УДК631.53.027.34:664.71–11
DOI 10.31395/2415-8240-2020-97-1-112-127

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЛУЩЕННЯ ТА ВОДОТЕПЛОВОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗЕРНА НА ВИХІД І КУЛІНАРНУ ЯКІСТЬ ПЛЮЩЕНОЇ КРУПИ ІЗ ПШЕНИЦІ ПОЛБИ

В. В. ЛЮБИЧ, *доктор сільськогосподарських наук*
В. В. НОВІКОВ, *кандидат технічних наук*
І. А. ЛЕЩЕНКО, *аспірант*
Уманський національний університет садівництва

Визначено вплив тривалості лущення, пропарювання та відволожування зерна пшениці полби (сорт Голіковська) на вихід крупи плющеної вищого сорту. Експериментальними дослідженнями встановлено, що збільшення тривалості лущення зерна пшениці полби істотно зменшує вихід крупи плющеної вищого сорту. Існують достовірні зв'язки між параметрами водотеплового оброблення (пропарювання і відволожування) та виходом крупи плющеної, проте ступінь впливу відповідних чинників – неістотний. Збільшення індексу лущення зерна дозволяє істотно покращити загальну кулінарну оцінку готового продукту (6,7–8,7 бала).

Ключові слова: *пшениця полба, індекс лущення, пропарювання, відволожування, крупа плющена.*

Постановка проблеми. Пшениця полба (*Triticum dicoccum* Schuebl.) є представником плівкових пшениць. Зерно пшениці полби якісно відрізняється від пшениці м'якої за харчовою цінністю, а саме вищим вмістом білка та ліпідів, мінеральних речовин, каротиноїдів, антиоксидантних сполук, вітамінів і меншим вмістом вуглеводів [1–7]. Зерно пшениці полби має підвищений вміст глутамінової кислоти, яка нормалізує обмін речовин в організмі людини, крім того, надає специфічний смак і запах готовому продукту, триптофану, що сприяє біосинтезу нікотинової кислоти (вітамін РР), проліну — попередника глутамінової кислоти і валіну — одного з вихідних речовин і біосинтезі пантотенової кислоти (B_3) [4]. Зерно пшениці полби характеризується високими антиоксидантними властивостями завдяки високому вмісту вільної ферулової кислоти та загального вмісту фенолів. Пшениця полба володіє істотно кращими антиоксидантними властивостями порівняно зі спельтою, однозернянкою і пшеницею м'якою [7, 8].

Рівень вивчення технології перероблення пшениці полби на плющену крупу досить низький. Це зумовлює необхідність дослідження чинників, що впливають на вихід і якість готового продукту. Під час проведення оптимізації технологічного процесу необхідно враховувати сучасні тенденції в умовах ринкового середовища. На вітчизняному ринку круп'яних продуктів спостерігаються зміни попиту серед населення. Так, раніше найбільшим

попитом у населення користувалася була гречана крупа, нині ж її частка становить близько 19–20 % у сумарному обсязі виробництва круп [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині зростаючим попитом володіють круп'яні продукти які одержані плющенням, перероблені у пластівці, лущені, обрушені або подрібнені. Також упродовж 2017–2019 рр. спостерігається тенденція зниження виробництва круп на основі ячменю і пшона, тоді як обсяги пшеничної, кукурудзяної та гречаної зростають [9]. Внаслідок масштабної пандемії корона вірусу (COVID-19) та світової економічної кризи зростає попит на круп'яні культури. Вони стали страховим антикризовим продовольчим резервом. Це сприятиме збільшення обсягів виробництва круп'яних продуктів, що надає можливість учасникам ринку розвивати і розширювати асортимент продукції.

Відомо [10], що для кінцевих споживачів круп'яних продуктів вагомим є кулінарна якість готового продукту. Біохімічна складова має менший вплив на вибір покупців порівняно із зовнішнім виглядом, вартістю та кулінарною якістю. Відомо [11–14], що органолептичні властивості та кулінарна якість крупи залежить від виду та сорту злакової культури. Це є вагомим чинником у виборі сировини. Встановлено [15, 16], що незалежно від наявності проведення лущення або шліфування кулінарна якість круп із зерна пшениці полби знаходиться на доброму рівні. Враховуючи високу біологічну цінність та актуальний стан ринку продуктів перероблення зернових, актуальним є перероблення зерна пшениці полби на круп'яні продукти, зокрема крупи плющені.

Процес виробництва крупи плющеної включає попередню підготовку зерна, пропарювання, відволожування, плющення, контроль готового продукту та сушіння. Зазвичай зерно для виробництва плющених круп попередньо лущать і шліфують для забезпечення високої кулінарної якості готового продукту — каші [17]. Під час проведення технологічних операцій зерно частково або повністю звільняється від оболонок, зародку та алейронового шару. Це є негативним наслідком у контексті збалансованого харчування. Одержана крупа після цього має менший вміст харчових волокон, біоактивних пептидів, вітамінів, ліпідів, мінеральних речовин. Натомість збільшується частка крохмалю. Отже, для виробництва продуктів здорового харчування є необхідність використання цільного зерна.

Встановлено [14, 18], що на вихід крупи найбільше впливає вміст ендосперму в зернівці. Лущення зерна підвищує безпечність продукту, покращує кулінарну якість і зменшує термін варіння крупи [12, 19]. Досліджуючи лущення зерна вівса, Z. Zheng та ін. [20] відзначили зменшення мікробного забруднення, активності ліпази, твердості та покращенням текстури звареної крупи за збільшення індексу лущення. Разом з тим збільшення індексу лущення зерна зменшує вихід крупи плющеної [21–23].

Режими пропарювання та відволожування — важливі чинники, що впливають на ефективність виготовлення плющених круп, чому присвячено низку досліджень [13, 19, 23]. Традиційно під час виробництва плющених круп

використовують гаряче кондиціювання — пропарювання за атмосферних умовах, у вакуумі або за надлишкового тиску. Гаряче кондиціювання характеризуються одночасним проникненням води у зернівку і прогріванням зернової маси. Пропарювання у вакуумі або за надлишкового тиску забезпечують умови підвищення швидкості проникання води у зернівку і прискорюють структурно-механічні та біохімічні зміни у зерні. Поряд з облегшенням перероблення зерна, застосування водотеплового оброблення покращує споживчі властивості крупи [24]. Під час проникнення вологи у зернівку, в ній відбуваються значні фізико-хімічні зміни. Ендосперм і оболонки стають пластичними та міцнішими, а зв'язок між ними зменшується. Відомо [13, 21–23], що існують достовірні зв'язки між параметрами водотеплового оброблення (пропарювання і відволожування) та виходом крупи, проте ступінь впливу відповідних чинників змінюється залежно від виду зерна.

Наведені в роботах [10, 12, 13, 19] рекомендації недоцільно застосовувати для зерна пшениці полби, оскільки існує можливість наявності інших зон оптимуму для пшениці полби у зв'язку з відмінностями у технологічних і реологічних властивостях. Враховуючи постійну необхідність підвищення ефективності та асортименту круп'яного виробництва, дослідження режимів водотеплового оброблення і тривалості лущення зерна на вихід і якість крупи плющеної із зерна пшениці полби є актуальним.

Методика досліджень. Для дослідження використовували зерно пшениці полби сорту Голіковська. Сировину вирощували в умовах Правобережного Лісостепу (навчально-виробничий відділ Уманського національного університету садівництва). Початкова вологість зерна становила 12,0 %; вміст білка — 14,3 %, склоподібність — 70 %. Дослідження проводили у лабораторії кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва. Процес вироблення крупи плющеної із зерна пшениці був змодельований у лабораторних умовах (рис. 1) із врахуванням рекомендацій передбачених в «Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах» [17].

Крупу плющену одержували із цілого і лущеного зерна пшениці полби. Лущення проводили за допомоги лабораторного лущильника УШЗ-1 (3000 об/хв). Після лущення зерно сепарували на лабораторному розсіву РЛУ-1 для видалення мучки. Для оцінювання ефективності лущення зерна пшениці полби використано індекс лущення, що розраховували за формулою (1):

$$I = \frac{M_з M_я}{M_з} * 100, \quad (1)$$

де $I_л$ – індекс лущення, %;

$M_з$, $M_я$ – маса зерна до лущення та маса продукту після лущення, г.

Маса зразка під час лущення становила 150 г. Зерно після попереднього оброблення пропарювали за сталого тиску насиченої пари 0,15±0,01 МПа в лабораторному пропарнику періодичної дії (ППД-1), що спроектований та розроблений на кафедрі технології зберігання і переробки зерна Уманського НУС.

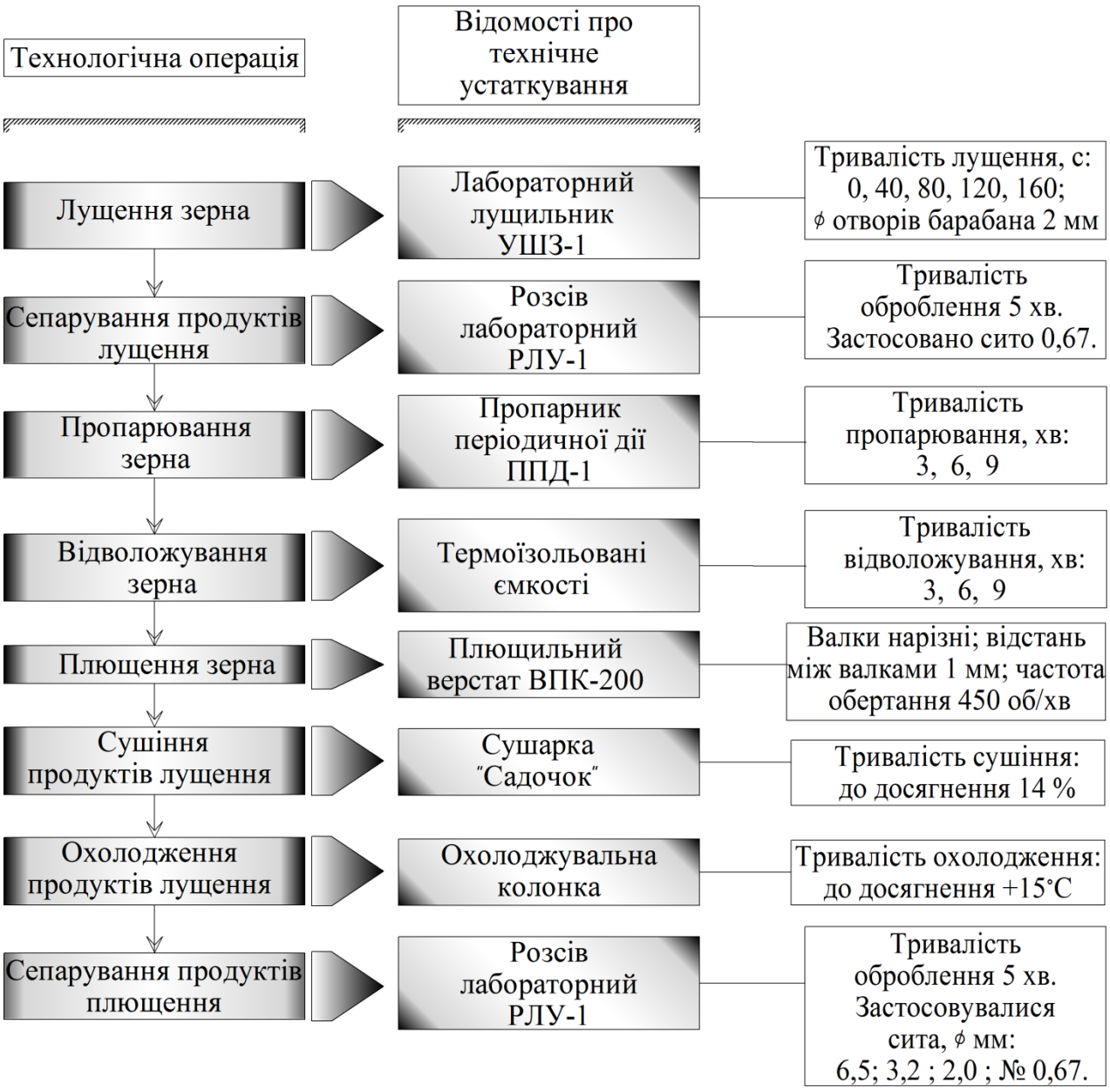

Рис. 1 Схема проведення досліду

Відволожування проводили у термоізольованому бункері. Плющення проводили за допомоги вальцьової плющилки ВПК–200. Продуктивність машини становить 100–200 кг/год, відстань між валками – 1 мм.

Після сушіння (до досягнення сталої вологості 14±0,3 %), проводили охолодження. Наступним етапом було сепарування суміші круп на лабораторному розсіві РЛУ-1. Одержували 5 фракцій за використання трьох сит із круглими отворами (6,5; 3,2; 2,0 мм) та дротяного сита (№ 067). Кожна фракція мала характерні особливості. «Правилами…» [17] встановлено розділення круп вівсяних плющених на сорти вищий, перший і другий. Аналогічно до цих назв, продукти, що отримані під час перероблення зерна пшениці полби рекомендовано називати «крупи плющені з пшениці полби» Детальну характеристику фракцій наведено у табл. 1.

Табл. 1. Характеристика різних фракцій крупи плющеної

Номер фракції	Умови отримання	Зовнішній вигляд
злиплі крупинки	схід сита 6,5 мм	злиплі між собою крупинки
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	борошниста крупка
мучка кормова	прохід сита № 0,67	частинки оболонки та ендосперму

Кулінарне оцінювання проводили згідно з патентом № 104152 «Спосіб кулінарної оцінки круп'яних продуктів із зерна тритикале і пшениці». Кулінарну оцінку каші із зерна полби проводили за 9-бальною шкалою. У таблиці 2 наведено градацію рівнів загальної кулінарної оцінки каші.

Табл. 2. Рівні кулінарної оцінки крупи

Оцінка, бал	Градація
8,0–9,0	дуже висока
6,6–8,0	висока
5,4–6,6	середня
4,0–5,4	низька
< 4,0	дуже низька

Для оцінювання відхилення від середнього числа вибірки використовували коефіцієнт варіації (Coefficient of Variation*)*. При величині ≤ 5 % варіація вважається слабкою, 6–10 — помірною, 10–20 — значною, 21–50 — великою, V > 50 % — дуже великою [25].

Залежність між кулінарними властивостями крупи цілої із пшениці полби визначали методом кореляційного (Multiple Regression, Correlation matrices) та дисперсійного (ANOVA) аналізів за допомогою програм Statistica 12 і Microsoft Office 2010. Для оцінювання тісноти зв'язку між показниками, що вивчалися, використовували коефіцієнт кореляції. За значення показника одиниці — зв'язок повний, 0,9–0,99 — зв'язок дуже високий, в межах 0,7–0,9 — висока, 0,5–0,7 — істотна, 0,3–0,5 — помірний, 0,1–0,3 — зв'язок слабкий [26].

Результати дослідження. Вибірки даних виходу плющених круп і мучки, що отримали за різної тривалості лущення зерна (0, 40, 80, 120, 160 с) були оброблені за допомогою надбудови Descriptive statististics (Statistica 12) та зведено в табл. 3. Варіювання даних вибірок виходу круп збільшувався за більшої тривалості лущення зерна. Це свідчить про збільшення впливу параметрів оброблення.

Табл. 3. Варіаційна мінливість виходу плющених круп і мучки за різної тривалості лущення зерна

Тривалість лущення зерна, с	Вихід крупи, %				Вихід дрібки, %		Загальний вихід крупи, %		Мучка, %	
	вищого сорту		першого сорту							
	M+SE	CV	M+SE	CV	M+SE	CV	M+SE	CV	M+SE	CV
0	90,0±0,3	1,7	5,9±0,2	13,3	1,2±0,1	21,4	97,1±0,2	0,8	2,9±0,2	27,7
40	83,0±0,3	2,2	11,9±0,3	11,0	1,7±0,1	35,6	96,6±0,1	0,4	3,4±0,1	11,1
80	78,9±0,7	4,3	14,5±0,4	13,1	3,1±0,3	41,8	96,4±0,1	0,8	3,4±0,1	21,4
120	75,0±0,7	4,7	17,5±0,5	13,6	3,8±0,2	29,4	96,3±0,1	0,3	3,7±0,1	8,5
160	71,7±1,1	8,2	20,4±0,7	16,8	4,3±0,4	43,8	96,4±0,1	0,8	3,6±0,1	21,6

Примітка: M+*SE – Mean+ Standart Error, CV – Coef.Var.*

Коефіцієнт варіювання загального виходу крупи був слабким (< 5 %), що свідчить про малу ймовірність впливу параметрів оброблення зерна на відповідний показник. Загальний вихід змінювався від 95,3 до 97,8 %. Коефіцієнт варіювання виходу крупи вищого сорту змінювався від слабкого до помірного, а виходу крупи першого сорту було значним (11,0–16,8 %), дрібки і мучки — великим.

Методами дисперсійного аналізу встановлено достовірний зв'язок між виходом крупи плющеної вищого сорту із зерна пшениці полби, тривалості лущення, пропарювання і відволожуванням (рис. 2 і 3).

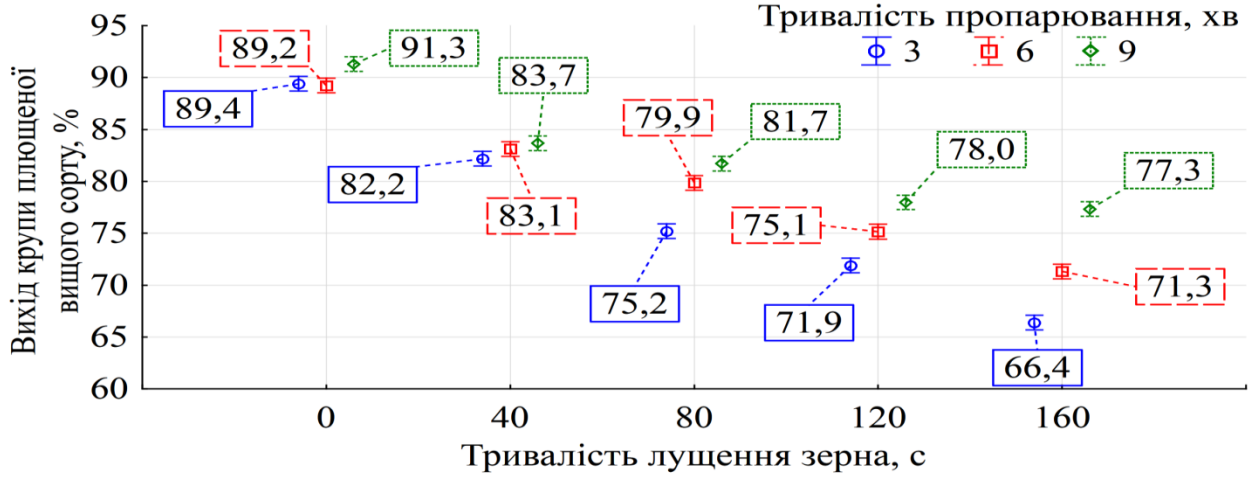

Рис. 2. Результати дисперсійного аналізу залежності між тривалістю лущення, пропарювання і виходом крупи плющеної вищого сорту із зерна пшениці полби

Зі збільшенням тривалості лущення відбувалося істотне зменшення виходу крупи плющеної вищого сорту із зерна пшениці полби. Це можна пояснити зменшенням вмісту оболонок в зерні після проведення лущення за допомоги яких утримувалися часточки ендосперму. Також зменшення кількості оболонок у зерні зумовлює збільшення крихкості крупинок.

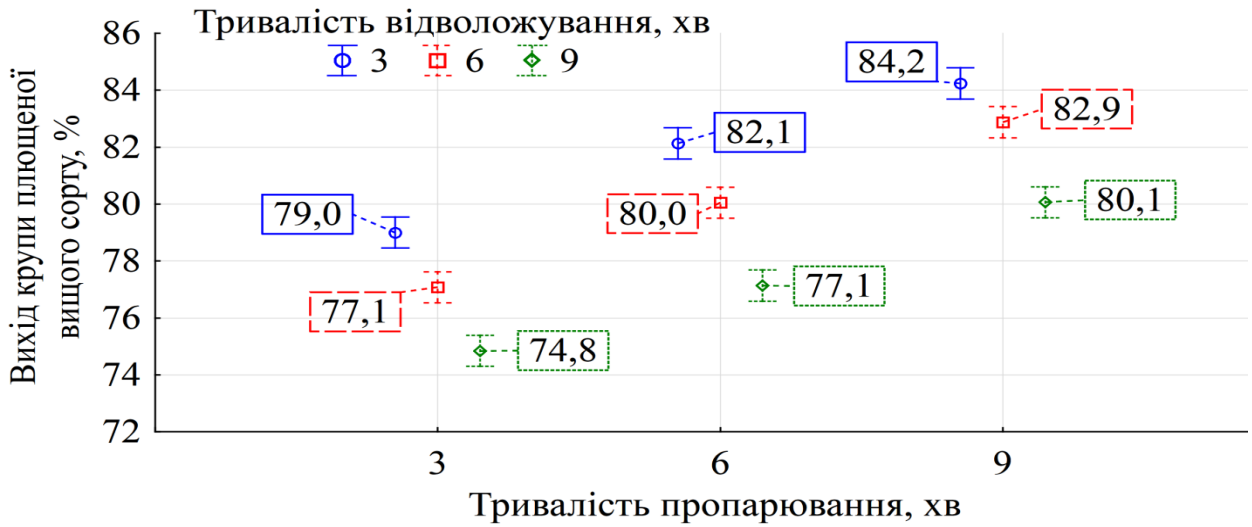

Рис. 3. Результати дисперсійного аналізу залежності між тривалістю пропарювання, відволожування і виходом крупи плющеної вищого сорту із зерна пшениці полби

Незалежно від тривалості лущення найвищий вихід крупи плющеної вищого сорту був після пропарювання впродовж 9 хв. Низький вихід крупи плющеної виробленої за менших режимів пропарювання (3 і 6 хв) був зумовлений низьким ступенем клейстеризації крохмальних зерен, що підвищувало вихід крупи плющеної першого сорту і дрібки. За збільшення індексу лущення зерна ступінь впливу пропарювання збільшувався. Це можна пояснити збільшенням проникності води в ендосперм зернівки внаслідок зменшення вмісту оболонок після лущення.

Збільшення тривалості відволожування негативно впливало на вихід крупи плющеної вищого сорту. На відміну від індексу лущення зерна і тривалості пропарювання збільшення тривалості відволожування зменшувало вихід даної крупи.

Одержані результати узгоджуються із даними інших учених. У роботі [21] зазначається про істотний вплив індексу лущення зерна пшениці спельти на вихід круп плющених. Підвищення індексу лущення зерна знижувало вихід готового продукту. Тривалість пропарювання має менший вплив, проте він посилюється зі збільшенням індексу лущення зерна. Відомо [13, 23,], що тривалість відволожування після пропарювання крупи (зерна) істотно не впливає на вихід крупи плющеної.

Результати експериментальних досліджень наведено у табл. 3. Оскільки варіювання результатів аналітичних повторювань була помірною, для подальшого аналізу використовували середні значення вибірок. Збільшення тривалості лущення зерна істотно змінювало вихід (на 15–26 %) крупи плющеної із зерна пшениці полби. Так, за пропарювання зерна впродовж 3 хв і 3 хв відволожування вихід крупи становив 89,6 %. Лущення зерна впродовж 40–160 с зменшувало вихід крупи плющеної до 70,5–83,7 %.

Табл. 3. Вплив тривалості лущення і режимів водотеплового оброблення на вихід крупи плющеної вищого сорту із зерна пшениці полби, %

Тривалість лущення, с	Індекс лущення, %	Тривалість пропарювання, хв								
		3			6			9		
		Тривалість відволожування, хв								
		3	6	9	3	6	9	3	6	9
0	0	89,6	89,4	88,7	91,2	90,3	89,2	91,7	91,3	90,9
40	3,2	83,7	82,6	80,2	83,9	83,4	82,1	86,1	82,7	82,3
80	6,9	76,8	75,9	72,9	82,5	79,8	77,2	83,1	81,6	80,4
120	9,9	74,5	72,1	69,1	78,0	75,4	72,0	79,6	78,9	75,4
160	11,6	70,5	65,3	63,3	75,1	71,3	67,5	80,7	79,9	71,3
HIP_{05}		*A – 1,2; B – 0,9; C – 0,7;AB – 2,1; AC – 1,9; BC – 1,8; ABC – 3,1*								

Найбільший вихід крупи плющеної вищого сорту незалежно від режимів водотеплового оброблення отримано з нелущеного зерна. За 9-хвилинного пропарювання вихід крупи змінювався від 91,7 % за відволожування впродовж 3 хв, 91,3 — за 6 хв до 90,9 % за 9 хвилинного відволожування. Пропарювання зерна впродовж 3 і 6 хв зменшувало вихід крупи на 1–2 % (88,7–91,2). Подібну тенденцію отримано за вищого індексу лущення (40–160 %).

Вихід крупи плющеної з пшениці полби першого сорту і дрібки змінюється обернено виходу крупи плющеної вищого сорту.

Ступінь впливу чинників відрізнявся для різних продуктів (рис. 4 і 5).

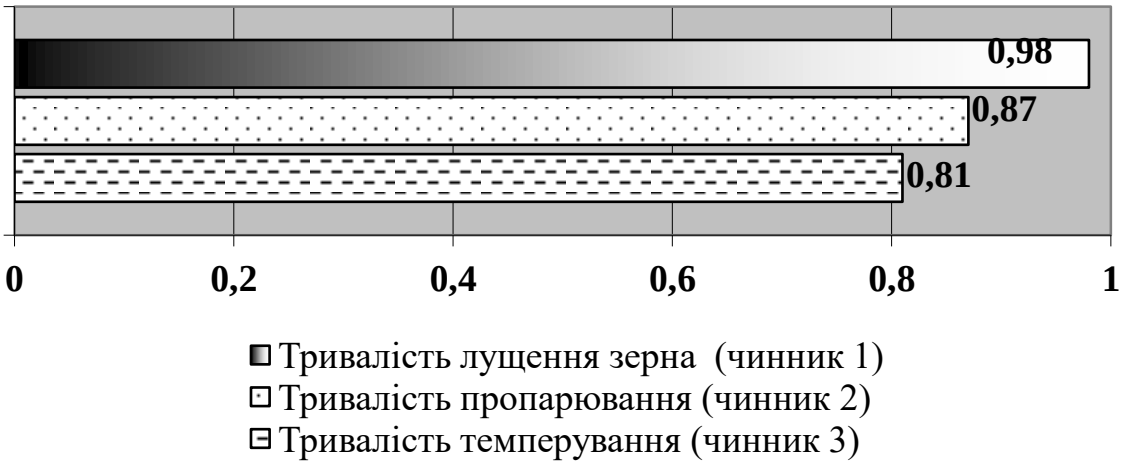

Рис. 4. Ступінь впливу (Partial eta-squared) різних чинників на вихід крупи плющеної з зерна пшениці полби вищого сорту ($p<0,05$)

Проте найсильніший вплив на вихід крупи плющеної вищого сорту зумовлювало лущення зерна. Вплив водотеплового оброблення посилювався зі збільшенням індексу лущення зерна. Сила впливу тривалості пропарювання більша за тривалість темперування для всіх одержаних продуктів.

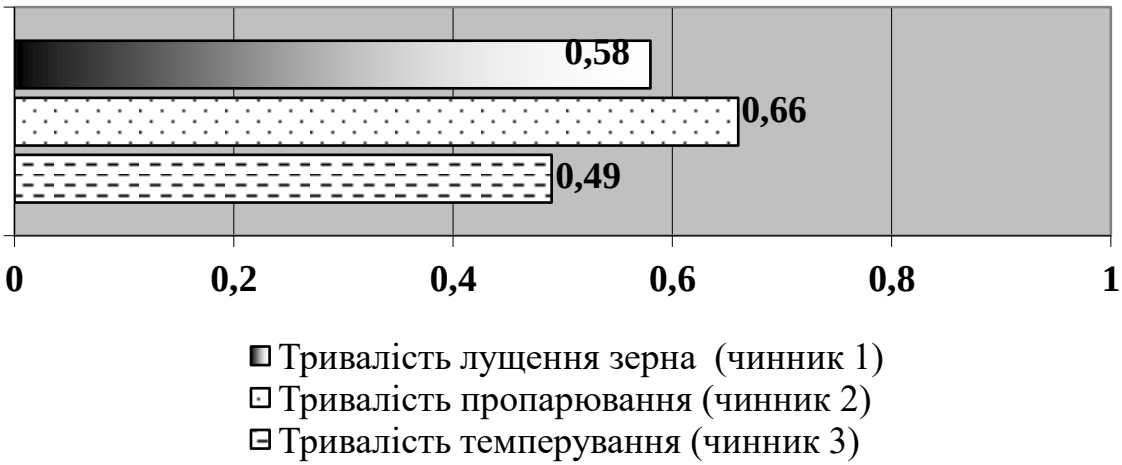

Рис. 5. Ступінь впливу (Partial eta-squared) різних чинників на вихід крупи плющеної з зерна пшениці полби першого сорту (p<0,05)

Оскільки ступінь впливу тривалості відволожування найменший, було вирішено не враховувати його під час математичного моделювання. Процеси виробництва крупи плющеної вищого сорту із зерна пшениці полби можна описати за допомогою нелінійних моделей:

$$К_1 = 88{,}4549 - 0{,}221x + 0{,}277y + 0{,}0003x^2 + 0{,}0093xy - 0{,}0099y^2 \quad (2)$$

$$К_2 = 6{,}7557 + 0{,}16x - 0{,}1104y - 0{,}0003x^2 - 0{,}0054xy + 0{,}0056y^2 \quad (3)$$

де $К_1$ – вихід крупи плющеної вищого сорту, %;

де $К_2$ – вихід крупи плющеної першого сорту, %;

Залежності 2 і 3 можна зобразити графічно (рис. 6).

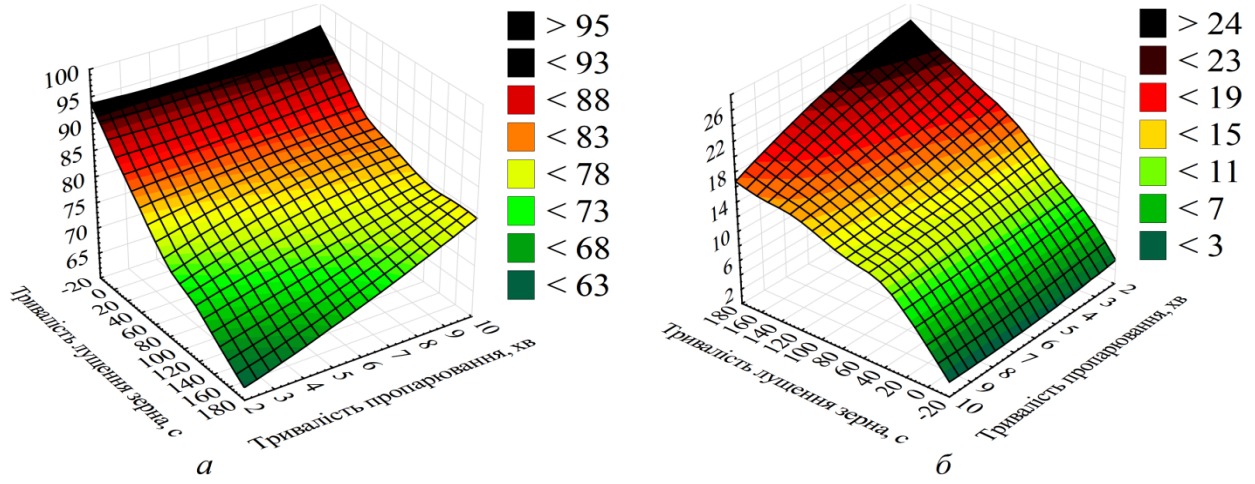

Рис. 6. Вплив тривалості лущення і пропарювання зерна на вихід крупи плющеної із зерна пшениці полби:

а – крупа вищого сорту; б – крупа першого сорту

Оптимальний режим під час виробництва крупи плющеної можна визначити як зона при якій одержується найвищий вихід крупи. Проте в цьому випадку не буде врахована кулінарна якість крупи, що має вагоме значення для кінцевого споживача [10]. Тому необхідним є вивчення залежності між режимами виробництва крупи плющеної та її кулінарних властивостей.

Проведення пропарювання і наступне відволожування не здійснювало впливу на кулінарні властивості крупи. Вплив проведення лущення зерна був істотним і лінійним. Зі збільшенням тривалості лущення підвищувалися всі показники кулінарного оцінювання (рис. 7 і 8).

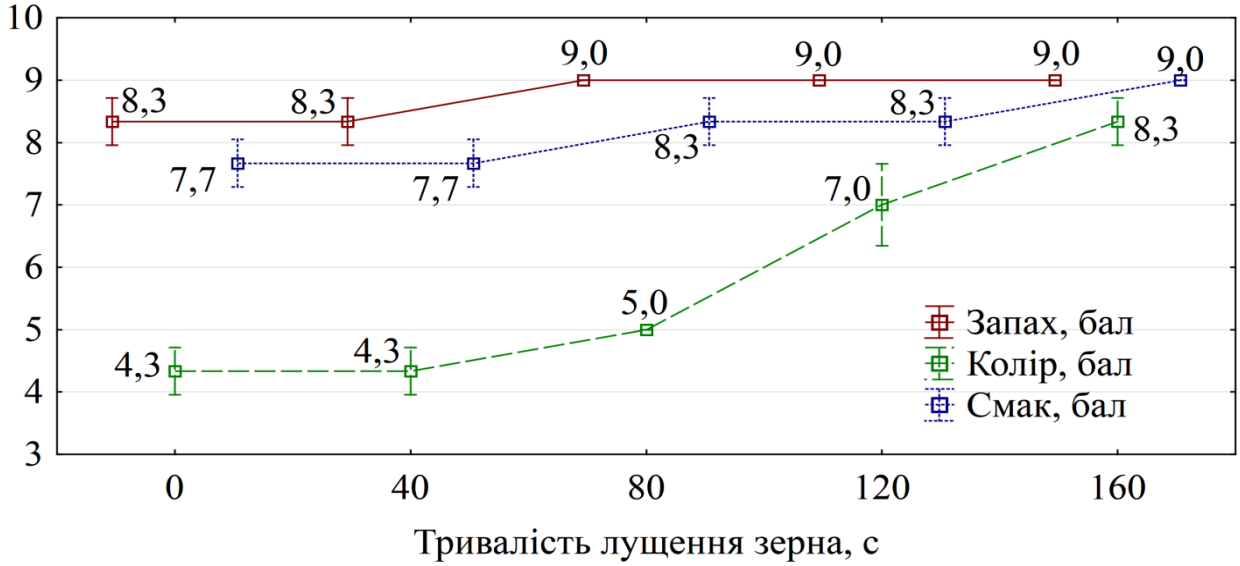

Рис. 7. Вплив тривалості лущення зерна на запах, колір, смак крупи, бал

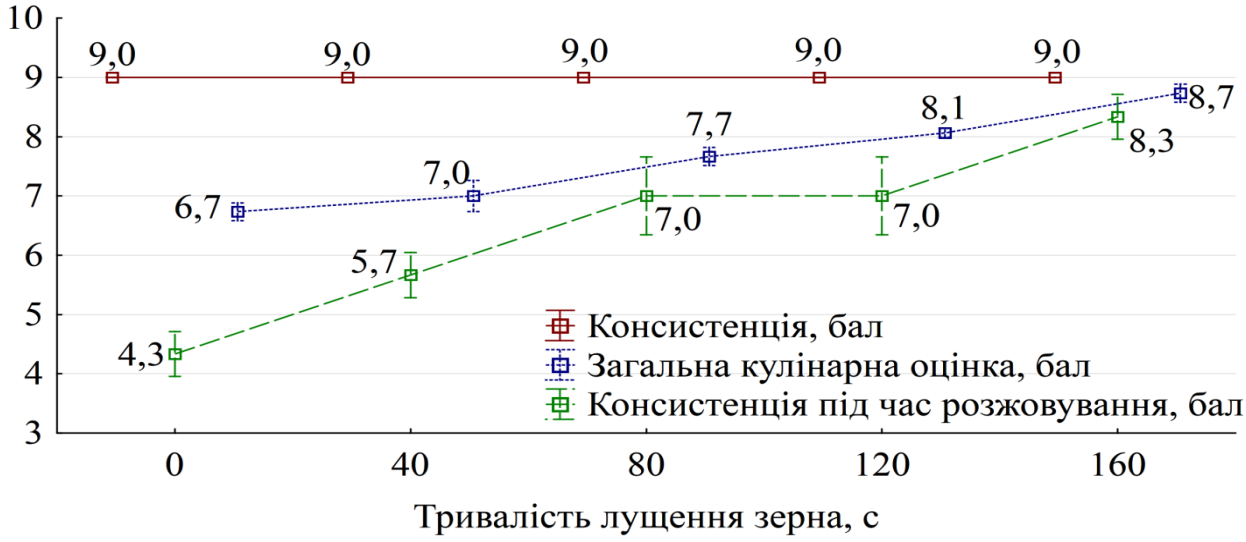

Рис. 8. Вплив тривалості лущення зерна на консистенцію, загальну кулінарну оцінку та консистенцію каші під час розжовування крупи, бал

Запах каші покращився після лущення зерна впродовж 80 с, збільшившись від 8,3 до 9 бала. Смак каші істотно покращувався зі збільшенням тривалості лущення (7,7–9,0 бала).

Від тривалості лущення зерна істотно залежав колір каші. Проведення лущення зерна протягом 40 с не змінювало колір порівняно із зерном (4,3 бала). Істотне покращення цього показника відбулось за тривалості лущення 80 с. Найбільшу оцінку кольору (8,3 бала) мала крупа, після лущення впродовж 160 с. Достовірної відмінності між зразками із різною тривалістю лущення за показником консистенції каші виявлено не було. Всі зразки мали високий

відповідний показник (9,0 бала). Консистенція каші під час розжовування істотно змінювалася. Крупа із зерна мала низький рівень показника (4,3 бала). Цей показник підвищувався на 1,4–2,7 бали у зразках, що лущили 40–80 с. Крупа, отримана після проведення лущення впродовж 160 с мала найвищу оцінку (8,3 бала).

Загальна кулінарна оцінка (ЗКО) узагальнює всі органолептичні показники якості. Відповідно до цього показника високу якість мала каша, що отримана із зерна після проведення лущення впродовж 0–80 с (індекс лущення — 0–6,9 %). Це пояснюється тим, що каша із високим вмістом оболонок характеризується слабким хрустом і жорсткуватою консистенцією під час розжовування та світло-коричневим кольором. Проте загальна кулінарна оцінка зростала до дуже високої (8,7 бала) за тривалості лущення 160 с, що відповідає індексу лущення 11,6 %. Між показником виходу крупи плющеної із пшениці полби вищого сорту і тривалістю лущення встановлений обернений високий кореляційний зв'язок ($r = -0,87 \pm 0,01$), що описується таким рівнянням регресії: $y = 88,6304 - 0,1115x$, де y — вихід крупи (%), x — тривалість лущення, (с). Високий кореляційний зв'язок ($r = 0,86 \pm 0,02$) встановлено між загальною кулінарною оцінкою і тривалістю лущення, що описується таким рівнянням регресії: $y = 6,6267 + 0,0127x$, де y — консистенцією каші під час розжовування (бала), x — тривалість лущення, (с). Поліноміальні криві відповідних залежностей перетинаються в точці, що відповідає тривалості лущення 95 с.

На основі аналізу отриманих даних виходу крупи плющеної та загальної кулінарної оцінки можна зробити висновок, що оптимальним режимом є використання зерна з індексом лущення 6,9–9,9 % (тривалість лущення 80–120 с). Пропарювати необхідно протягом 6–9 хв із відволожуванням 3 хв. Застосування таких параметрів забезпечить високий вихід крупи від 78,0 до 83,1 % високої кулінарної якості (7,7–8,1 бала).

Висновки. Вихід крупи плющеної вищого сорту із зерна пшениці полби залежить від тривалості лущення, пропарювання та відволожування. Найбільший ступінь впливу має проведення лущення. Відволожування має достовірний вплив, проте менший. На кулінарну оцінку каші не впливає збільшення тривалості пропарювання і відволожування. Каша, що отримана із крупи з низьким індексом лущення (0–6,9 %) характеризується високою загальною кулінарною оцінкою, що зумовлено особливостями виду пшениці полби. Дуже високу загальну кулінарну оцінку (8,7 бала) має каша за 11,6 %-го індексу лущення. Встановлено високі кореляційні зв'язки між виходом крупи плющеної із пшениці полби вищого сорту ($r = -0,87 \pm 0,01$), загальною кулінарною оцінкою ($r = 0,86 \pm 0,02$) і тривалості лущення.

Під час виробництва крупи плющеної із зерна пшениці полби раціонально проводити лущення впродовж 80–120 с (індекс лущення 6,9–9,9 %), пропарювати 6–9 хв і відволожувати 3 хв. Крупа, що отримана за рекомендованих режимів характеризується високою кулінарною оцінкою, що становить — 7,7–8,1 бала.

Література

1. Чугунова О. В., Крюкова Е. В. Агрономические свойства полбы, как нетрадиционного сырья для производства мучних кондитерських изделий. *Научный вестник*. 2018. № 3(5). С. 90–100.

2. 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.

3. Stehno Z., Paulíčková I., Bradová J., Konvalina P. and others. Evaluation of emmer wheat genetic resources aimed at dietary food production. *Journal of Life Sciences*. 2011. V. 5. P. 207–212.

4. Čurná V., Lacko-Bartošová M. Chemical composition and nutritional value of emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a review*Journal of Central European Agriculture*. 2017. V. 18. № 1. P. 117–134.

5. 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. V. 2. № 1. P. 7–14.

6. Lacko-Bartošová M., Čurná V., Lacko-Bartošová L. Emmer – ancient wheat suitable for ecological farming. *Research Journal of Agricultural Science*. 2015. V. 47(1). P. 3–10.

7. Lachman J., Orsák M., Pivec V., Jírů K. and ol. 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. V. 58. № 1. P. 15–21.

8. Lachman J., Musilová J., Kotíková Z., Hejtmánková K., Orsák M., Přibyl J. Spring, einkorn and emmer wheat species – potential rich sources of free ferulic acid and other phenolic compounds. *Plant, Soil and Environment*. 2012. V. 58. № 8. P. 347–353.

9. Кернасюк Ю. В. Ринок круп'яних культур у 2020 році: аналітика та прогнози. *Агробізнес сьогодні*. 2020. № 8. С.12–17.

10. Liubych V., Novikov V., Zheliezna V., Prykhodko V. and ol. 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. V. 3. № 11. P. 55–65.

11. Любич В. В. Кулінарні властивості крупи сортів і ліній пшениці спельти. *Миронівський вісник*. 2016. Вип. 3. С. 42–57.

12. Любич В. В., Полянецька І. О. Якість цілої крупи із зерна спельти залежно від індексу його лущіння та водно-теплової обробки. *Вісник Уманського НУС*. 2015. № 2. Р. 34–38.

13. Дмитрук Є. А., Любич В. В., Новікова В. В. Вихід крупи плющеної із зерна тритикале залежно від ступеня його лущіння та режиму водно-теплової обробки. *Зернові Продукти і Комбікорми*. 2015. Вип. 1(59). С. 23–27.

14. 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. 94–101.

15. Боровик А. Н. Селекция и возвращение в культуру исчезающих и редких видов пшеницы: шарозёрной (*Triticum sphaerococcum* Perc.), полбы (*Triticum dicoccum* (Schrank.) Schuebl.), твёрдой (*Triticum durum* Desf.) и создание тритикале шарозёрной (*Triticale sphaerococcum*) для диверсификации производства высококачественного зерна: автореф. дис…..канд. с/г. наук: 06.01.05. Краснодар, 2016. 48 с.

16. Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А. Вплив тривалості лущення 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*. Т. 30 (69). № 6. 2019. С. 107–111.

17. Крошко Г. Д., Левченко В. І., Назаренко Л. Н. та ін. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. Київ: Віола, 1998. 163 с.

18. 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.

19. Любич В. В., Новіков В. В., Полянецька І. О., та ін. Удосконалення процесу водотеплового оброблення і лущення зерна пшениці спельти під час виробництва крупи. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2019. Вип. 3(11 (99)). С. 40–51.

20. Zhang Z., Wang X., Ma S. Effects of Peeling with Flexible Alloy Blade on Naked Oats. *Grain & Oil Science and Technology*. 2018. V. 1(3). P. 131–137.

21. Господаренко Г. М., Полторецький С. П., Любич В. В., Желєзна В. В. Удосконалення режимів пропарювання за виробництва крупи плющеної із зерна пшениці спельти. *Збірник наукових праць НУС*. 2018. Вип. 93(1). С. 8–22.

22. 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.

23. Возіян В. В. Вплив параметрів лущення 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.

24. Жигунов Д. А. Режимы влаготепловой обработки зерна пшеницы различных типов. *Наукові праці ОНАХТ*. 2012. Вип. 42 (1). С. 19–24.

25. Худякова Л. К. Статистика. Навч. посіб., м. Бла Церква. 2007. 342 с.

26. 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.

References

1. Chugunova, O. V., Kryukova, E. V. (2015). Agronomic properties of spelt as unconventional raw materials for production of flour confectionery products. *Science Bulletin,* no. 3, pp. 90–100. (in Russian).

2. Drobot, V. I., Myhonik, L. A., Semenova, A. B., Falendysh, N. O. (2018). *Ancient wheat flour, cereal products and meal in bread technology*. Kyiv: ProfKnyga, 2018. 188 p. (in Ukrainian).

3. Stehno, Z., Paulíčková, I., Bradová, J., Konvalina, P. et al. (2011). Evaluation of emmer wheat genetic resources aimed at dietary food production. *Journal of Life Sciences*, no. 5, pp. 207–212.

4. Čurná, V., Lacko-Bartošová, M. (2017). Chemical composition and nutritional value of emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): a review. *Journal of Central European Agriculture*, no. 18(1), pp. 117–134.

5. Abdel-Aal, E.-S. M., Rabalski, I. (2008) Bioactive Compounds and their Antioxidant Capacity in Selected Primitive and Modern Wheat Species. *The Open Agriculture Journal*, no. 2 (1), pp. 7–14.

6. Lacko-Bartošová, M., Čurná, V., Lacko-Bartošová, L. (2015). Emmer – ancient wheat suitable for ecological farming. *Research Journal of Agricultural Science*, no. 47(1), pp. 3–10.

7. Lachman, J., Orsák, M., Pivec, V., Jírů, K. at al. (2012). 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*, no. 58, pp. 15–21.

8. Lachman, J., Musilová, J., Kotíková, Z., Hejtmánková, K., Orsák, M., Přibyl, J. (2012). Spring, einkorn and emmer wheat species – potential rich sources of free ferulic acid and other phenolic compounds. *Plant, Soil and Environment*, no. 58, pp. 347–353.

9. Kernasyuk, Yu. V. (2020). The market of cereals in 2020: analysis and forecasts. *Agribusiness today*, no. 8, pp. 12–17. (in Ukrainian).

10. Liubych, V., Novikov, V., Zheliezna, V., Prykhodko, V. at al. (2020). Improving the process of hydrothermal treatment and dehulling of different triticale grain fractions in the production of groats. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no. 3, pp. 55–65.

11. Liubych, V. V. (2016). Culinary properties of groats of spelt wheat cultivars and lines. *Myronivka Bulletin*, no. 3, pp. 42–57. (in Ukrainian).

12. Liubych, V. V., Polyanetska, I. O. (2015). Quality of cereals grain of spellt wheat depending on the index its unhusking and water-heat processing. *Bulletin of Uman NUH*, no. 2, pp. 34–38. (in Ukrainian).

13. Dmytruk, E. A., Liubych, V. V., Novikov, V. V. (2015). Yield of flattened triticale grain depending on the degree of its peeling and the mode of water-heat treatment. *Grain Products and Mixed Fodder's*, no. 1, pp. 23–27. (in Ukrainian).

14. Liubych, V. V. (2019). Cereal properties of grain of bread wheat depending on the variety. *Bulletin of the Kharkov National Technical University of Agriculture name Petr Vasilenko*, no. 2, pp. 94–101. (in Ukrainian).

15. Borovik, A. N. (2016). Breeding and return to the cultivation of endangered and rare species of wheat: Triticum sphaerococcum Perc., *Triticum dicoccum* (Shrank.) Schuebl., *Triticum durum* Desf. and the creation of *Triticale*

sphaerococcum for the diversification of the creation of high-quality grains. *Author. of dis. to obtain the degree of Dr. Agric. Sci.* Krasnodar. 48 p. (in Russian).

16. Liubych,V. V., Novikov, V. V., Leshchenko, I. A. (2019). Influence of the duration of dehusking and water heat treatment grain obtaining and culinary evaluation of wheat rolled cereal emmer. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, no. 6(2), pp. 107–111. (in Ukrainian).

17. Kroshko, H. D., Levchenko, V. I., Nazarenko, L. N. et al. (1998). Rules for organizing and conducting the technological process at the cereals factories. Kyiv: Viola. 163 p. (In Ukrainian).

18. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Polyanetskaya, I. O. (2017). Output and quality of cereal products from wheat varieties and wheat lines. *Bulletin of poltava state agrarian academy*, no. 4, pp. 11–17. (in Ukrainian).

19. Liubych, V., Novikov, V., Polianetska, I. et al. (2019). Improvement of the process of hydrothermal treatment and peeling of spelt wheat grain during cereal production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no. 3, pp.40–51.

20. Zhang, Z., Wang, X., Ma, S. (2018). Effects of Peeling with Flexible Alloy Blade on Naked Oats. *Grain & Oil Science and Technology*, no. 1(3), pp.131–137.

21. Hospodarenko, G. M., Poltoretskyi, S. P., Liubych, V. V., Zheliezna, V. V. (2018). Improvement of the parcooking mode for the rolled groats production of spelt wheat. *Collected Works of Uman NUH,* no. 93(1), pp. 8–22.

22. Osokyna, N. M., Vozyan, V. V., Liubych, V. V. (2017). Yield and quality of rolled spelt cereals depending on elements of the processing technology. *Collected Works of Uman NUH*, no. 90, pp. 91–98 (in Ukrainian).

Аннотация

Любич В. В., Новіков В. В., Лещенко І. А.

Влияние параметров шелушения и водно-тепловой обработки зерна на выход и кулинарное качество плющеной крупы из пшеницы полбы

Приведены результаты влияния продолжительности пропаривания и отволаживания на выход и кулинарную оценку крупы плющенной с пшеницы полбы в зависимости от индекса шелушения. Установлено, что выход крупы плющенной высшего сорта больше зависел от продолжительности шелушения. Высокий выход (91,7 %) этой крупы из зерна пшеницы полбы высшего сорта получено с зерна 9-минутного пропаривания при отволаживании на протяжении 3 мин. Выход крупы был меньше на 1–2 % при продолжительности пропаривания зерна на протяжении 3 и 6 мин. При увеличении индекса шелушения зерна (2–11,3 %) возрастала роль пропаривания. Отволаживание пропаренного зерна приводило к уменьшению выхода крупы плющеной.

Каша из зерна пшеницы полбы характеризовалась высокой кулинарной оценкой. Крупа, полученная из зерна, имела самую низкую общую кулинарную оценку, которая составила 6,7 балла. Увеличение индекса шелушения зерна 3,2–9,9 % повышало кулинарную оценку до 7,0–8,1 балла. Самую высокую кулинарную оценку (8,7 балла) имела каша с индексом шелушения 11,6 %.

Установлены высокие корреляционные связи между общей кулинарной оценкой (r = 0,86±0,02), выходом крупы плющеной высшего сорта (r = - 0,87±0,01) и продолжительностью шелушения. На кулинарную оценку каши не влияет увеличение продолжительности пропаривания и отволаживание. Каша, полученная с крупы с низким индексом шелушение (0–6,9 %) характеризуется высокой общей кулинарной оценке, что обусловлено особенностями вида пшеницы полбы.

На основе анализа полученных данных можно сделать вывод, что при производстве крупы плющеной из зерна полбы оптимально проводить пропаривание в течении 6–9 минут с коротким отволаживанием (3 мин) и шелушить в течении 80–120 с (6,9–9,9 %). Крупа имеет высокую кулинарную оценку — 7,7–8,1 балла.

Ключевые слова: *пшеница полба, индекс шелушение, пропаривания, отволаживание, крупа плющенная.*

Annotation

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

The results of the effect of steaming and softening duration on the yield and culinary evaluation of flattered emmer wheat depending on the hulling index are presented. It was found that the yield of high-grade flattened grits depended most on the duration of hulling. The highest yield (91.7 %) of this flattened grits of high-grade emmer wheat grain was obtained from unhulled grain after 9 minutes of steaming and 3 minutes of moistening. The yield of this grits was lower by 1–2 % with a shorter duration of grain steaming (3 and 6 min). With an increase in the grain hulling index of 2–11.3 %, steaming role increased. Softening of steamed grain caused a decrease in the yield of flattened grits.

Porridge made of emmer wheat grain was characterized by a high culinary evaluation. Grits obtained from unhulled grain had the lowest overall culinary evaluation of 6.7 points. An increase in the grain hulling index of 3.2–9.9 % increased the culinary evaluation to 7.0–8.1 points. Porridge with a hulling index of 11.6 % had the highest culinary evaluation of 8.7 points. There are high correlations between the overall culinary evaluation (r = 0,86±0,02), the yield of high-grade flattened grits (r = - 0,87±0,01) and the duration of hulling. The culinary assessment of porridge is not affected by increasing the duration of steaming and moisturizing. Porridge obtained from cereals with a low peeling index (0–6.9 %) is characterized by a high overall culinary score, which is due to the peculiarities of the species of spelled wheat.

Based on the analysis of the obtained data, it can be concluded that for the emmer wheat grain it is recommended to steam for 6–9 minutes with short softening (3 min) and hull for 80–120 s which is equal to the hulling index of 6.9–9.9 % and has a high culinary evaluation — 7.7–8.1 points.

Keywords: *emmer, husking index, steaming, dehumidification, flattened groats.*