоження на, %							
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
20	21,3	20,3	18,7	17,3	18,3	17,7	17,0	16,0
40	21,0	20,0	18,3	17,0	18,3	17,3	16,7	15,7
60	20,7	19,7	18,3	17,0	18,0	17,3	16,3	15,3
80	20,7	19,3	18,0	16,7	17,7	17,0	16,0	15,0
100	20,7	19,0	17,0	15,7	16,7	16,3	16,0	14,7
120	20,0	18,3	17,0	15,3	16,3	16,3	15,7	14,0
140	20,0	18,0	16,3	15,0	16,3	16,0	15,0	13,3
160	20,0	18,0	16,0	14,3	15,7	15,3	15,0	13,3
180	19,7	18,0	16,0	14,3	15,0	15,0	14,3	12,0

Необхідно зазначити істотну різницю тривалості варіння каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту за використання зерна того ж сорту, проте, з різною склоподібністю. Цьому сприяв значно вищий вміст білка (в 1,2 рази), що збільшувало тривалість його денатурації.

Динаміка зміни часу варіння каші із крупи плющеної вищого сорту з зерна пшениці полби лінії LP 1152 (склоподібне ядро) була подібною варіанту використання зерна сорту Голіковська (склоподібне ядро) (Додаток Д.7).

Отримані дані вказують, що зміна тривалості оброблення ЕМП НВЧ і зволоження зерна пшениці полби (сорт Голіковська) не впливали на органолептичні показники, а отже, і на загальну кулінарну оцінку. Втім, використання нелущеного зерна та крупи № 1 поряд з консистенцією ядра внесли певні відмінності (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

**Кулінарна оцінка каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту  
(сорт Голіковська)**

Показник	Борошнисте ядро		Склоподібне ядро	
	нелущене зерно	крупа № 1	нелущене зерно	крупа № 1
Коефіцієнт розварювання	4,8–5,3	4,7–5,3	5,2–5,3	5,0–5,1
Смак, бал	7,0	7,0	8,3	8,3
Запах, бал	7,0	8,3	8,3	8,3
Колір, бал	5,0	6,3	5,7	8,3
Консистенція, бал	7,0	7,0	9,0	9,0
Консистенція під час розжовування, бал	6,3	8,3	5,0	8,3
Загальна кулінарна оцінка, бал	6,5	7,4	7,3	8,5

Встановлено, що коефіцієнт розварювання каші із крупи плющеної з зерна пшениці полби вищого сорту змінювався залежно від консистенції ядра, проведення луцення, режимів зволоження та оброблення ЕМП НВЧ (Додаток Д.8–10).

Проведеними дослідженнями встановлено, що смак каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту не змінювався за використання нелущеного зерна і крупи № 1. Проте каша із борошнистого ядра характеризувалась вираженим смаком (7 балів), а зі склоподібного ядра – сильно вираженим (8,3 бала).

Встановлено, що каша із нелущеного зерна з борошнистим ядром характеризувалась вираженим запахом (7 балів), а із крупи № 1 – сильно вираженим (8,3 бала). Запах каші зі склоподібного ядра був сильно вираженим, незалежно від наявності проведення луцення зерна.

Згідно отриманих даних, колір каші з крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту варіював від кремового (5–5,7 балів) – за умови використання нелущеного зерна, до світло-кремового (6,3–8,3 балів) – за використання крупи № 1. Це пояснюється відмінністю частки оболонки.

Оцінка консистенції каші з крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту не відрізнялася за використання нелущеного зерна та крупи № 1. Консистенція каші із борошнистого ядра була слабо розсипчастою (7 балів), а зі склоподібного ядра – розсипчаста (9 балів).

Також було встановлено, що консистенція каші під час розжовування змінювалась від жорсткуватої (з хрустом) (6,3 балів) до дуже ніжної (без хрусту) (8,5 балів) залежно від консистенції та проведення луцення, що пояснюється відмінністю фізико-хімічних властивостей оболонки і ендосперму.

Кулінарна оцінка каші із крупи плющеної вищого сорту з зерна пшениці полби лінії LP 1152 (склоподібне ядро) була подібною варіанту використання зерна сорту Голіковська (склоподібне ядро) (Додаток Д.11).

Каша із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту в цілому характеризувалась високою загальною кулінарною оцінкою. Найменше значення цього показника (6,5 балів) мала крупа із нелущеного зерна з борошністим ядром, а найбільше значення (8,5 балів) мав зразок із крупи № 1 з склоподібним ядром.

Оскільки кулінарна (органолептична) оцінка не змінювалась залежно від тривалості оброблення ЕМП НВЧ і проведення зволоження, рекомендується вибирати режими виробництва, що забезпечать найбільший вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту. При цьому, необхідно зважати на особливості сорту й тип сировини (табл. 5.11).

Таблиця 5.11

### Оптимальні режими виробництва крупи плющеної з пшениці полби

Режим виробництва	Сорт Голіковська (борошністе ядро)		Сорт Голіковська (склоподібне ядро)		Лінія LP 1152 (склоподібне ядро)	
	зерно	крупа № 1	зерно	крупа № 1	зерно	крупа № 1
Зволоження на, %	0,5–1,0	1,0–1,5	1,0–1,5	1,0–1,5	0,5–1,0	1,0–1,5
Тривалість оброблення ЕМП НВЧ, с	80–100	80–100	80–100	80–100	100–120	100–120
Вихід крупи плющеної вищого сорту, %	74,4–79,5	31,5–45,6	91,7–92,3	71,1–80,1	85,0–89,3	68,8–73,2
Загальна кулінарна оцінка, бал	6,5	7,4	7,3	8,5	7,4	9,0

Слід зазначити, що незалежно від типу сировини (нелущене зерно або крупа № 1) найкращий варіант – використання зерна пшениці полби сорту Голіковська з високим вмістом білка (склоподібним ядром). Оптимальний режим – зволоження на 1,0–1,5 % та оброблення ЕМП НВЧ впродовж 80–100 с. За цих режимів кулінарна

оцінка каші з крупи буде на високому рівні, а вихід становитиме 91,7–92,3 і 71,1–80,1 % за використання відповідно нелущеного зерна та крупи № 1.

*Вміст вітамінів в крупі плющених з пшениці полби вищого сорту залежно від проведення лушення, зволоження та тривалості оброблення ЕМП НВЧ.* Отримані дані (табл. 5.12) свідчать, що зволоження нелущеного зерна істотно підвищувало вміст вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub> (на 5–15 %). Так, за використання нелущеного зерна без проведення зволоження вміст вітаміну В<sub>6</sub> варіював від 0,15 до 0,18 мг/100 г, а після зволоження – від 0,23 до 0,14 мг/100 г залежно від тривалості оброблення ЕМП НВЧ. Вміст вітамінів групи В змінювався не істотно за різної тривалості оброблення ЕМП НВЧ, винятком є В<sub>3</sub> і В<sub>6</sub>.

Отримані дані свідчать (табл. 5.13), що вміст вітаміну К<sub>1</sub> за використання нелущеного зерна без проведення зволоження варіював від  $1,8 \cdot 10^{-3}$  до  $2,0 \cdot 10^{-3}$  мг/100 г залежно від тривалості оброблення ЕМП НВЧ. Вміст цього вітаміну істотно збільшувався (до  $2,6 \cdot 10^{-3}$  мг/100 г) після зволоження, проте після оброблення ЕМП НВЧ тривалістю 180 с він зменшився до  $1,6 \cdot 10^{-3}$  мг/100 г, або в 1,6 рази.

Таблиця. 5.12

**Вміст водорозчинних вітамінів і пігментів у крупі плющених із нелущеного зерна пшениці полби вищого сорту (сорт Голиковська, 2018 р.), мг/100 г**

Тривалість оброблення ЕМП НВЧ, с	Вміст вітаміну								Лютеїн + зеаксантин
	В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>3</sub>	В <sub>4</sub>	В <sub>5</sub>	В <sub>6</sub>	В <sub>7</sub>	В <sub>9</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Без зволоження									
20	0,34	0,09	6,65	95,1	1,05	0,15	0,01	0,041	0,141
40	0,34	0,09	6,66	95,2	1,05	0,15	0,01	0,042	0,140
60	0,34	0,09	6,66	95,1	1,05	0,15	0,01	0,041	0,141
80	0,34	0,09	6,68	95,3	1,05	0,16	0,01	0,041	0,148
100	0,34	0,09	6,69	95,2	1,05	0,18	0,01	0,041	0,150
120	0,35	0,09	6,69	95,2	1,06	0,18	0,01	0,042	0,151
140	0,34	0,09	6,68	95,3	1,05	0,18	0,01	0,041	0,150
160	0,34	0,09	6,67	95,0	1,05	0,18	0,01	0,041	0,149
180	0,34	0,09	6,66	95,0	1,05	0,18	0,01	0,041	0,148

Продовження табл. 5.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зволоження на 1,0 %									
20	0,36	0,10	6,88	95,8	1,06	0,23	0,01	0,041	0,166
40	0,36	0,10	6,87	95,9	1,06	0,22	0,01	0,041	0,164
60	0,36	0,10	6,83	96,0	1,06	0,21	0,01	0,041	0,165
80	0,36	0,11	6,81	95,7	1,06	0,20	0,01	0,041	0,161
100	0,35	0,10	6,80	95,6	1,06	0,17	0,01	0,042	0,158
120	0,35	0,1,0	6,77	95,5	1,06	0,16	0,01	0,041	0,155
140	0,35	0,11	6,76	95,5	1,06	0,16	0,01	0,041	0,152
160	0,35	0,10	6,75	95,4	1,06	0,14	0,01	0,042	0,151
180	0,35	0,10	6,75	95,4	1,06	0,14	0,01	0,041	0,150

Таблиця. 5.13

**Вміст жиророзчинних вітамінів у крупі плющеної із нелущеного зерна пшениці  
полби вищого сорту (сорт Голіковська, 2018 р.), мг/100 г**

Тривалість оброблення ЕМП НВЧ, с	Вміст вітаміну			
	К <sub>1</sub>	β-каротин	β-токоферол	γ-токоферол
Без зволоження				
20	1,8×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,51
40	1,8×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,16	1,51
60	1,8×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,51
80	1,8×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,18	1,51
100	2,0×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,51
120	2,0×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,15	1,51
140	2,0×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,50
160	2,0×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,50
180	1,9×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,50
Зволоження на 1,0 %				
20	2,6×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,51
40	2,6×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,16	1,51
60	2,8×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,51
80	2,2×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,15	1,51
100	2,0×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,51
120	1,7×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,16	1,51
140	1,7×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,51
160	1,7×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,16	1,51
180	1,6×10 <sup>-3</sup>	0,003	0,17	1,50

Вміст вітамінів  $\beta$ -каротин,  $\beta$ -токоферол,  $\gamma$ -токоферол значно не змінювався від тривалості НВЧ-опромінювання та проведення ВТО. Слід відзначити, що за оптимального режиму виробництва крупи плющеної вміст вітаміну  $K_1$  становив  $2,0\text{--}2,2 \times 10^{-3}$  мг/100 г,  $\beta$ -каротину – 0,003 мг/100 г,  $\beta$ -токоферол – 0,15–0,18 мг/100 г,  $\gamma$ -токоферол – 1,51 мг/100 г.

Проведення лущення зерна вплинуло на вміст деяких вітамінів. Так, вміст водорозчинних вітамінів і пігментів після оброблення ЕМП ЕВЧ крупи № 1, порівняно з використанням нелущеного зерна, дещо змінювалися (на 1–10 %) (табл. 5.14). Так, вміст вітаміну  $B_6$  змінювався від 0,17 до 0,19 мг/100 г залежно від тривалості оброблення ЕМП ЕВЧ без зволоження, що на 5–12 % більше порівняно з варіантом використання нелущеного зерна. Значення вмісту цього вітаміну за зволоження – 0,14–0,22 мг/100 г, зменшуючись зі збільшенням тривалості оброблення ЕМП ЕВЧ.

Встановлено, що за використання крупи № 1 істотно (в 1,5 рази) зменшився вміст  $\beta$ -каротину порівняно із застосуванням нелущеного зерна (табл. 5.15). Неістотно змінювався вміст вітаміну  $K_1$  ( $1,9 \times 10^{-3}$ – $2,0 \times 10^{-3}$  мг/100 г),  $\beta$ -токоферолу (0,16–0,18 мг/100 г) і  $\gamma$ -токоферолу (1,48–1,55 мг/100 г).

Таблиця. 5.14

**Вміст водорозчинних вітамінів і пігментів у крупі плющеній з крупи пшениці полби № 1 (сорт Голіковська, 2018 р.), мг/100 г**

Тривалість оброблення ЕМП НВЧ, с	Вміст вітаміну								Лютеїн + зеаксантин
	$B_7$	$B_9$	$B_2$	$B_6$	$B_1$	$B_5$	$B_3$	$B_4$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Без зволоження									
20	0,01	0,041	0,10	0,17	0,34	1,05	6,61	94,8	0,140
40	0,01	0,041	0,10	0,17	0,34	1,05	6,62	94,9	0,138
60	0,01	0,041	0,10	0,18	0,34	1,05	6,61	94,8	0,140
80	0,01	0,041	0,10	0,19	0,34	1,05	6,64	94,7	0,146
100	0,01	0,041	0,10	0,19	0,34	1,05	6,65	94,8	0,151
120	0,01	0,041	0,10	0,19	0,34	1,05	6,64	94,9	0,150

Продовження табл. 5.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
140	0,01	0,041	0,10	0,19	0,34	1,05	6,62	94,7	0,149
160	0,01	0,041	0,10	0,19	0,34	1,05	6,61	94,6	0,147
180	0,01	0,042	0,10	0,19	0,34	1,05	6,61	94,6	0,145
Зволоження на 1,0 %									
20	0,01	0,041	0,11	0,22	0,36	1,06	6,79	95,2	0,160
40	0,01	0,041	0,10	0,22	0,36	1,06	6,77	95,3	0,157
60	0,01	0,041	0,10	0,20	0,36	1,06	6,73	95,5	0,158
80	0,01	0,041	0,11	0,20	0,36	1,06	6,77	95,2	0,155
100	0,01	0,041	0,10	0,17	0,35	1,06	6,70	95,2	0,149
120	0,01	0,041	0,10	0,16	0,35	1,05	6,68	95,1	0,149
140	0,01	0,041	0,11	0,16	0,35	1,05	6,66	95,1	0,145
160	0,01	0,041	0,10	0,15	0,34	1,05	6,65	95,0	0,144
180	0,01	0,042	0,10	0,14	0,34	1,05	6,63	95,0	0,142

Таблиця. 5.15

**Вміст жиророзчинних вітамінів у крупі плющеної з крупи пшениці полби № 1  
(сорт Голіковська, 2018 р.), мг/100 г**

Тривалість оброблення ЕМП НВЧ, с	Вміст вітаміну			
	К <sub>1</sub>	β-каротин	β-токоферол	γ-токоферол
Без зволоження				
20	2,0×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,55
40	2,0×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,55
60	2,0×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,55
80	2,0×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,18	1,55
100	2,0×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,55
120	1,9×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,16	1,55
140	1,9×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,50
160	1,9×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,16	1,49
180	1,9×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,49
Зволоження на 1,0 %				
20	2,6×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,51
40	2,6×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,51
60	2,8×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,18	1,52
80	2,5×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,51
100	2,1×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,16	1,51
120	1,9×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,52
140	1,9×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,51
160	1,8×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,16	1,49
180	1,8×10 <sup>-3</sup>	0,002	0,17	1,48



Комплексно оцінивши усі режими виробництва крупі плющеної з пшениці полби, було встановлено, що вміст вітамінів у крупі плющеної вищого сорту змінювався залежно від тривалості оброблення ЕМП НВЧ, типу сировини (зерно/крупа № 1) і проведення зволоження.

### 5.3 Розробка технології виробництва крупі плющеної за різних способів оброблення

Розробка технології виробництва крупі плющеної з пшениці полби за традиційного методу оброблення. Розроблення технології виробництва крупі плющеної із зерна пшениці полби здійснювали на основі технології швидкорозварюваних круп пшеничних [159]. Проте, з урахуванням не доцільності проектування підприємств великої продуктивності, крупі плющеної з пшениці полби рекомендовано виробляти за скороченою технологічною схемою (рис. 5.6).

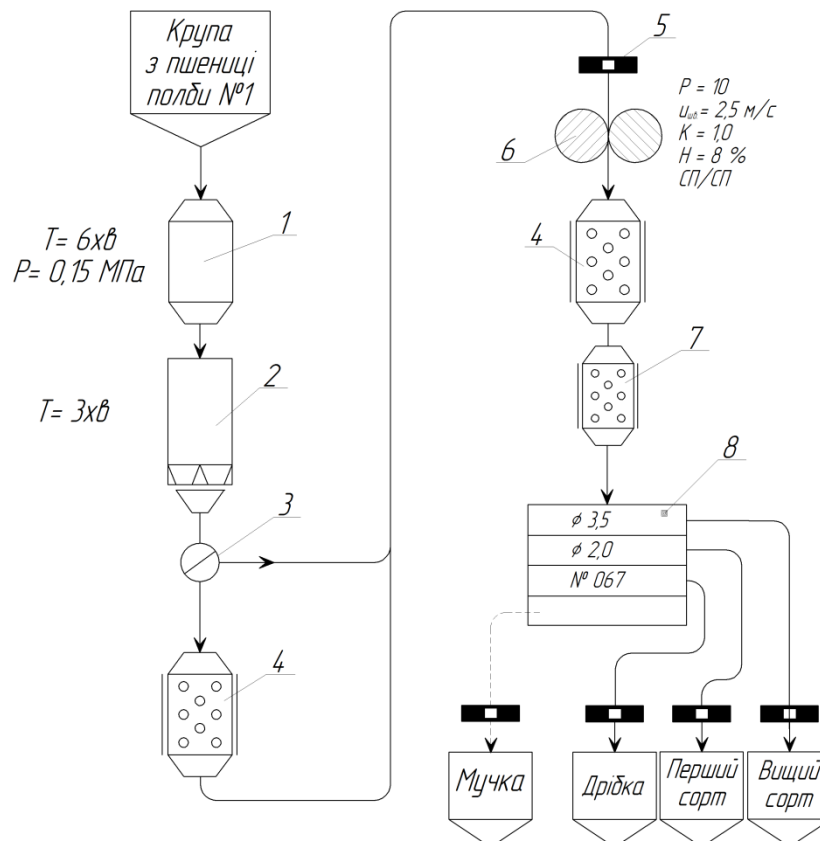


Рис. 5.6 Технологічна схема виробництва крупі плющеної з пшениці полби за традиційного оброблення

Для виробництва крупі плющеної з пшениці полби рекомендується використовувати крупу з пшениці полби № 1 без додаткового сортування. Згідно з

встановлених оптимальних режимів крупу № 1 пропарюють у пропарювачі (1) за тиску насиченої пари 0,15 МПа впродовж 6 хв, відволожують у термоізолюваному бункері (2) упродовж 3 хв. У разі перевищення вологості крупи після пропарювання (23–25 %), слід провести її підсушування. Для забезпечення цієї технологічної операції передбачено встановлення перекидного симетричного клапана (3).

Після відволожування, зерно плющують на плющильному верстаті (6) при диференціалі 1:1, після пропуску через магнітну колонку. Одержану суміш круп'яних продуктів сушать до вологості 14 % у сушарці (4), після чого охолоджують в охолоджувальній колонці (7). Крупу плющену вищого сорту з пшениці полби отримують сходом сита  $\varnothing 3,5$  мм на розсійнику (8).

*Розробка технології виробництва крупи плющеної з пшениці полби за обробленням ЕМП НВЧ.* Розроблення технології виробництва крупи плющеної з зерна пшениці полби здійснювали на основі технології швидкорозварюваних круп пшеничних [159] і «легких» гречаних зерен [135, 140]. Згідно з одержаними результатами досліджень для виробництва крупи плющеної з пшениці полби за використання оброблення ЕМП НВЧ рекомендовано використовувати нелущене зерно пшениці полби з відділенням дрібної фракції (прохід сита 1,7x20 мм).

Підготовлене зерно зволожують (на 0,5–1,5 %) у зволожувачі постійної дії (1) та відволожують у бункері (2) упродовж 30 хв (рис. 5.7).

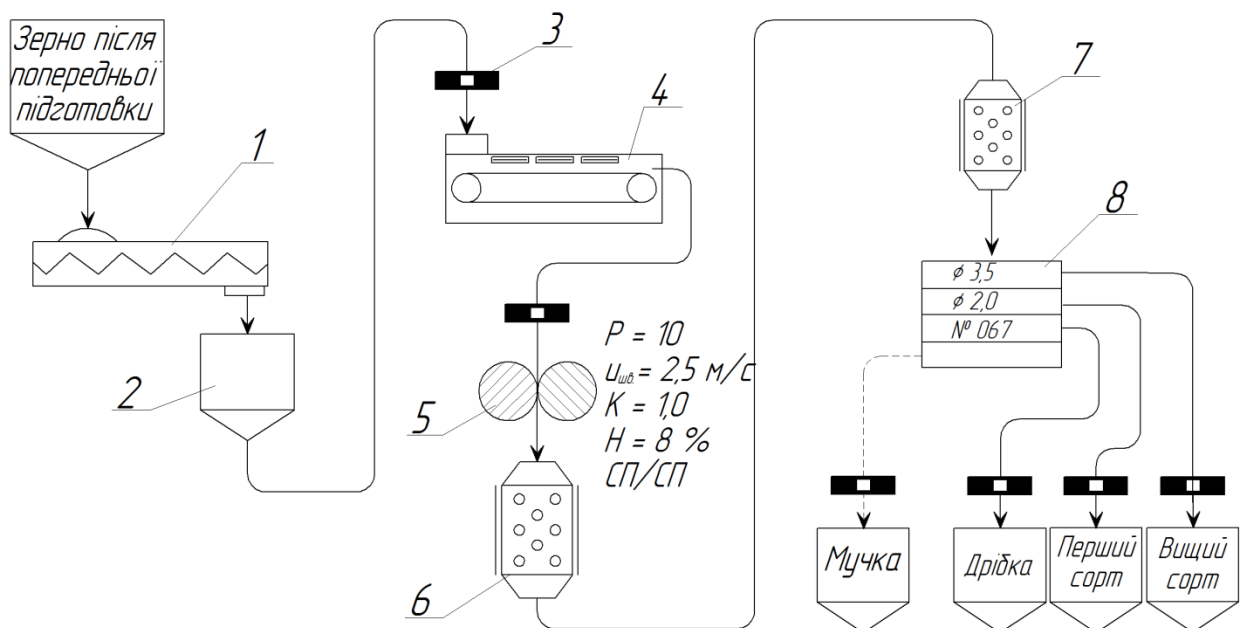


Рис. 5.7 Технологічна схема виробництва крупи плющеної з пшениці полби за обробленням ЕМП НВЧ

Перед обробленням крупу пропускають через магнітну колонку (3). Оброблення зерна здійснюють на мікрохвильовій установці типу «Бархан-3» або подібному до цього обладнанні. Після оброблення, зерно плющать на плющильному верстаті (5) після пропуску через магнітну колонку. Одержану суміш круп'яних продуктів сушать до вологості 14 % у сушарці (6), після чого охолоджують в охолоджувальній колонці (7). Крупу плющеної вищого сорту з пшениці полби отримують сходом сита Ø 3,5 мм на розсійнику (8).

Така технологія отримання крупи плющеної з пшениці полби здійснюється за скороченою схемою виробництва з меншими енергосиловими витратами, порівняно з традиційним методом використання пари. Це забезпечується відсутністю необхідності виробництва та транспортування значної кількості теплоносія – водяної пари, для проведення гарячого кондиціонування.

За описаною технологією одержано патент на корисну модель «Спосіб виробництва крупи плющеної із зерна пшениці полби після дії НВЧ-випромінювання».

### **Висновок до розділу 5.**

1. Вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту за традиційного способу виробництва (пропарювання) більше (в 1,2–1,5 рази) залежить від тривалості луцення зерна, ніж від режимів водотеплового оброблення. Збільшення тривалості пропарювання від 3 до 9 хв підвищує вихід крупи в 1,1–1,2 рази, а тривалості відволожування з 3 до 9 хв – у 1,1–1,3 рази зменшує її вихід. Особливості сорту мають найменший ступінь впливу на вихід такої крупи.

2. Загальна кулінарна оцінка каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту змінюється внаслідок зміни показників кольору і консистенції каші під час розжовування. Зазначені показники залежать від тривалості луцення зерна. Тривалість пропарювання та відволожування не впливає на кулінарні властивості каші, проте тривалість пропарювання прямо впливає на тривалість варіння. Оптимальними варіантом виробництва крупи плющеної з пшениці полби є

використання лущеного зерна (крупа № 1 з індексом лущення 6–10 %), пропарювання впродовж 6 хв і відволожування – 3 хв. За цих режимів вихід готового продукту з високими кулінарними властивостями (7,7–8,5 балів) становить 76,3–82,5 %. Тривалість варіння такої крупи – від 10,7 до 17,3 хв.

3. Встановлено, що лущення зерна під час виготовлення крупи плющеної з пшениці полби значно зменшує вміст вітамінів В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>7</sub>, β-каротину, β-токоферолу і γ-токоферолу та не істотно – В<sub>1</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>9</sub> і К<sub>1</sub>. Збільшення тривалості пропарювання і відволожування під час виготовлення круп плющених зумовлювало підвищення (в 1,3–1,4 рази) вмісту вітаміну К<sub>1</sub>.

4. За виробництва крупи плющеної з пшениці полби за оброблення ЕМП НВЧ збільшенню виходу крупи вищого сорту сприяє використання нелущеного зерна, зволожування, опромінювання (тривалістю 80–100 с) й використання зерна зі склоподібним ядром. На кулінарну оцінку продукту впливає лущення зерна та особливості сорту. Тривалість оброблення ЕМП НВЧ та зволожування зерна зменшує тривалість варіння каші.

5. За використання зерна пшениці полби сорту Голіковська зі склоподібним ядром необхідне його зволожування на 1,0–1,5 % та оброблення ЕМП НВЧ упродовж 80–100 с. За цих режимів вихід крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту – 91,7–92,3 % з нелущеного зерна, та 71,1–80,1 % з крупи № 1. Загальна кулінарна оцінка продукту на високому рівні – відповідно 7,3 і 8,5 балів. Тривалість варіння – 16–18 хв.

6. Вміст вітамінів у крупі плющеній із зерна пшениці полби вищого сорту змінюється залежно від режимів виробництва. Зволожування нелущеного зерна істотно підвищувало вміст вітамінів В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub> (на 5–15 %). Лущення зерна й оброблення ЕМП НВЧ зменшувало вміст водорозчинних вітамінів і пігментів (на 1–10 %) в кінцевій продукції.

7. Порівняно з традиційною технологією виробництва швидкорозварюваних пшеничних круп розроблені технологічні схеми виробництва крупи плющеної з пшениці полби за традиційного методу та обробленням ЕМП НВЧ, що забезпечують спрощення схеми виробництва та менші енергосилові витрати.

*Матеріали розділу 5 опубліковано та апробовано в працях [119, 121, 122, 129, 132, 149, 153, 174, 267, 268]:*

1. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вплив тривалості лушення та водотеплового оброблення зерна на вихід і кулінарну оцінку плющеної крупи із пшениці полби. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2019. Т. 30 (69). Ч. 2. № 6. С. 107–111. DOI:10.32838/2663-5941/2019.6-2/19

2. Осокіна Н. М., Любич В. В., Лещенко І. А. Визначення оптимальних параметрів підготовки зерна пшениці полби перед плющенням. *Актуальні питання аграрної науки: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 21 листопада 2019 р.)*. Умань. 2019. С. 279–281.

3. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вихід крупи плющеної з пшениці полби залежно від тривалості оброблення в мікрохвильовій печі. *Topical issues of the development of modern science: abstracts of the VI International scientific and practical conference (Sofia, 12–14 february 2020)*. Sofia, Bulgaria. 2020. P. 612–616.

4. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вплив параметрів лушення та водотеплового оброблення зерна на вихід і кулінарну якість плющеної крупи із пшениці полби. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. Ч. 1. С. 112–127.

5. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вплив НВЧ-випромінювання на вихід плющених круп із зерна пшениці полби. *Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки): матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (с. Крути, 12 березня 2020 р.)*. Крути. 2020. С. 84–89.

6. Осокіна Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вихід крупи плющеної із пшениці полби залежно від тривалості оброблення ЕМП НВЧ і водотеплового оброблення. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 52–71. DOI:10.31395/2415-8240-2020-96-1-52-71

7. Спосіб виробництва крупи плющеної із зерна пшениці полби після дії нвч-випромінювання: пат. 136918 України: МПК (2019.01), A23L 7/00. № u 2019 03877; заявл.15.04.2019; опубл. 10.09.2019, Бюл. № 17.

8. Osokina N., Liubych V., Novikov V., Leshchenko I., Petrenko V., Khomenko S., Zorunko V., Balabak O., Moskalets V., Moskalets T. Investigation of the influence of UHF electromagnetic field on the output of rolled groats of wheat spelt. *EUREKA: Life Sciences*, 2020. № 6. P. 47–57. DOI:10.21303/2504-5695.2020.001533

9. Osokina N., Liubych V., Novikov V., Leshchenko I., Petrenko V., Khomenko S., Zorunko V., Balabak O., Moskalets V., Moskalets T. Effect of electromagnetic irradiation of emmer wheat grain on the yield of flattened wholegrain cereal. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. V. 6 № 11 (108). P. 17–26. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.217018

10. Любич В. В., Лещенко І. А. Застосування електромагнітного поля надвисокої частоти для отримання плющених круп із зерна пшениці полби. *Рубіновські читання: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Умань, 15 травня 2020 р.)*. Умань. 2020. С. 41–42.

## РОЗДІЛ 6

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА КРУП'ЯНИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ

Одним із важливих критеріїв оцінювання певного виробничого засобу є економічна ефективність, що показує доцільність його проведення, прибуток та рівень його рентабельності [79, 202]. Останній відбиває вплив як економічних, організаційно-господарських, так і природних факторів. Економічна ефективність дає можливість враховувати реальні витрати та прибутки і на цій основі запропонувати найбільш економічно вигідні технології вирощування сільськогосподарських культур

Економічна ефективність від впровадження розроблених технологій показана на прикладі розрахунку рентабельності та терміну окупності виробництва для технологій круп із пшениці полби подрібнених № 1, 2 і 3 та крупі плющеної з пшениці полби за класичною схемою (оброблення насиченою парою). Норми виходу круп'яних продуктів прийняті відповідно встановлених оптимальних режимів.

Розрахунок проводили згідно методичних рекомендацій [136, 141]. Для розрахунку економічної ефективності виробництва круп'яних продуктів з пшениці полби використовували ціни 2020 року.

Капітальні вкладення на будівництво і реконструкцію підприємства складаються з вартості будівельних робіт (при реконструкції – добудова будівель та перепланування), обладнання, монтажних робіт та інших витрат і зростання обсягу обігових засобів під час реконструкції або норматив обігових коштів на будівництво.

Витрати на придбання обладнання складаються з вартості обладнання за ринковими цінами та супутніми витратами, а саме – транспортні (4 %), заготівельно-складські (1,25 %) та монтажні роботи (10 %).

Крім вартості основного обладнання необхідно враховувати додаткові витрати (% від кінцевої вартості обладнання), пов'язані з придбанням контрольно-вимірних приладів, внутрішньо цехового транспорту та неврахованого обладнання.

Прийнято, що на виробничому підприємстві крупи фасують у пакети масою 1 кг. Інші одержані продукти (мучка, відходи) фасують у мішки по 50 кг. Вартість електроенергії та води на технологічні цілі визначається добутком кількості затраченої енергії на вартість одиниці цих витрат за видами.

Підприємство працює в одну дев'ятигодину змінну з перервою 1 год (працівники охорони працюють у три зміни). Адміністративно-управлінський персонал включає 8 осіб.

Оплату праці нараховували згідно з установленими значеннями мінімальної зарплати в Україні станом на 01.09.2020 р. [87, 138, 158] і розрядом діючого працівника. Нарахування на заробітну плату складають 19,5 % (податок на доходи фізичних осіб 18 %, військовий збір – 1,5 %) [68]. Елементом відрахувань на соціальні заходи є єдиний соціальний внесок (ЄСВ – 22 %) [162].

До відрахувань на утримання основних засобів відносять витрати на амортизацію. Для визначення розміру необхідних коштів для цієї статті було використано прямолінійний метод розрахунку амортизації [164], що передбачає поділ вартості будівель і обладнання на тривалість його використання.

Розрахунки собівартості окремих видів продукції використовували для визначення потреби в оборотних коштах, плануванні прибутку та визначенні економічної ефективності виробництва.

Основні техніко-економічні показники виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби наведено в табл. 6.1, а алгоритм розрахунку наведено в додатках Е.1–Е.21.

Плановий прибуток від реалізації продукції, після відрахувань НДС, становив 9 млн грн для круп подрібнених з пшениці полби № 1, 2, 3 та 48,23 млн грн для круп плющеної з пшениці полби. Рівень рентабельності для круп подрібнених з пшениці полби № 1, 2 і 3 становив 24 %, для круп плющеної з пшениці полби – 122 %. Термін окупності капітальних вкладень для круп подрібнених – 1 р. 3 міс., тоді як для круп плющеної – 4 міс., що обґрунтовується вищим рівнем рентабельності.



Таблиця 6.1

**Техніко-економічні показники на впровадження технологій виробництва круп з пшениці полби подрібнених № 1, 2, 3 та плющених**

Показник	Крупа		
	№ 1	подрібнена № 1, 2, 3	плющена
Виручка, млн грн	38,74	40,10	66,30
Собівартість, млн грн	34,75	34,83	38,62
Прибуток від реалізації продукції, млн грн /рік	3,98	5,26	27,68
Рівень рентабельності продукції, %	11,5	15,1	71,7
Витрати на 1 грн товарної продукції	0,9	0,9	0,6
Рівень продуктивності праці, грн/люд.	1489,8	1541,9	2549,9
Показник фондівдачі	4,0	3,8	3,8
Чистий прибуток, млн грн /рік	3,27	4,31	22,70
Термін окупності, рік; місяць	2 р. 4 міс.	2 р.	7 міс.

### **Висновки до розділу 6**

Проведені економічні розрахунки підтверджують доцільність впровадження розроблених технологій виробництва круп із пшениці полби подрібнених № 1, 2, 3 забезпечує окупність капіталовкладень за два роки зі щорічним прибутком 4,3 млн грн і рівнем рентабельності 15 %, а за виробництва круп плющених – 7 місяців з прибутком 22,7 млн грн і рентабельністю 72 %.

*Матеріали розділу 6 апробовано в праці [102]:*

1. Лещенко І. А. Економічна ефективність виробництва крупи плющеної із пшениці полби. *European scientific discussions: abstracts of the 7th International scientific and practical conference.* (Rome, 23–25 may 2021). Rome, Italy. 2021. P. 293–297.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та практичне вирішення наукового завдання з оцінювання властивостей зерна і круп'яних продуктів з пшениці полби залежно від особливостей сорту, первинної обробки та розробленої технології виробництва крупи.

В результаті проведених експериментальних досліджень сформульовано наступні висновки:

1. За геометричною характеристикою зерно пшениці полби: довжина – 6,2–7,9 мм, ширина – 2,5–3,1 мм, товщина – 2,5–2,9 мм, об'єм – 22,6–36,9 мм<sup>3</sup>, площа зовнішньої поверхні – 60,9–87,3 мм<sup>2</sup>, питома поверхня – 2,4–2,7 од., об'єм поверхневих шарів – 4,0–5,7 мм<sup>3</sup>, сферичність – 0,6. Для зерна з такими параметрами підбір сит сепараторів і встановлення режимів луцильних машин може бути таким, як і для зерна пшениці м'якої. Між площею зовнішньої поверхні й об'ємом зернівки встановлено прямий тісний кореляційний зв'язок  $r = 0,97 \pm 0,02$ .

2. Залежно від сорту, лінії та погодних умов вирощування, зерно пшениці полби містить: 11,7–17,3 % білка, 25,2–37,7 % клейковини з ІДК 85–107 од. пр. ВДК, 54–52 % крохмалю з числом падання 310–419 с. У складі зерна пшениці полби наявні водорозчинні (групи В – В<sub>1</sub>–В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>) вітаміни, жиророзчинні (К<sub>1</sub>, β-каротин, β-токоферол, γ-токоферол) провітаміни та пігменти (лютеїн+зеаксантин). Зерно пшениці полби масою 100 г забезпечує добову потребу людини у вітамінах В<sub>1</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub> і В<sub>7</sub> на 19–31 %, вітамінами В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub> і К<sub>1</sub> на 3,5–14 % та на 0,09–0,13 % β-каротином.

3. Показники технологічних властивостей зерна пшениці полби, залежно від сорту, лінії та погодних умов вирощування, варіюють у досить широкому діапазоні: маса 1000 зерен – 31,3–53,5 г; натура – 756–787 г/л, склоподібність – 21–94 %, вміст золи – 1,81–1,98 %, значення седиментації – 29,4–53,9 см<sup>3</sup>. За індексом розміру часточок (17,1–20,1 %) зерно пшениці полби відноситься до твердозерного з вмістом оболонки – 7,1–8,2 %; зародку – 2,5–3,7 %; ендосперму – 89–90 %.

4. Особливістю пшениці полби є високий вміст золи і клейковини, проте

задовільної або незадовільної слабкої за якістю, зате з низькою аполітичною активністю, що вказує на високу газотримувальну здатність. Між масою 1000 зерен та об'ємом зернівки і вмістом білка встановлено тісні кореляційні зв'язки (відповідно  $r=0,91\pm 0,05$  і  $r=0,72\pm 0,03$ ). Між вмістом білка і показником седиментації встановлений прямий тісний кореляційний зв'язок ( $r=0,88\pm 0,03$ ), а натомість між показником ІРЧ і седиментації обернений середньої сили ( $r=-0,46\pm 0,05$ ).

5. Оптимізовано технологічний процес виробництва круп'яних продуктів із пшениці полби, що передбачає використання зерна з вологістю 12–13 %, зволоження на 1 %, відволоження впродовж 30 хв, лушення до одержання індексу лушення – 7–10 %. Це забезпечує – 90–93 % вихід крупи з пшениці полби № 1 з тривалістю варіння 29–35 хв і загальною кулінарною оцінкою каші 7,4–8,5 балів. Для виробництва крупи подрібненої доцільно використовувати крупу № 1 (індекс лушення – 6–9 %), що забезпечує загальний вихід круп подрібнених № 1, 2 і 3 на рівні 77–85 % із кулінарною оцінкою каші – 6,5–8,6 балів за тривалості варіння 10–26 хв залежно від номера крупи.

6. При виробництві крупи плющеної з обробленням насиченою парою тиском 0,15 МПа доцільно використовувати крупу з пшениці полби № 1 з коефіцієнтом лушення 6–9 %, пропарювання впродовж 6 хв і відволоження – 3 хв. Вихід крупи вищого сорту становить 76–83 %, тривалість варіння – 11–17 хв за кулінарної оцінки каші – 7,7–8,5 балів.

7. При виробництві крупи плющеної з обробленням ЕМП НВЧ слід використовувати нелущене зерно зі склоподібним ядром, зволожувати його на 1–1,5 % і обробляти ЕМП НВЧ упродовж 80–100 с. При цьому вихід крупи вищого сорту – 92 % з тривалістю варіння 16–18 хв і кулінарною оцінкою каші – 7,3 балів.

8. За розрахунками економічної ефективності, виробництво круп із пшениці полби подрібнених № 1, 2, 3 забезпечує окупність капіталовкладень за два роки зі щорічним прибутком 4,3 млн грн і рівнем рентабельності 15 %, а за виробництва круп плющених – 7 місяців з прибутком 22,7 млн грн і рентабельністю 72 %.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для виробництва круп на зернопереробних підприємствах використовувати зерно сорту пшениці полби Голіковська із склоподібним ендоспермом (ядром) з виділенням дрібного зерна (прохід сита 1,7·20 мм).

2. Для виробництва крупи з пшениці полби № 1 слід використовувати зерно з вологістю 12–13 %; зволожувати його на 1 % та відволожувати упродовж 30 хв. Лущення зерна проводити до одержання ІЛ – 7–10 %, що забезпечить загальний вихід крупи на рівні 90–93 %.

3. Для виробництва крупи з пшениці полби подрібненої № 1, 2, 3 слід використовувати крупу № 1 з індексом лущення – 6–9 %, що забезпечить загальний вихід крупи подрібненої на рівні 77–85 % (№ 1 – 5–8, № 2 – 41–52, № 3 – 25–31 %) з високою кулінарною оцінкою (6,5–8,6 бала).

4. Для виробництва крупи плющеної з пшениці полби обробленням парою слід використовувати крупу № 1 з індексом лущення – 6–9 %, пропарювання впродовж 6 хв і відволожування – 3 хв. За цих режимів вихід крупи вищого сорту становить 76–83 %.

5. Для виробництва крупи плющеної з пшениці полби обробленням електромагнітним полем надвисокою частотою слід використовувати нелущене зерно, проводити зволожування на 1,0–1,5 % та обробляти ЕМП НВЧ упродовж 80–100 с. За цих режимів вихід крупи плющеної вищого сорту становитиме близько 92 %.

Рекомендовані режими виробництва передбачає одержання крупи з високою кулінарною оцінкою 7–8 балів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анисимова Л. В. Влияние гидротермической обработки зерна на белковый комплекс крупяных продуктов. *Ползуновский вестник*. 2012. № 2/2. С. 158–162.
2. Арес Х., Лейтер Ю. Многомерный дисперсионный анализ. Пер. с нем. В. М. Иванов, Ю. Н. Тюрина – Москва: Финансы и статистика, 1985. 230 с.
3. Бабенко Л. М., Рожков Р. В., Парій Я. Ф. та ін. *Triticum Dicocum* (Schrank) Schuebl.: походження, біологічна характеристика й перспективи використання в селекції та сільському господарстві. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Біологія»*. 2017. Вип. 2 (41). С. 92–102.
4. Бадамшина Е. В., Нафикова Э. З., Гилемьянова Л. В., Шуваева Е. Г. Технологические свойства зерна полбы. Материалы V Междунар. студ. интернет-конф. 15 января–15 апреля 2017. г. Орел, 2017. С. 62–65.
5. Баженова И. А. Исследование технологических свойств зерна полбы (*Triticum dicocum* Schrank.) и разработка кулинарной продукции его использованием: автореф. дис. .... канд. тех. наук: 05.18.15. Санкт-Петербург, 2004. 16 с.
6. Бастрон А. В., Долгов И. В. Постановка проблемы обеззараживания зерна пшеницы ЭМП СВЧ в послеуборочный период и пути ее решения. *Эпоха науки. Технические науки*. 2016. № 5. С. 64–68.
7. Бастрон А. В., Заплетина А. В., Логачёв А. В. Обзор СВЧ-установок для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур. *Вестник КрасГАУ*. 2015. № 5. С. 63–68.
8. Бачинська П. С., Харченко Є. І., Ноздрюхіна І. В. Технологічні властивості зерна пшениці різної крупності. *Хранение и переработка зерна*. 2017. № 1(209). С. 34–38.
9. Белик О. А., Велик А. Я., Цейтлин М. А. Способ шелушения полбы (спельты). [Електронний ресурс]. *Хранение и переработка зерна*. Режим доступу: <http://hipzmag.com/tehnologii/pererabotka/sposob-shelusheniya-polby-spelty/> (дата звернення: 23.03.2020).

10. Белов А. А., Сторчевой В. Ф., Белова М. В., Коробков А. Н. СВЧ-Установка для обеззараживания зерна и продуктов его переработки. *Известия ТСХА*. 2014. № 6. С. 101–107.
11. Беркутова Н. С., Швецова И. А. Микроструктура пшеницы: монографія. М.: «Колос», 1977. 128 с.
12. Богуславский Р. Л. О биологических механизмах доместикации пшеницы. *Вестник ВОГиС*. 2008. Т. 12 № 4. С. 680–685.
13. Боровик А. Н. Селекция и возвращение в культуру исчезающих и редких видов пшеницы: шарозёрной (*Triticum sphaerococcum* Pers.), полбы (*Triticum dicoccum* (Schrank.) Schuebl.), твёрдой (*Triticum durum* Desf.) и создание тритикале шарозёрной (*Triticale sphaerococcum*) для диверсификации производства высококачественного зерна: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. Краснодар, 2016. 48 с.
14. Боровиков В. П., Боровиков И. П. Statistika. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. М.: Филинь, 1997. 608 с.
15. Бузоверов С. Ю., Антишина Г. А. Влияние гидротермической обработки на качество зерна пшеницы. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 11 (137). С.38–39.
16. Васильев С. В. Характеристика полби як перспективної зернової культури та основні проблеми її після збирального оброблення. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2017. Вип. 17 (1). С. 16–20. DOI:10.15673/gpmf.v17i1.309
17. Верещинський А. П. Ефективність луцильно-шліфувальних машин «Каскад» при підготуванні зерна пшениці у сортовому помелі. 2016. [https://www.olis.com.ua/ukr/press-centre/kaskad\\_ua/](https://www.olis.com.ua/ukr/press-centre/kaskad_ua/)
18. Верещинський А. П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортових хлібопекарських помелів пшениці. Автореферат. 05.18.02 - Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів і комбікормів, олійних і луб'яних культур. 2013. НУХТ. Київ. 37 с.
19. Верещинський А. П. Луцнення пшениці у технології сортового помелу. 2016. [https://www.olis.com.ua/ukr/press-centre/article10\\_ua/](https://www.olis.com.ua/ukr/press-centre/article10_ua/)
20. Верещинский А. П. Шелушение как способ интенсификации водно-

тепловой обработки в сортовых помолах пшеницы. *Хранение и переработка зерна*.

21. Вечерська Л. А., Реліна Л. І., Голік О. В. Пшениця полба: переваги, недоліки і перспективи. *Вісник Уманського НУС*. 2018. № 2. С. 10–16.

22. Возіян В. В. Вплив параметрів луцення та водотеплової обробки зерна на вихід і кулінарну оцінку плющеної крупи із пшениці спельти. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Вип. 17 (1). С. 28–32.

23. Возіян В. В., Любич В. В., Сухомуд О. Г. Технологічні властивості зерна сортів пшениці озимої різного еколого-географічного походження. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2013. Вип. 1(71). С. 121–125.

24. Волошенко О. С., Хоренжий Н. В. Визначення хлібопекарських властивостей пшеничного борошна. *Хранение и переработка зерна*. 2017. № 5. С. 51–54.

25. Гасанова Г. М. Изучение взаимосвязи компонентного состава глиадинов с хлебопекарным качеством зерна мягкой пшеницы. *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2014. № 1–2 (10–11). С. 23–25.

26. Герман М. М. Вплив мінеральних добрив і допосівної обробки насіння на формування фізичних властивостей тіста та хлібопекарські показники якості зерна пшениці м'якої озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 1. С. 99–102. DOI:10.31210/visnyk2012.01.23

27. Герман М. М., Маренич М. М. Якість зерна пшениці м'якої озимої та шляхи її підвищення. *Вісник Полтавської Державної Аграрної Академії*. 2013. № 4. С. 19–22. DOI:10.31210/visnyk2013.04.04

28. Гилев С. Д., Цымбаленко И. Н., Мешкова Н. В. та др. Урожайность полбы и технологические качества зерна в зависимости от приемов возделывания. *Аграрный вестник Урала*. 2017. № 5 (159). С. 12–16.

29. Голік О. В., Діденко С. Ю., Реліна Л. І., Вечерська Л. А. Селекція пшениці полби звичайної ярої (*Triticum dicoccum* Shrank.) макаронного напрямку використання в Інституті Рослинництва Імені В. Я. Юр'єва НААН. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2017. Вип. 23. С. 90–99.

30. Голік О. В., Звягінцева А. М. Нові сорти пшениці ярої селекції інституту

рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 17. С. 247–253.

31. Голік О. В., Тимчук В. М., Єгорова Н. Ю., Полухіна А. В.. Сучасні проблеми при формуванні реалізаційних цін на насіння пшениці ярої. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва*. 2015. № 4. Серія «Економічні науки». С. 27–42.

32. Господаренко Г. М., Калієвська І. А. Забезпеченість сільськогосподарських культур основними елементами живлення за тривалого застосування добрив у польовій сівозміні. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2010. Вип. 73, ч. 1. С. 17–23.

33. Господаренко Г. М., Любич В. В., Новіков В. В. та ін. Вплив типу зерна пшениці на техніко-економічні показники круп'яного виробництва та кулінарну оцінку готового продукту. *Вісник Уманського НУС*. 2017. № 1. С. 38–43.

34. Господаренко Г. М., Любич В. В., Новіков В. В., Железна В. В. Білково-протеїназний комплекс зерна сортів пшениці спельти залежно від удобрення. *Збірник наукових праць УНУС*. Вип. 94(1). С. 8–16. DOI:10.31395/2415-8240-2019-94-1-8-16

35. Господаренко Г. М., Любич В. В., Новіков В. В., Железна В. В. Вміст вітамінів у зерні пшениці м'якої озимої за різного удобрення. *Вісник уманського національного університету садівництва*. 2019. № 2. С. 3–6. DOI:10.31395/2310-0478-2019-2-3-6

36. Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О. Вихід і якість круп'яних продуктів із зерна сортів і ліній пшениць. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. Вип. 4. С. 11–17.

37. Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., та ін. Якість крупи із зерна спельти та її зв'язок з вмістом білка. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету* 2015. № 4(38) С. 11–15.

38. Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Воробйова Н. В. Фізико-механічні властивості зерна різних сортів і ліній пшениць. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 3(45). С. 11–18.



39. Господаренко Г. М., Любич В. В., Полянецька І. О., Возіян В. В. Хлібопекарські властивості зерна спельти залежно від удобрення. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 1. С. 11–15.
40. Господаренко Г. М., Мартинюк А. Т., Любич В. В., Полянецька І. О. Круп'яні властивості зерна різних сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. Вип. 1 (43). С. 12–16.
41. Господаренко Г. М., Полторецький С. П., Любич В. В та ін. Оцінювання борошномельних властивостей зерна різних сортів і ліній пшениці спельти. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2017. Вип. 2 (33). С. 140–144.
42. Господаренко Г. М., Полторецький С. П., Любич В. В., Железна В. В. Удосконалення режимів пропарювання за виробництва крупи плющеної із зерна пшениці спельти. *Збірник наукових праць НУС*. 2018. Вип. 93 (1). С. 8–22.
43. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Кривда Ю. І., Нікітіна О. В. Агрохімічні показники якості чорнозему опідзоленого після тривалого (49 років) застосування добрив у польовій сівозміні. *Охорона ґрунтів*. 2014. В. 1. С. 135–139.
44. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Прокопчук С. В. Симбіотична азотфіксувальна здатність нуту та продуктивність культуриза різного удобрення. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2017. Вип. 25. С. 25–30.
45. Господаренко Г., Ткаченко І. Содержание белка и клейковины в зерне пшеницы „спельта” при разных уровнях азотного питания. *Știința agricolă*. 2013. № 2. С. 30–33.
46. Господаренко Г., Ткаченко І. Якість пшениці спельти залежно від особливостей удобрення азотними добривами. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Серія : «Агрономія». 2014. № 18. С. 68–75.
47. ГОСТ 30178-96 Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів
48. Гулавський В. Т. Научные основы применения различных видов вто при переработке зерна. *Зернові Продукти і Комбікорми*. 2014. Вип. 1 (55). С. 27–33.

DOI:10.15673/.55/2014.32273

49. Гунько С. М. Вплив умов та тривалості зберігання на технологічні властивості зерна пшениці озимої. Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education. 2014. С. 17–28.

50. Гуторова О. О., Стасенко О. М. Господарський механізм ефективного виробництва зерна в сільськогосподарських підприємствах: теорія та практика: монографія. Харків: ХНАУ, Федорко, 2014. 242 с.

51. Державна Фармакопея України 2-ге вид. ДП «Фармакопейний центр». 2015. Т. 1. Харків: «Фармаком»: 1128 с. ISBN 978-966-97390-0-1

52. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. 2021. Київ. 523 с.

53. Дмитрук Є. А., Любич В. В., Новіков В. В. Вихід крупи плющеної із зерна тритикале залежно від ступеня його лушніння та режиму водно-теплової обробки. *Зернові продукти і комбікорми*. 2015. Вип. 1 (59). С. 23–27. DOI:10.15673/2313-478x.59/2015.51151

54. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и Перераб. М. агропромиздат. 1985. 351. с.

55. Дробот В. І., Михонік Л. А., Семенова А. Б. Порівняльна характеристика хімічного складу та технологічних властивостей суцільнозмеленого пшеничного борошна та борошна спельти. *Хранение и переработка зерна*. 2014. №4 (181). С. 37–39.

56. Дробот В. І., Михонік Л. А., Семенова А. Б., Фалендиш Н. О. Борошно стародавніх пшениць, продукти переробки круп'яних культур та шроти у технології хліба. Київ: ПрофКнига, 2018. 188 с.

57. ГОСТ 10987-76. Зерно. Методы определения стекловидности (Зерно. Методи визначення склоподібності). [Чинний від 1977-06-01]. Вид. офіц. Москва: Стандартиформ, 2009. 8 с.

58. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. [Чинний від 2007-08-01]. Вид. офіц. Київ: Київський інститут хлібопродуктів, 2007. 8 с.

59. ДСТУ ISO 21415-1:2009 Пшениця і пшеничне борошно. Вміст

клейковини. Частина 1. Визначання сирої клейковини ручним способом (ISO 21415-1:2006, IDT) [На заміну ДСТУ ISO 5531:2004; чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Київ: НУБіП, 2009. 12 с.

60. ДСТУ ISO 2171:2009. Зернові, бобові та продукти їх помелу. Визначення загальної золи методом озолування (ISO 2171:2007, IDT) [На заміну ДСТУ 4252-2003; чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 9 с.

61. ДСТУ ISO 3093:2019. Пшениця, жито та борошно з них, пшениця тверда й манні крупи з твердої пшениці. Визначення числа падіння методом Хагберга-Пертена (Hagberg-Perten) (ISO 3093:2009, IDT). [На заміну ГОСТ 27676-88, ДСТУ ISO 3093:2009; чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 16 с.

62. ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен (ISO 520:2010, IDT). [На заміну ГОСТ 10842-89 (ИСО 520-77); чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 12 с.

63. ДСТУ ISO 712:2015. Зернові та продукти з них. Визначення вмісту вологи. Контрольний метод (ISO 712:2009, IDT). [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 20 с.

64. ДСТУ ГОСТ 10840:2019. Зерно. Метод визначення натури (ГОСТ 10840-2017, IDT). [На заміну ГОСТ 10840-64; чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 12 с.

65. Егоров Г. А. Технологические свойства зерна: монография. Москва: Агропромиздат, 1985. 334 с.

66. Егоров Г. А. Технология муки. Технология крупы: учеб. пособие. За ред. Н. В. Купкина. Москва: Колос, 2005. 296 с.

67. Єгоров Б. В., Жигуно Д. О., Мардар М. Р. та ін. Технологічні властивості зерна полби та спельти і перспективи їх використання для виробництва харчових продуктів. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том 23 № 5. Ч. 1. С. 209–216. DOI:10.24263/2225-2924-2017-23-5-1-26

68. Єдиний соціальний внесок (ЄСВ). *ТОВ «МінфінМедіа»*. [Електронний ресурс]. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/labour/social/>

69. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії / ред. В. О. Єщенко. Вінниця: ПП «ГД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
70. Жабборова Д. Р., Мажидов К. Х., Хужакулова Н. Ф. Влияние гидротермической обработки на биохимические свойства зерна пшеницы. *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* 2020. № 7 (76). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/9993>
71. Жемела Г. П., Курочка А. О. Вплив попередників на елементи структури врожайності та якості зерна пшениці озимої залежно від сортових властивостей. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2012. № 1. С. 33–36. DOI:10.31210/visnyk2012.01.08
72. Жемела Г. П., Курочка А. О. Вплив попередників на якість зерна пшениці озимої залежно від сортових властивостей. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2012. № 2. С. 26–29. DOI:10.31210/visnyk2012.02.04
73. Жигунов Д. А. Режимы влаготепловой обработки зерна пшеницы различных типов. *Наукові праці ОНАХТ.* 2012. Вип. 42 (1). С. 19–24.
74. Жигунов Д. О., Волошенко О. С., Хоренжий Н. В. Коригування пшеничного борошна із незадовільними хлібопекарськими властивостями. *Наукові праці.* 2019. Т. 82 (2). С. 23–29. DOI:10.15673/swonaft.v82i2.1244
75. Жигунов Д. О., Волошенко О. С., Хоренжий Н. В. Порівняльне дослідження показників якості цільнозернового пшеничного та спельтового борошна вітчизняного виробництва. *Зернові продукти і комбікорми* 2018. Vol. 18, І.3. С. 15–20.
76. Жигунов Д. О., Ковальова В. П., Жиронкіна Д. С. Аналіз якості борошна з різних регіонів України. *Удосконалення технологічних процесів для харчових та зернопереробних галузей АПК Наукові праці.* 2017. Т. 81. Вип. 2. С. 35–43.
77. Жигунов Д. О., Мардар М. Р., Соц С. М. та ін. Дослідження технологічних властивостей пшениці та спельти як сировини для виробництва борошна і крупи. *Наукові праці НУХТ.* 2018. Т. 24, № 5. С. 208–217. DOI: 10.24263/2225-2924-2018-24-5-26

78. Журавльова А. П., Журавльова Л. А. Послеуборочная обработка зерна с основами хранения зернопродуктов: монографія / СГСХА. Самара, 2012. 366 с.
79. Забуранна Л. В. Економічна ефективність виробництва зерна та шляхи її підвищення в сільськогосподарських підприємствах. *Економіка АПК*. 2014. № 3. С. 55–61.
80. Звонар А. М. Вплив погодних умов року та сортових особливостей на споживання азоту та формування якості зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3. С. 87–95. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)-11
81. Казаков Е. Д. Изменение структуры и текстуры тканей зерна при гидротермической обработке. *Известия вузов. Пищевая технология*. 1997. № 2–3. Краснодар: Изд-во КубГТУ. С. 9–10.
82. Кандроков Р. Х., Балова Е. Р.. Влияние гидротермической обработки на выход и качество полбяной муки. *Аграрный вестник Урала*. 2018. № 02 (169). С. 54–58.
83. Карабач К. С. Урожайність та показники якості пшениці озимої залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Вип. 10 (№ 3). С. 42–48. DOI:10.31548/agr2019.03.042
84. Карпенко В. П., Павлишин С. В., Гнатюк М. Г. Вміст сирової клейковини і білка у зерні пшениці полби звичайної за використання біологічно активних речовин. *Наукові горизонти*. 2019. № 7 (80). С. 8–14. DOI:10.33249/2663-2144-2019-80-7-8-14
85. Келер В. В. Варьирование содержания количества клейковины в зерне мягкой яровой пшеницы под влиянием метеорологических условий красноярского края. *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 2. С. 58–62. DOI:10.36718/1819-4036-2020-2-58-62
86. Кириленко Н. А., Ружицька О. М., Борисова О. В. Анатоомо-морфологічні особливості стебел та листків плівчастих пшениць *Triticum spelta* L. та *T. dicocum* (Schrank) Schuebl. *Вісник ОНУ. Біологія*. 2016. Т. 21. Вип. 1 (38). С. 50–61.
87. Кодекс законів про працю України. Закон України № 322-VIII від 10.12.71 ВВР, 1971, додаток до № 50, ст. 375. 85 с.
88. Козьмина Н. П., Гунькин В. А., Суслянок Г. М. Зерноведение (с основами биохимии растений). Москва: Колос, 2006. 464 с.

89. Колодяжний О. Ю., Пати́ка М. В., Танчик С. П. Формування біологічного потенціалу пшениці озимої за різних систем землеробства. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Вип. 1. С. 24–33.
90. Коломієць Л. А., Кириленко В. В., Маринка С. М. Формування показників адаптивності (урожайності, маси 1000 зерен та натури зерна) ліній пшениці озимої залежно від гідротермічних умов у зоні Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 102. С. 22–29. DOI:10.30835/2413-7510.2012.59814
91. Кондрат С. В. Рост и продуктивность полбы *Triticum dicocum* (Schrank) Schuebl. при инокуляции семян ассоциативными штаммами бактерий и внесении возрастающих доз минерального азота. автореф. дис.....канд. биол. наук: 03.00.12, 06.01.09. Санкт-Петербург, 2007. 19 с.
92. Кондратенко Е. П., Соболева О. М., Егорова И. В., Вербицкая Н. В. Изменение качества зерна пшеницы под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2015. № 5 (127). С. 30–37.
93. Кретович В. Л. Биохимия зерна и хлеба: монография. Москва: Наука, 1991. 136 с.
94. Кривов В. М. Ґрунтово-екологічні основи формування стійких агроландшафтів Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.3 / Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського. Харків, 1995. 20 с.
95. Крюкова А. Г. Морфобиологические особенности растений подвидов *Triticum dicocum* (Schrank) Schuebl: автореф. дис.....канд. биол. наук: 03.00.05. Санкт-Петербург, 2005. 20 с.
96. Крюкова Е. В., Лейберова Н. В., Лихачева Е. И. Исследование химического состава полбяной муки. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии»*. 2014. Т. 2 № 2. С. 75–81.
97. Куликов Д. С., Гольдштейн В. Г., Страхова С. А. Технология производства клейковины и крахмала с учетом влияния технологических параметров. *Вестник КрасГАУ*. 2018. № 3. С. 172–175.

98. Куропаткина О. В., Андреева А. А., Кирдяшкин В. В. Интенсивная инфракрасная обработка при производстве пшеничных хлопьев, готовых к употреблению. *Пищевая промышленность*. 2014. № 6. С. 38–40.

99. Леонов О. Ю., Усова З. В., Буряк Л. І. та ін. Мінливість показників якості зерна пшениці м'якої в залежності від погодних умов. *Збірник наукових праць СГІ-НЦНС*. 2016. Вип. 27 (67). С. 141–155.

100. Лещенко И. А., Любич В. В. Использование потенциала пшеницы полбы. *Инновационные подходы и перспективные идеи молодых ученых в аграрной науке: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых*. Алматы, Казахстан. 2017. С. 350–353.

101. Лещенко І. А. Вихід крупи подрібненої із зерна пшениці полби залежно від ступеня його луштиння. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конфер. Мелітополь*. 2020. С. 210–213.

102. Лещенко І. А. Економічна ефективність виробництва крупи плющеної із пшениці полби. «RESULTS OF MODERN SCIENTIFIC RESEARCH AND DEVELOPMENT» III Міжнародна науково-практична конференція. 29–31 травня 2021 р. Madrid, Spain. 2021. Р. 203–205.

103. Лещенко І. А. Умови проведення первинного перероблення зерна пшениці полби. Матеріали всеукр. наук. конф. молодих учених. Умань. 2018. С. 61–162.

104. Лещенко І. А., Любич В. В. Технологічні та споживчі властивості крупів залежно від водотеплового оброблення. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Актуальні питання сучасної аграрної науки». Умань. 2017. С. 333–334.

105. Лісовий М. В. Нормативні показники якості зерна пшениці озимої на чорноземах Лісостепу та Степу. *Вісник аграрної науки*. 2016. Вип. 94 (№ 8). Р. 5–7. DOI:10.31073/agrovisnyk201608-01

106. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Технологічні властивості зерна залежно від сорту. Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання). Матеріали IX Міжнар. наук. конфер. Умань. 2020. С. 112–115.

107. Любич В. В. Круп'яні властивості зерна пшениці м'якої озимої залежно

від сорту. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. 2019. № 2. С. 94–101.

108. Любич В. В. Кулінарні властивості крупи сортів і ліній пшениці спельти. *Миронівський вісник*. 2016. Вип. 3. С. 42–57.

109. Любич В. В. Фізичні показники якості зерна пшениці озимої залежно від сорту. *Новітні агротехнології*. 2013. № 1 (1). С. 62–70. DOI:10.21498/na.1(1).2013.119728

110. Любич В. В., Новіков В. В., Полянецька І. О. та ін. Удосконалення процесу водотеплового оброблення і луцення зерна пшениці спельти під час виробництва крупи. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2019. Вип. 3 (11 (99)). С. 40–51. DOI:10.15587/1729-4061.2019.170297

111. Любич В. В., Полянецька І. О. Якість цілої крупи із зерна спельти залежно від індексу його лушіння та водно-теплової обробки. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 2. Р. 34–38.

112. Любич В. В., Железна В. В., Улянич І. Ф. Геометрична характеристика зерна тритикале залежно від сорту. *Агробіологія*. 2018. № 1(138). С. 164–171.

113. Любич В. В., Лещенко І. А. Вихід крупи цілої із зерна пшениці полби залежно від елементів технології перероблення. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції*: матеріали Міжнар. наук.-техніч. конфер. Київ. 2020. С. 68–69.

114. Любич В. В., Лещенко І. А. Вихід цілої крупи із пшениці полби залежно від елементів технології перероблення. *Селекція, генетика та технології вирощування с-г культур*: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конфер. молодих вчених і спеціалістів. Центральне. 2020. С. 64–65.

115. Любич В. В., Лещенко І. А. Вплив тривалості луцення зерна пшениці полби на вміст клейковини у крупі. Матеріали Всеукр. наук. конфер. «Актуальні питання агротехнологій». Умань. 2019. С. 54–55.

116. Любич В. В., Лещенко І. А. Технологічні властивості пшениці полби. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конфер. молодих вчених і спеціалістів.



Центральне. 2019. С. 70.

117. Любич В. В., Лещенко І. А. Якість цілої крупи із зерна пшениці полби залежно від тривалості лушіння. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі: матеріали всеукр. наук.-практ. конфер.* Умань. 2019. С. 68–69.

118. Любич В. В., Лещенко І. А., Сторожик Л. І., Войтовська В. І. Вихід і якість подрібненої крупи із зерна пшениці полби. *Агробіологія*. 2020. № 2 (158). С. 79–89. DOI: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-79-89

119. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вихід крупи плющеної з пшениці полби залежно від тривалості обробітку в мікрохвильовій печі. *Topical issues of the development of modern science: Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference*. Sofia, Bulgaria. 2020. P. 612–616.

120. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вихід лущеної крупи із зерна пшениці полби залежно від тривалості лущення і водотеплового оброблення. *Матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. конфер.* Київ. 2019. С. 34–36.

121. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вплив НВЧ-випромінювання на вихід плющених круп із зерна пшениці полби. *Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки): матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конфер.* Крути. 2020. С. 84–89.

122. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вплив параметрів лущення та водотеплового оброблення зерна на вихід і кулінарну якість плющеної крупи із пшениці полби. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97, Ч. 1. С. 112–127.

123. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Геометричні параметри зернівок пшениці полби. *Матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конфер. «Актуальні питання аграрної науки», присвяченої 150-річчю заснування факультету агрономії Уманського НУС*. Умань. 2018. С. 395–397.

124. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Кулінарна оцінка каші з крупи пшениці полби № 1. *Якість і безпека харчових продуктів: Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конфер.* Київ. 2019. С. 120–121.

125. Любич В. В., Новіков В. В., Полянецька І. О., та ін. Удосконалення

процесу водотеплового оброблення і луцення зерна пшениці спельти під час виробництва крупи. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2019. Вип. 3(11 (99)). С. 40–51. DOI:10.15587/1729-4061.2019.170297

126. Любич В. В., Полянецька І. О. Якість цілої крупи із зерна спельти залежно від індексу його лушіння та водно-теплової обробки. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 2. Р. 34–38.

127. Любич. В. В., Лещенко І. А. Вихід і якість цілої крупи із зерна пшениці полби залежно від консистенції ендосперму та водотеплового оброблення. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 2 (106). С. 71–79. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-5(105)-8

128. Любич. В. В., Лещенко І. А. Вплив тривалості луцення на одержання цілої крупи із зерна пшениці полби. Матеріали Міжнар. наук.-практ. конфер. «Молодь і технічний прогрес в АПВ» Інноваційні розробки в аграрній сфері. Том 2. Харків. 2020. С. 246–249.

129. Любич. В. В., Лещенко І. А. Застосування електромагнітного поля надвисокої частоти для отримання плющених круп із зерна пшениці полби. Матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конфер. «Рубіновські читання». Умань. 2020. С. 41–42.

130. Любич. В. В., Лещенко І. А. Технологічні та біохімічні властивості зерна малопоширених видів пшениці. *Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах*: Матеріали III Міжнар. наук.-практ. конфер. Селекційне. 2020. С. 107–108.

131. Любич. В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вихід цілої крупи із зерна пшениці полби залежно від тривалості луцення і водотеплового оброблення. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2019. Вип. 207. С. 108–113.

132. Любич. В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вплив тривалості луцення та водотеплового оброблення зерна на вихід і кулінарну оцінку плющеної крупи із пшениці полби. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2019. Том 30 (69). Ч. 2. № 6. С. 107–111.

DOI:10.32838/2663-5941/2019.6-2/19

133. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Технологічні властивості зерна різних видів пшениці залежно від генотипу. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 114. С. 63–69. DOI:10.32851/2226-0099.2020.114.9

134. Мальчиков П. Н., Зотиков В. И., Сидоренко В. С., та ін. Перспективы улучшения крупяных качеств твердой пшеницы в процессе селекции. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016. № 3 (19). С. 101–108.

135. Маменко Т. П., Сірант Л. В., Дикун М. О., Починок В. М. Електрофоретичні спектри та активність пероксидази у рослинах пшениці різних сортів. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2018. Т 22. С. 138–143.

136. Мартиновський В. С., Сьоміна Ю. О. Методика розрахунку економічної ефективності виробництва на підприємствах. *Економіка харчової промисловості*. 2014. № 3 (23). С. 20–22.

137. Митрофанова О. П., Хакимова А. Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016. Вип. 20 (4). С. 545–554.

138. Мінімальна зарплата в Україні. *ТОВ «МінфінМедіа»*. [Електронний ресурс]. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/labour/salary/min/> (дата звернення: 22.11.2020).

139. Моргун В. В., Січкач С. М., Починок В. М. та ін. Аналіз структури продуктивності колекційних зразків малопоширених видів пшениці. *Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. пр.* 2015. Том 16. С. 136–140.

140. Морозова А. О., Куянов Ю. Ю. Застосування електромагнітного поля надвисоких частот для отримання «зірваних» гречаних зерен. *Хранение и переработка зерна*. 2017. № 12 (220). С. 29–33.

141. Мостенська Т. Л., Рибачук-Ярова Т. В., Бойко І. А. Методичні вказівки до викон. економ. частини диплом. проекту для студ. спец. 7.091701 «Технологія зберігання і переробки зерна» напряму 0917 «Харчова технологія та інженерія» усіх форм навчання: навч. посіб. / НУХТ. К.: НУХТ, 2006. 32 с.

142. Назаренко М. М., Горщар В. І. Мінливість за врожайністю та якістю

зерна колекції сортів пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 108–115. DOI:10.31210/visnyk2019.01.12

143. Нецветаев В. П., Лютенко О. В., Пащенко Л. С., Попкова И. И. Методы седиментации и оценка качества клейковины мягкой пшеницы. *Научные ведомости*. 2009. № 11(66). С. 56–64.

144. Новак А. В. Агрометеорологічні умови 2016–2017 сільськогосподарського року (за даними метеостанції Умань). *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 2. С. 57–60.

145. Новак В. Г., Новак А. В. Агрометеорологічні умови 2017–2018 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. № 2. С. 73–76.

146. 67. Осокіна Н. М., Возіян В. В., Любич В. В. Вихід і якість крупи плющеної з пшениці спельти залежно від елементів технології переробки. *Збірник наукових праць УНУС*. 2017. Вип. 90. С. 91–98.

147. Осокіна Н. М., Господаренко Г. М., Герасичук О. П., Матвієнко Н. П. Вплив режимів живлення на борошномельні властивості пшениці озимої сорту подолянка. *Вісник Уманського національного університету садівництва* 2017. № 2. С. 110–114.

148. Осокіна Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Біохімічний склад зерна пшениці полби (*Triticum dicossum* (Schrank) Schuebl) залежно від генотипу. *Агробіологія*. 2020. № 1 (157). С. 111–119. DOI:10.33245/2310-9270-2020-157-1-111-119

149. Осокіна Н. М., Любич В. В., Лещенко І. А. Визначення оптимальних параметрів підготовки зерна пшениці полби перед плющенням. Матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конфер. «Актуальні питання аграрної науки». Умань. 2019. С. 279–281.

150. Осокіна Н. М., Любич В. В., Лещенко І. А. Вихід подрібненої крупи з пшениці полби (*Triticum dicossum*). *Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. онлайн-конфер.* Умань. 2020. С. 124–126.

151. Осокіна Н. М., Любич В. В., Лещенко І. А. Впровадження пшениці полби у виробництво. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва*: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конфер. Умань. 2018. С 101–103.

152. Осокіна Н. М., Любич В. В., Лещенко І. А., Колодійчук А. В. Білково-протеїназний комплекс пшениці полби. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)*: матеріали VIII міжнар. наук. конф.. Умань, 2019. С. 183–184.

153. Осокіна Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вихід крупи плющеної із пшениці полби залежно від тривалості опромінення ЕМП НВЧ і водотеплового оброблення. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 96, ч. 1. С. 52–71. DOI:10.31395/2415-8240-2020-96-1-52-71

154. Паламарчук А. І., Албул А. О., Козлов В. В. Урожай та якість зерна сортів пшениці твердої озимої (*Triticum durum* Desf.) у залежності від азотного живлення рослин в умовах південного Степу України. *Збірник наукових праць СГП-НЦНС*. 2017. Вип. 31 (71). С. 26–35.

155. Петров С. В. Агробиологические основы формирования урожая яровой пшеницы полбы в предкамье республики Татарстан: автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.01.01. Пенза, 2015. 20 с.

156. Погожих М. І., Пак А. О., Пак А. В., Жеребкын М. В. Гідротермічна обробка круп з використанням принципів сушіння змішаним теплопідводом: монографія. Харків: Вид-во ХДУХТ, 2014. 170 с.

157. Полянецька І. О., Любич В. В., Сухомуд О. Г. Вміст білка та його вихід з урожаєм зерна пшениці озимої залежно від сорту. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 235–239.

158. Посадові оклади за ЄТС 2020, 2021 (проект). *Бухгалтер*. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://buhgalter.com.ua/dovidnik/posadovi-okladi-za-ets/posadovi-okladi-za-yets-2020-2021-proekt/> (дата звернення: 22.11.2020).

159. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах: затв. Указом Міністерства агропромислового комплексу України від 20.03.1998 р. № 82. Київ, 1998. 163 с.

160. Примечаєва В. І. Дослідження технологічних властивостей зерна полби. *Молодіжний вісник ХТЕІ КНТЕУ*. Вип. 4 Ч. 2. Харків. 2018. С. 205–210.
161. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії: затв. Наказ Міністерства охорони здоров'я України 03.09.2017 № 1073. 2017. 3. лист. (№ 1073). 54 с.
162. Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування: Закон України від 08.07.2010 № 2464-VI. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 2-3, ст. 11 66
163. Протопіш І. Г. Оцінювання взаємозв'язків показників якості зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2016. Вип. 94 (№ 3). С. 72–75. DOI:10.31073/agrovisnyk201603-15
164. Прямолинійний метод амортизації. *БУХУЧЕТ*. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.buhoblik.org.ua/uchet/uchet-osnovnyx-sredstv/1062-pryamolnijnij-metod-amortizaczii.html> (дата звернення: 09.10.2020).
165. Пшениця яра. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://yuriev.com.ua/assets/files/nauk-rozrobki/2019.02.27.pchenyara.pdf> (дата звернення: 03.01.2021).
166. Радченко О. М., Сандецька Н. В., Дикун М. О., Сірант Л. В. Поліморфізм ізоферментів альфа-амілази озимої м'якої пшениці. Фактори експериментальної еволюції організмів 2019. Том 24. С. 160–165. DOI.org/10.7124/FEEO.v24.1129
167. Ружицька О. М., Борисова О. В. Насіннева продуктивність і біохімічний склад зерна озимої спельти та полби за умов півдня степової зони України. *Физиология растений и генетика*. 2018. Т. 50 (№ 2). С. 161–169. DOI:10.15407/frg2018.02.161.
168. Румянцев А. А. Математическая модель кинетики увлажнения зерна крупяных культур при гидротермической обработке. *Ползуновский вестник*. 2018. № 2. С. 56–59.
169. Сайдак Р. Формуємо якість зерна озимої пшениці залежно від агрокліматичних умов. *Зерно і хліб*. 2013. № 4 (72). С. 39–41.
170. Скидан В. О., Скидан М. С. Якість зерна рису та інших злакових

культур. *Хранение и переработка зерна*. 2012. № 9. С. 28–30.

171. Соц С. М., Кустов І. О. Дослідження процесу водопоглинальної здатності зерна голозерного вівса. *Зернові продукти і комбікорми*. 2013. № 2 (50). С. 8–11.

172. Спосіб визначення вмісту ендосперму в зерні тритикале та пшениці: пат. 112304 Україна: МПК G01n33/02. № 201606341; заявл. 10.06.2016; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23. 4 с.

173. Спосіб визначення форми зернівки (насінини) у зернових і зернобобових культур: пат. 76472 Україна. № u 20212 05989; заявл. 17.05.12; опубл. 10.01.13, Бюл. № 1.

174. Спосіб виробництва крупи плющеної із зерна пшениці полби після дії нвч-випромінювання: пат. 136918 України: МПК (2019.01), A23L 7/00. № u 2019 03877; заявл. 15.04.2019; опубл. 10.09.2019, Бюл. № 17.

175. Темирбекова С., Ионоу Э., Ионоу Н., Афанасьева Ю. Использование древних видов пшеницы для укрепления иммунной системы детского организма. *Аграрное обозрение*. 2014. № 6 (46). С. 40–42.

176. Темирбекова С. К., Ионоу Э. Ф., Ионоу Н. Э., Афанасьева Ю. В. Использование древних видов пшеницы для укрепления иммунной системы детского организма. *Аграрный вестник юго-востока*. 2014. № 1-2(10-11). С. 46–48.

177. Терлецкая Н. В., Хайленко Н. А., Алтаева Н. А. Изучение анатомических особенностей зерновок видов и сортов пшеницы. *Известия Национальной академии наук Республики Казахстан*. 2012. № 4. С. 134–137.

178. Тищенко В. М., Гусенкова О. В., Шандиба В. В. Рівень формування, мінливість та генетичні зв'язки кількісних ознак сортів та селекційних ліній пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 1. С. 31–34. DOI:10.31210/visnyk2018.01.04

179. Фадеев Л. В. Спельта – пришло ее время. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Вип. 17 (1). С. 4–8. DOI:10.15673/gpmf.v17i1.308

180. Фадеев Л. В. Спельта – пришло ее время. *Хранение и переработка зерна*. 2017. № 3. С. 27–31.

181. Филин В. М., Зверев С. В. Переработка зерна полбы в крупу. *Хранение и переработка зерна*. 2015. № 9 (159). С. 30–31.

182. Флис І. М., Макар М. І. Вплив режиму волого-теплової обробки гречаного зерна на вихід крупи. *Механізація і електрифікація сільського господарства*. 2014. Вип. 99 (1). С. 376–383.

183. Фляксбергер К. А., Рожевиц Р. Ю. Культурная флора СССР. Том 1. Хлебные злаки. Пшеница. Москва–Ленинград: Гос. изд. совхозной и колхозной литературы, 1935. 435 с.

184. Фоміна І. М., Ізмайлова О. О. Зміна якості пшеничних зернових пластівців підвищеної біологічної цінності під час зберігання. *Наукові праці НУХТ*. 2016. Т. 22. № 4. С. 185–191.

185. Фурманова Ю. П. Технологія харчового продукту із зерна гречки: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.18.02. Київ, 2012. 22 с.

186. Хавкин А. И., Ковтун Т. А., Макаркин Д. В. та др. Зерновые и здоровье ребенка. *Российский Вестник Перинатологии И Педиатрии*, 2020; 65:(4). С. 162–169. DOI: 10.21508/1027–4065–2020–65–4–162–169

187. Харченко Є. І., Шаран А. В. Лущення зерна ячменю. *Хранение и переработка зерна*. 2012. № 9 (217). С. 28–31.

188. Хмелева Е. В., Королев Д. Н., Пенькова Ю. В., Проничева А. Г. Использование полбы для производства зернового хлеба. *Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья*: сб. научн. статей и докладов II Междун. научн.-практ. конф. (заочной). 26-27 октября 2016. г. Воронеж, 2016. С. 182–183.

189. Хмелева Е. В., Пенькова Ю. В., Белокобыльская Е. В., Кандроков Р. Х. Влияние полбяных отрубей на хлебопекарные свойства муки и качество пшеничного хлеба. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2019. № 1 (54). С. 90–92.

190. Ходаніцький В., Ходаніцька О. Полба і спельта: нові перспективи вирощування. *Пропозиція*. 2017. № 3. С. 84–88.

191. Худякова Л. К. Статистика: навч. посіб. / ред. В. М. Матвієнко.



Біла Церква. 2007. 342 с.

192. Цибульська С. Органічне зерно, як чекають в ЄС. Кейс від «ЕтноПродукт» [Електронний ресурс]. *Пропозиція*. Режим доступу: <http://propozitsiya.com/ua/organichne-zerno-yake-chekayut-vies-keys-vid-etnoproduct>.

(дата звернення: 23.01.2020).

193. Цугленок Н. В. Результаты обоснования эффективных параметров ВЧ- и СВЧ-обработки семян пшеницы и ячменя. *Вопросы науки и образования*. 2019. № 3 (72). С. 40–48.

194. Чеботарев О.Н. Влагодперенос в еденичных зернах риса. *Известия вкзов. Пищевая технология*. 1992. № 4–6. С. 33–35.

195. Черно О. Д. Фізичні та біохімічні показники якості зерна пшениці озимої за тривалого удобрення. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 98–102.

196. Чугунова О. В., Крюкова Е. В. Агрономические свойства полбы, как нетрадиционного сырья для производства мучных кондитерских изделий. *Научный вестник*. 2018. № 3 (5). С. 90–100.

197. Шаповаленко О. І., Корж Т. В., Грегірчак Н. М. та ін. Вплив променів надвисокої частоти на показники мікробіологічної безпеки крупи кукурудзяної. *Хранение и переработка зерна*. 2011. № 7 (145). С. 68–70.

198. Швайко В. М. Соломка В. О. Соломка О. В дослідження механічних властивостей зернових матеріалів.

199. Шкала Чеддока [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://math.semestr.ru/corel/cheddok.php> (дата звернення: 22.06.2020).

200. Янчук Г. В., Янчук В. І. Дисперсійний аналіз економічних явищ і процесів із використанням електронних таблиць. *ЕКОНОМІКА. ФІНАНСИ. МЕНЕДЖМЕНТ: актуальні питання науки і практики*. 2017, № 6. С. 103–115.

201. Яровий А. Т., Страхов Є. М. Багатовимірний статистичний аналіз: начальнo-методичний посібник для студентів математичних та економічних фахів. Одеса: Астропринт. 2015. 132 с.

202. Яцишин Н. Методика аналізу фінансового стану підприємства. *Економічний аналіз*. 2012. Вип. 10. Частина 4. С. 439–445.

203. AACC International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 55-30.01. Particle Size Index for Wheat Hardness. Final approval November 8, 1995; Reapproval November 3, 1999. Cereals & Grains Association, St. Paul, MN, U.S.A.
204. Abdel-Aal E. S. M, Hucl P., Sosulski W. F. Compositional and nutritional characteristics of spring einkorn and spelt wheats. *Cereal Chemistry*. 1995. Vol. 72. № 6. P. 621–624.
205. Abdel-Aal E.-S. M., Rabalski I. Bioactive compounds and their antioxidant capacity in selected primitive and modern wheat species. *The open agriculture journal*. 2008. Vol. 2 (1). P. 7–14.
206. Al-Akhdar H. H., Zinhoum R. A., Abdelfattah N. A. H. Microwave energy as an alternative control method for stored grain pests. *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute*. 2019. Vol. 2 (4). P. 612–621
207. Aliyev R. T., Abbasov M. A., Mammadov A. C. Genetic Identification of Diploid and Tetraploid Wheat Species with RAPD Markers. *Turk J Biol*. 2007. Vol. 31. P. 173-180.
208. Arcila J. A., Rose D. J. Repeated cooking and freezing of whole wheat flour increases resistant starch with beneficial impacts on in vitro fecal fermentation properties. *Journal of Functional Foods*. 2015. Vol. 12. P. 230–236. DOI:10.1016/j.jff.2014.11.023
209. Borysova O., Ruzhitskaya O. Hulled wheats' (*Triticum spelta*, *Triticum dicoccum*) grain quality, germination, and viability characteristics. *Studia Biologica*. 2015. Vol. 9 (1). P. 125–134. DOI:10.30970/sbi.0901.404
210. Brigid McKeivith Nutritional aspects of cereals. *Nutrition & Food Science*. 2004. Vol. 34 (6). P. 111–142. DOI:10.1108/nfs.2004.01734fab.017
211. Brown J. D. Effect size and eta squared. *Shiken*. 2018. Vol. 12 (2). P. 38–43.
212. Buerli M. Farro in Italy. *Global Facilitation Unit for Underutilized Species*. 2007. 10 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/104070/Farro\\_in\\_Italy\\_1266.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/104070/Farro_in_Italy_1266.pdf?sequence=3&isAllowed=y) (дата звернення: 22.10.2020).
213. Caballerol L., Martín L. M., Alvarez J. B. Collection and characterisation of populations of spelt and emmer in Asturias (Spain). *Czech Journal of Genetics and Plant*

*Breeding*. 2005. Special Issue 41. P. 175–178.

214. Cazzato E., Tufarelli V., Laudadio V. et al. Forage yield and quality of emmer (*Triticum dicoccum* Schübler) and spelt (*Triticum spelta* L.) as affected by harvest period and nitrogen fertilization. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2013. Vol. 63 (7). P. 571–578. DOI:10.1080/09064710.2013.828097

215. Charles M. P. Introductory remarks on the cereals. *Bulletin on sumerian agriculture*. 1984. Vol. I. Cambridge, U.K. P. 17–31.

216. Cooper R. Re-discovering ancient wheat varieties as functional foods. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 2015. Vol. 5(3). P. 138–143.

217. Costanzo A., Amos D. C., Dinelli G. et al. Performance and nutritional properties of einkorn, emmer and rivet wheat in response to different rotational position and soil tillage. *Sustainability*. 2019. Vol. 11 (22). 18 p. DOI:10.3390/su11226304

218. Curna V., Lacko-Bartosova M. Emmer wheat – Production parameters. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2015. Vol. 18. P. 04–06. DOI:10.15414/afz.2015.18.si.04-06

219. Čurná V., Lacko-Bartošová M. Chemical composition and nutritional value of emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a review. *Journal of Central European Agriculture*. 2017. Vol. 18 (1). P. 117–134.

220. De Santis M. A., Giuliani M. M., Giuzio L. et al. Differences in gluten protein composition between old and modern durum wheat genotypes in relation to 20th century breeding in Italy. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 87. P. 19–29. DOI:10.1016/j.eja.2017.04.003

221. De Vita P., Mastrangelo A. M., Codianni P., Fornara M. Bio-agronomic Evaluation of Old and Modern Wheat, Spelt and Emmer Genotypes for Low-input Farming in Mediterranean Environment. *Italian Journal of Agronomy*. 2007. Vol. 2 (3). 291 p.

222. De Vita P., Mastrangelo A. M., Codianni P., Fornara M. Bio-agronomic evaluation of old and modern wheat, spelt and emmer genotypes for low-input farming in mediterranean environment. *Italian Journal of Agronomy*. 2007. Vol. 2 (3). P. 291–302. DOI:10.4081/ija.2007.291

223. Desheva G. N., Kyosev B. N., Stoyanova S. D., Sabeva M. D. Grain quality

of emmer germplasm (*Triticum dicoccon*) from the National Collection of Bulgaria. *Phytologia balcanica*. 2016. Vol. 22 (2). P. 223–232.

224. Dhaka V., Khatkar B. S. Effects of Gliadin/Glutelin and HMW-GS/LMW-GS Ratio on Dough Rheological Properties and Bread-Making Potential of Wheat Varieties. *Journal of Food Quality*. 2015. Vol. 38 (2). P. 71–82. DOI:10.1111/jfq.12122

225. Dhanavath S., Prasada Rao U. J. S. Nutritional and nutraceutical properties of *Triticum dicoccon* wheat and its health benefits: An overview. *Journal of Food Science*. 2017. Vol. 82 (10). P. 2243–2250. DOI:10.1111/1750-3841.13844

226. Diraman H. Effect of microwaves on technological and rheological properties of Suni-Bug (*Eurygaster spp*) damaged and undamaged wheat flour. *Food Science and Technology Research*. 2010. Vol. 16 (4). P. 313–318. DOI:10.3136/fstr.16.313

227. Dixit A. A., Azar K. M., Gardner C. D., Palaniappan L. P. Incorporation of whole, ancient grains into a modern Asian Indian diet to reduce the burden of chronic disease. *Nutrition Reviews*. 2011. Vol. 69(8). P. 479–488. DOI:10.1111/j.1753-4887.2011.00411.x

228. Dror Y., Rimon E., Vaida R. The vitamins and the organic micronutrients in the wheat kernel. *Whole-Wheat Bread for Human Health*. 2020. P. 137–172. DOI:10.1007/978-3-030-39823-1\_8

229. Fares C., Codianni P., Nigro F., Platani C., Scazzina F., Pellegrini N. Processing and cooking effects on chemical, nutritional and functional properties of pasta obtained from selected emmer genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008. Vol. 88(14). P. 2435–2444.

230. Fasano A., Catassi C. (2012). Celiac disease. *The new england journal of medicine*. 2012. Vol. 367 (25). P. 2419–2426. DOI:10.1056/NEJMcp1113994.

231. Frølich W., Åman P., Tetens I. Whole grain foods and health – a Scandinavian perspective. *Food & Nutrition Research*. 2013. Vol. 57 (1):18503. DOI:10.3402/fnr.v57i0.18503

232. Galterio G., Codianni P., Giusti A. M. et al. Assessment of the agronomic and technological characteristics of *Triticum turgidum ssp. dicoccon* Schrank and *T. spelta* L. *Nahrung/Food*. 2003. Vol. 47 (1). P. 54–59. DOI:10.1002/food.200390012

233. Geisslitz S., Longin C., Scherf R. A., Koehler P. Comparative study on gluten protein composition of ancient (einkorn, emmer and spelt) and modern wheat species (durum and common wheat). *Foods*. 2019. Vol. 8 (9). 409 p. DOI:10.3390/foods8090409
234. Geisslitz S., Ludwig C., Scherf K. A., & Koehler P. Targeted LC–MS/MS Reveals Similar Contents of  $\alpha$ -Amylase/Trypsin-Inhibitors as Putative Triggers of Nonceliac Gluten Sensitivity in All Wheat Species except Einkorn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018. Vol. 66 (46). P. 12395–12403. DOI:10.1021/acs.jafc.8b04411
235. Geisslitz S., Wieser H., Scherf K. A., Koehler P. Gluten protein composition and aggregation properties as predictors for bread volume of common wheat, spelt, durum wheat, emmer and einkorn. *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 83. P. 204–212. DOI:10.1016/j.jcs.2018.08.012
236. Giacintucci V., Guardoño L., Puig A. et al. Composition, protein contents, and microstructural characterisation of grains and flours of emmer wheats (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccum*) of the central Italy type. *Czech Journal of Food Sciences*. 2014. V. 32 № 2. P. 115–121. DOI:10.17221/512/2012-cjfs
237. Gómez M., Martínez M. M. Changing flour functionality through physical treatments for the production of gluten-free baking goods. *Journal of Cereal Science*. 2016. Vol. 67. P. 68–74. DOI:10.1016/j.jcs.2015.07.009
238. Heini R.-L. Sensory Attributes of Bakery Products. *Bakery Products: Science and Technology*. 2007. Part 16. P. 285–298. DOI:10.1002/9780470277553.ch16
239. Hurkman W. J., Vensel W. H., Tanaka C. K. et al. Effect of high temperature on albumin and globulin accumulation in the endosperm proteome of the developing wheat grain. *Journal of Cereal Science*. 2009. Vol. 49 (1). P. 12–23. DOI:10.1016/j.jcs.2008.06.014
240. Karagöz A. Agronomic practices and socioeconomic aspects of emmer and einkorn cultivation in Turkey. *Hulled wheats. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 4*. Proceedings of the First International Workshop on Hulled Wheats, 21-22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy. P. 172–177.
241. Kil Y., Joy C., Silva Clerici M. T. P. The use of microwave radiation energy to process cereal, root and tuber-based products. *Advances in induction and microwave*

*heating of mineral and organic materials*. 2011. P. 531–552. DOI:10.5772/14177

242. Koga S., Böcker U., Wieser H. et al. Polymerisation of gluten proteins in developing wheat grain as affected by desiccation. *Journal of Cereal Science*. 2017. 73. P. 122–129. DOI:10.1016/j.jcs.2016.12.003

243. Konvalina P., Capouchová I., Stehno Z. Agronomically important traits of emmer wheat. *Plant, Soil and Environment*. 2012. Vol. 58 (No 8). P. 341–346. DOI:10.17221/174/2011-pse

244. Konvalina P., Capouchová I., Stehno Z. et al. Variation for carbon isotope ratio in a set of emmer (*Triticum dicoccum* Schrank) and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) accessions. *African Journal of Biotechnology*. 2011. Vol. 10 (21). P. 4450-4456. DOI:10.5897/AJB10.2173

245. Konvalina P., Capouchová I., Stehno Z., Moudrý J. Agronomic characteristics of the spring forms of the wheat landraces (einkorn, emmer, spelt, intermediate bread wheat) grown in organic farming. *Journal of Agrobiology*. 2010. Vol. 27 (1). P. 9–17. DOI:10.2478/s10146-009-0002-3

246. Lachman J., Musilová J., Kotíková Z. et al. Spring, einkorn and emmer wheat species potential rich sources of free ferulic acid and other phenolic compounds. *Plant, Soil and Environment*. 2012. Vol. 58 (No. 8) P. 347–353. DOI:10.17221/289/2012-pse

247. Lachman J., Orsák M., Pivec V. et al. Antioxidant activity of grain of einkorn (*Triticum monococcum* L.), emmer (*Triticum dicoccum* Schuebl [Schrank]) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Plant, Soil and Environment*. 2012. Vol. 58 (No 1). P. 15–21.

248. Lacko-Bartošová M., Čurná V. Agronomic characteristics of emmer wheat varieties. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2015. Vol. 4 (Special issue 3). P. 91–94. DOI:10.15414/jmbfs.2015.4.special3.91-94

249. Lacko-Bartošová M., Čurná V. Nutritional characteristics of emmer wheat varieties. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2015. V. 4 (Special issue 3). P. 95–98.

250. Lacko-Bartošová M., Čurná V., Lacko-Bartošová L. Emmer – ancient wheat suitable for ecological farming. *Research Journal of Agricultural Science*. 2015.

Vol. 47 (1). P. 3–10.

251. Laghetti G., Fiorentino G., Hammer K., Pignone D. On the trail of the last autochthonous Italian einkorn (*Triticum monococcum* L.) and emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) populations: a mission impossible? *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2009. Vol. 56 (8). P. 1163–1170.

252. Lamacchia C., Landriscina L., D’Agnello P. Changes in wheat kernel proteins induced by microwave treatment. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 197. P. 634–640. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.11.016

253. Liubych V., Novikov V., Zheliezna V. et al. Improving the process of hydrothermal treatment and dehulling of different triticale grain fractions in the production of groats. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 3/11 (105). P. 55–65.

254. Liubych V. V., Leschenko I. A. Technological composition of different species of wheat (emmer wheat, soft wheat) grain depending on the variety. The 1st International scientific and practical conference “Innovative development of science and education”. Athens, Greece. 2020. P. 11–13.

255. Lucas J. Microwave Radiation. *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*. 2018. P. 1–6. DOI i:10.1007/978-3-642-35950-7\_6488-4

256. Mann J., Schiedt B., Baumann A. et al. Effect of heat treatment on wheat dough rheology and wheat protein solubility. *Food Science and Technology International*. 2013. Vol. 20 (5). P. 341–351. DOI:10.1177/1082013213488381

257. Martin J. H., Leighty C. E. Experiments with emmer, spelt, and einkorn. *Bulletin № 1197, U. S. Department of agriculture*. 1924. 62 p. DOI:10.5962/bhl.title.109273

258. Mazima J. K., Johnson A., Manasseh E., Kaijage S. An overview of electromagnetic radiation in grain crops. *Food Science and Technology: An International Journal (FSTJ)*. 2018. № 1 (1). P. 21–32.

259. Migliorini P., Spagnolo S., Torri L. et al. Agronomic and quality characteristics of old, modern and mixture wheat varieties and landraces for organic bread chain in diverse environments of northern Italy. *European Journal of Agronomy*. 2016.

Vol. 79. P. 131–141. DOI:10.1016/j.eja.2016.05.011

260. Moldestad A., Fergestad E. M., Hoel B. et al. Effect of temperature variation during grain filling on wheat gluten resistance. *Journal of Cereal Science*. 2011. Vol. 53 (3). P. 347–354. DOI:10.1016/j.jcs.2011.02.005

261. Morris C. F. Grain quality attributes for cereals other than wheat. *Encyclopedia of Food Grains*. 2016. Vol. 3. P. 257–261. DOI:10.1016/b978-0-12-394437-5.00248-5

262. Neill G., Al-Muhtaseb A. H., Magee T. R. A. Optimisation of time/temperature treatment, for heat treated soft wheat flour. *Journal of Food Engineering*. 2012. Vol. 113 (3). P. 422–426. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2012.06.019

263. Nesbitt M., Samuel D. From staple crop to extinction? The archaeology and history of the hulled wheat. *Hulled wheats. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 4*. Proceedings of the First International Workshop on Hulled Wheats, 21-22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy. P. 40–99.

264. Novak L., Liubych V., Poltoretskyi S., Andrushchenko M. Technological Indices of Spring Wheat Grain Depending on the Nitrogen Supply. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. 2019. P. 753–761. DOI:10.1007/978-3-030-14918-5\_73

265. Oak M., Tamhankar S., Rao V., Misra S. Milling and pasta making potential of cultivated dicoccum wheat (*Triticum turgidum*ssp. *dicoccum*). *Cereal Research Communications*. 2011. Vol. 39 (3). P. 426–435. DOI:10.1556/crc.39.2011.3.12

266. Onipe O. O., Jideani A. I. O., Beswa D. Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. *International Journal of Food Science & Technology*. 2015. Vol. 50(12). P. 2509–2518. DOI:10.1111/ijfs.12935

267. Osokina N., Liubych V., Novikov V., Leshchenko I., et al. Effect of electromagnetic irradiation of emmer wheat grain on the yield of flattened wholegrain cereal. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. V. 6 № 11 (108). P. 17–26. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.217018

268. Osokina N., Liubych V., Novikov V., Leshchenko I., et al. Investigation of the influence of UHF electromagnetic field on the output of rolled groats of wheat spelt. *EUREKA: Life Sciences*, 2020. № 6. P. 47–57. DOI:10.21303/2504-5695.2020.001533



269. Pagnotta M. A., Mondini L., Codianni P., Fares C. Agronomical, quality, and molecular characterization of twenty Italian emmer wheat (*Triticum dicoccon*) accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Vol. 56 (3). 2008. P. 299–310. DOI:10.1007/s10722-008-9364-4

270. Particle Size Index. *BAKERpedia*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bakerpedia.com/processes/particle-size-index/> (дата звернения: 22.11.2020).

271. Pasha I., Anjum F. M., Morris C. F. Grain Hardness: A Major Determinant of Wheat Quality. *Food Science and Technology International*. 2010. Vol. 16 (6). P. 511–522. DOI:10.1177/1082013210379691

272. Pasqualone A., Piergiovanni A. R., Caponio F. et al. Evaluation of the technological characteristics and bread-making quality of alternative wheat cereals in comparison with common and durum wheat. *Food Science and Technology International*. 2011. Vol. 17 (2). P. 135–142. DOI:10.1177/1082013210381547

273. Pepó P., Győri Z. Amino acid compositions in wheat species with different genomes. *Cereal Research Communications*. 2007. Vol. 35(4). P. 1685–1699. DOI:10.1556/crc.35.2007.4.15

274. Qu C., Wang H., Liu S., Wang F., Liu C. Effects of microwave heating of wheat on its functional properties and accelerated storage. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 54 (11). P. 3699–3706. DOI:10.1007/s13197-017-2834-y

275. Rachoń L., Bobryk-Mamczarz A., Kiełtyka-Dadasiewicz A. Hulled wheat productivity and quality in modern agriculture against conventional wheat species. *Agriculture*. 2020. Vol. 10 (7, 275). 13 p. DOI:10.3390/agriculture10070275

276. Ragae S., Seetharaman K., Abdel-Aal E.-S. M. The impact of milling and thermal processing on phenolic compounds in cereal grains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, V. 54 (7). 2014. P. 837–849. DOI:10.1080/10408398.2011.610906

277. Richardson J. T. E. Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review*. 2011. Vol. 6(2). P. 135–147. doi:10.1016/j.edurev.2010.12.001

278. Rohi M., Pasha I., Butt M. S., Nawaz H. Variation in the levels of B-vitamins and protein content in wheat flours. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2013. 12 (5). P. 441–

447. DOI:10.3923/pjn.2013.441.447

279. Rojas J. A., Rosell C. M., Benedito de Barber C., Pérez-Munuera I., Lluch M. A. The baking process of wheat rolls followed by cryo scanning electron microscopy. *European Food Research and Technology*. 2000. Vol. 212 (1). P. 57–63. DOI:10.1007/s002170000209

280. Alastair B Ross, Jan-Willem van der Kamp, Roberto King et al. Perspective: A Definition for Whole-Grain Food Products—Recommendations from the Healthgrain Forum. *Advances in Nutrition (AN/Adv Nutr)*. 2017. Vol. 8(4). P. 525–531 DOI:10.32388/dxgt56

281. Schönberger H. Trendgetreide Dinkel richtig führen. *SAATEN UNION*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.saaten-union.de/index.cfm/article/9180.html> (дата звернення 01.10.2020)

282. Shewry P. R. Wheat. *Journal of experimental botany*. 2009. Vol. 60 (6). P. 1537–1553. DOI.org/10.1093/jxb/erp058

283. Shewry P. R., Hawkesford M. J., Piironen V. et al. Natural variation in grain composition of wheat and related cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. Vol. 61 (35). P. 8295–8303. DOI:10.1021/jf3054092

284. Shewry P. R., Hey S. Do “ancient” wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components?. *Journal of Cereal Science*. 2015. Vol. 65. P. 236–243. DOI:10.1016/j.jcs.2015.07.014

285. Shewry P. R., Hey S. J. The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*. 2015. Vol. 4 (3). P. 178–202. DOI:10.1002/fes3.64

286. Shollenberger J. H., Coleman D. A. Relation of kernel texture to the physical characteristics, milling and baking qualities, and chemical composition of wheat. *Department bulletin № 1420, U. S. Department of agriculture*. 1926. 16 p. DOI:10.5962/bhl.title.107981

287. Sofi F., Dinu M., Pagliai G. et al. Health and nutrition studies related to cereal biodiversity: a participatory multi-actor literature review approach. *Nutrients*. 2018. Vol. 10 (9, 1207). 12 p. DOI:10.3390/nu10091207

288. Stallknecht G. F., Gilbertson K. M., Ranney J. E. Alternative wheat cereals as

food grains: einkorn, emmer, spelt, kamut, and triticale. In: Janick J (ed) *Progress in new crops: New Opportunities, New Technologies*. Alexandria: ASHS Press, 1996. P. 156–170.

289. Stefano M., Claudia C., Roberto T., Arturo A. Nitrogen supply effect on emmer (*Triticum dicoccum* Schübler) ecophysiological and yield performance. *International Journal of Plant Production*. 2016. Vol. 10. P. 457–468. DOI:10.22069/IJPP.2016.3042

290. Stehno Z., Paulíčková I., Bradová J. et al. Evaluation of emmer wheat genetic resources aimed at dietary food production. *Journal of Life Sciences*. 2011. Vol. 5. P. 207–212.

291. Steyn H. S., Ellis S. M. Estimating an Effect Size in One-Way Multivariate Analysis of Variance (MANOVA). *Multivariate Behavioral Research*. 2009. Vol. 44(1). P. 106–129. DOI:10.1080/0027317080262023

292. Suchowilska E., Wiwart M., Borejszo Z. et al. Discriminant analysis of selected yield components and fatty acid composition of chosen *Triticum monococcum*, *Triticum dicoccum* and *Triticum spelta* accessions. *Journal of Cereal Science*. 2009. Vol. 49 (2). P. 310–315. DOI:10.1016/j.jcs.2008.12.003

293. Szabó A. T. Hammer K. Notes on the taxonomy of farro: *Triticum monococcum*, *T. dicoccon* and *T. spelta*. *Hulled wheats. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 4*. Proceedings of the First International Workshop on Hulled Wheats, 21-22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy. P. 2–39.

294. Szabó P. B. Kernel hardness and dough rheological investigation on different wheat varieties. *Analecta Technica Szegedinensia*. 2013. Vol. 7 (1–2). P. 59–63. DOI:10.14232/analecta.2013.1-2.59-63

295. Taneva K., Bozhanova V., Hadzhiivanova B. Study of emmer (*Triticum dicoccum* (Schrank) Shuebl.) accessions for traits related to spike productivity and grain quality in connection to durum wheat improvement. *Agricultural science and technology*. 2015. Vol. 7 (2). P. 199–203.

296. Tanno K.-ichi., Willcox G. How Fast Was Wild Wheat Domesticated? *Science*. 2006. Vol. 311 (5769). DOI:10.1126/science.1124635

297. Tekin M., Cengiz M. F., Abbasov M. et al. Comparison of some mineral nutrients and vitamins in advanced hulled wheat lines. *Cereal Chemistry*. 2018. 95 (3). P. 436–444. DOI:10.1002/cche.10045
298. Tian Y.-H., Zhang C.-H., Cai J., et al. Physico-chemical properties of a- and b-type starch granules in wheat. *Acta agronomica sinica*. 2009. Vol. 35 (9). P. 1755–1758. DOI:10.3724/sp.j.1006.2009.01755
299. Troccoli A., Codianni P. Appropriate seeding rate for einkorn, emmer, and spelt grown under rainfed condition in southern Italy. *European Journal of Agronomy*. 2005. Vol. 22(3). P. 293–300.
300. Wieser H. Comparative investigations of gluten proteins from different wheat species. *European Food Research and Technology*. 2000. Vol. 211 (4). P. 262–268. DOI:10.1007/s002170000165
301. Wieser H., Mueller K.-J., Koehler P. Studies on the protein composition and baking quality of einkorn lines. *European Food Research and Technology*. 2009. Vol. 229 (3). P. 523–532. DOI:10.1007/s00217-009-1081-5
302. Williams P.C. Relation of Starch Damage and Related Characteristics to Kernel Hardness in Australian Wheat Varieties. *Cereal Chem*. 1967. Vol. 44. P. 383–391.
303. Zaharieva M., Ayana N. G., Hakimi A. Al. et al. Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with promising future. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2010. Vol. 57 I. 6. P. 937–962.
304. Zeder M. A. The Origins of Agriculture in the Near East. *Current Anthropology*. 2011. Vol. 52 (S. 4). P. 221–235. DOI:10.1086/659307
305. Zeng J., Li G., Gao H., Ru Z. Comparison of A and B Starch Granules from Three Wheat Varieties. *Molecules*. 2011. Vol. 16 (12). P. 10570–10591. DOI:10.3390/molecules161210570
306. Zhang Y., Guo Q., Feng N. et al.. Characterization of A- and B-type starch granules in Chinese wheat cultivars. *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. Vol. 15 (10). P. 2203–2214. DOI:10.1016/s2095-3119(15)61305-3
307. Zhang Z., Wang X., Ma S. Effects of peeling with flexible alloy blade on naked oats. *Grain & Oil Science and Technology*. 2018. Vol. 1 (3). P. 131–137.

308. Zhou W., Hui Y. H., De Leyn I., Pagani M. A. et al. Bakery Products Science and Technology. 2014. 736 p. DOI:10.1002/9781118792001

309. Zieliński H., Ceglińska A., Michalska A. Bioactive compounds in spelt bread. *European Food Research and Technology*. 2007. Vol. 226(3). P. 537–544. DOI:10.1007/s00217-007-0568-1

310. Zohary D., Hopf M., Weiss E. Domestication of plants in the Old World: the origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. 4th ed.; *Oxford University Press*: Oxford, UK, 2012; ISBN 978-0-19-954906-1.

## **ДОДАТКИ**

Додаток А. Вміст вітамінів в зерні різних видів пшениці, мг/100 г

Вміст вітаміну	Рік проведення дослідження	Сорт, лінія			
		Епоха одеська	Акратос	Голіковська	LP 1152
β-каротин	2017	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$
	2018	$2 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-3}$
	2019	$2 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$
	Середнє за три роки	$1,7 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$4,3 \times 10^{-3}$	$6,3 \times 10^{-3}$
β-каротину	2017	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$
	2018	$2 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-3}$
	2019	$2 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$
	Середнє за три роки	$1,7 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$4,3 \times 10^{-3}$	$6,3 \times 10^{-3}$
К <sub>1</sub> (філохінон)	2017	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$3,1 \times 10^{-3}$	$3,8 \times 10^{-3}$
	2018	$2,1 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$3,7 \times 10^{-3}$	$3,9 \times 10^{-3}$
	2019	$2,2 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$3,8 \times 10^{-3}$	$4,1 \times 10^{-3}$
	Середнє за три роки	$1,8 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$3,5 \times 10^{-3}$	$3,9 \times 10^{-3}$
β-токоферолу	2017	0,19	0,20	0,24	0,27
	2018	0,20	0,21	0,25	0,27
	2019	0,20	0,20	0,26	0,28
	Середнє за три роки	0,20	0,20	0,25	0,27
γ-токоферолу	2017	1,50	1,51	1,70	1,75
	2018	1,52	1,53	1,77	1,76
	2019	1,54	1,51	1,79	1,77
	Середнє за три роки	1,52	1,52	1,75	1,76
В <sub>1</sub>	2017	0,32	0,33	0,36	0,37
	2018	0,33	0,31	0,37	0,37
	2019	0,31	0,32	0,38	0,38
	Середнє за три роки	0,32	0,32	0,37	0,37
В <sub>2</sub>	2017	0,08	0,09	0,11	0,12
	2018	0,09	0,10	0,12	0,13
	2019	0,08	0,08	0,12	0,12
	Середнє за три роки	0,08	0,09	0,12	0,12
В <sub>3</sub>	2017	4,52	4,62	6,84	6,85
	2018	4,56	4,68	6,84	6,86
	2019	4,58	4,67	6,85	6,87
	Середнє за три роки	4,55	4,66	6,84	6,86
В <sub>4</sub>	2017	72,1	71,8	92,0	95,5
	2018	73,5	73,1	96,4	98,4
	2019	73,8	74,5	97,1	98,9
	Середнє за три роки	73,13	73,13	95,17	97,6

## Продовження додатку А

Вміст вітаміну	Рік проведення дослідження	Сорт, лінія			
		Епоха одеська	Акратос	Голіковська	LP 1152
В <sub>5</sub>	2017	0,91	0,94	1,07	1,08
	2018	0,95	0,97	1,08	1,09
	2019	0,94	0,95	1,09	1,08
	Середнє за три роки	0,93	0,95	1,08	1,08
В <sub>6</sub>	2017	0,21	0,23	0,25	0,27
	2018	0,22	0,22	0,25	0,28
	2019	0,21	0,21	0,26	0,27
	Середнє за три роки	0,21	0,22	0,25	0,27
В <sub>7</sub> (Н)	2017	0,008	0,007	0,011	0,014
	2018	0,009	0,008	0,012	0,013
	2019	0,008	0,008	0,013	0,014
	Середнє за три роки	0,008	0,008	0,012	0,014
В <sub>9</sub>	2017	0,031	0,032	0,043	0,048
	2018	0,030	0,031	0,045	0,047
	2019	0,032	0,033	0,046	0,049
	Середнє за три роки	0,093	0,096	0,134	0,144
Сума лютеїн + зеаксантин	2017	0,168	0,165	0,171	0,173
	2018	0,165	0,168	0,171	0,175
	2019	0,169	0,166	0,179	0,178
	Середнє за три роки	0,167	0,166	0,174	0,175



## Додаток Б

## Додаток Б.1

Результати трьох факторного дисперсійного аналізу виходу крупи з пшениці  
полби № 1 (сорт Голіковська, 2017–2018 рр.)

Розсіюван ня	Суми квадратів	Ступінь вільності	Диспер- сія ( $S^2$ )	Критерій Фішера фактичний (Fфакт.)	Критерій Фішера теоретичне (F0,95)
Загальне	5565,80	179	–	–	–
Повторень	6,75	2	–	–	–
A	167,00	1	167,0	18,3	3,92
C	39,50	2	19,8	2,2	3,07
D	4150,9	9	461,2	50,7	1,96
AC	28,71	2	14,4	1,58	3,07
AD	55,68	9	6,2	0,68	1,96
CD	5,98	18	0,3	0,04	1,66
ACD	10,88	18	0,6	0,07	1,66
Залишку	1100,35	118	9,32	–	–

## Додаток Б.2

Вихід крупи № 1 із зерна полби лінії LP 1152 залежно від вологості та тривалості  
лущення

Тривалість лущення, с	Вологість зерна, %					
	12,2		13,0		14,0	
	Крупа	Мучка	Крупа	Мучка	Крупа	Мучка
20	98,9	1,1	99,7	0,3	99,6	0,4
40	96,8	3,2	97,8	2,2	97,7	2,3
60	94,6	5,4	96,0	4,0	95,6	4,4
80	93,1	6,9	94,1	5,9	94,6	5,4
100	91,8	8,2	92,9	7,1	92,8	7,2
120	90,1	9,9	92,1	7,9	92,0	8,0
140	89,3	10,7	90,1	9,9	90,2	9,8
160	88,4	11,6	88,9	11,1	88,4	11,6
180	85,6	14,4	87,5	12,5	87,1	12,9
200	85,1	14,9	86,6	13,4	86,0	14,0

## Додаток Б.3

Вихід крупи з пшениці полби № 1 залежно від режимів ВТО за тривалості луцення 180 с, % (лінія LP 1152, 2017 р, склоподібне ядро)

Вологість зерна, % (A)	Тривалість відволожування, хв (B)			
	30	60	90	120
14,5	88,7	86,7	86,4	86,2
15,0	88,0	86,8	86,0	86,0
15,5	86,4	85,6	85,3	85,0
16,0	86,1	85,1	85,1	85,4
16,5	85,6	85,4	85,0	84,4
17,0	85,0	85,1	84,0	84,0
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>Фактор А – 2,5; В – 2,0; АВ – 4,9</i>			

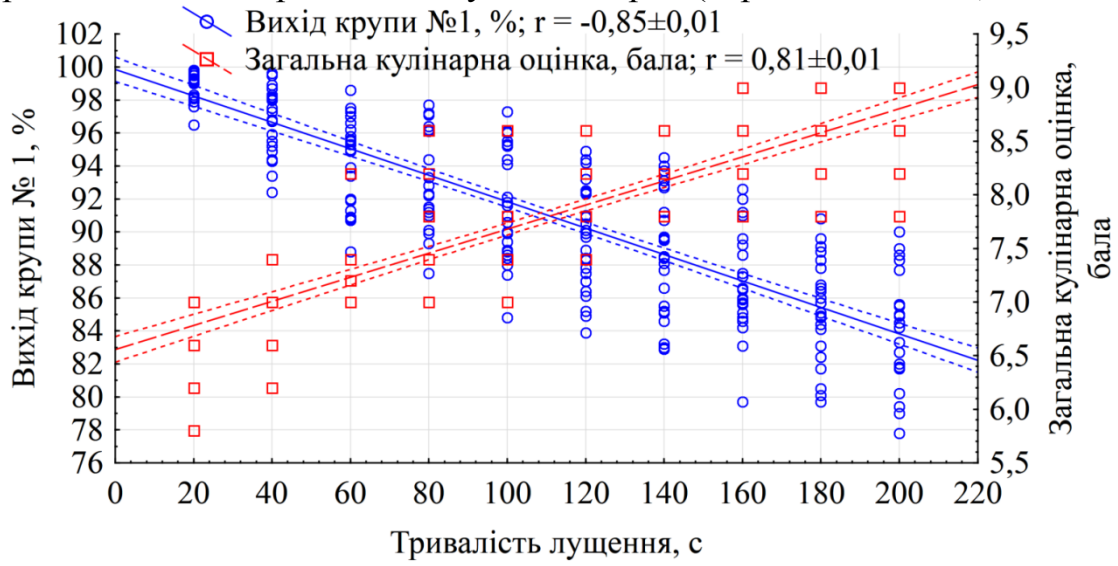
## Додаток Б.4

Органолептична оцінка каші з крупи пшениці полби № 1 (лінія LP 1152, склоподібне ядро), бал

Тривалість луцення	Запах, бал	Колір, бал	Смак, бал	Консистенція, бал
20	9	2,3	9	9
40	9	3	9	9
60	9	3,7	9	9
80	9	5	9	9
100	9	5,7	9	9
120	9	7	9	9
140	9	7	9	9
160	9	9	9	9
180	9	9	9	9
200	9	9	9	9

## Додаток Б.5

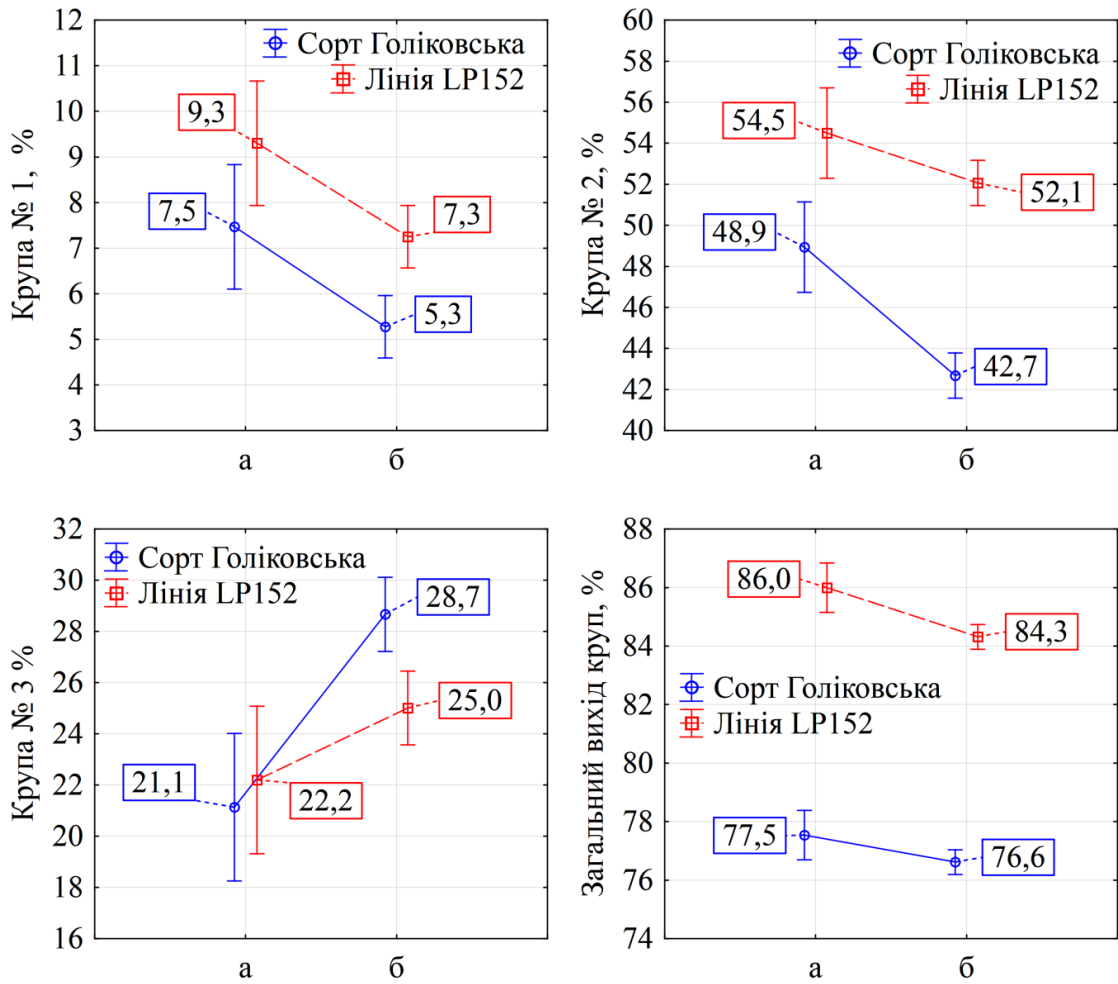
Кореляційна залежність між виходом крупи з пшениці полби № 1, загальною кулінарною оцінкою і тривалістю лущення зерна (сорт Голиковська, лінія LP 1152)



## Додаток В

## Додаток В.1

Вихід крупи подрібненої з пшениці полби № 1, 2 і 3, залежно від особливостей сорту, лінії та процесу луцення зерна: а) нелущене зерно; б) лущене зерно



## Додаток В.2

Кулінарна оцінка каші з крупи подрібненої пшениці полби сорт Голиковська  
(2018 р.) залежно від тривалості лушення, бал

Тривалість лушення зерна, с	Тривалість варіння, хв	Коефіцієнт розварювання	Запах, бал	Колір, бал	Смак, бал	Консистенція, бал	Консистенція каші під час розжовування, бал	Загальна кулінарна оцінка, бал
Крупа № 1								
0	26,3	3,7	8,3	3,0	8,3	7,7	2,3	5,9
40	23,0	4,2	8,3	3,0	8,3	7,7	3,0	6,1
80	21,7	4,2	8,3	5,0	8,3	7,0	3,7	6,5
120	21,0	4,3	9,0	5,7	9,0	8,3	6,3	7,7
160	20,3	4,4	9,0	8,3	9,0	8,3	7,7	8,5
Крупа № 2								
0	22,0	3,8	8,3	4,3	8,3	7,7	3,7	6,5
40	18,3	3,9	8,3	3,7	8,3	7,7	5,0	6,6
80	18,0	4,4	9,0	5,7	8,3	7,0	5,7	7,1
120	17,0	4,4	8,3	6,3	9,0	8,3	7,0	7,8
160	16,3	4,4	9,0	8,3	9,0	8,3	7,7	8,5
Крупа № 3								
0	11,7	3,6	9,0	5,0	8,3	7,0	5,0	6,9
40	11,0	3,7	9,0	5,0	8,3	7,0	5,7	7,0
80	11,0	3,7	9,0	5,7	8,3	6,3	7,0	7,3
120	10,3	4,0	9,0	7,7	9,0	7,0	8,3	8,2
160	10,3	4,1	9,0	8,3	9,0	7,0	9,0	8,5

## Додаток В.3

Кулінарна оцінка каші з крупи подрібненої пшениці полби лінії LP 1152 залежно від тривалості лушення, бал

Тривалість лушення зерна, с	Тривалість варіння, хв	Коефіцієнт розварювання	Запах, бал	Колір, бал	Смак, бал	Консистенція, бал	Консистенція каші під час розжовування, бал	Загальна кулінарна оцінка, бал
Крупа № 1								
0	26,0	3,7	8,3	4,3	9,0	9,0	3,0	6,7
40	23,0	4,2	8,3	4,3	9,0	9,0	4,3	7,0
80	22,3	4,2	8,3	6,3	9,0	9,0	5,0	7,5
120	22,0	4,2	8,3	7,0	9,0	9,0	7,7	8,2
160	20,3	4,4	8,3	9,0	9,0	9,0	9,0	8,9
Крупа № 2								
0	26,0	3,7	8,3	4,3	9,0	9,0	3,0	6,7
40	23,0	4,2	8,3	4,3	9,0	9,0	4,3	7,0
80	22,3	4,2	8,3	6,3	9,0	9,0	5,0	7,5
120	22,0	4,4	8,3	7,0	9,0	9,0	7,7	8,2
160	20,3	4,4	8,3	9,0	9,0	9,0	9,0	8,9
Крупа № 3								
0	11,7	3,7	8,3	5,0	9,0	9,0	4,3	7,1
40	11,3	3,8	8,3	5,7	9,0	9,0	5,0	7,4
80	10,7	3,8	8,3	7,7	9,0	9,0	7,0	8,2
120	10,3	4,0	8,3	9,0	9,0	9,0	7,7	8,6
160	10,3	4,1	8,3	9,0	9,0	9,0	9,0	8,9

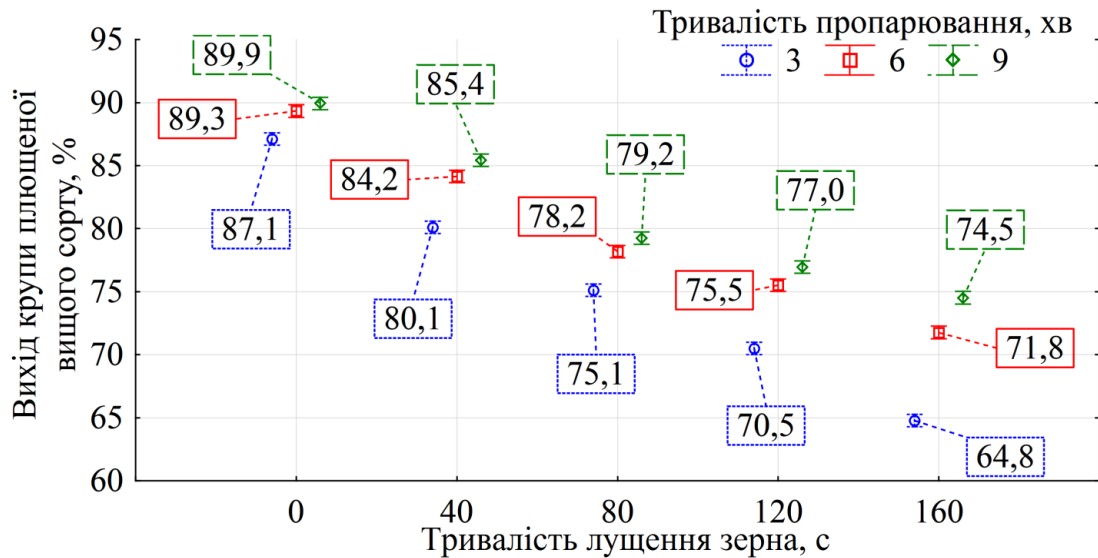
## Додаток Г

## Додаток Г.1

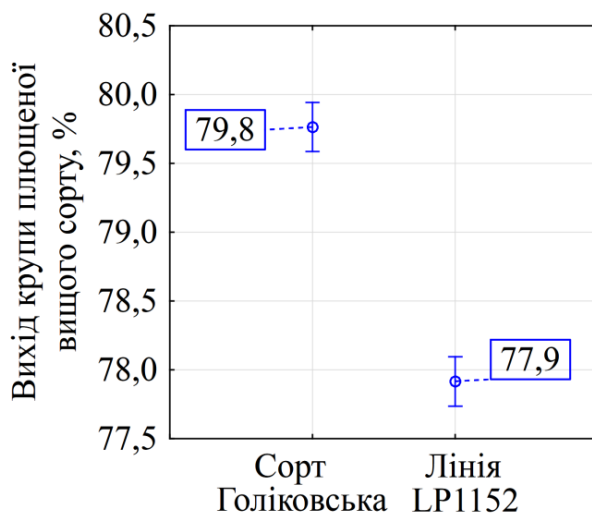
Зміна виходу крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту залежно від тривалості лушення, режимів ВТО та особливостей сорту:

а) тривалість лушення та пропарювання зерна; б) особливості сорту;

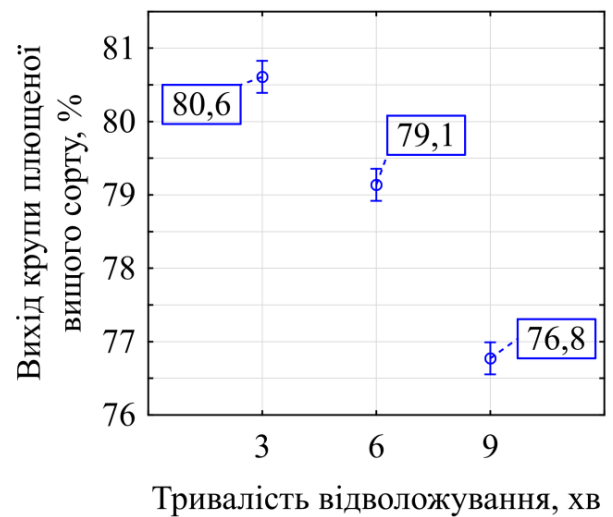
в) тривалість відволожування



а)



б)



в)

## Додаток Г.2

Вихід продуктів після плющення зерна пшениці полби сорт Голиковська (2018 р)  
залежно від тривалості лушення, пропарювання та відволожування, %

Тривалість пропарювання, с	Тривалість відволожування, с	Вид круп'яного продукту			Загальний вихід круп	Мучка кормова
		Вищий сорт	Перший сорт	дрібка		
тривалість лушення зерна – 0 с						
3	3	89,6	6,8	1,0	97,8	2,7
	6	89,4	6,5	1,1	96,8	3,0
	9	88,7	6,6	1,2	95,4	3,5
6	3	91,2	5,2	1,5	97,3	2,2
	6	90,3	5,0	1,5	97	3,2
	9	89,2	5,3	1,6	96,5	3,9
9	3	91,7	5,1	0,9	97,7	2,3
	6	91,3	5,5	1,0	97,8	2,2
	9	90,9	5,7	1,2	97,8	2,2
тривалість лушення зерна – 40 с						
3	3	83,7	11,0	1,7	96,3	3,7
	6	82,6	11,5	2,2	96,3	3,7
	9	80,2	13,0	3,0	96,2	3,8
6	3	83,9	11,7	1,0	96,6	3,4
	6	83,4	11,8	1,5	96,7	3,3
	9	82,1	12,9	1,6	96,5	3,5
9	3	86,1	10,0	1,1	97,1	2,9
	6	82,7	12,6	1,4	96,7	3,3
	9	82,3	13,0	1,5	96,7	3,3
тривалість лушення зерна – 80 с						
3	3	76,8	15,7	3,5	95,7	4,1
	6	75,9	16,0	4,3	95,6	3,8
	9	72,9	17,8	5,5	95,3	3,8
6	3	82,5	12,7	1,7	96,9	3,1
	6	79,8	14,4	2,5	96,7	3,3
	9	77,2	15,6	3,8	96,6	3,4
9	3	83,1	12,4	1,8	97,3	2,7
	6	81,6	12,8	2,5	96,9	3,1
	9	80,4	13,4	2,8	96,6	3,4



## Продовження додатку Г.2

Тривалість пропарю- вання, с	Тривалість відволо- жування, с	Вид круп'яного продукту			Загальний вихід круп	Мучка кормова
		Вищий сорт	Перший сорт	дрібка		
тривалість      лущення      зерна –      120 с						
3	3	74,5	17,7	4,1	96,3	3,7
	6	72,1	19,0	4,9	96,0	4,0
	9	69,1	21,7	5,3	96,0	4,0
6	3	78,0	15,4	3,3	96,7	3,3
	6	75,4	16,8	4,3	96,5	3,5
	9	72,0	19,4	4,7	96,2	3,8
9	3	79,6	14,7	2,3	96,6	3,4
	6	78,9	14,9	2,5	96,3	3,6
	9	75,4	17,7	3,0	95,9	3,9
тривалість      лущення      зерна –      160 с						
3	3	70,5	20,5	5,0	96,0	4,0
	6	65,3	24,4	6,1	95,8	4,2
	9	63,3	24,4	7,6	95,3	4,7
6	3	75,1	18,7	3,0	96,8	3,2
	6	71,3	21,4	3,4	96,1	3,9
	9	67,5	22,6	5,8	96,0	4,0
9	3	80,7	15,0	1,9	97,7	2,3
	6	79,9	15,2	2,3	97,5	2,5
	9	71,3	21,6	3,5	96,5	3,5

## Додаток Г.3

Вихід продуктів після плющення зерна пшениці полби лінія LP1152 (2018 р)

залежно від тривалості лушення, пропарювання та відволожування, %

Тривалість пропарювання, с	Тривалість відволожування, с	Вид круп'яного продукту			Загальний вихід круп	Мучка кормова
		Вищий сорт	Перший сорт	дрібка		
тривалість лушення зерна – 0 с						
3	3	86,7	7,4	2,0	96,1	3,9
	6	86,0	7,2	2,0	95,2	4,8
	9	82,3	8,0	1,8	92,1	7,9
6	3	88,5	8,1	1,5	98,1	1,9
	6	88,6	8,7	1,5	98,8	1,2
	9	88,3	8,6	0,2	97,1	2,9
9	3	88,9	8,0	1,0	97,9	2,1
	6	88,7	8,3	1,0	98,0	2,0
	9	88,1	8,7	0,8	99,2	2,4
тривалість лушення зерна – 40 с						
3	3	80,8	12,2	4,0	97,0	3,0
	6	77,9	14,9	3,5	96,3	3,7
	9	75,4	15,1	5,6	96,1	3,9
6	3	85,3	10,4	1,5	97,2	2,8
	6	85,9	10,0	1,4	97,3	2,7
	9	84,3	10,7	2,5	97,5	2,5
9	3	87,3	9,8	0,4	97,5	2,5
	6	87,2	10,0	0,5	97,7	2,3
	9	87,1	10,2	0,6	99,4	2,1
тривалість лушення зерна – 80 с						
3	3	75,4	15,9	5,5	96,9	3,1
	6	75,0	16,3	5,5	96,8	3,2
	9	74,7	16,5	5,8	97,0	3,0
6	3	77,3	12,4	7,1	96,8	3,2
	6	77,0	12,1	7,5	96,6	3,4
	9	75,2	12,8	8,9	96,9	3,1
9	3	77,7	15,2	3,5	96,4	3,6
	6	77,4	15,0	4,3	96,7	3,3
	9	75,3	16,4	4,6	95,4	3,7

## Продовження додатку Г.3

Тривалість пропарю- вання, с	Тривалість відволо- жування, с	Вид круп'яного продукту			Загальний вихід круп	Мучка кормова
		Вищий сорт	Перший сорт	дрібка		
тривалість      лущення      зерна –      120 с						
3	3	70,6	19,0	6,1	95,7	4,3
	6	71,1	17,8	7,1	96,0	4,0
	9	65,6	20,3	10,0	95,9	4,1
6	3	76,3	16,4	3,3	96,0	4,0
	6	76,0	16,0	4,1	96,1	3,9
	9	75,3	17,1	3,7	96,1	3,9
9	3	77,1	13,2	5,8	96,1	3,9
	6	76,4	13,7	6,4	96,5	3,5
	9	74,3	14,1	8,5	91,5	3,1
тривалість      лущення      зерна –      160 с						
3	3	69,8	19,7	6,2	95,7	4,3
	6	64,2	25,6	6,2	96,0	4,0
	9	55,5	27,5	10,7	93,7	6,3
6	3	74,2	18,3	3,5	96,0	4,0
	6	72,1	17,2	6,7	96,0	4,0
	9	70,4	17,9	7,9	96,2	3,8
9	3	75,6	19,1	1,4	96,1	3,9
	6	70,7	20,4	5,2	96,3	3,7
	9	68,8	25,3	2,4	97,6	3,5

## Додаток Г.4

Зміна кулінарної оцінки каші з крупи плющеної із пшениці полби вищого сорту сорт Голіковська (2018 р.) залежно від тривалості луцення, пропарювання та відволожування, бал

Тривалість пропарювання, хв.	Тривалість відволожування, хв.	Тривалість варіння, хв.	Коефіцієнт розварювання	Запах, бал	Колір, бал	Смак, бал	Консистенція, бал	Консистенція каші під час розжовування, бал	ЗКО
без луцення									
3	3	26,0	3,4	8,3	4,3	7,7	9,0	4,3	6,7
	6	25,7	3,4	8,3	4,3	7,7	9,0	4,3	6,7
	9	25,0	3,3	8,3	4,3	7,7	9,0	4,3	6,7
6	3	22,0	3,4	8,3	4,3	7,7	9,0	4,3	6,7
	6	22,0	3,4	8,3	4,3	7,7	9,0	4,3	6,7
	9	21,3	3,5	8,3	4,3	7,7	9,0	4,3	6,7
9	3	19,7	3,5	8,3	4,3	7,7	9,0	4,3	6,7
	6	19,3	3,5	8,3	4,3	7,7	9,0	4,3	6,7
	9	19,3	3,5	8,3	4,3	7,7	9,0	4,3	6,7
тривалість луцення 40 с									
3	3	25,0	3,7	8,3	4,3	7,7	9,0	5,7	7,0
	6	24,7	3,7	8,3	4,3	7,7	9,0	5,7	7,0
	9	24,3	3,7	8,3	4,3	7,7	9,0	5,7	7,0
6	3	23,0	3,7	8,3	4,3	7,7	9,0	5,7	7,0
	6	22,3	3,7	8,3	4,3	7,7	9,0	5,7	7,0
	9	21,7	3,7	8,3	4,3	7,7	9,0	5,7	7,0
9	3	21,0	3,8	8,3	4,3	7,7	9,0	5,7	7,0
	6	20,7	3,8	8,3	4,3	7,7	9,0	5,7	7,0
	9	20,0	3,8	8,3	4,3	7,7	9,0	5,7	7,0
тривалість луцення 80 с									
3	3	19,3	3,9	9,0	5,0	8,3	9,0	7,0	7,7
	6	19,0	3,9	9,0	5,0	8,3	9,0	7,0	7,7
	9	18,0	3,9	9,0	5,0	8,3	9,0	7,0	7,7
6	3	17,7	3,9	9,0	5,0	8,3	9,0	7,0	7,7
	6	17,3	3,9	9,0	5,0	8,3	9,0	7,0	7,7
	9	17,0	3,9	9,0	5,0	8,3	9,0	7,0	7,7

## Продовження додатку Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	3	15,3	4,0	9,0	5,0	8,3	9,0	7,0	7,7
	6	15,0	3,9	9,0	5,0	8,3	9,0	7,0	7,7
	9	14,7	4,0	9,0	5,0	8,3	9,0	7,0	7,7
тривалість луцення 120 с									
3	3	12,0	3,9	9,0	7,0	8,3	9,0	7,0	8,1
	6	12,0	3,9	9,0	7,0	8,3	9,0	7,0	8,1
	9	11,7	3,9	9,0	7,0	8,3	9,0	7,0	8,1
6	3	11,0	3,9	9,0	7,0	8,3	9,0	7,0	8,1
	6	10,7	3,9	9,0	7,0	8,3	9,0	7,0	8,1
	9	10,3	3,9	9,0	7,0	8,3	9,0	7,0	8,1
9	3	10,3	4,0	9,0	7,0	8,3	9,0	7,0	8,1
	6	9,7	4,0	9,0	7,0	8,3	9,0	7,0	8,1
	9	9,7	4,0	9,0	7,0	8,3	9,0	7,0	8,1
тривалість луцення 160 с									
3	3	11,0	4,0	9,0	8,3	9,0	9,0	8,3	8,7
	6	11,0	4,0	9,0	8,3	9,0	9,0	8,3	8,7
	9	10,7	4,0	9,0	8,3	9,0	9,0	8,3	8,7
6	3	10,0	4,1	9,0	8,3	9,0	9,0	8,3	8,7
	6	9,7	4,1	9,0	8,3	9,0	9,0	8,3	8,7
	9	9,7	4,1	9,0	8,3	9,0	9,0	8,3	8,7
9	3	9,3	4,1	9,0	8,3	9,0	9,0	8,3	8,7
	6	8,7	4,1	9,0	8,3	9,0	9,0	8,3	8,7
	9	8,7	4,1	9,0	8,3	9,0	9,0	8,3	8,7

## Додаток Г.5

Кулінарна оцінка каші з крупи плющеної із пшениці полби вищого сорту (лінія LP 1152) залежно від тривалості лушення, пропарювання та відволожування, бал

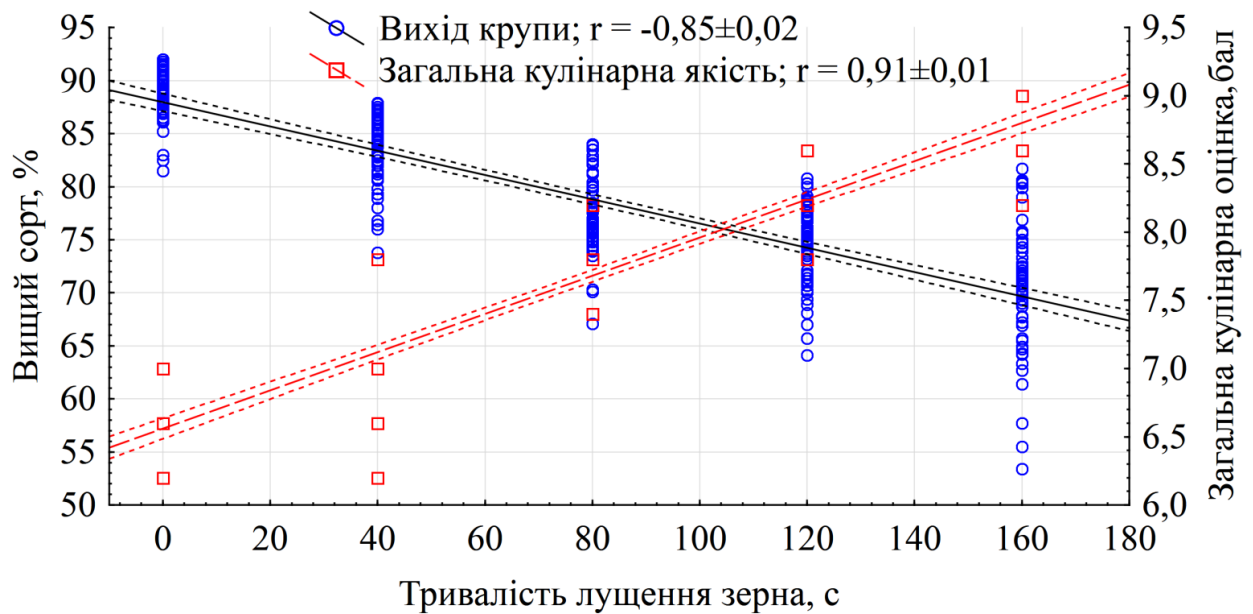
Тривалість пропарювання, хв.	Тривалість відволожування, хв.	Тривалість варіння, хв.	Коефіцієнт розварювання	Запах, бал	Колір, бал	Смак, бал	Консистенція, бал	Консистенція каші під час розжовування, бал	ЗКО
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
без лушення									
3	3	21,0	3,7	9,0	3,0	8,3	9,0	3,7	6,6
	6	21,0	3,7	9,0	3,0	8,3	9,0	3,7	6,6
	9	20,7	3,7	9,0	3,0	8,3	9,0	3,7	6,6
6	3	19,7	3,8	9,0	3,0	8,3	9,0	3,7	6,6
	6	19,3	3,8	9,0	3,0	8,3	9,0	3,7	6,6
	9	19,0	3,8	9,0	3,0	8,3	9,0	3,7	6,6
9	3	18,3	3,8	9,0	3,0	8,3	9,0	3,7	6,6
	6	18,3	3,8	9,0	3,0	8,3	9,0	3,7	6,6
	9	18,0	3,8	9,0	3,0	8,3	9,0	3,7	6,6
тривалість лушення 40 с									
3	3	19,0	4,1	9,0	4,3	8,3	9,0	3,7	6,9
	6	18,7	4,1	9,0	4,3	8,3	9,0	3,7	6,9
	9	18,3	4,0	9,0	4,3	8,3	9,0	3,7	6,9
6	3	17,0	4,2	9,0	4,3	8,3	9,0	3,7	6,9
	6	16,7	4,2	9,0	4,3	8,3	9,0	3,7	6,9
	9	16,7	4,2	9,0	4,3	8,3	9,0	3,7	6,9
9	3	15,3	4,3	9,0	4,3	8,3	9,0	3,7	6,9
	6	15,0	4,4	9,0	4,3	8,3	9,0	3,7	6,9
	9	14,3	4,4	9,0	4,3	8,3	9,0	3,7	6,9
тривалість лушення 80 с									
3	3	13,7	4,2	9,0	5,0	9,0	9,0	7,0	7,8
	6	13,3	4,1	9,0	5,0	9,0	9,0	7,0	7,8
	9	12,7	4,1	9,0	5,0	9,0	9,0	7,0	7,8
6	3	12,0	4,3	9,0	5,0	9,0	9,0	7,0	7,8
	6	11,7	4,3	9,0	5,0	9,0	9,0	7,0	7,8
	9	11,7	4,3	9,0	5,0	9,0	9,0	7,0	7,8

## Продовження додатку Г.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	3	12,0	4,3	9,0	5,0	9,0	9,0	7,0	7,8
	6	12,0	4,3	9,0	5,0	9,0	9,0	7,0	7,8
	9	11,7	4,3	9,0	5,0	9,0	9,0	7,0	7,8
тривалість луцення 120 с									
3	3	13,7	4,2	9,0	7,0	9,0	9,0	8,3	8,5
	6	13,0	4,2	9,0	7,0	9,0	9,0	8,3	8,5
	9	12,7	4,2	9,0	7,0	9,0	9,0	8,3	8,5
6	3	11,7	4,3	9,0	7,0	9,0	9,0	8,3	8,5
	6	11,3	4,3	9,0	7,0	9,0	9,0	8,3	8,5
	9	11,0	4,3	9,0	7,0	9,0	9,0	8,3	8,5
9	3	10,3	4,3	9,0	7,0	9,0	9,0	8,3	8,5
	6	9,7	4,3	9,0	7,0	9,0	9,0	8,3	8,5
	9	9,0	4,4	9,0	7,0	9,0	9,0	8,3	8,5
тривалість луцення 160 с									
3	3	12,0	4,2	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,9
	6	11,7	4,2	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,9
	9	11,3	4,2	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,9
6	3	10,0	4,4	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,9
	6	9,7	4,4	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,9
	9	9,7	4,4	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,9
9	3	9,3	4,4	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,9
	6	9,0	4,4	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,9
	9	8,7	4,4	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,9

## Додаток Г.6

Кореляційна залежність між виходом крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту, загальною кулінарною оцінкою і тривалості лушення зерна



## Додаток Г.7

Вміст жиророзчинних вітамінів у крупі плющеної з пшениці полби вищого сорту (сорт Голіковська, 2018 р) залежно від тривалості лушення та режимів водотеплового оброблення, мг/100 г

Тривалість пропарювання, хв.	Тривалість відволоження, хв	Вміст вітаміну			
		$K_1$	$\beta$ -каротину	$\beta$ -токоферолу	$\gamma$ -токоферолу
1	2	3	4	5	6
Нелущене зерно					
3	3	1,9	0,003	0,15	1,51
	6	2,1	0,003	0,15	1,54
	9	2,2	0,003	0,15	1,58
6	3	2,3	0,003	0,15	1,55
	6	2,4	0,003	0,16	1,60
	9	2,8	0,003	0,15	1,66
9	3	2,4	0,003	0,15	1,61
	6	2,6	0,003	0,15	1,65
	9	3,0	0,003	0,16	1,67



## Продовження Додаток Г.7

1	2	3	4	5	6
Тривалість луцення – 40 с					
3	3	1,9	0,002	0,15	1,50
	6	2,0	0,002	0,14	1,53
	9	2,2	0,002	0,15	1,57
6	3	2,3	0,002	0,15	1,54
	6	2,4	0,002	0,15	1,58
	9	2,7	0,002	0,15	1,66
9	3	2,3	0,002	0,14	1,60
	6	2,5	0,002	0,15	1,64
	9	2,9	0,002	0,15	1,66
Тривалість луцення – 80 с					
3	3	1,8	0,002	0,15	1,49
	6	1,9	0,002	0,15	1,51
	9	2,1	0,002	0,15	1,55
6	3	2,1	0,002	0,14	1,52
	6	2,2	0,002	0,15	1,56
	9	2,5	0,002	0,14	1,64
9	3	2,2	0,002	0,14	1,56
	6	2,4	0,002	0,15	1,62
	9	2,7	0,002	0,15	1,64
Тривалість луцення – 120 с					
3	3	1,7	0,002	0,13	1,48
	6	1,8	0,002	0,13	1,45
	9	2,0	0,002	0,13	1,45
6	3	1,9	0,002	0,13	1,47
	6	2,1	0,002	0,13	1,45
	9	2,4	0,002	0,13	1,45
9	3	2,1	0,002	0,14	1,46
	6	2,3	0,002	0,15	1,45
	9	2,5	0,002	0,15	1,45
Тривалість луцення – 160 с					
3	3	1,6	0,002	0,13	1,46
	6	1,7	0,002	0,12	1,42
	9	1,8	0,002	0,13	1,42
6	3	1,8	0,002	0,13	1,46
	6	1,9	0,002	0,13	1,44
	9	2,2	0,002	0,12	1,43
9	3	2,1	0,002	0,14	1,44
	6	2,1	0,002	0,14	1,44
	9	2,3	0,002	0,14	1,44

## Додаток Г.8

Вміст водорозчинних вітамінів і пігментів у крупі плющеної з пшениці полби вищого сорту (сорт Голіковська, 2018 р) залежно від тривалості лушення та режимів водотеплового оброблення, мг/100 г

Тривалість пропарювання, хв	Тривалість відволожування, хв	Вміст вітаміну								Лютеїн + зеаксантин
		B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>9</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нелущене зерно										
3	3	0,35	0,11	6,77	940	1,06	0,18	0,011	0,040	0,161
	6	0,35	0,11	6,78	941	1,06	0,18	0,011	0,041	0,160
	9	0,36	0,11	6,78	942	1,06	0,17	0,011	0,04	0,161
6	3	0,35	0,11	6,78	942	1,07	0,18	0,011	0,041	0,161
	6	0,36	0,11	6,78	941	1,06	0,17	0,011	0,04	0,162
	9	0,36	0,10	6,78	943	1,06	0,18	0,011	0,041	0,160
9	3	0,35	0,11	6,77	941	1,07	0,18	0,011	0,040	0,160
	6	0,36	0,11	6,78	942	1,06	0,17	0,011	0,041	0,161
	9	0,35	0,11	6,78	940	1,06	0,18	0,011	0,039	0,161
Тривалість лушення – 40 с										
3	3	0,35	0,1	6,77	941	1,06	0,18	0,011	0,040	0,160
	6	0,35	0,1	6,78	940	1,06	0,18	0,011	0,040	0,160
	9	0,36	0,1	6,77	942	1,06	0,19	0,011	0,041	0,160
6	3	0,35	0,1	6,78	941	1,06	0,18	0,011	0,040	0,161
	6	0,35	0,1	6,77	943	1,06	0,18	0,011	0,041	0,161
	9	0,35	0,1	6,78	941	1,06	0,19	0,011	0,040	0,161
9	3	0,35	0,1	6,77	942	1,06	0,18	0,011	0,041	0,161
	6	0,35	0,1	6,77	940	1,06	0,17	0,011	0,040	0,160
	9	0,35	0,1	6,78	941	1,06	0,19	0,011	0,040	0,161

## Продовження додатка Г.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
тривалість луцення – 80 с										
3	3	0,34	0,09	6,71	938	1,05	0,17	0,01	0,040	0,160
	6	0,34	0,09	6,71	939	1,05	0,18	0,01	0,040	0,160
	9	0,34	0,09	6,70	938	1,05	0,17	0,01	0,040	0,161
6	3	0,34	0,09	6,70	937	1,05	0,17	0,01	0,040	0,160
	6	0,34	0,09	6,71	938	1,05	0,18	0,01	0,040	0,160
	9	0,34	0,09	6,70	939	1,06	0,17	0,01	0,040	0,160
9	3	0,34	0,09	6,71	939	1,05	0,17	0,01	0,040	0,160
	6	0,34	0,09	6,70	940	1,05	0,18	0,01	0,040	0,161
	9	0,34	0,09	6,71	939	1,06	0,17	0,01	0,041	0,160
тривалість луцення – 120 с										
3	3	0,34	0,09	6,66	935	1,05	0,15	0,009	0,040	0,141
	6	0,34	0,09	6,67	936	1,05	0,15	0,009	0,039	0,142
	9	0,34	0,09	6,66	935	1,05	0,15	0,009	0,040	0,140
6	3	0,34	0,09	6,67	936	1,05	0,16	0,009	0,039	0,141
	6	0,35	0,09	6,68	937	1,06	0,15	0,009	0,040	0,142
	9	0,34	0,09	6,66	938	1,05	0,16	0,009	0,040	0,141
9	3	0,34	0,09	6,67	935	1,05	0,15	0,009	0,040	0,142
	6	0,35	0,09	6,66	935	1,05	0,15	0,009	0,039	0,142
	9	0,34	0,09	6,66	934	1,05	0,16	0,009	0,040	0,141
тривалість луцення – 160 с										
3	3	0,34	0,09	6,66	930	1,05	0,15	0,009	0,04	0,140
	6	0,34	0,09	6,66	931	1,05	0,16	0,009	0,04	0,141
	9	0,34	0,09	6,67	932	1,04	0,15	0,009	0,04	0,140
6	3	0,35	0,09	6,67	930	1,05	0,14	0,009	0,04	0,140
	6	0,34	0,09	6,68	931	1,05	0,15	0,009	0,041	0,141
	9	0,34	0,09	6,66	932	1,04	0,15	0,009	0,04	0,140
9	3	0,34	0,09	6,66	933	1,05	0,15	0,009	0,04	0,140
	6	0,35	0,09	6,67	930	1,05	0,16	0,009	0,04	0,140
	9	0,34	0,09	6,67	930	1,05	0,15	0,009	0,04	0,141

## Додаток Д

## Додаток Д.1

Вихід круп'яних продуктів із нелущеного зерна пшениці полби сорт Голіковська  
(2017 р., борошністий ендосперм), одержаних після оброблення ЕМП НВЧ, %

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Без зволоження					
20	14,8±0,7	50,6±2,1	25,0±1,1	90,4±0,4	9,6±0,4
40	36,6±1,8	39,9±0,8	14,8±0,6	91,4±0,5	8,6±0,5
60	54,9±1,6	32,2±1,6	6,6±0,3	93,7±0,3	6,3±0,3
80	72,9±1,1	17,2±0,7	4,9±0,3	95,1±0,2	4,9±0,2
100	60,3±0,5	21,3±0,6	8,8±0,4	90,3±0,5	9,7±0,5
120	57,3±1,1	22,6±1,0	9,5±0,5	89,4±0,5	10,6±0,5
140	53,9±2,1	25,2±1,1	8,2±0,4	87,3±0,7	12,7±0,7
160	44,4±1,6	25,7±0,5	13,3±0,6	83,4±0,7	16,6±0,7
180	39,7±2,0	31,7±1,1	11,5±0,5	83,0±0,5	17,0±0,5
Зволоження зерна на 0,5 %					
20	17,4±0,2	48,7±1,3	23,4±0,7	89,5±0,8	10,5±0,8
40	43,5±2,2	34,3±1,5	13,6±0,6	91,5±0,4	8,5±0,4
60	64,8±1,7	25,8±1,2	5,8±0,3	96,4±0,2	3,6±0,2
80	74,4±0,9	17,1±0,9	4,2±0,2	95,7±0,2	4,3±0,2
100	79,5±0,8	13,0±0,6	4,0±0,2	96,4±0,2	3,6±0,2
120	71,2±1,3	17,2±0,7	4,6±0,2	93,0±0,4	7,0±0,4
140	63,4±1,6	20,8±0,9	5,4±0,3	89,6±0,5	10,4±0,5
160	59,4±1,6	20,9±0,9	9,3±0,4	89,6±0,4	10,4±0,4
180	48,2±2,3	28,5±1,2	8,4±0,4	85,1±0,8	14,9±0,8
Зволоження зерна на 1,0 %					
20	29,3±1,1	44,5±1,8	17,5±0,5	91,3±0,4	8,7±0,4
40	44,8±1,9	38,0±1,1	10,6±0,6	93,4±0,3	6,6±0,3
60	62,8±1,5	27,8±1,2	4,5±0,3	95,1±0,3	4,9±0,3
80	75,4±1,0	12,0±0,5	7,6±0,3	95,0±0,3	5,0±0,3
100	76,8±1,2	14,1±0,8	3,7±0,2	94,6±0,3	5,4±0,3
120	67,5±1,6	17,7±0,9	4,8±0,2	90,0±0,5	10,0±0,5
140	61,4±1,6	20,0±1,0	7,8±0,3	89,2±0,4	10,8±0,4
160	49,4±2,2	25,2±1,2	11,1±0,5	85,7±0,6	14,3±0,6
180	44,4±2,3	25,9±1,1	9,3±0,4	79,6±0,9	17,0±0,9

## Продовження додатка Д.2

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Зволоження зерна на 1,5 %					
20	29,5±0,8	50,4±0,6	10,4±0,1	90,3±0,5	9,7±0,5
40	54,0±1,1	30,1±0,7	7,9±0,2	92,0±0,2	8,0±0,2
60	62,4±0,9	25,3±0,7	5,1±0,1	92,8±0,2	7,2±0,2
80	75,1±0,7	12,7±0,4	6,7±0,2	94,5±0,2	5,5±0,2
100	76,2±0,6	14,3±0,4	3,5±0,1	94,0±0,2	6,0±0,2
120	68,0±0,7	17,0±0,4	4,4±0,1	89,4±0,3	10,6±0,3
140	61,9±1,0	20,5±0,5	6,9±0,2	89,3±0,3	10,7±0,3
160	48,3±1,2	25,9±0,5	10,3±0,3	84,5±0,4	15,5±0,4
180	44,6±1,1	26,5±0,7	9,5±0,3	80,7±0,4	19,3±0,4

## Додаток Д.2

Вихід круп'яних продуктів із крупи № 1 пшениці полби сорт Голиковська (2017 р., борошністий ендосперм), одержаних після оброблення в ЕМП НВЧ, %

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Без зволоження					
20	0,7±0,1	41,3±1,1	43,3±1,3	85,3±0,6	14,7±0,6
40	3,7±0,2	51,0±2,0	30,4±1,2	85,2±0,7	14,8±0,7
60	28,0±1,2	34,5±1,6	25,9±1,0	88,4±0,6	11,6±0,6
80	32,5±1,5	31,3±2,2	23,3±1,2	87,2±0,5	12,8±0,5
100	29,4±1,3	29,2±1,2	25,8±1,1	84,4±0,8	15,6±0,8
120	22,9±0,9	29,6±1,5	29,4±0,9	81,9±0,8	18,1±0,8
140	17,8±0,9	35,7±1,9	27,4±1,1	80,8±0,3	19,2±0,3
160	12,5±0,5	29,4±1,4	37,0±1,3	78,9±1,0	21,1±1,0
180	10,8±0,5	29,6±1,3	37,2±1,7	77,5±1,1	22,5±1,1
Зволоження зерна на 0,5 %					
20	1,3±0,1	50,7±1,9	33,9±1,4	85,9±0,5	14,1±0,5
40	5,8±0,3	43,1±1,8	38,4±1,7	87,3±0,2	12,7±0,2
60	28,7±1,4	36,0±1,9	24,7±0,9	89,3±0,6	10,7±0,6
80	38,9±1,7	30,8±1,6	20,4±0,5	90,1±0,5	9,9±0,5

## Продовження додатка Д.2

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Зволоження зерна на 0,5 %					
100	29,0±1,8	36,7±0,8	20,7±0,6	86,4±0,7	13,6±0,7
120	26,5±1,1	34,9±1,6	22,2±0,9	83,6±0,4	16,4±0,4
140	18,5±0,8	25,9±1,0	35,9±1,5	80,3±1,4	19,7±1,4
160	13,1±0,5	28,7±0,5	36,5±0,7	78,3±0,9	21,7±0,9
180	12,1±0,5	36,3±1,7	31,0±1,3	79,4±0,9	20,6±0,9
Зволоження зерна на 1,0 %					
20	2,2±0,1	52,1±1,4	33,8±1,0	88,0±0,4	12,0±0,4
40	8,3±0,2	52,8±1,3	26,9±1,4	87,9±0,4	12,1±0,4
60	29,0±1,1	35,6±0,5	25,2±1,2	89,8±0,4	10,2±0,4
80	45,6±2,2	27,7±1,2	17,6±1,1	90,9±0,4	9,1±0,4
100	31,5±1,1	27,4±0,8	26,6±1,2	85,5±0,7	14,5±0,7
120	28,3±1,2	32,8±1,7	22,3±1,0	83,4±0,5	16,6±0,5
140	22,9±0,9	24,6±1,3	33,5±0,6	81,0±0,3	19,0±0,3
160	14,4±0,6	35,1±1,6	32,7±1,4	82,2±0,4	17,8±0,4
180	13,1±0,5	34,0±1,8	30,4±0,8	77,5±0,5	22,5±0,5
Зволоження зерна на 1,5 %					
20	2,0±0,1	52,4±1,1	33,9±0,8	88,3±0,3	11,7±0,3
40	8,5±0,2	52,9±0,9	27,1±0,5	88,5±0,3	11,5±0,3
60	29,2±0,8	36,1±0,2	25,4±0,6	90,7±0,2	9,3±0,2
80	44,1±0,8	28,0±0,9	18,1±0,1	90,2±0,3	9,8±0,3
100	31,2±0,8	27,3±0,8	26,2±0,7	84,7±0,5	15,3±0,5
120	28,9±0,8	31,4±0,4	22,1±0,7	82,4±0,5	17,6±0,5
140	22,0±0,6	25,1±0,7	34,2±0,9	81,3±0,6	18,7±0,6
160	14,3±0,4	33,3±1,0	33,0±0,9	80,6±0,3	19,4±0,3
180	12,8±0,3	35,1±0,8	30,1±0,7	78,0±0,4	22,0±0,4

## Додаток Д.3

Вихід круп'яних продуктів із нелущеного зерна пшениці полби сорт Голіковська  
(2018 р., склоподібний ендосперм), одержаних після оброблення ЕМП НВЧ, %

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Без зволоження					
20	14,9±0,3	54,6±0,2	26,5±0,3	96,0±0,1	4,0±0,1
40	42,2±1,1	47,0±1,1	8,4±0,2	97,6±0,1	2,4±0,1
60	77,3±0,4	18,7±0,4	2,7±0,1	98,8±0,1	1,2±0,1
80	87,3±0,3	9,4±0,2	2,0±0,1	98,7±0,1	1,3±0,1
100	89,6±0,1	6,3±0,2	2,1±0,1	98,0±0,1	2,0±0,1
120	87,6±0,1	6,2±0,1	2,7±0,1	96,5±0,1	3,5±0,1
140	76,2±0,3	12,3±0,3	5,7±0,2	94,2±0,3	5,8±0,3
160	66,0±0,5	17,0±0,2	9,2±0,1	92,1±0,2	7,9±0,2
180	55,3±0,7	25,7±0,7	9,5±0,3	90,5±0,2	9,5±0,2
Зволоження зерна на 0,5 %					
20	47,3±1,1	39,1±0,9	10,7±0,3	97,1±0,1	2,9±0,1
40	64,3±0,7	31±0,7	3,9±0,1	99,2±0,1	0,8±0,1
60	85,8±0,3	10,7±0,2	1,5±0,1	98,0±0,1	2,0±0,1
80	91,7±0,1	5,4±0,1	1,1±0,1	98,1±0,1	1,9±0,1
100	91,3±0,1	4,7±0,1	1,3±0,1	97,3±0,1	2,7±0,1
120	86,8±0,3	6,9±0,1	2,2±0,1	95,9±0,1	4,1±0,1
140	81,2±0,3	9,8±0,2	3,2±0,1	94,2±0,1	5,8±0,1
160	70,4±0,5	13,9±0,4	7,5±0,1	91,8±0,1	8,2±0,1
180	62,1±0,4	18,7±0,4	9,4±0,2	90,2±0,4	9,8±0,4
Зволоження зерна на 1,0 %					
20	66,7±0,8	26,2±0,7	5,8±0,2	98,7±0,1	1,3±0,1
40	76,6±0,6	19,0±0,5	3,6±0,1	99,1±0,1	0,9±0,1
60	87,7±0,3	9,1±0,2	1,7±0,1	98,5±0,1	1,5±0,1
80	92,3±0,1	5,5±0,1	1,3±0,1	99,0±0,1	1,0±0,1
100	91,7±0,2	4,6±0,1	1,3±0,1	97,6±0,1	2,4±0,1
120	88,9±0,2	6,4±0,2	1,9±0,1	97,2±0,1	2,8±0,1
140	82,1±0,4	9,0±0,3	3,3±0,1	94,3±0,1	5,7±0,1
160	74,2±0,4	12,8±0,3	6,1±0,1	93,1±0,1	6,9±0,1
180	63,4±0,8	19,8±0,4	7,2±0,2	90,4±0,2	9,6±0,2

## Продовження додатку Д.3

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Зволоження зерна на 1,5 %					
20	66,5±0,9	26,1±0,7	5,7±0,2	98,3±0,1	1,7±0,1
40	76,7±0,6	19,1±0,5	3,7±0,1	99,5±0,1	0,5±0,1
60	87,9±0,3	9,3±0,3	1,5±0,1	98,7±0,1	1,3±0,1
80	92,1±0,2	5,3±0,2	1,5±0,1	98,9±0,1	1,1±0,1
100	92,0±0,2	4,4±0,1	1,4±0,1	97,8±0,1	2,2±0,1
120	89,1±0,2	6,7±0,2	1,7±0,1	97,5±0,1	2,5±0,1
140	82,3±0,4	9,2±0,2	3,4±0,1	94,9±0,1	5,1±0,1
160	73,7±0,6	12,7±0,3	6,0±0,2	92,4±0,2	7,6±0,2
180	63,1±1,1	19,5±0,5	7,3±0,2	89,9±0,5	10,1±0,5

## Додаток Д.4

Вихід круп'яних продуктів із крупи № 1 пшениці полби сорт Голіковська (2018 р., склоподібний ендосперм), одержаних після оброблення в ЕМП НВЧ, %

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Без зволоження					
20	3,4±0,1	45,4±0,4	45,0±0,6	93,8±0,2	6,2±0,2
40	24,3±0,6	54,7±0,5	16,1±0,3	95,1±0,1	4,9±0,1
60	67,0±0,7	23,2±0,5	7,1±0,2	97,3±0,1	2,7±0,1
80	82,1±0,4	12,5±0,3	2,7±0,1	97,3±0,1	2,7±0,1
100	77,8±0,3	12,4±0,3	5,1±0,1	95,3±0,1	7,6±0,2
120	68,7±0,1	14,9±0,4	8,8±0,2	92,4±0,2	7,6±0,2
140	58,4±0,9	18,2±0,5	13,7±0,3	90,4±0,3	9,6±0,3
160	44,8±0,5	25,7±0,7	16,0±0,2	86,5±0,3	13,5±0,3
180	39,6±1,4	23,6±0,6	22,2±0,5	85,5±0,3	14,5±0,3
Зволоження зерна на 0,5 %					
20	20,4±0,6	53,1±0,9	20,7±0,3	94,2±0,1	5,8±0,1
40	43,8±1,1	39,3±1,0	12,0±0,3	95,0±0,1	5,0±0,1
60	62,0±0,9	26,7±0,8	6,4±0,2	95,1±0,1	4,9±0,1
80	78,7±0,4	10,9±0,3	5,0±0,2	94,6±0,2	5,4±0,2
100	73,8±0,4	12,2±0,3	6,9±0,2	92,9±0,1	9,6±0,2



## Продовження додатку Д.4

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Зволоження зерна на 0,5 %					
120	66,8±0,4	14,9±0,4	8,8±0,2	90,4±0,2	9,6±0,2
140	57,0±1,1	21,3±0,6	10,2±0,3	88,5±0,3	11,5±0,3
160	43,2±1,3	20,8±0,5	19,8±0,5	83,8±0,3	16,2±0,3
180	36,7±1,0	19,1±0,5	25,7±0,6	81,5±0,6	18,5±0,6
Зволоження зерна на 1,0 %					
20	19,7±0,5	53,00,9	22,0±0,5	94,7±0,1	5,3±0,1
40	40,4±1,2	38,1±1,1	16,4±0,3	94,9±0,2	5,1±0,2
60	60,1±1,1	24,5±1,0	10,1±0,3	94,7±0,1	5,3±0,1
80	79,2±0,4	14,1±0,3	3,5±0,1	96,8±0,1	3,2±0,1
100	71,5±0,7	16,5±0,4	6,5±0,2	94,5±0,2	8,7±0,1
120	66,1±0,6	17,8±0,4	7,4±0,2	91,3±0,1	8,7±0,1
140	60,0±1,0	21,6±0,6	9,1±0,2	90,7±0,2	9,3±0,2
160	54,4±1,1	22,1±0,6	11,3±0,3	87,8±0,3	12,2±0,3
180	47,8±1,1	23,4±0,6	13,9±0,4	85,1±0,3	14,9±0,3
Зволоження зерна на 1,5 %					
20	19,7±0,6	53±0,6	22,7±0,4	95,4±0,2	4,6±0,2
40	40,8±1,2	36,4±0,8	14,3±0,4	91,5±0,2	8,5±0,2
60	59,7±1,0	24,7±0,6	10,0±0,3	94,4±0,1	5,6±0,1
80	80,1±0,5	14,0±0,4	3,6±0,1	97,7±0,1	2,3±0,1
100	71,1±0,6	16,1±0,4	6,7±0,2	93,9±0,2	6,1±0,2
120	65,9±0,8	17,6±0,4	4,2±0,1	87,7±0,4	12,3±0,4
140	60,5±1,1	20,9±0,6	8,0±0,2	89,4±0,3	10,6±0,3
160	45,7±1,2	25,4±0,6	11,1±0,2	82,2±0,4	17,8±0,4
180	37,4±1,0	27,3±0,8	15,0±0,4	79,7±0,6	20,3±0,6

## Додаток Д.5

Вихід круп'яних продуктів із нелущеного зерна пшениці полби лінія LP 1152  
(2018 р., склоподібний ендосперм), одержаних після оброблення ЕМП НВЧ, %

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Без зволоження					
20	13,1±0,3	56,7±0,8	25,2±0,5	95,0±0,1	5,0±0,1
40	40,5±0,7	43,0±0,6	13,4±0,3	96,9±0,1	3,1±0,1
60	73,9±0,1	20,3±0,2	3,1±0,1	97,3±0,1	2,7±0,1
80	84,0±0,2	10,7±0,2	2,5±0,1	97,2±0,1	2,8±0,1
100	85,1±0,2	8,4±0,1	3,7±0,1	97,2±0,1	2,8±0,1
120	77,1±0,5	10,9±0,2	8,7±0,2	96,7±0,1	3,3±0,1
140	70,3±0,7	19,3±0,5	4,3±0,1	93,9±0,3	6,1±0,3
160	64,2±0,6	22,4±0,6	6,5±0,2	93,1±0,2	6,9±0,2
180	56,1±0,6	26,9±0,6	9,6±0,2	92,6±0,2	7,4±0,2
Зволоження зерна на 0,5 %					
20	30,2±0,8	45,7±0,4	21,1±0,5	97,0±0,1	3,0±0,1
40	53,5±1,0	30,4±0,8	13,2±0,3	97,1±0,1	2,9±0,1
60	80,5±0,3	13,1±0,3	3,9±0,1	97,5±0,1	2,5±0,1
80	87,4±0,3	8,4±0,2	1,7±0,1	97,5±0,1	2,5±0,1
100	89,3±0,3	6,1±0,2	1,4±0,1	96,8±0,2	3,2±0,2
120	89,2±0,2	5,0±0,2	1,7±0,1	95,9±0,1	4,1±0,1
140	84,0±0,3	7,3±0,2	1,9±0,1	93,2±0,1	6,8±0,1
160	73,5±0,6	14,5±0,4	3,8±0,1	91,8±0,3	8,2±0,3
180	70,0±0,6	16,9±0,4	3,8±0,1	90,7±0,4	9,3±0,4
Зволоження зерна на 1,0 %					
20	54,8±1,0	38,8±0,9	3,3±0,1	96,9±0,1	3,1±0,1
40	67,0±0,7	27,4±0,7	2,8±0,1	97,2±0,2	2,8±0,2
60	79,5±0,4	15,1±0,4	2,8±0,1	97,4±0,1	2,6±0,1
80	83,4±0,2	12±0,3	2,2±0,1	97,6±0,1	2,4±0,1
100	85,5±0,2	8,2±0,2	2,4±0,1	96,1±0,1	3,9±0,1
120	85,0±0,3	7,3±0,2	1,5±0,1	93,8±0,2	6,2±0,2
140	80,3±0,5	9,2±0,3	2,2±0,1	91,7±0,3	8,3±0,3
160	70,1±0,8	16,3±0,6	3,5±0,1	89,9±0,2	10,1±0,2
180	59,7±0,8	23,5±0,8	5,9±0,1	89,0±0,2	11,0±0,2

## Продовження додатку Д.5

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Зволоження зерна на 1,5 %					
20	56,1±0,7	37,8±0,8	3,5±0,1	97,4±0,1	2,6±0,1
40	67,3±0,5	26,4±0,5	2,7±0,1	96,4±0,1	3,6±0,1
60	78,1±0,5	14,1±0,3	2,6±0,1	94,8±0,2	5,2±0,2
80	82,5±0,2	11,0±0,2	2,3±0,1	95,8±0,1	4,2±0,1
100	85,0±0,3	7,4±0,2	2,5±0,1	94,9±0,2	5,1±0,2
120	84,2±0,5	6,3±0,2	1,4±0,1	91,9±0,5	8,1±0,5
140	83,9±0,2	8,4±0,2	2,4±0,1	94,7±0,2	5,3±0,2
160	69,2±0,8	15,1±0,4	3,6±0,1	87,9±0,5	12,1±0,5
180	57,1±0,6	22,7±0,7	5,7±0,2	85,5±0,4	14,5±0,4

## Додаток Д.6

Вихід круп'яних продуктів із крупи № 1 пшениці полби лінія LP 1152 (2018 р., склоподібний ендосперм), одержаних після оброблення в ЕМП НВЧ, %

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Без зволоження					
20	3,6±0,1	47,3±1,0	40,3±0,6	91,2±0,3	8,8±0,3
40	8,7±0,2	44,3±0,9	39,7±0,5	92,7±0,2	7,3±0,2
60	13,5±0,2	40,4±1,1	39,1±0,8	93,0±0,2	7,0±0,2
80	20,7±0,4	44,1±1,1	28,8±0,6	93,5±0,1	6,5±0,1
100	44,9±1,1	29,9±0,7	18,4±0,4	93,2±0,1	6,8±0,1
120	64,3±0,4	18,5±0,5	12,1±0,3	94,9±0,1	5,1±0,1
140	50,7±0,8	27,7±0,7	13,9±0,3	92,3±0,2	7,7±0,2
160	42,3±1,0	32,4±0,8	17,0±0,4	91,7±0,2	8,3±0,2
180	30,5±0,7	40,3±0,2	18,7±0,5	89,5±0,4	10,5±0,4
Зволоження зерна на 0,5 %					
20	19,9±0,3	43,3±1,1	29,7±0,7	92,9±0,2	7,1±0,2
40	30,1±0,8	40,2±0,4	24,3±0,5	94,6±0,1	5,4±0,1
60	41,4±1,2	36,6±0,9	17,2±0,3	95,2±0,1	4,8±0,1
80	51,1±0,7	28,9±0,6	15,5±0,4	95,5±0,1	4,5±0,1

## Продовження додатку Д.6

Тривалість поля НВЧ, с	Вихід продуктів				Мучка
	Крупа плющена, сорт		Дрібка	всього	
	вищий	перший			
Зволоження зерна на 0,5 %					
100	61,7±0,9	17,5±0,4	16,8±0,4	96,0±0,1	4,0±0,1
120	70,5±0,8	15,1±0,4	10,5±0,3	96,1±0,1	3,9±0,1
140	64,6±0,9	19,3±0,5	8,8±0,2	92,7±0,2	7,3±0,2
160	42,2±1,0	38,9±0,6	9,4±0,2	90,5±0,2	9,5±0,2
180	33,1±0,9	42,2±1,0	11,3±0,3	86,6±0,3	13,4±0,3
Зволоження зерна на 1,0 %					
20	24,4±0,3	40,1±0,2	28,7±0,3	93,2±0,2	6,8±0,2
40	35,1±1,0	32,3±1,1	26,1±0,7	93,5±0,2	6,5±0,2
60	46,3±0,6	28,6±0,6	18,8±0,5	93,7±0,2	6,3±0,2
80	60,2±0,5	19,5±0,5	15,3±0,4	95,0±0,2	5,0±0,2
100	68,8±0,5	17,4±0,4	8,0±0,2	94,2±0,1	5,8±0,1
120	73,1±0,1	12,4±0,3	7,4±0,2	92,9±0,1	7,1±0,1
140	62,4±0,4	22,8±0,5	5,9±0,1	91,1±0,2	8,9±0,2
160	44,5±0,4	34,5±0,9	10,5±0,2	89,5±0,3	10,5±0,3
180	36,6±0,3	38,2±0,9	11,8±0,4	86,6±0,5	13,4±0,5
Зволоження зерна на 1,5 %					
20	24,7±1,0	40,7±0,5	28,5±0,8	93,9±0,2	6,1±0,2
40	35,3±0,3	32,2±0,8	26,3±0,6	93,8±0,2	6,2±0,2
60	46,7±0,8	28,9±0,8	18,4±0,4	93,9±0,1	6,0±0,1
80	60,9±1,1	19,6±0,5	15,5±0,5	96,0±0,1	4,0±0,1
100	69,0±5,6	17,4±5,3	8,2±0,2	94,6±0,2	5,4±0,2
120	73,2±0,6	12,1±0,3	7,7±0,2	93,0±0,2	7,0±0,2
140	62,5±0,7	22,4±0,6	5,6±0,1	90,5±0,2	9,5±0,2
160	44,8±1,3	34,9±1,0	10,4±0,2	90,1±0,2	9,9±0,2
180	36,9±1,4	38,6±1,2	11,7±0,4	87,2±0,3	12,8±0,3

## Додаток Д.7

Тривалість варіння крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту лінія  
LP 1152, хв

Тривалість опромінення ЕМП НВЧ, с	Зерно				Крупа № 1			
	Зволоження зерна, %				Зволоження зерна, %			
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
20	19,7	19,3	18,3	17,7	17,7	15,7	13,7	12,0
40	19,3	19,0	17,7	17,3	17,7	15,0	13,0	11,7
60	18,7	18,3	17,3	17,0	16,7	14,7	12,3	11,0
80	18,3	18,0	17,3	16,7	16,3	14,3	12,0	10,3
100	18,0	17,7	16,7	16,0	15,7	14,0	11,7	10,0
120	17,3	17,3	16,3	15,3	15,0	13,3	11,3	9,7
140	17,0	16,7	15,7	15,0	14,7	12,3	10,7	9,0
160	16,7	16,3	15,7	14,7	14,0	12,3	10,3	8,7
180	16,3	16,0	15,3	14,7	13,7	11,7	9,7	8,3

## Додаток Д.8

Коефіцієнт розварювання крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту  
сорт Голіковська (2017 р. борошністий), %

Тривалість опромінення ЕМП НВЧ, с	Зерно				Крупа № 1			
	Зволоження зерна, %				Зволоження зерна, %			
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
20	4,8	4,9	5,3	5,3	4,7	4,8	5,2	5,3
40	4,8	4,9	5,3	5,3	4,7	4,8	5,2	5,3
60	4,9	4,9	5,3	5,3	4,8	4,8	5,2	5,3
80	5,0	5,0	5,3	5,3	4,9	4,8	5,2	5,3
100	5,0	5,0	5,3	5,3	4,9	4,8	5,2	5,3
120	5,1	5,1	5,3	5,3	4,9	5,0	5,2	5,3
140	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,2	5,3
160	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,2	5,3
180	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,2	5,3

## Додаток Д.9

Коефіцієнт розварювання крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту  
сорт Голіковська (2018 р. склоподібний), %

Тривалість опромінення ЕМП НВЧ, с	Зерно				Крупа № 1			
	Зволоження зерна, %				Зволоження зерна, %			
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
20	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,0	5,0
40	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,0	5,0
60	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,0	5,0
80	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,0	5,0
100	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,0	5,0
120	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,0	5,0
140	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,0	5,0
160	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,0	5,0
180	5,2	5,2	5,3	5,3	5,1	5,1	5,0	5,0

## Додаток Д.10

Коефіцієнт розварювання крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту  
лінія LP 1152, хв

Тривалість опромінення ЕМП НВЧ, с	Зерно				Крупа № 1			
	Зволоження зерна, %				Зволоження зерна, %			
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
20	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4
40	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4
60	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4
80	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4
100	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4
120	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4
140	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4
160	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4
180	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4

## Додаток Д.11

Кулінарна оцінка каші із крупи плющеної з пшениці полби вищого сорту  
(лінія LP 1152), бал

Показник	Склоподібне ядро	
	нелущене зерно	крупа № 1
Коефіцієнт розварювання	5,2–5,3	5,3–5,4
Смак	8,3	9,0
Запах	8,3	9,0
Колір	4,3	9,0
Консистенція	9,0	9,0
Консистенція під час розжовування	7,0	9,0
Загальна кулінарна оцінка	7,4	9,0

## Додаток Е

## Додаток Е.1

## Параметри будівлі

Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	К-сть пов., шт	Вартість площі, грн/м2
20	15	12	4	4660

## Додаток Е.2

## Кошторисно-фінансовий розрахунок на будівельні роботи

Назва об'єкту	Вартість, тис. грн
Будівлі і споруди	5592,0
Витрати на санітарно-технічні роботи (15 %)	838,8
Витрати при переплануванні (3 %)	167,76
Витрати з благоустрою території (1 %)	55,92
Всього	6654,48

## Додаток Е.3

## Кошторисно-фінансовий розрахунок на нове обладнання

Назва нового обладнання	Ціна за од. без ПДВ, тис. грн	К-сть одиниць обладнання, шт	Витрати, тис. грн на:			Первісна вартість нового обладнання, тис. грн
			транспорт у-вання, (4%)	заго. склад. (1,25%)	витрати на монтаж, (10%)	
1	2	3	4	5	6	7
Бункер хранения зерна	20,32	1	0,81	0,25	2,03	23,42
Зернопогрузчик шнековый (Конвеер винтовой 120/3)	24	3	2,88	0,90	7,20	82,98
Бункерные весы ВБА-150-П-80	160	1	6,40	2,00	16,00	184,40
Бункер Накопитель БПН	11,1	2	0,89	0,28	2,22	25,59
Сепаратор САД - 4 (попередня очистка зерна)	39	1	1,56	0,49	3,90	44,95
Сепаратор БСХ-3-1	55,6	1	2,22	0,70	5,56	64,08
Камневідбірник РЗ-БКТ-100	95	1	3,80	1,19	9,50	109,49
Блок трієрів Р6-БТЦ1-700	63	1	2,52	0,79	6,30	72,61
Сепаратор барабанный СВ-30	33,9	2	2,71	0,85	6,78	78,14
Сепаратор магнітний Б8-БМЗ	6,6	9	2,38	0,74	5,94	68,46
Зволожувач Р6-УВ-250	245	1	9,80	3,06	24,50	282,36

## Продовження додатку Е.3

1	2	3	4	5	6	7
Відцентровий луцильник СІМО ЦШС-3	74,7	2	5,98	1,87	14,94	172,18
Сепаратор повітряний АСХ-2,5	39,3	4	6,29	1,97	15,72	181,17
Вальцовий верстат БВ2	88	1	3,52	1,10	8,80	101,42
Розсів Р6-МКЦ-7	43	1	1,72	0,54	4,30	49,56
Фасовочный автомат с весовым дозатором АФ-50(10)-В	99	4	15,84	4,95	39,60	456,39
Линия зашивки мешков	78,5	1	3,14	0,98	7,85	90,47
Система аспірації	80,52	1	3,22	1,01	8,05	92,80
Бункер зберігання продукції	15,3	7	4,28	1,34	10,71	123,43
Система самопливів	59,6	1	2,38	0,75	5,96	68,69
Всього	–	–				2372,58

## Додаток Е.4

## Кошторисно-фінансовий розрахунок на нове обладнання

Основні засоби	Частка від загальної первісної вартості обладнання, %	Сума, тис. грн
Контрольно-вимірні прилади	15	355,89
Роботи з встановлення фундаменту під обладнання	1	23,73
Внутрішньоцеховий транспорт	25	593,15
Вартість неврахованого обладнання	20	474,52

## Додаток Е.5

## Кошторисно-фінансовий розрахунок на нове обладнання

Основні засоби	Сума, тис. грн	% до підсумку
Будівельні роботи	6654,48	63,5
Первісна вартість нового обладнання	2372,58	22,7
Контрольно-вимірні прилади	355,89	3,4
Роботи з встановлення опрних конструкцій	23,73	0,2
Внутрішньоцеховий транспорт	593,15	5,7
Вартість неврахованого обладнання	474,52	4,5
Загальна вартість капітальних витрат	10474,34	100

## Додаток Е.6

## Розрахунок числа днів роботи за рік

Календарний фонд часу	Зупинки з причин			Всього зупинки	К-сть днів роботи обладнання
	Вихідні і святкові	Ремонт обладнання			
		поточний	капітальний		
365	11	22	30	63	302



## Додаток Е.7

## Розрахунок річного обсягу перероблення зерна

Вид зерна	Добова потужність, т	Коефіцієнт використання потужності	Фактичний добовий обсяг виробництва, т	Річний обсяг перероблення зерна, т
Пшениця	9	0,8	7,2	2174,4

## Додаток Е.8

## Розрахунок виробничої програми в натуральному виразі

Вид продукції	Річний обсяг перероблення зерна, т	Структура виходу, %	Річний обсяг виробництва, т
Крупа № 1	2174,4	7	152,2
Крупа № 2		47	1022,0
Крупа № 3		28	608,8
Мучка		14	304,4
Відходи I і II категорій		4	87,0
Всього	–		2174,4

## Додаток Е.9

## Розрахунок виробничої програми в натуральному виразі

Вид продукції, що виробляється	Річний обсяг виробництва, т	Відпускна ціна підприємства (з ПДВ), грн/кг	Виручка виробництва протягом року, тис. грн
Крупа № 1	152,2	20,4	3105,04
Крупа № 2	1022,0	21,6	22074,51
Крупа № 3	608,8	21,6	13150,77
Мучка	304,4	4,92	1497,73
Відходи I і II категорій	87,0	3	260,93
Всього	2174,4		40088,98

## Додаток Е.10

## Баланс робочого часу одного робітника

Число календарних днів	365
Неробочі та святкові дні	11
Номінальний фонд роботи за рік, дні	354
Середнє число невиходів всього, дні	66
у т.ч.	
* додаткова відпустка	12
* чергова відпустка	23
* відпустка у зв'язку із вагітністю, пологами	11
* на навчання	5

## Продовження додатку Е.10

* по хворобі	8
* з виконання державних і громадських обов'язків	7
Явочний (ефективний) фонд робочого часу, днів	288
Номінальне число годин в зміні	8
Недовикористане номінальне число в зміні	
у т.ч.	
* підлітками	
* скорочення зміни матерям, які годують малят	
Кількість робочих годин	
Ефективний фонд часу за рік, год	8
	2304

## Додаток Е.11

## Баланс робочого часу одного робітника

Професія	Тарифний розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Тривалість зміни, год	К-сть змін на добу	К-сть робітників, осіб	Явочне число за добу
апаратник оброблення зерна	3	43,66	8	1	3	3
машиніст	3	43,66	8	1	1	1
двірник	1	37,00	8	1	1	1
електромонтер	3	43,66	8	1	1	1
лаборант	1	37,00	8	1	2	2
машиніст пакувальних машин	3	43,66	8	1	4	4
охороник	2	40,33	8	3	1	3
працівники допоміжного виробництва (30%)	1	37,00	8	1	3	3

## Продовження додатку Е.11

Професія	Число діб роботи на рік	Відпрацьовано людино-днів	Основна з/п рік, тис. грн	Доплати до тарифного фонду заробітної плати (15 %), %	Всього фонд оплати праці, тис. грн
апаратник оброблення зерна	288	864	301,8	60,4	362,1
машиніст	288	288	100,6	20,1	120,7
двірник	288	288	85,2	17,0	102,3
електромонтер	288	288	100,6	20,1	120,7
лаборант	288	576	170,5	34,1	204,6
машиніст пакувальних машин	288	1152	402,4	80,5	482,8
охороник	288	864	278,8	55,8	334,5
працівники допоміжного виробництва (30%)	288	864	255,7	51,1	306,9
Всього	—				2034,70

## Додаток Е.12

## Фонд оплати праці адміністративно-управлінського апарату

Посада	К-сть робітників, осіб	Посадовий оклад	Річний фонд оплати праці, тис. грн
Директор підприємства	1	12000	144
Секретар керівника підприємства	1	9600	115,2
Головний технолог	1	9900	118,8
Головний бухгалтер	1	9900	118,8
Завідувач господарства	1	9600	115,2
Економіст з бухгалтерського обліку та аналізу господарської діяльності	1	9600	115,2
Інженер	1	10200	122,4
Комівоєжер	1	9600	115,2
Всього	–	–	964,8

## Додаток Е.13

## Зведена відомість з розрахунку чисельності та фонду оплати праці підприємства

Категорія працюючих	Чисельність, чол.	Середньомісячна зар. плата, грн	Річний фонд оплати праці, тис. грн
Робітники, всього	18	9420	2034,699
в т.ч			
основного виробництва	15	9599	1727,806
допоміжного виробництва	3	8525	306,893
Адміністративно-управлінський персонал, всього	8	10050	964,8
в т.ч			
керівники	4	10350	496,8
технічні службовці	1	9600	115,2
професіонали	2	9900	237,6
фахівці	1	90000	1080
Ставки ПДФО (18%) і ВЗ (1,5%)	–		584,9024
Єдиний соціальний внесок (ЄСВ- 22%)	–		659,8898
Всього	26		4244,291

## Додаток Е.14

## Розрахунок вартості сировини

Вид зерна	Річний обсяг перероблення, т	Ціна 1 т, грн	Витрати на річний обсяг перероблення, тис. грн
Пшениця полба	2899,2	10000	21744
Транспортно – заготівельні витрати (5%)			1087,2
Всього			22831,20

## Додаток Е.15

## Розрахунок вартості допоміжних матеріалів

Допоміжні матеріали	Обсяг вироблення продукції, т	Витрати допоміжних матеріалів		Вартість одиниці допоміжних матеріалів, грн	Витрати на річний обсяг виробництва, тис. грн
		на 1 т продукції	на весь обсяг		
Паперові пакети, шт.	1783,008	1000	1783008	1,00	1783,01
Мішки поліетиленові, шт.	391,392	20	7827,84	4,00	31,31
Піддони для пакетів, шт.	1783,008	2	3566	100,00	356,60
Піддони для мішків шт.	391,392	2	783	100,00	78,30
Пакети для піддонів, шт.	1783,008	2	3566,016	50,00	178,30
Транспортно – заготівельні витрати (10%)					242,75
Всього					2670,27

## Додаток Е.16

## Розрахунок вартості енерговитрат

Вид енергоресурсів	Обсяг переробки зерна за рік, т	Витрати електроенергії		Вартість одиниці енерго-ресурса, грн.	Вартість енерго-ресурсів для переробки 1 т зерна, грн	Вартість річного обсягу, тис. грн
		на 1 т сировини	на річний обсяг			
Електроенергія, кВт	2174,4	90	195696,00	2,72	244,45	531,54
Вода, м <sup>3</sup>		0,5	1087,20	34,12	17,06	37,10
Інші		0,1	217,44	100,00	10,00	21,74
Всього						590,37

## Додаток Е.17

## Розрахунок амортизаційних нарахувань

Вид основних засобів	Балансна вартість, тис. грн	Строк амортизації, р.	Витрати на амортизацію протягом 1 року, тис.грн.	Витрати на амортизацію для переробки 1 т сировини, тис.грн.
Будівлі і споруди	5592	20	279,60	13,83
Машини та обладнання	2372,58	5	474,52	8,15
Інші	1447,28	5	289,46	13,35
Всього			1043,57	35,33

## Додаток Е.18

## Зведені витрати на виробництво та надання послуг

№ п/п	Елемент витрат	Сума, тис. грн	% до підсумку
1	Матеріальні витрати всього	26091,85	74,9
1,1	Сировина та основні матеріали	21744,00	62,4
1,2	Допоміжні матеріали	2427,52	7,0
1,3	Транспортно-заготівельні витрати (5 %)	1329,95	3,8
1,4	Енергетичні витрати	590,37	1,7
2	Витрати на оплату праці	3584,40	10,3
3	Відрахування на соціальні заходи	659,89	1,9
4	Амортизація	1043,57	3,0
5	Інші операційні витрати (11 %)	3451,77	9,9
	Всього повні витрати по підприємству	34831,48	100,0

## Додаток Е.19

## Розрахунок собівартості 1 т продукту

Вид продукції	Річний обсяг виробництва, т	Умовний коефіцієнт	Кількість умовних тонн	Повна собівартість всього обсягу виробництва, тис. грн	Повні витрати на 1 умовну тону, грн	Повна собівартість 1 кг, грн
Крупа № 1	152,21	4,15	631,11	2697,83	4274,76	17,72
Крупа № 2	1021,97	4,39	4486,69	19179,53		18,77
Крупа № 3	608,83	4,39	2672,92	11426,10		18,77
Мучка	304,42	1,00	304,42	1301,31		4,27
Відходи І і ІІ категорій	86,98	0,61	53,03	226,71		2,61
Всього	2174,40		8148,17	34831,48	–	–

## Додаток Е.20

## Розрахунок оборотних коштів підприємства

Елемент оборотних коштів	Дані для розрахунку		Сума оборотних коштів, тис. грн
	Витрати, тис. грн	Норматив, %	
Сировина та основні матеріали	21744,00	3	652,32
Допоміжні матеріали	2427,52	8	194,20
Заробітна плата	3584,40	4	143,38
запасні частини	2372,58	5	118,63
Інші	30128,50	3	903,86
Всього			2012,38

## Додаток Е.21

## Техніко-економічні показники ефективності будівництва підприємства

Показник	Розмірна одиниця	Значення
Виручка	тис. грн	40088,98
Собівартість		34831,48
Прибуток від реалізації сировини	тис. грн/рік	5257,50
Рівень рентабельності продукції	%	15,09
Витрати на 1 грн товарної продукції	-	0,87
Рівень продуктивності праці	грн/чол	1541,88
Показник фондівдачі	-	3,83
Чистий прибуток	тис. грн/рік	4311,15
Термін окупності	рік; місяць	2 р.

## Додатки Ж

## Додаток Ж. 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

проректор з наукової та інноваційної

діяльності Уманського НУС

д. с.-г. н., професор

Карпенко В.П.



2021 р

## ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

на виробництво крупи з пшениці полби № 1 і крупи подрібненої № 1, 2, 3

Розроблено:

Професор кафедри технології зберігання  
і переробки зерна, д. с.-г. н.*Н. М. Осокіна* Осокіна Н. М.Професор кафедри технології зберігання  
і переробки зерна, д. с.-г. н.*В. В. Любич* Любич В. В.Аспірант кафедри технології зберігання  
і переробки зерна*І. А. Лещенко* Лещенко І. А.Звіт розглянуто і схвалено на засіданні Вченої ради  
Інженерно-технологічного факультету  
(протокол № 4 від «02» березня 2021 р.)

Крупи виготовляють із постачальницького зерна пшениці полби зі склоподібним ядром. Крупи із пшениці полби виробляють цілі та подрібнені. Залежно від технології виробництва та розміру крупок їх поділяють на:

- крупи з пшениці полби № 1;
- крупи подрібнені з пшениці полби № 1, 2, 3.

Принципова технологічна схема з виробництва крупи з пшениці полби № 1 та круп подрібнених № 1, 2, 3 наведена в додатку 1. Зерно перед етапом очищення зважується вагами періодичної дії (1). Для забезпечення рівномірної подачі зерна в обладнання використовують оперативний бункер (2). Очищення зерна пшениці полби від домішок здійснюють із використанням традиційного зерноочищувального обладнання: скальператора (3), сепаратора А1–БЛС (4), каменевідбірника РЗ–БКТ–100 (5), кукілевідбірника А9–УТО–6 (6) і вівсюговідбірника А9–УТК–6 (7). Для очищення та лушення зерна відокремлюють дрібну фракцію – прохід сита 1,7×20 мм, яку спрямовують у відходи I і II категорії. Схід зерна, за необхідності, зволожують у зволожувальній машині (8) до 13,0 % та відволожують в бункерах для відволожування (9) впродовж 30 хв. Для досягнення індексу лушення зерна пшениці полби – 7–9 %, використовують машини типу «Каскад» (11), характеристика яких наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика робочих органів лущильника «Каскад»

Система	Частота обертів ротора об/хв	Витрата повітря аспіраційної мережі, м <sup>3</sup> /год	Кількість шліфувальних кругів, шт	Індекс лушення, %
1	960–1420	500–1200	2–4	4,5
2	960–1420	500–1200	2–4	4,5

Після кожної системи проводять сепарування отриманого продукту через дуаспіратор (12). Перед машинами ударно-стиральної дії встановлюють магнітну колонку (10). Для отримання крупи № 1 круп'яний продукт одержаний після другої системи лушення сепарують на розсійнику (17). Для



виробництва крупи подрібненої крупу № 1 подрібнюють у вальцьовому верстаті (15), очищають на дуаспіраторі та спрямовують на розсійник (18), де виділяють крупи подрібнені № 1, № 2, № 3. Параметри вальцьового верстата: диференціал 1:1,25, кількість рифлів – 8 на 1 см; ухил – 10%, розташування рифлів ВС/ВС.

Продукти після луцення та подрібнення провіюють і сортують за крупністю у розсійниках із застосуванням сит, наведених у табл. 2.

Таблиця 2

## Характеристика крупи з пшениці полби за крупністю

Номер крупи	Діаметри отворів двох суміжних пробивних сит, мм		Норма проходу та сходу двох суміжних сит, %, не менше
	прохід	схід	
Крупа ціла з пшениці полби			
№ 1	4,0	2,5	80
Крупи подрібнені з пшениці полби			
№ 1	3,2	2,8	70
№ 2	2,8	2,2	70
№ 3	2,2	063	70

Контроль мучки здійснюють на ситі з дротяної сітки № 063 з подальшим пропуском крізь магнітні сепаратори. Вміст частинок ядра (схід із сита № 063) у мучці не повинен перевищувати 5 % від її маси. Готові крупи додатково сепарують магнітними сепараторами. Відходи контролюють сепаруванням у буратах (13).

Рекомендовані норми виходу крупи і відходів при переробці пшениці полби наведені у табл. 3.

Таблиця 3

## Кількісний вихід круп'яних продуктів

Продукт переробки	Вихід, %	
	Крупа з пшениці полби	Крупи подрібнені з пшениці полби
Крупа № 1	87,5	6
Крупа № 2	–	47
Крупа № 3	–	27
Разом круп	87,5	80
Мучка кормова	8	13
Відходи I і II кат.	2,8	5
Механічні втрати	0,7	1
Усушка	1,0	1,0
Всього	100	100

Зовнішній вигляд крупи з пшениці полби повинен відповідати вимогам, наведеним в табл. 4.

Таблиця 4

## Зовнішній вигляд крупи з пшениці полби

Номер круп	Характеристика
Крупи з пшениці полби	
№ 1	Зерно пшениці полби, яке частково звільнене від зародка, плодових і насінневих оболонок, подовженої та овальної форм із заокругленими кінцями
Крупи з пшениці полби подрібнені	
№ 1	Частинки подрібненого зерна пшениці полби, яке частково звільнене від зародка, плодових і насінневих оболонок, з незначною кількістю обробленого цілого щуплого зерна, що проходить через сито з отворами діаметром 3,2 мм
№ 2 і № 3	Частинки подрібненого зерна пшениці полби, яке частково звільнене від зародка, плодових і насінневих оболонок, крупинки різної форми. Залежно від крупності поділяються на № 2 і № 3

Якість крупи з пшениці полби повинна відповідати вимогам наведеним в табл. 5.

Таблиця 5

## Показники якості крупи з пшениці полби

Колір	Кремовий, кремовий із сірим або білим відтінком
Запах	Властивий пшеничним крупам, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий
Смак	Властивий пшеничним крупам, без стороннього присмаку, не кислий, не гіркий
Вологість у %, не більше	14,0
Доброякісне ядро, %, не менше	99,2
Смітєва домішка, %, не більше	0,3
у тому числі:	
мінеральна,	0,05
Шкідлива домішка у тому числі:	0,05
гірчак повзучий, вязіль різнокольоровий (разом)	0,02
геліотроп опушеноплідний і триходесма сива	не допускається
Кукіль, %	0,1
Зіпсовані ядра, %, не більше	0,2
Оброблені зерна інших злакових культур, % не більше	3,0
Металомагнітна домішка, мг на 1 кг круп, не більше	3,0
Розмір окремих частинок у найбільшому лінійному вимірі, мм, не більше	0,3
Маса окремих частинок, мг, не більше	0,4
Зараженість шкідниками хлібних запасів	не допускається

До домішок у крупи з пшениці полби усіх видів і номерів відносять наведені в табл. 6.

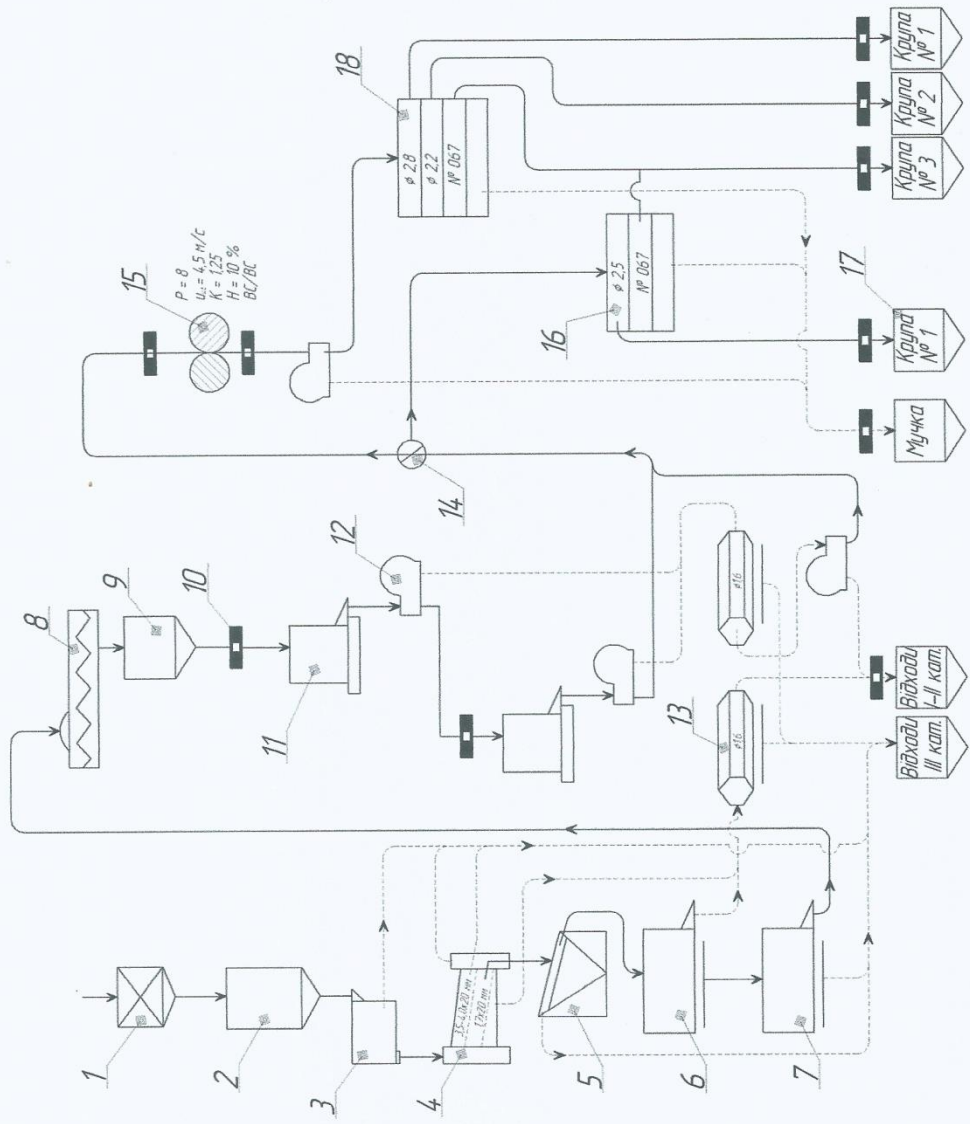
Таблиця 6

## Характеристика домішок у крупі пшеничній

Найменування домішки	Характеристика
Смітна домішка: мінеральна	Пісок, руда, галька, частинки землі, наждаку і шлаку
органічна	Частинки квіткових плівок, стеблин, колосків, оболонки бур'янів, мертві шкідники хлібних запасів (жуки)
Шкідлива	Сажка, ріжки, гірчак повзучий, в'язіль різнокольоровий, термопсис ланцетний (мишатник)
Насіння бур'янів	Насіння усіх дикорослих і культурних рослин. Оброблені зерна жита і ячменю понад 3%. Необроблені зерна пшениці полби – не закруглені, з частинками зародка.
Кукіль	Насіння куколю
Пошкоджені ядра	Загнилі, запліснявілі, обвуглені та інші зерна з явно зміненим (пошкодженим) кольором ендосперму
Мучка	Прохід крізь сито з металотканної сітки №063 за ТУ 14-4-1374-86

Примітка. Обробленими зернами жита і ячменю вважаються зерна цих культур, які пройшли технологічну обробку разом з основною культурою – пшеницею полбою, очищені від зародка і квіткових плівок (ячменю) і частково від плодкових і насінневих оболонок.

## Додаток 1



ЗАТВЕРДЖЕНО

проректор з наукової та інноваційної

діяльності Уманського НУС

д. с.-г. н., професор

Карпенко В. П.

03 2021 р



## ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

на виробництво крупи плющеної з пшениці полби обробленням насиченою парою

Розроблено:

Професор кафедри технології зберігання  
і переробки зерна, д. с.-г. н.

*Н. М. Осокіна* Осокіна Н. М.

Професор кафедри технології зберігання  
і переробки зерна, д. с.-г. н.

*В. В. Любич* Любич В. В.

Аспірант кафедри технології зберігання  
і переробки зерна

*І. А. Лещенко* Лещенко І. А.

Звіт розглянуто і схвалено на засіданні Вченої ради  
Інженерно-технологічного факультету  
(протокол № 4 від «02» березня 2021 р.)

Принципову технологічну схему з виробництва крупи плющеної з пшениці полби обробленням насиченою парою наведена в додатку 1. Крупи плющені з пшениці полби виробляють з крупи з пшениці полби № 1 за індексом лущення 6,5–9,5 %. Основні технологічні етапи одержання крупи плющеної: зважування і контрольне просіювання сировини, пропарювання крупи № 1, відволожування, плющення, висушування плющеної крупи, просіювання їх, магнітний контроль, фасування і пакування. Контрольне просіювання сировини здійснюють у розсійниках або крупосортувачах для забезпечення високої вирівняності крупи за розмірами. Рекомендовані розміри отворів сит для контрольного просіювання становлять прохід сита Ø 3,5, схід сита Ø 3,0, ступінь вирівняння круп, %, не менше 85 %.

Пропарювання крупи № 1 проводять у пропарювачі (1) за тиску насиченої пари 0,15 МПа впродовж 6 хв та відволожують у термоізолюваному бункері (2) упродовж 3 хв. В разі перевищення вологості крупи після пропарювання (23–25 %), слід провести її підсушування у сушарці (4). Для забезпечення даної технологічної операції передбачено встановлення перекидного симетричного клапана (3). Після відволожування, зерно плющать на плющильному верстаті (6) після пропуску через магнітну колонку. За використанні вальцьових верстатів встановлюють такий режим роботи: диференціал 1:1, кількість рифлів – 10 на 1 см; ухил – 8 %, розташування рифлів СП/СП.

Одержану суміш круп'яних продуктів сушать до вологості 14 % у сушарці (4), після чого охолоджують в охолоджувальній колонці (7). Продукти після плющення сортують за крупністю у розсійнику (8) із застосуванням сит, наведених у табл. 1.

Крупу плющену з пшениці полби вищого сорту отримують сходом сита Ø 3,5 мм. При сортуванні крупи плющеної відбирають мучку (прохід сита прохід сита № 0,67).

Таблиця 1

Характеристика круп'яних продуктів одержаних після проведення плющення

Назва круп'яного продукту	Умови отримання
крупка плющена вищого сорту	схід сита 3,2 мм
крупка плющена першого сорту	прохід сита 3,2 мм схід сита 2,0 мм
дрібка (крупка)	прохід сита 2,0 схід сита № 0,67
мучка кормова	прохід сита № 0,67

Після просіювання готові крупки подають на фасування і пакування в пачки масою 0,5–1,0 кг. Режим роботи транспортного обладнання повинен бути таким, щоб не спричиняв руйнування плющеної крупки. Вихід крупки плющеної з пшениці полби вищого сорту стосовно до маси, яка надходить, повинен становити не менше 76 %, а загальна маса круп'яних продуктів – 96%.

Зовнішній вигляд крупки плющеної з пшениці полби повинен відповідати вимогам, наведеним в табл. 2.

Таблиця 2

Зовнішній вигляд крупки плющеної з пшениці полби

Назва круп'яного продукту	Характеристика
крупка плющена вищого сорту	овальні або круглі з нерівними краями “перепічки”, з обох сторін наявний відтиск рифлів
крупка плющена першого сорту	зруйновані крупинки з наявним відтиском рифлів
дрібка (крупка)	мучниста крупка
мучка кормова	частинки оболонки та ендосперму

Якість крупки плющеної з пшениці полби повинна відповідати вимогам наведеним в табл. 3.



Таблиця 3

## Показники якості крупи плющеної з пшениці полби

Колір	Білий, з жовтуватим відтінком
Запах	Властивий нормальним пшеничним крупам, без пліснявого, затхлого та інших сторонніх запахів
Смак	Властивий нормальним пшеничним крупам, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий
Вологість у %, не більше	14,0
Вміст смітної домішки, %, не більше	0,3
у тому числі:	
а) мінеральної,	0,05
б) шкідливої	0,05
у числі шкідливих домішок:	
гірчака повзучого і вязелю різнокольорового (разом) насіння геліотропа опушеноплідного і триходесми сивої	0,02
в) кукілю	не допускається 0,1
Вміст лому і мучки, %, не більше	8,0
Зараженість шкідниками хлібних запасів	Не допускається
Вміст металомангнітної домішки на 1 кг круп, мг, не більше	3,0
Розварюваність, хв	21

Примітка. 1. Величина окремих частинок металомангнітних домішок у найбільшому лінійному вимірі не повинна перевищувати 0,3 мм, а маса окремих крупинок руди і шлаку – не більше 0,4 кг кожна. 2. Показник розварюваності – гарантійний.

Характеристика домішок у крупі плющеної з пшениці полби вказана у табл. 4.

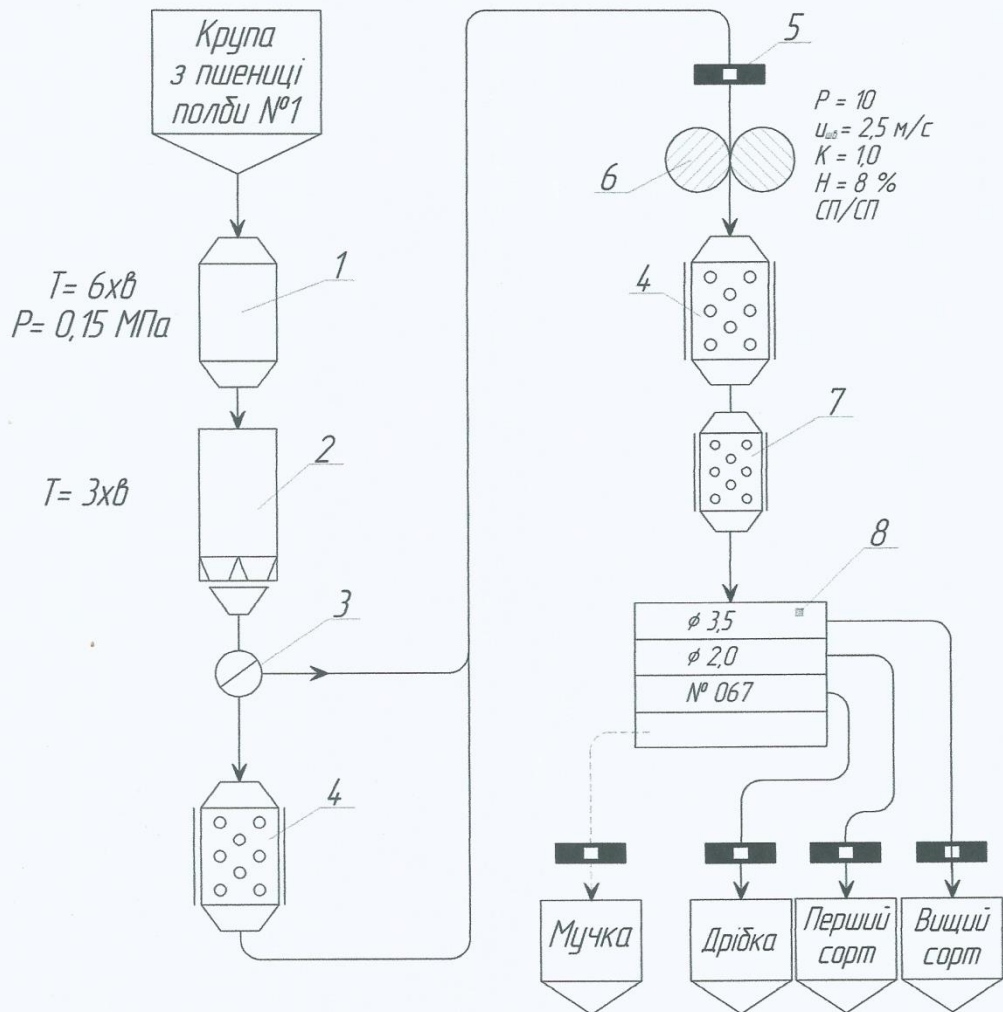
Таблиця 4

## Найменування і характеристика домішок у крупі плющеної

Найменування домішок	Характеристика
Смітна: мінеральна	Частинки землі, пісок, галька, частинки руди, наджаку, шлаку та інших домішок мінерального походження
органічна	Частинки квіткових плівок, стеблин, оболонки
Смітне насіння	Насіння всіх дикорослих і культурних
Зіпсовані крупинки	Загнилі, запліснявілі, обвуглені, всі з явно зміненим (зіпсованим) кольором ендосперму
Шкідлива домішка	Сажка, ріжки, гірчак повзучий, в'язіль різнокольоровий, термопис ланцетний (мишатник)
Лом і мучка	Прохід крізь сито з отворами Ø 3,0 мм

Гарантійний термін зберігання круп плющених (з дня фасування) – 9 місяців.

## Додаток 1



ЗАТВЕРДЖЕНО

проректор з наукової та інноваційної

діяльності Уманського НУС

с.-г. н. професор

Карпенко В. П.


« 05 03 2021 р



## ТЕХНОЛОГІЧНА ІНСТРУКЦІЯ

на виробництво крупи плющеної з пшениці полби обробленням  
електромагнітним полем надвисокої частоти

Розроблено:

Професор кафедри технології зберігання  
і переробки зерна, д. с.-г. н. Осокіна Н. М.Професор кафедри технології зберігання  
і переробки зерна, д. с.-г. н. Любич В. В.Аспірант кафедри технології зберігання  
і переробки зерна Лещенко І. А.

Звіт розглянуто і схвалено на засіданні Вченої ради  
Інженерно-технологічного факультету  
(протокол № 4 від «02» березня 2021 р.)

Принципова технологічна схема з виробництва крупи плющеної з пшениці полби наведена в додатку 1. Крупи плющені з пшениці полби виробляють із постачальницького нелущеного зерна з вологістю 12–13 %. Основні технологічні етапи одержання крупи плющеної: зважування і контрольне просіювання сировини, зволоження зерна, відволоження, оброблення електромагнітним полем надвисокої частоти (ЕМП НВЧ), плющення, охолодження, просіювання, магнітний контроль, фасування і пакування. Контрольне просіювання сировини здійснюють у розсійниках або крупосортувачах для забезпечення високої вирівняності зерна за розмірами. Рекомендовані розміри отворів сит для контрольного просіювання становлять прохід сита  $\varnothing 3,5$ , схід сита  $\varnothing 3,0$ , ступінь вирівняння круп, %, не менше 85 %.

Відсортоване зерно звожують на 0,5–1,5 % у зволожувачі (1) та відвожують у бункері (2) упродовж 30 хв. Перед обробленням ЕМП НВЧ зерно пропускають через магнітну колонку (3). Оброблення зерна здійснюють на мікрохвильовій установці (4) типу «Бархан 3» або аналогічному обладнанні. Після оброблення, зерно плющать на плющильному верстаті (5) за диференціалу 1:1, після пропуску через магнітну колонку. При використанні вальцових верстатів встановлюють такий режим роботи: кількість рифлів – 10 на 1 см; ухил – 8%, розташування рифлів СП/СП.

Одержану суміш круп'яних продуктів охолоджують в охолоджувальній колонці (7) до температури менше 20°C. Потім, продукти плющення сортують за крупністю у розсійнику (8) із застосуванням сит, наведених у табл. 1. Крупи плющені з пшениці полби вищого сорту отримують сходом сита  $\varnothing 3,5$  мм. При сортуванні крупи плющеної відбирають мучку (прохід сита прохід сита № 0,67).

Таблиця 1

Характеристика круп'яних продуктів одержаних після проведення плющення

Назва круп'яного продукту	Умови отримання
крупка плющена вищого сорту	схід сита 3,2 мм
крупка плющена першого сорту	прохід сита 3,2 мм схід сита 2,0 мм
дрібка (крупка)	прохід сита 2,0 схід сита № 0,67
мучка кормова	прохід сита № 0,67

Після просіювання готові крупки подають на фасування і пакування в пачки масою 0,5–1,0 кг. Режим роботи транспортного обладнання повинен бути таким, щоб він не спричинив руйнування плющених круп. Вихід круп плющеної з пшениці полби вищого сорту стосовно до маси, яка надходить, повинен становити не менше 85 %, а загальна маса круп'яних продуктів – 94 %.

Зовнішній вигляд крупки плющеної з пшениці полби повинен відповідати вимогам, указаним в табл. 2.

Таблиця 2

Зовнішній вигляд крупки плющеної з пшениці полби

Назва круп'яного продукту	Характеристика
крупка плющена вищого сорту	овальні або круглі з нерівними краями “перепічки”, з обох сторін наявний відтиск рифлів
крупка плющена першого сорту	зруйновані крупинки з наявним відтиском рифлів
дрібка (крупка)	мучниста крупка
мучка кормова	частинки оболонки та ендосперму

Якість крупки плющеної з пшениці полби повинна відповідати вимогам наведеним в табл. 3.

Таблиця 3

## Показники якості крупи плющеної з пшениці полби

Колір	Білий, з жовтуватим відтінком
Запах	Властивий нормальним пшеничним крупам, без пліснявого, затхлого та інших сторонніх запахів
Смак	Властивий нормальним пшеничним крупам, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий
Вологість у %, не більше	14,0
Вміст смітної домішки, %, не більше	0,3
у тому числі:	
а) мінеральної,	0,05
б) шкідливої	0,05
у числі шкідливих домішок:	
гірчака повзучого і вязелю різнокольорового (разом) насіння геліотропа опушеноплідного і триходесми сивої	0,02
в) кукілю	не допускається 0,1
Вміст лому і мучки, %, не більше	8,0
Зараженість шкідниками хлібних запасів	Не допускається
Вміст металоманітної домішки на 1 кг круп, мг, не більше	3,0
Розварюваність, хв	21

Примітка. 1. Величина окремих частинок металоманітних домішок у найбільшому лінійному вимірі не повинна перевищувати 0,3 мм, а маса окремих крупинок руди і шлаку – не більше 0,4 кг кожна. 2. Показник розварюваності – гарантійний.

Характеристика домішок у крупах плющених з пшениці полби вказана у табл. 4.

Таблиця 4

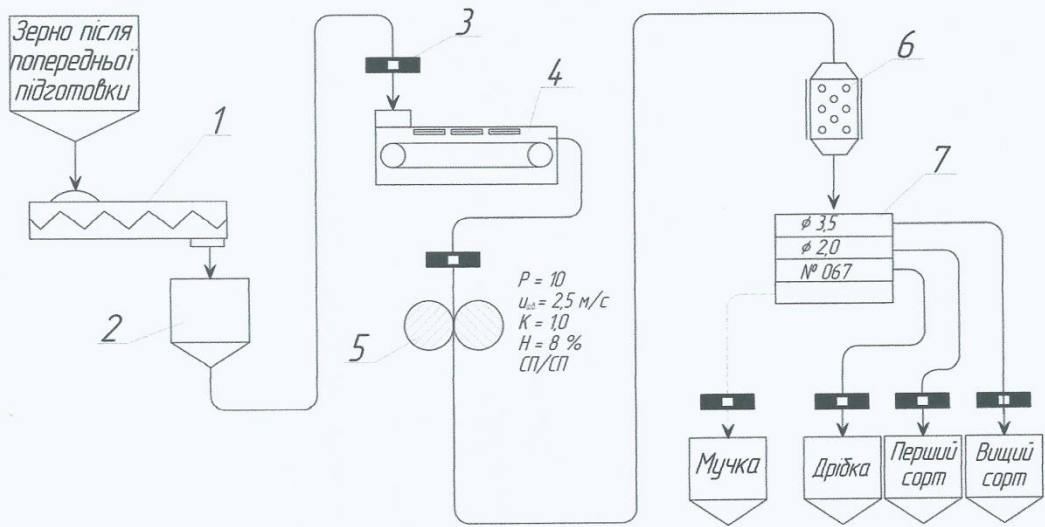
## Найменування і характеристика домішок у крупах плющених

Найменування домішок	Характеристика
Смітна: мінеральна	Частинки землі, пісок, галька, частинки руди, наджаку, шлаку та інших домішок мінерального походження
органічна	Частинки квіткових плівок, стеблин, оболонки
Смітне насіння	Насіння всіх дикорослих і культурних
Зіпсовані крупинки	Загнилі, запліснявілі, обвуглені, всі з явно зміненим (зіпсованим) кольором ендосперму
Шкідлива домішка	Сажка, ріжки, гірчак повзучий, в'язіль різнокольоровий, термопсис ланцетний (мишатник)
Лом і мучка	Прохід крізь сито з отворами Ø 3,0 мм

Гарантійний термін зберігання круп плющених (з дня фасування) – 9 місяців.



## Додаток 1



«ПОГОДЖЕНО»

Ректор Уманського національного  
університету садівництва

О. О. Непочатенко

« 06 »

04

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор СТОВ ім. Б. Хмельницького

С. О. Ровишин

« 05 »

04

## АКТ

## ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – СТОВ ім. Б. Хмельницького.

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Розроблення технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби», виконаної в Уманському національному університеті садівництва, впроваджено у технологічному процесі зернопереробного цеху підприємства.

1. **Вид запровадження** – застосування водотеплового оброблення пшениці полби у технології виробництва крупи цілої – № 1.
2. **Характеристика масштабів впровадження** – виробництво дослідно-промислових партій крупи з пшениці полби № 1 кількістю 500 кг.
3. **Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено елементи технології виробництва крупи № 1 з пшениці полби, які включають очищення зерна від домішок, проведення за необхідністю зволоження зерна до вологості 13–14 % з відволоженням впродовж 30 хв і луцення зерна, що забезпечує вихід готового продукту 89–93 %.
4. **Економічна ефективність** – 2000 грн/т у цінах 2020 р.
5. **Соціальний і науково-технічний ефект** – розширення асортименту круп'яних продуктів, застосування зерна пшениці вищої біологічної цінності, підвищення виходу крупи та її якості, поширення екологічно чистої продукції.

Від Уманського національного  
університету садівництва  
відповідальний за впровадження  
професор кафедри технології  
зберігання і переробки зерна  
В. В. Любич

аспірант кафедри технології зберігання  
і переробки зерна

І. А. Лещенко

« 06 »

04

2020р

Від СТОВ ім. Б. Хмельницького

відповідальні за впровадження

директор

С. О. Ровишин

« 05 »



04

2020р

«ПОГОДЖЕНО»

Ректор Уманського національного  
університету садівництва

О. О. Непочатенко

« 18 »



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ПП «НЕО-СОЯ»

Акінчиц Д.Л.

« 17 »



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – ПП «НЕО-СОЯ».

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Розроблення технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби», виконаної в Уманському національному університеті садівництва, впроваджено у технологічному процесі зернопереробного цеху підприємства.

- 1. Вид запровадження** – застосування водотеплового оброблення, лушення та подрібнення зерна пшениці полби у технології виробництва крупи подрібненої № 1, № 2, № 3.
- 2. Характеристика масштабів впровадження** – виробництво дослідно-промислових партій крупи подрібненої з пшениці полби № 1, 2, 3 кількістю 600 кг.
- 3. Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено елементи технології виробництва крупи подрібненої з пшениці полби № 1, 2, 3, які включають очищення зерна від домішок, проведення, за необхідністю, зволоження зерна до вологості 13–14 % з відволоженням впродовж 30 хв, лушення зерна до коефіцієнта лушення 6–9 % і подрібнення з наступним сепаруванням продуктів, вихід готового продукту 77–85 %.
- 4. Економічна ефективність** – 2323 грн/т у цінах 2020 р.
- 5. Соціальний і науково-технічний ефект** – розширення асортименту круп'яних продуктів внаслідок застосування зерна пшениці полби, підвищення виходу крупи та її якості, поширення екологічно чистої продукції.

Від Уманського національного  
університету садівництва  
відповідальний за впровадження  
професор кафедри технології  
зберігання і переробки зерна  
Любич В. В. Любич

аспірант кафедри технології зберігання  
і переробки зерна  
Лешенко І. А. Лешенко

« 18 » 05 2021р

Від ПП «НЕО-СОЯ»

відповідальні за впровадження

директор

Акінчиц Д.Л.



« 17 » 03 2021р

«ПОГОДЖЕНО»

Ректор Уманського національного  
університету садівництва

О. О. Непочатенко

« 30 »

03

2021р

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач навчально-виробничого  
відділу Уманського НУС

Р. В. Длугоборський

« 29 »

03

2021р

## АКТ

## ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник – навчально-виробничий відділ Уманського НУС.

Цим актом стверджується, що результати наукової роботи за темою «Розроблення технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби», виконаної в Уманському національному університеті садівництва, впроваджено у технологічному процесі зернопереробного цеху підприємства.

- 1. Вид запровадження** – застосування технології виробництва крупи плющеної із зерна пшениці полби.
- 2. Характеристика масштабів впровадження** – виробництво дослідно-промислових партій крупи плющеної з пшениці полби кількістю 600 кг.
- 3. Новизна результатів науково-дослідної роботи** – впроваджено елементи технології виробництва крупи плющеної з пшениці полби, які включають очищення зерна від домішок, проведення, за необхідністю, зволоження зерна до вологості 13–14 % з відволоженням впродовж 30 хв, лушення зерна до коефіцієнта лушення 6–9 % за тиску насиченої пари 0,15 МПа, пропарювання строком 6 хв з наступним відволоженням – 3 хв, плющення і сепарування одержаних продуктів; вихід готового продукту (вищий сорт) – 76–83 %.
- 4. Економічна ефективність** – 13855 грн/т у цінах 2020 р.
- 5. Соціальний і науково-технічний ефект** – розширення асортименту круп'яних продуктів швидкого приготування внаслідок застосування зерна пшениці полби, підвищення виходу крупи та її якості, поширення екологічно чистої продукції.

Від Уманського національного  
університету садівництва  
відповідальний за впровадження  
професор кафедри технології  
зберігання і переробки зерна

В. В. Любич

аспірант кафедри технології зберігання  
і переробки зерна

І. А. Лещенко

« 30 »

03

2021р

Від навчально-науково-виробничого  
відділу

відповідальний за впровадження  
провідний фахівець навчально-  
виробничого відділу Уманського НУС

В. О. Приходько

« 29 »

03

2021р





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **136918** (13) **U**  
 (51) МПК (2019.01)  
**A23L 7/00**

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
 ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
 СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
 УКРАЇНИ

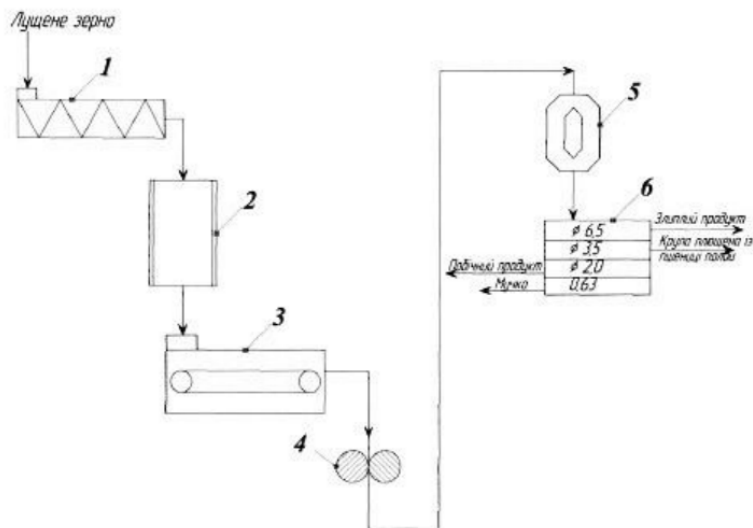
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2019 03877</b>	(72) Винахідник(и): <b>Любич Віталій Володимирович (UA), Новіков Володимир Вікторович (UA), Лещенко Іван Анатолійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>15.04.2019</b>	(73) Власник(и): <b>УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА, вул. Інститутська, 1, п/в Софіївка, м. Умань, Черкаська обл., 20305 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.09.2019</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.09.2019, Бюл.№ 17</b>	

## (54) СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА КРУПИ ПЛЮЩЕНОЇ ІЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ ПІСЛЯ ДІЇ НВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ

### (57) Реферат:

Спосіб виробництва крупи плющеної із зерна пшениці полби: цілу крупу з індексом лузнення 11-13 % зволожують у зволожувальному апараті до вологості 15-16 % з відволожуванням 30 хв. Після цього подають у НВЧ-установку, де піддають впливу НВЧ-випромінюванню впродовж 100-120 с.



UA 136918 U



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

вул. Інститутська, 1 м. Умань, Черкаська обл., 20305  
тел.: (04744) 4-69-89, 3-20-11 Факс: (04744) 3-20-41, 3-53-18  
E-mail: [udau@udau.edu.ua](mailto:udau@udau.edu.ua) Web: [www.udau.edu.ua](http://www.udau.edu.ua) КОД ЄДРПОУ 00493787

« 24 » 02 2021 № 01-10/191

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Про впровадження результатів  
науково-дослідної  
роботи у навчальний процес

Довідка

Видана аспіранту кафедри технології зберігання і переробки зерна Лещенку Івану Анатолійовичу в тому, що його результати наукової роботи за темою «Розроблення технології виробництва круп'яних продуктів із зерна пшениці полби» використовуються в навчальному процесі під час вивчення курсів «Технологія виробництва продукції рослинництва і садівництва» студентами II курсу, «Сучасні досягнення харчової науки», «Технології зберігання і переробки зерна», «Технологія круп'яного виробництва» студентами VI курсу інженерно-технологічного факультету.

Проректор з  
науково-педагогічної роботи



М. І. МАЛЬОВАНІЙ

Кліщук Т.Ю. 0978579140

## Додаток І

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Статті у наукових фахових виданнях України:*

1. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вихід цілої крупи із зерна пшениці полби залежно від тривалості лушення і водотеплового оброблення. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2019. Вип. 207. С. 108–113. (Виконання досліджень, аналіз результатів і літературних джерел, написання статті).
2. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вплив тривалості лушення та водотеплового оброблення зерна на вихід і кулінарну оцінку плющеної крупи із пшениці полби. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2019. Том 30 (69). Ч. 2. № 6. С. 107–111. DOI:10.32838/2663-5941/2019.6-2/19 (Проведення експерименту, написання статті).
3. Осокіна Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Біохімічний склад зерна пшениці полби (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl) залежно від генотипу. *Агробіологія*. 2020. № 1 (157). С. 111–119. DOI:10.33245/2310-9270-2020-157-1-111-119 (Виконання досліджень, аналіз результатів і літературних джерел, написання статті).
4. Осокіна Н. М., Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вихід крупи плющеної із пшениці полби залежно від тривалості опромінення ЕМП НВЧ і водотеплового оброблення. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 52–71. DOI:10.31395/2415-8240-2020-96-1-52-71 (Проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).
5. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вихід і якість цілої крупи із зерна пшениці полби залежно від консистенції ендосперму та водотеплового оброблення. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 2. (106). С. 71–79. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-5(105)-8 (Виконання досліджень, аналіз результатів і літературних джерел, написання статті).
6. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Технологічні властивості зерна різних видів пшениці залежно від генотипу. *Таврійський науковий вісник*. 2020.



Вип. 114. С. 63–69. DOI:10.32851/2226-0099.2020.114.9

7. Любич В. В., **Лещенко І. А.**, Сторожик Л. І., Войтовська В. І. Вихід і якість подрібненої крупи із зерна пшениці полби. *Агробіологія*. 2020. № 2 (158). С. 110–122. (Проведення експерименту, написання статті)

8. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вплив параметрів лушення та водотеплового оброблення зерна на вихід і кулінарну якість плющеної крупи із пшениці полби. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 97. Ч. 1. С. 112–127. (Проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

*Статті у наукових виданнях України, індексованих у Міжнародних наукометричних базах:*

9. Osokina N., Liubych V., Novikov V., Leshchenko I., Petrenko V., Khomenko S., Zorunko V., Balabak O., Moskalets V., Moskalets T. Effect of electromagnetic irradiation of emmer wheat grain on the yield of flattened wholegrain cereal. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. V. 6. № 11 (108). P. 17–26. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.217018 (Виконання досліджень, аналіз результатів і літературних джерел, написання статті).

*Статті у закордонних наукових виданнях, індексованих у Міжнародних наукометричних базах:*

10. Osokina N., Liubych V., Novikov V., **Leshchenko I.**, Petrenko V., Khomenko S., Zorunko V., Balabak O., Moskalets V., Moskalets T. Investigation of the influence of UHF electromagnetic field on the output of rolled groats of wheat spelt. *EUREKA: Life Sciences*. 2020. № 6. P. 47–57. DOI:10.21303/2504-5695.2020.001533 (Проведення досліджень, узагальнення та інтерпретація результатів, написання статті).

*Публікації, у яких засвідчено апробацію матеріалів дисертації:*

11. **Лещенко І. А.**, Любич В. В. Использование потенциала пшеницы полбы. *Инновационные подходы и перспективные идеи молодых ученых в аграрной науке: материалы междун. науч.-практ. конф. молодых ученых*. (г. Кайнар, 17 ноября 2017 г.). Алматы, Казахстан. 2017. С. 350–353.

12. **Лещенко І. А.**, Любич В. В. Технологічні та споживчі властивості крупів залежно від водотеплового оброблення. *Актуальні питання сучасної аграрної науки:*

матеріали міжн. наук.-практ. конф. (м. Умань, 17 листопада 2017 р.). Умань. 2017. С. 333–334.

13. Осокіна Н. М., Любич В. В., **Лещенко І. А.** Впровадження пшениці полби у виробництво. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва*: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 17–18 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 101–103.

14. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Геометричні параметри зернівок пшениці полби. *Актуальні питання аграрної науки*: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 15 листопада 2018 р.). Умань. 2018. С. 395–397.

15. **Лещенко І. А.** Умови проведення первинного перероблення зерна пшениці полби. Матеріали всеукр. наук. конф. молодих учених. (м. Умань, 15–16 травня 2018 р.). Умань. 2018. С. 161–162.

16. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вихід лущеної крупи із зерна пшениці полби залежно від тривалості лущення і водотеплового оброблення. *Підвищення ефективності діяльності підприємств харчової та переробної галузей АПК*: матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Київ, 20–21 листопада 2018 р.). Київ: НУХТ. 2019. С. 34–36.

17. Осокіна Н. М., Любич В. В., **Лещенко І. А.** Визначення оптимальних параметрів підготовки зерна пшениці полби перед плющенням. *Актуальні питання аграрної науки*: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Умань, 21 листопада 2019 р.). Умань. 2019. С. 279–281.

18. Осокіна Н. М., Любич В. В., **Лещенко І. А.**, Колодійчук А. В. Білково-протеїназний комплекс пшениці полби. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)*: матеріали VIII міжнар. наук. конф. (м. Умань, 18–20 березня 2019 р.). Умань. 2019. С. 183–184.

19. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вплив тривалості лущення зерна пшениці полби на вміст клейковини у крупі. *Актуальні питання агротехнологій*: матеріали Всеукр. наук. конф. (м. Умань, 28 березня 2019 р.). Умань. 2019. С. 54–55.

20. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Кулінарна оцінка каші з крупи пшениці полби № 1. *Якість і безпека харчових продуктів*: матеріали IV Міжнар.

наук.-практ. конф. (м. Київ, 20–21 листопада 2019 р.). Київ. 2019. С. 120–121.

21. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Технологічні властивості пшениці полби. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур*: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (с. Центральне, 19 квітня 2019 р.). Центральне. 2019. С. 70.

22. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Якість цілої крупи із зерна пшениці полби залежно від тривалості лушіння. *Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі*: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. (м. Умань, 26 червня 2019 р.). Умань. 2019. С. 68–69.

23. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вихід крупи плющеної з пшениці полби залежно від тривалості оброблення в мікрохвильовій печі. *Topical issues of the development of modern science: abstracts of the VI International scientific and practical conference* (Sofia, 12–14 february 2020). Sofia, Bulgaria. 2020. P. 612–616.

24. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Вплив НВЧ-випромінювання на вихід плющених круп із зерна пшениці полби. *Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки)*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (с. Крути, 12 березня 2020 р.). Крути. 2020. С. 84–89.

25. Осокіна Н. М., Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вихід подрібненої крупи з пшениці полби (*Triticum dicossum*). *Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва*: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. онлайн-конф. (м. Умань, 28–29 травня 2020 р.). Умань. 2020. С. 124–126.

26. Liubych V. V., **Leschenko I. A.** Technological composition of different species of wheat (emmer wheat, soft wheat) grain depending on the variety. *Innovative development of science and education: abstracts of the 1st International scientific and practical conference*. (Athens, 29–31 march 2020). Athens, Greece. 2020. P. 11–13.

27. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вихід цілої крупи із пшениці полби залежно від елементів технології перероблення. *Селекція, генетика та технології вирощування с-г культур*: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (с. Центральне, 24 квітня 2020 р.). Центральне. 2020. С. 64–65.

28 Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вплив тривалості лущення на одержання цілої крупи із зерна пшениці полби. *Молодь і технічний прогрес в АПВ «Інноваційні розробки в аграрній сфері»*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Том 2. (м. Харків, 7–8 травня 2020 р.). Харків. 2020. С. 246–249.

29. Любич В. В., Новіков В. В., **Лещенко І. А.** Технологічні властивості зерна залежно від сорту. *Селекційно-генетична наука і освіта (Парієві читання)*: матеріали ІХ Міжнар. наук. конф. (м. Умань, 19 березня 2020 р.). Умань. 2020. С. 112–115.

30. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Застосування електромагнітного поля надвисокої частоти для отримання плющених круп із зерна пшениці полби. *Рубіновські читання*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Умань, 15 травня 2020 р.). Умань. 2020. С. 41–42.

31. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Вихід крупи цілої із зерна пшениці полби залежно від елементів технології перероблення. *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції*: матеріали Міжнар. наук.-техніч. конф. (м. Київ, 10–11 листопада 2020 р.). Київ. 2020. С. 68–69.

32. Любич В. В., **Лещенко І. А.** Технологічні та біохімічні властивості зерна малопоширених видів пшениці. *Теоретичні і практичні аспекти розвитку галузі овочівництва в сучасних умовах*: Матеріали ІІІ Міжнар. наук.-практ. конф. (с. Селекційне, 23 липня 2020 р.). Селекційне. 2020. С. 107–108.

33. **Лещенко І. А.** Вихід крупи подрібненої із зерна пшениці полби залежно від ступеня його лушіння. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: матеріали ІІ Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Мелітополь, 02–27 листопада 2020 р.). Мелітополь. 2020. С. 210–213.

34. **Лещенко І. А.** Економічна ефективність виробництва крупи плющеної із пшениці полби. *European scientific discussions: abstracts of the 7th International scientific and practical conference (Rome, 23–25 may 2021)*. Rome, Italy. 2021. P. 293–297.

*Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:*

35. Спосіб виробництва крупи плющеної із зерна пшениці полби після дії НВЧ-випромінювання: пат. 136918 України: МПК (2019.01), A23L 7/00. № u 2019 03877; заявл.15.04.2019; опубл. 10.09.2019, Бюл. № 17.