

## ВИХІД І ЯКІСТЬ ЦІЛОЇ КРУПИ ІЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОЛБИ ЗАЛЕЖНО ВІД КОНСИСТЕНЦІЇ ЕНДОСПЕРМУ ТА ВОДОТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ

**В. В. Любич**, доктор сільськогосподарських наук, професор

**ORCID ID:** 0000-0003-4100-9063

**І. А. Лещенко**, аспірант

**ORCID ID:** 0000-0002-0937-6739

Уманський національний університет садівництва

*Статтю присвячено дослідженню впливу режимів водотеплового оброблення (зволоження і відволоження) та луцення під час вироблення крупи цілої із зерна пшениці полби з різною склоподібністю ендосперму. Зроблено порівняльний аналіз виходу круп'яних продуктів залежно від досліджених чинників та визначено оптимальні режими з урахуванням кулінарної оцінки готового продукту. Під час виробництва цілої крупи із зерна пшениці полби оптимально лущити склоподібне зерно за вологості 12,0–13,0%. Тривалість луцення такого зерна повинна становити 40–120 с (вихід крупи 92–97%) для отримання крупи з високими показниками якості та 120–140 с (вихід крупи 86–90%) – з дуже високими.*

**Ключові слова:** пшениця полба, зерно, крупа ціла, мучка, луцення, водотеплове оброблення.

**Постановка проблеми.** Правилами організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах [1] передбачено використання зерна твердої та м'якої пшениці для одержання цілих і подрібнених круп. Проте не зазначаються рекомендації щодо використання зерна пшениці полби та впливу консистенції ендосперму на вихід готового продукту. Загальновідомо, що зерно з високою склоподібністю істотно відрізняється за технологічними властивостями, внаслідок різного біохімічного складу. Це обумовлює різну взаємодію складових частин ендосперму й зернівки під час виробництва круп. Міцність ядра в склоподібному зерні є вищою порівняно з борошністим. Тому із такого зерна отримують більший вихід крупи через менше дроблення під час технологічних операцій. Відомо, що вищу кулінарну оцінку має крупа, отримана зі склоподібного зерна порівняно з борошністим. Пшениця полба відрізняється біохімічним складом від пшениці м'якої та твердої [2]. Проте нині відсутні дослідження щодо впливу склоподібності зерна пшениці полби на вихід цілої крупи і кулінарну оцінку готових круп'яних продуктів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зернові культури є основною сировиною для виробництва продуктів харчування та забезпечують значну частину щоденної потреби в енергії. У контексті збалансованого харчування, ціла крупа (продукт, одержаний після луцення зерна) містить харчові волокна та біоактивні

пептиди із протираковим, антиоксидантним та антитромботичним ефектом [2, 3]. Відомо, що продукти з цілого зерна пшениці також можуть модулювати метаболічну активність мікробіоти кишечника, у результаті чого збільшується вироблення корисних метаболітів [4, 5]. Виходячи зі збільшення світової смертності, пов'язаної з хронічними захворюваннями, які пов'язані з харчуванням, спостерігається все більший інтерес до виявлення злаків з позитивним впливом на здоров'я. Зокрема стародавні види пшениці (без істотного поліпшення селекційно-генетичними методами). Нині багатьох науковців і виробників зацікавила пшениця полба. За результатами багатьох досліджень [6], зерно цієї культури містить більше мінеральних елементів і поліфенолів [7, 8]. Враховуючи це, проводяться маркетингові дослідження щодо популяризації круп'яних продуктів вищої біологічної цінності [9].

Класична технологія перероблення пшениці м'якої включає очищення зерна без поділу на фракції за розмірами, його луцення на оббивних машинах, шліфування та подрібнення з наступним сортуванням проміжних продуктів та їх полірування. Загальний вихід круп'яних продуктів за класичної технології становить 60–63% [1]. Встановлено, що процеси луцення та шліфування істотно впливають на якість готового продукту, вони є найенергоємнішими операціями під час виробництва крупи, отже потребують оптимізації [10]. Так, удосконалення режимів

водотеплового оброблення зерна пшениці твердої дозволяє зменшити енерговитрати технологічного процесу на 40–50% [11].

Під час перероблення зерна на крупи особливе значення має різниця у вологості ядра та плівок. Сухі плівки зерна характеризуються високою крихкістю та легкістю їх відокремлення, тоді як вологе зерно має підвищену пластичність ендосперму, що запобігає його руйнуванню [12]. В умовах сучасної ринкової економіки значну увагу доцільно приділяти підвищенню якості крупи та її доступності для споживача, що буде сприяти стійкому становленню нового продукту на ринку.

**Метою дослідження** є встановлення оптимальних режимів зволоження, відволоження і лущення зерна пшениці полби за виходом і кулінарною якістю готового продукту залежно від консистенції ендосперму.

**Матеріал і методи дослідження.** Експериментальну частину роботи проводили упродовж 2017–2019 рр. в лабораторії «Оцінювання якості зерна та зернопродуктів» кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва. Для експерименту використано зерно пшениці полби сорту Голяківська (яра), вирощене в умовах Правобережного лісостепу України. Використовували склоподібне зерно (95%) і борошністе. Технологічна схема отримання круп'яних продуктів у лабораторних умовах була сформована відповідно до вимог правил організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах [1].

Експеримент № 1 передбачав вивчення впливу склоподібності зерна, параметрів водотеплового оброблення (зволоження) та лущення на вихід цілої крупи. Зерно зволожували до вологості 13,0–14,0% з наступним лущенням упродовж 20–200 с з інтервалом 20 с. Експеримент № 2 передбачав вивчення впливу параметрів водотеплового оброблення (зволоження, відволоження) і склоподібності зерна. Зерно зволожували до вологості 15,0–17,0% (інтервал 0,5%), тривалість відволоження 30, 60, 90, 120 хв. Лушили зерно впродовж 180 с. Кулінарне оцінювання проводили згідно з удосконаленою методикою, що відрізняється від традиційної визначенням додаткового показника консистенції каші під час розжовування [13, 14]. Запропонована методика дозволяє більш точно ідентифікувати кулінарну якість із підвищеним вмістом клітковини.

Зволоження здійснювали крапельним методом. Відволоження проводили у герметичних циліндрах. Лущення – в лабораторному лущильнику УШЗ-1 (колова швидкість

3000 об/хв), маса досліджуваного зразка становила 15 г. У лущильнику відбувається інтенсивне стирання зовнішньої поверхні зернівки в процесі чого відбувається видалення плодкових, насінневих оболонок, алейронового шару та часткового зародку. Продукти лущення сепарували на лабораторному розсіві РЛУ-1. Зважували отримані продукти на електронних вагах  $\pm 0,02$  г. Кількість води, необхідної для зволоження зерна, розраховували за формулою:

$$B = 3 \left( \frac{100-A}{100-B} \right) - 1, \quad (1)$$

де B – кількість води для зволоження зерна, г; Z – маса зволожуваного зерна, г; A – початкова вологість, %; B – кінцева вологість зерна, %.

Дослідження мали чотири аналітичні повторення. Результати аналітичних повторювань обробляли методами описової статистики за допомогою програм Microsoft Excel 2010 та STATISTICA 10. Якість експерименту оцінювали значенням коефіцієнта варіації вибірок (V), що формували із даних аналітичних повторювань. Експеримент вважали достовірним за неістотного варіювання даних аналітичних повторювань. Залежності між факторами знаходили методом дисперсійного та регресійного аналізу. Вибір оптимальних методів оброблення здійснювали інтерполяцією вибірок експериментальних даних із побудовою функції бажаності. Статистичне оброблення отриманих результатів проводили за використання надбудови Experimental design (DOE) програми Statistica 10. Вибір моделі здійснювали із урахуванням коефіцієнта детермінації ( $R^2$ ), відсутності автокореляції залишків та довірчого рівня (p). Ступінь впливу чинників встановлювали за допомогою Partial eta-squared ( $\eta^2$ ) як одним із способів статистичного оброблення [15].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Встановлено достовірно ( $p < 0,05$ ) високий рівень впливу ( $\eta^2 = 0,77$ ) тривалості лущення зерна на вихід крупи і мучки незалежно від вологості і консистенції ендосперму (табл. 1). Вихід цілої крупи з борошністого зерна пшениці полби змінювався від 81,0 до 97,5% за його вологості 12,0%. Лущення зерна з вологістю 13,0% підвищувало цей показник до 81,9–99,5% або лише на 1–2% порівняно з 12-відсотковою вологістю. Тенденція виходу крупи за лущення зерна з 14-відсотковою вологістю була подібною. Вихід крупи зі склоподібного зерна вологістю 12% пшениці полби становив 99,3–85,0% або більше на 2–5% порівняно з борошністим. Лущення зерна вологістю 13% істотно не підвищувало вихід крупи порівняно з 12-відсотковою вологістю. Вихід крупи за лущення

зерна вологістю 14% становив 98,3-85,1% залежно від варіанту досліджу.

Найбільше на вихід крупи впливала тривалість лушення. Вологість зерна зі склоподібною консистенцією перед його лушенням менше впливала на вихід крупи. Вологість зерна більше

впливала за тривалішого його лушення. Очевидно, що сили взаємодії плодкових, насінневих оболонок та алейронового шару між собою змінюються по-різному залежно від склоподібності.

Таблиця 1

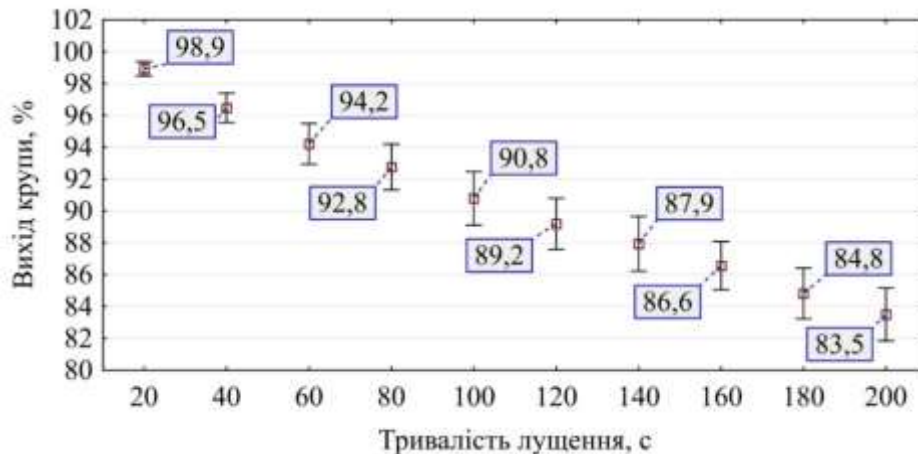
**Вихід крупи цілої залежно від консистенції ендосперму та вологості зерна, %**

Тривалість лушення, с	Вологість зерна, %					
	12,0	13,0	14,0	12,0	13,0	14,0
	Консистенція ендосперму					
	борошниста			склоподібна		
20	97,5±0,9	99,5±0,2	99,6±0,2	99,3±0,3	99,3±0,3	98,3±0,9
40	94,9±2,9	96,8±1,7	96,4±1,8	97,2±1,9	97,2±1,6	96,3±1,6
60	92,4±3,9	94,1±3,4	93,8±2,7	95,2±2,0	95,3±1,8	94,4±2,7
80	90,7±2,9	92,6±3,3	93,3±3,6	93,4±3,6	93,8±2,2	92,7±3,3
100	88,5±3,7	91,5±3,3	90,4±3,2	91,7±4,0	92,3±3,6	90,4±4,3
120	87,4±3,1	88,7±3,7	88,0±3,5	90,3±4,1	91,0±4,0	89,8±2,4
140	85,8±3,3	87,4±3,8	87,3±4,2	88,8±3,6	89,7±3,9	88,8±3,9
160	83,9±3,9	86,1±3,3	85,9±1,7	87,5±3,4	88,4±3,2	87,5±3,0
180	82,7±3,2	83,4±2,9	83,0±3,3	86,1±2,9	87,2±3,4	86,5±2,7
200	81,0±3,7	81,9±3,0	82,0±2,3	85,0±3,4	86,1±3,7	85,1±2,9

$V < 10\%$ ,  $p=0,001$

Збільшення тривалості лушення з 20 до 180 с істотно впливало на вихід крупи не залежно від склоподібності ендосперму зерна (рис. 1). У середньому за вологістю зерна вихід крупи зі

склоподібним ендоспермом становив 84,8-98,9%, а з борошнистим 83,5-96,5% залежно від тривалості його лушення.

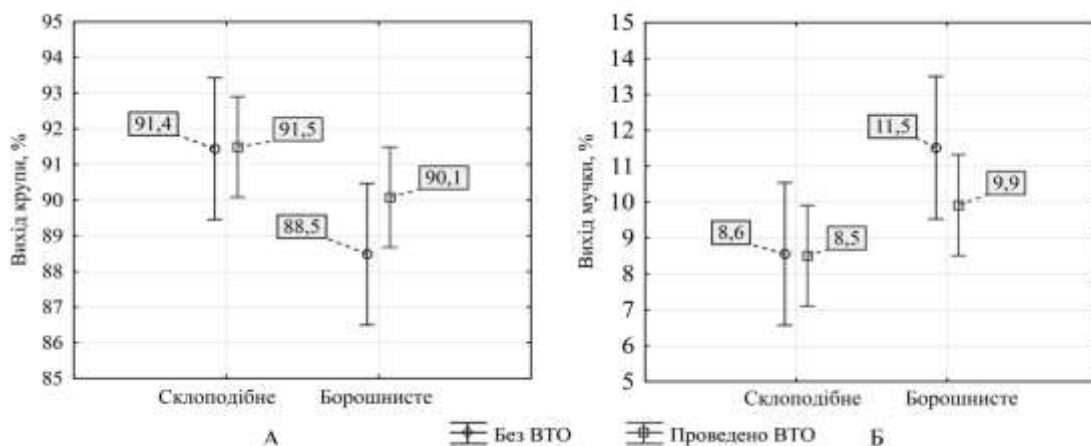


**Рис. 1. Результати дисперсійного аналізу впливу тривалості лушення на вихід цілої крупи (вертикальні смуги позначають 0,95 довірчий інтервал)**

Відомо [2], що у процесі лушення зерна відбувається стирання плодової та насінневої оболонок. У результаті цього знижується вміст золи і зростає частка ендосперму, що сприяє покращенню кулінарних властивостей крупи.

За допомогою методів дисперсійного аналізу підтверджено достовірний ( $p < 0,05$ ) високий

рівень впливу ( $\Pi^2=0,14$ ) склоподібності ендосперму зерна на вихід крупи і мучки (рис. 2). Використання водотеплового оброблення зерна перед його лушенням мало найменший рівень впливу ( $\Pi^2 < 0,01$ ) на вихід крупи.

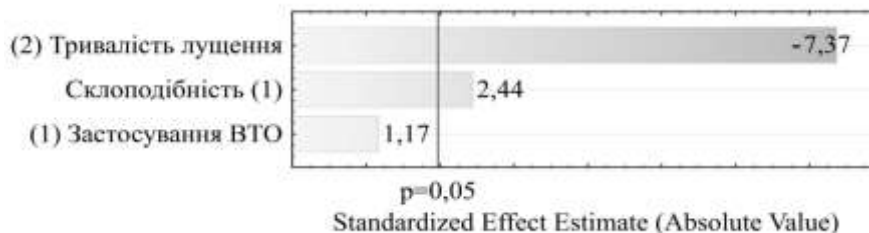


**Рис. 2. Результати дисперсійного аналізу залежності виходу цілої крупи залежно від консистенції ендосперму та вологості (вертикальні смуги позначають 0,95 довірчий інтервал):**

*а – вихід крупи; б – вихід мучки*

З ймовірністю 95% можна стверджувати, що вихід крупи достовірно залежав від тривалості лущення та склоподібності зерна (рис. 3). Слід відзначити, що найбільше впливала тривалість

лущення зерна. Водотеплове оброблення впливало недостовірно на вихід крупи, що підтверджено діаграмою Паретто.



**Рис. 3. Діаграма Паретто впливу склоподібності, тривалості лущення і проведення водотеплового оброблення на вихід крупи**

Найбільш точно процеси можна описати за допомогою математичної залежності між виходом крупи та мучки відповідно наведених у формулах 2 і 3 для зерна з борошністим ендоспермом, 4 і 5 – для склоподібного зерна

$$V_k = -77,7757 + 26,5044x - 0,0802y - 0,9783xx - 0,003xy + 0,0001yy; \quad (2)$$

$$V_m = 177,7757 + 0,0802x - 26,5044y - 0,0001xx + 0,003xy + 0,9783yy; \quad (3)$$

$$V_k = -26,1517 + 20,3267x - 0,1611y - 0,8083xx + 0,0041xy + 0,0002yy; \quad (4)$$

$$V_m = 126,1517 + 0,1611x - 20,3267y - 0,0002xx - 0,0041xy + 0,8083yy \quad (5)$$

де  $V_k$ ,  $V_m$  – вихід крупи і мучки відповідно, %;  $x$  – тривалість лущення, с;  $y$  – вологість, %.

Отже, дослідженнями достовірно встановлено ( $p < 0,05$ ), що вихід крупи цілої найбільше залежав від тривалості його лущення. Консистенція ендосперму також істотно впливає на вихід крупи. Вищий вихід забезпечує лущення склопо-

дібного зерна. Проте зволоження зерна на 1% сприяло підвищенню міцності ендосперму, особливо за лущення впродовж 100-200 с.

Мінімальне значення тривалості відволоження (30 хв.) і максимальне (120 хв.) обґрунтовано експериментально та не суперечить чинним вимогам. Результати досліджень свідчать, що зволоження та відволоження зерна пшениці полби не підвищувало вихід крупи порівняно з лущенням зерна за вологості 12-13% (табл. 2). Консистенція ендосперму зерна пшениці полби істотно впливала на ефективність водотеплового оброблення. Вихід крупи цілої зі склоподібного зерна був істотно вищим порівняно з борошністим. Проте водотеплове оброблення було неефективним не залежно від консистенції ендосперму. Зволоження борошністого зерна до 14,5-17,0% знижувало вихід крупи з 82,1 до 80,6%, або на 2%. Збільшення тривалості відволоження знижувало цей показник до 79,5-81,4%, або на 2-3%. Подібно змінювався вихід цілої крупи під час лущення склоподібного зерна пшениці полби.

**Вплив зволоження та тривалості відволоження на вихід крупки залежно від консистенції ендосперму, %**

Зволоження <sup>2</sup> , %	Тривалість відволоження <sup>2</sup> , хв			
	30	60	90	120
Борошнистий ендосперм <sup>1</sup>				
14,5	82,1±2,9	80,9±2,7	80,9±2,6	79,9±3,5
15,0	82,2±2,7	80,7±4,5	81,9±3,2	81,4±3,2
15,5	81,7±4,0	81,3±3,0	81,9±2,4	80,6±2,6
16,0	80,9±2,8	80,5±2,8	80,1±3,6	80,0±3,0
16,5	80,9±3,7	80,6±3,3	80,3±2,9	80,0±3,5
17,0	80,6±2,0	80,0±2,6	79,7±2,0	79,5±3,6
Склоподібний ендосперм <sup>1</sup>				
14,5	85,2±4,1	85,0±4,4	86,0±2,9	85,2±2,4
15,0	84,7±5,6	84,5±4,4	85,3±1,3	84,9±3,6
15,5	84,2±5,1	84,0±3,7	84,7±3,1	84,0±2,3
16,0	84,8±4,8	84,8±2,3	84,8±3,9	84,3±4,3
16,5	83,9±4,0	83,8±3,5	83,5±1,4	83,7±2,2
17,0	83,2±1,8	83,1±4,2	83,1±1,7	83,2±2,8

Примітка. V < 10 %, 1 – p=0,001, 2 – p=0,06

Математично вихід крупки і мучки можна описати лінійними рівняннями для борошнистого зерна 6-7 і для склоподібного – 8-9

$$V_x = 14,1567 + 9,2839x - 0,0443y - 0,3161xx + 0,0018xy + 3,3951E-5yy; \quad (6)$$

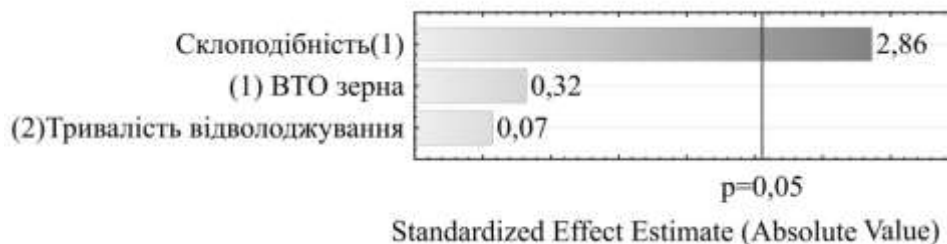
$$V_m = 85,8433 - 9,2839x + 0,0443y + 0,3161xx - 0,0018xy - 3,3951E-5yy; \quad (7)$$

$$V_k = 63,3281 + 3,2539x + 0,0482y - 0,1226xx - 0,0025xy - 5,4012E-5yy; \quad (8)$$

$$V_m = 36,6719 - 3,2539x - 0,0482y + 0,1226xx + 0,0025xy + 5,4012E-5yy; \quad (9)$$

де  $V_k$ ,  $V_m$  – вихід крупки і мучки відповідно, %;  $x$  – тривалість лушення, с;  $y$  – вологість, %.

За результатами проведеного статистичного оброблення можна стверджувати про достовірність ( $p < 0,05$ ) високого рівня впливу ( $\Pi^2 > 0,14$ ) консистенції ендосперму зерна на вихід крупки і мучки. Градієнт зволоження мав середній рівень впливу ( $\Pi^2 = 0,06$ ) та низьку достовірність ( $p > 0,05$ ). Достовірність та ймовірність впливу збільшення тривалості відволоження на відповідний процес також була дуже низькою ( $p > 0,05$ ;  $\Pi^2 < 0,01$ ). Вказані тенденції підтверджуються діаграмою Паретта (рис. 4).



**Рис. 4. Діаграма Паретто впливу склоподібності та водотеплового оброблення на вихід цілої крупки**

Очевидно, що зволоження та відволоження сприяли зниженню міцності ендосперму. Внаслідок цього підвищувалося його стирання під час лушення зерна. Зволоження на 1% підвищує вихід цілої крупки на 0,9–3,0 абс. % борошнистого зерна й на 0,6–0,9% склоподібного. Отже, зерно пшениці полби можна лушити без його зволоження та відволоження.

Під час перероблення круп'яного зерна особливе значення має різниця у вологості ядра та плівок. Сухі оболонки зерна характеризуються високою крихкістю та легкістю їх відокремлення, тоді як вологе зерно має підвищену пластичність ендосперму, що запобігає його руйнуванню [2]. Під час переробки м'якозерного типу зерна після кожного збільшення тривалості лушення на 20 с відбувалося істотне зниження виходу крупки.

Проте після збільшення тривалості лушення твердозерного типу зерна з 20 до 40 с істотного зменшення виходу крупи не відбувалося. Статистично достовірно відрізнявся лише вихід крупи за тривалості лушення твердозерного типу пшениці 20 і 60 с. Підвищення тривалості лушення твердозерного типу зерна з 80 до 100 с і з 120 до 140 с істотно не впливало на вихід, проте наступне підвищення тривалості лушення істотно знижувало вихід крупи [13]. Проте ці твердження розроблено для зерна пшениці твердої та пшениці м'якої. Зерно цих видів пшениці має специфічні властивості, які відрізняють їх від пшениці полби. Крім цього, наведений огляд літератури свідчить про різний вплив водотеплового оброблення на технологічний процес лушення зерна з різними властивостями.

Вченими [13] встановлено, що зволоження і відволоження зерна істотно впливає на вихід крупи із пшениці спельти. Підвищення вологості зерна призводило до зниження ступеня лушення, що зумовлено структурно-механічними властивостями зволоженого зерна: вологіше зерно має вищу міцність і в'язкість унаслідок чого збільшується його стійкість до механічної обробки. Проте дослідження проводили із зерном пшениці спельти, технологічні властивості якої значно відрізняються від пшениці полби.

В інших дослідженнях встановлено, що вихід крупи змінювався залежно від вологості зерна та його відволоження. Проте реакція зернівок від вологи відрізняється залежно від сорту і лінії пшениці полби. Так, із зерна пшениці полби сорту Голіковська з підвищенням його вологості до 14,0-17,0% без або з короткочасним відволоженням (30 хв.) вихід крупи зменшується на 2,8% порівняно з найвищим виходом (83,4%) за вологості 13%. Вихід крупи із пшениці полби лінії LP 1152 поліпшується (85,6-88,7%) з підвищенням вологості зерна до 14,5% без або з короткочасним відволоженням (30 хв.). За подальшого підвищення вологості до 17,0% вихід крупи зменшується до 85,0%. Оптимальним варіантом для обох досліджених зразків зерна пшениці полби є лушення за вологості 13-14%.

Очевидно, що параметри водотеплового оброблення зерна пшениці полби відрізняються від параметрів зерна інших культур. Крім цього, в межах виду пшениці полби можливі певні особливості проведення водотеплового оброблення. Це зумовлено різними технологічними і біохімічними властивостями зерна різних сортів цієї культури. Результати досліджень свідчать, що оптимально лушити зерно з борошнистою консистенцією за вологості 13-14%, а зі склоподібною – вологістю 12-13%. Це зумовлено різними анатомічними особливостями

зернівок різної консистенції. Борошнисте зерно пшениці полби за вологості 12% має крихкіший ендосперм порівняно із зерном вологістю 13-14%. Тому вихід цілої крупи за вологості 13-14% забезпечує вищий вихід порівняно з вологістю 12%. У зерна зі склоподібною консистенцією ендосперму тенденція дещо інша. За вологості такого зерна 12-13% крихкість ендосперму нижча порівняно з 14-відсотковою. Відомо [10], що підвищення вологості зерна зумовлює утворення мікротріщин ендосперму. Тому вихід крупи за вологості 14% склоподібного зерна пшениці полби був нижчим порівняно 12-13%. Зниження виходу крупи із зерна пшениці полби з підвищенням вологості та відволоження також зумовлено утворенням мікротріщин ендосперму. Відомо [12], що підвищення вологості зерна зумовлює утворення більше мікротріщин ендосперму. Тому з підвищенням вологості зерна пшениці полби обох консистенцій до 17% і відволоження 30-120 хв. найбільше знижувало вихід крупи. Проте результати статистичного оброблення свідчать, що зерно пшениці полби з борошнистою та склоподібною консистенцією ефективно лушити без проведення водотеплового оброблення. Це підтверджено діаграмами Паретто.

Вибір оптимальної тривалості лушення залежить від якості кінцевого продукту. Нині в умовах ринкової економіки значну увагу приділяють кулінарній якості крупи [10]. Тому було доцільним вивчити вплив параметрів оброблення зерна на технологічні властивості каші з пшениці полби.

Встановлено, що тривалість варіння крупи знижувалася із зростанням тривалості лушення (табл. 3).

Слід відзначити, що тривалість варіння крупи із борошнистого зерна знижувалася від 41,3 за 20-секундного лушення до 20,3 хв. у варіанті з тривалістю лушення 200 с. Цей показник для склоподібного зерна знижувався відповідно від 44,0 до 32,0 хв. Очевидно, що вищий вміст білка знижував доступність води під час варіння. Коефіцієнт розварювання також сильно залежав від тривалості лушення. У варіанті з найнижчою тривалістю лушення він становив 2,1 у крупи з борошнистого зерна. Лушення такого зерна впродовж 200 с підвищувало його до 2,9 або на 38%. Коефіцієнт розварювання крупи зі склоподібного зерна був вищим – 2,1–3,1 залежно від варіанту досліду. Лушення зерна підвищувало його на 48%. Зменшення вмісту оболонки сприяло кращому набубнявінню ендосперму крупи. Підвищення вмісту білка також сприяло більшому об'єму каші.

Тривалість варіння та коефіцієнт розварювання крупи цілої залежно від тривалості лушення та консистенції ендосперму

Тривалість лушення, с	Тривалість варіння крупи із зерна, хв		Коефіцієнт розварювання крупи із зерна	
	борошнистого	склоподібного	борошнистого	склоподібного
20	41,3 ± 0,6	44,0 ± 0,7	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1
40	39,3 ± 0,6	40,0 ± 0,7	2,2 ± 0,1	2,3 ± 0,1
60	37,7 ± 0,5	37,0 ± 0,6	2,2 ± 0,1	2,6 ± 0,1
80	32,7 ± 0,6	36,7 ± 0,7	2,4 ± 0,1	2,7 ± 0,1
100	31,7 ± 0,6	36,3 ± 0,8	2,5 ± 0,1	2,9 ± 0,1
120	31,7 ± 0,5	34,3 ± 0,7	2,5 ± 0,1	2,9 ± 0,1
140	29,3 ± 0,6	33,7 ± 0,6	2,7 ± 0,1	2,9 ± 0,1
160	25,7 ± 0,5	34,0 ± 0,7	2,8 ± 0,1	2,9 ± 0,1
180	21,7 ± 0,6	32,3 ± 0,6	2,8 ± 0,1	3,0 ± 0,1
200	20,3 ± 0,6	32,0 ± 0,7	2,9 ± 0,1	3,1 ± 0,1

Примітка.  $V < 10\%$ .

Попередніми дослідженнями [2] встановлено, що тривалість варіння каші склала від 21 до 9 хв. за різної тривалості лушення, проте не залежала від режиму відволожування, але істотно зменшувалася унаслідок збільшення тривалості пропарювання. Встановлено, що оболонки гальмують процес передачі тепла, що знижує рівень денатурації білків і клейстеризації крохмалевих зерен. Тому цей показник зменшувався зі зростанням індексу лушення. Зерно та круп'яний продукт з тривалістю лушення 40 с, що відповідало індексу 3,2%, мали найдовшу тривалість варіння каші – 21-18 хв. за тривалості пропарювання 3 хв. Збільшення тривалості пропарювання до 9 хв. за сталого індексу лушення зумовило скорочення терміну варіння на 3-4 хв. Зростання тривалості лушення зерна істотно змінювало строк варіння крупи плющеної з пшениці полби. Так, за тривалості лушення 80–160 с цей показник зменшувався від 14 до 9 хв. Отже, зниження тривалості варіння крупи з підвищенням індексу лушення підтверджено зменшенням вмісту оболонок. Це пояснюється тим, що поверхневі шари зерна пшениці є менш

стійкими до набухання та дії високих температур порівняно із борошністим ендоспермом. Це твердження також підтверджено іншими дослідженнями [14], які свідчать, що поступове звільнення зерна від оболонок покращує проникнення вологи у центральні частини ендосперму та зменшує тривалість варіння каші. Подальше збільшення тривалості лушення зумовлювало б зменшення тривалості варіння та її фіксації на рівні глобального мінімуму. Подальше зменшення тривалості варіння можливе за рахунок збільшення площі круп'яного продукту внаслідок подрібнення зерна.

Кулінарне оцінювання круп здійснювали без проведення водотеплового оброблення та з проведенням зволожування. Встановлено, що тривалість лушення істотно впливає на загальну кулінарну оцінку (рис. 5). Збільшення тривалості лушення істотно покращує консистенцію під час розжовування завдяки зменшенню вмісту оболонок у крупі. Для зерна обох типів консистенції ендосперму загальна кулінарна оцінка істотно не відрізнялася й була в межах від 6,2 до 8,5 бала.

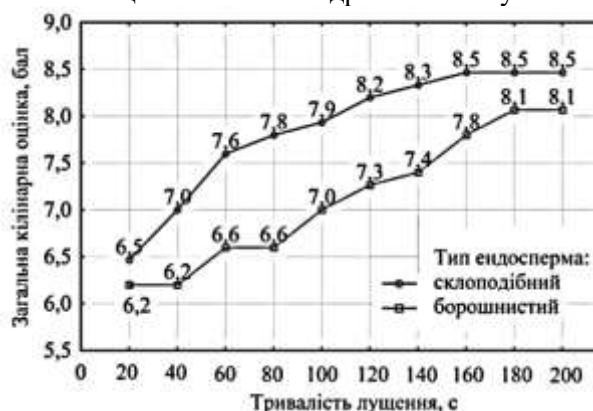


Рис. 5. Загальна кулінарна оцінка каші залежно від склоподібності зерна та тривалості його лушення, бал

Вважається, що загальна кулінарна оцінка з показником 8,0-9,0 бала – дуже висока, 6,6-8,0 – висока, 5,4-6,6 – середня, 4,0-5,4 – низька, < 4,0 бала – дуже низька [10]. Отже, крупа, отримана за лушення склоподібного зерна 20 с, мала середню оцінку. За лушення впродовж 40-100 с загальна кулінарна оцінка була високою, 120-200 с – дуже високою. Дуже високу кулінарну оцінку за лушення борошністого зерна пшениці полби отримано впродовж 180-200 с. Слід відзначити, що кулінарна якість крупи, отриманої з борошністого зерна, була подібною до склоподібної.

Доведено, що між типом зерна та загальною кулінарною оцінкою не було статистично достовірної відмінності. З'ясовано, що колір і консистенція каші, отриманої з крупи твердозерного зерна сорту пшениці, під час розжовування найбільше змінювалася залежно від тривалості лушення зерна – від 2,7 до 9 балів. Слід відзначити, що високі показники цих параметрів отримано за 140-160-секундного лушення. Подібну тенденцію встановлено для крупи з м'язозерного зерна сорту пшениці, проте оптимальна тривалість лушення була 120-140 с (6,7-8,7 бала). Для зерна обох типів решта показників кулінарної оцінки змінювалася у меншому діапазоні – від 6,3 до 9,0 бала [13]. Це твердження дійсне для зерна з однаковим вмістом білка. Відомо, що кулінарну якість крупи визначає вміст білка. Тому в наших дослідженнях кулінарна якість крупи, отриманої зі склоподібного зерна, є вищою порівняно з борошністим.

Встановлено [2], що загальна кулінарна оцінка змінювалася переважно за рахунок показників кольору і консистенції каші під час розжовування. Вони мали обернену залежність від вмісту оболонки, тому найбільший індекс лушення (11,6%) забезпечував найкращий результат кулінарної оцінки – 8,9 бала. Результати наших досліджень підтверджують висновки попередніх досліджень щодо впливу тривалості лушення на загальну кулінарну оцінку крупи з пшениці полби. Проте високу кулінарну якість забезпечує

лушення зерна обох типів консистенції 40-120 с. Очевидно, що така тенденція зумовлена нижчим вмістом оболонки у зернівці порівняно з іншими видами пшениці.

На основі проведеного дисперсійного аналізу встановлено, що необхідно борошністе та склоподібне зерно пшениці полби лушити без проведення водотеплового оброблення. Оптимальна вологість становить 12-13%. Тривалість лушення такого зерна повинна становити 40-120 с для отримання крупи з високими показниками якості та 120-140 с – з дуже високими. Крупа, отримана зі склоподібного зерна, має вищу кулінарну якість порівняно з крупою, яку отримали з борошністого зерна.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Найбільший вплив на вихід крупи зумовлює тривалість лушення. Консистенція ендосперму впливає менше, проте достовірно. Застосування склоподібного зерна забезпечує вищий вихід цілої крупи. Вплив початкової вологості зерна перед лушенням істотно менший, проте достовірний. Під час лушення зерна від 20 до 180 с найбільший вихід крупи за початкової вологості (12%) для склоподібного зерна становить 99,6% і для борошністого – 98,2%. Зволоження та відволоження зерна пшениці полби не підвищує вихід крупи порівняно з лушенням зерна за вологості 12-13%.

Кулінарна якість крупи найбільше залежить від тривалості лушення. Параметри водотеплового оброблення впливають на кулінарну якість неістотно. Високі показники кулінарної оцінки (6,6-8,0 бала) мають крупи із тривалістю лушення упродовж 40-100 с, що у середньому відповідає індексу лушення 5-9%.

Під час виробництва цілої крупи із зерна пшениці полби оптимально лушити склоподібне зерно за вологості 12,0-13,0%. Тривалість лушення такого зерна повинна становити 40-120 с (вихід крупи 92-97%) для отримання крупи з високими показниками якості та 120-140 с (вихід крупи 86-90%) – з дуже високими.

### Список використаних джерел:

1. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах [Крошко Г. Д., Левченко В. І., Назаренко Л. Н. та ін.]. Київ: Віпол, 1998. 163 с.
2. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вплив тривалості лушення на водотеплового оброблення зерна на вихід і кулінарну оцінку плющеної крупи із пшениці полби. *Вчені записки Таврійського національного університету*. Т. 30 (69). №6. 2019. С. 107–112.
3. 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.
4. Adam A., Levrat-Verny M.A., Lopez H.W., Leuillet M. Whole wheat and triticale flours with differing viscosities stimulate cercal fermentations and lower plasma and hepatic lipids in rats. *Journal of Nutritional*. 2001. Vol. 131 (6). P. 1770–1776.
5. Le Gall M., Serena A., Jorgensen H., Theil P. K., Bach Knudsen K. E. The role of whole-wheat grain and wheat and rye ingredients on the digestion and fermentation processes in the gut a model experiment with pigs. *British Journal of Nutrition*. 2009. Vol. 102. P. 1590–1600.



6. Sofi, F.; Whittaker, A.; Cesari, F.; Gori A. M., et al. Characterization of Khorasan wheat (Kamut) and impact of a replacement diet on cardiovascular risk factors: Cross-over dietary intervention study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2013. Vol. 67. P. 190–195.
7. 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.
8. Dinu M., Whittaker A., Pagliai G., Benedettelli S., Sofi F. Ancient wheat species and human health: Biochemical and clinical implications. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 2018. Vol. 52. P. 1–9.
9. Dixit A. A., Azar K.M.J., Gardner C. D. Palaniappan L. P. Incorporation of whole, ancient grains into a modern Asian Indian diet to reduce the burden of chronic disease. *Nutritional Reviews*. 2011. Vol. 69. P. 479–488.
10. Любич В. В. Круп'яні властивості зерна пшениці м'якої озимої залежно від сорту. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2019. № 2. С. 71–79.
11. Любич В. В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
12. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вихід цілої крупки із зерна пшениці полби залежно від тривалості лущення і водотеплового оброблення. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2019. № 2. С. 60–67.
13. Liubych V., Novikov V., Polianetska I., Usyk S., Petrenko V., Khomenko S., Zorunko V., Balabak O., Moskalets V., Moskalets T. Improvement of the process of hydrothermal treatment and peeling of spelt wheat grain during cereal production. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 3, No 11 (99). P. 40–51.
14. Любич В. В., Полянецька І. О. Якість цілої крупки із зерна спельти залежно від індексу лущіння та водно-теплової обробки. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 1. С. 34–39.
15. Knaub James. Practical Interpretation of Hypothesis Tests – letter to the editor – TAS. *The American Statistician*. 1987. V. 41. P. 246–247.

### **В. В. Любич, І. А. Лещенко. Выход и качество целой крупы из зерна пшеницы полбы в зависимости от консистенции эндосперма и водотепловой обработки**

*Стаття посвящена определению влияния режимов водотепловой обработки (увлажнение, отволаживание) и шелушения при производстве крупы целой из зерна пшеницы полбы с разной стекловидностью эндосперма. Сделан сравнительный анализ выхода крупяных продуктов в зависимости от исследованных факторов и определены оптимальные режимы с учетом кулинарной оценки готового продукта. При производстве целой крупы из зерна пшеницы полбы оптимально шелушить стекловидное зерно при влажности 12,0–13,0%. Продолжительность шелушения такого зерна должна составлять 40–120 с (выход крупы 92–97%) для получения крупы с высокими показателями качества и 120–140 с (выход крупы 86–90%) – с очень высокими.*

**Ключевые слова:** пшеница полба, зерно, крупа целая, мучка, шелушение, водотепловая обработка.

### **V. V. Liubych, I. A. Leshchenko. Whole and quality grits yield of emmer wheat grain depending on endosperm consistency and water-heat treatment**

*The article is devoted to the determining of the effect of water-heat treatment regimes (moistening and softening) and hulling during the production of whole grits of emmer wheat with different vitreous endosperm. A comparative analysis of grits products yield was made, depending on the studied factors, and the optimal regimes are determined taking into account the culinary assessment of the finished product. During the production of whole grits of emmer wheat, the optimal to hull vitreous grain of moisture content 12.0–13.0%. The duration of hulling of such grain should be 40–120 s (grits yield 92–97%) to production high quality cereals and 120–140 s (grits yield 86–90%) – with very high.*

**Key words:** emmer wheat, grain, whole grit, hulling bran, hulling, water-heat treatment.