УДК 633.11-026.5:53.093

ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНА СПЕЛЬТИ CHARACTERISTICS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE SPELT GRAIN

Станкевич Г.М., д-р техн. наук, професор, Кац А.К., канд. техн. наук, доц., Васильєв С.В., аспірант,
Гапонюк О.І., д-р.техн.наук, професор
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
G. Stankevych, A. Kats, S. Vasyliiev, O. Haponiuk
Odessa National Academy of Food Technologies

Copyring © 2019 by author and the journal «Scientific Works»
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC By).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

DOI <https://doi.org/10.15673/swonaf.v2i83.1539>

Анотація. В останні роки все більше уваги приділяється плівчастим пшеницям, які вирізняються підвищеним вмістом поживних речовин у порівнянні з традиційними видами пшениці і є перспективною сировиною для розширення асортименту продукції здорового харчування. До таких пшениць відноситься спельта, три сорти якої нині вирощують в Україні. Післязбиральна обробка зерна, транспортування та зберігання у зерносховищах різного типу базуються на його фізико-механічних властивостях і їх врахування дозволить підприємствам зменшити втрати зерна під час обробки та зберегти його якість.

Стаття присвячена дослідженню фізико-механічних властивостей зерна плівчастої пшениці – спельти. Предметом досліджень було плівчате та обрушене (зі знятими плівками) зерно спельти сорту «Зоря України» 2017 року врожаю. Залежно від вологості плівчастої та обрушеної спельти визначено низку фізико-механічних властивостей зерна — натуру, масу та істинний об'єм 1000 зерен, кути природного укусу та коефіцієнти зовнішнього тертя у спокої (по сталі, гумі, пластмасі) і в русі. Встановлено закономірності зміни досліджених властивостей спельти від вологості зерна та запропоновано емпіричні рівняння, що описують ці зміни. Результати проведених експериментальних досліджень показали, що натура плівчастого зерна спельти залежно від вологості в межах 11,6...23,7 % складає відповідно 364...342 г/л, що практично у 2 рази менше, ніж обрушеного зерна, яке за вологості 12,3...23,5 % має натуру відповідно 706...644 г/л. З підвищенням вологості зерна натура та співвідношення між її значеннями для обох форм спельти зменшуються.

Маса 1000 зерен плівчастої спельти знаходиться у межах 102...117 г, а у обрушеного 41,5...57,5 г, тобто зменшується у 2,0...2,5 рази у вказаних вище діапазонах зміни вологості плівчастого та обрушеного зерна. Пропорційно у стільки ж разів змінюється істинний об'єм 1000 зерен обох форм спельти, який складає у тих же діапазонах вологості відповідно 104...150 см³ та 32...44 см³. Порівняльні відмінності досліджених властивостей спельти обумовлюються наявністю квіткових плівок у плівчастого зерна.

Кут природного укусу спельти, який характеризує її сипкість, для плівчастого зерна в межах дослідженої вологості дорівнює 29...40°, а для обрушеної спельти знаходиться на рівні 28...39°. У досліджених межах вологості визначені також коефіцієнти зовнішнього тертя спокою плівчастої та обрушеної спельти по поверхнях різних матеріалів (сталь, гума, пластмаса), а також коефіцієнти зовнішнього тертя в русі. Показано, що кути природного укусу та коефіцієнти тертя обох видів спельти зростають зі збільшенням вологості зерна.

Abstract. In recent years, more and more attention has been paid to film wheat, which is characterized by an increased nutrient content compared to traditional types of wheat and is a promising raw material for expanding the range of healthy nutrition products. Spelt belongs to such wheat, three varieties of which are now grown in Ukraine. Post-harvest grain processing, transportation and storage in various types of granaries are based on its physical and mechanical properties and their accounting will allow enterprises to reduce grain losses during processing and maintain its quality.

The article is devoted to the study of the physical and mechanical properties of film wheat grain - spelt. The subject of research was filmy (with flower films) and the collapsed (with the removed films) spelt grain of varie-

ties Zorya Ukrayiny variety of 2017 harvest. Depending on the moisture content of filmy and collapsed spelt, a number of physical and mechanical properties of grain is determined - nature, mass and true volume of 1000 grains, angles of repose and external friction coefficients at rest (for steel, rubber, plastic) and in motion. The regularities of changes in the studied properties of spelt from grain moisture are established, and empirical equations describing these changes are proposed.

The results of experimental studies have shown that the nature of filmy spelt grain, depending on the moisture content, in the range of 11.6...23.7 % is 364...342 g/l, respectively, which is almost 2 times less than collapsed grain, at a moisture content of 12.3...23.5 %, it has a nature of 706...644 g/l, respectively. With increasing grain moisture, nature and the ratio between its values for both forms of spelt decrease.

The mass of 1000 grains of the filmy spelt grain is in the range of 102...117 g, and in the collapsed grain it is 41,5...57,5 g, that is, it decreases 2.0...2.5 times in accordance with the above ranges moisture changes in filmy and collapsed grain. The true volume of 1000 grains of both forms of spelled changes proportionally as many times, which in the same humidity ranges is 104...150 cm³ and 32...44 cm³, respectively. Comparative differences in the studied properties of spelt are determined by the presence of flower films in filmy grain.

The angle of repose of the spelt, which characterizes its flowability, is 29...40° for the filmy grain within the studied moisture, and for the collapsed spelt it is at 28...39°. In the studied range of moisture content, the coefficients of external friction of rest of filmy and collapsed spelt on the surfaces of various materials (steel, rubber, plastic), as well as the coefficients of external friction in motion, were also determined. It was shown, that the angles of repose and the friction coefficients of both forms of spelt increase with increasing grain moisture.

Ключові слова: плівчаста пшениця, спельта, вологість зерна, фізико-механічні властивості.

Key words: film wheat, spelt, grain moisture, physical and mechanical properties.

Вступ. В останні роки все більше уваги приділяється плівчастим пшеницям, які вирізняються підвищеним вмістом поживних речовин у порівнянні з традиційними видами пшениці і є перспективною сировиною для розширення асортименту продукції здорового харчування. До таких пшениць відноситься спельта, три сорти якої нині вирощують в Україні. Післязбиральна обробка зерна, транспортування та зберігання у зерносховищах різного типу базуються на його фізико-механічних властивостях і їх врахування дозволить підприємствам зменшити втрати зерна під час обробки та зберегти його якість.

Природні властивості зерна, що визначають різні прийоми і режими переробки, а також його здатність давати готові продукти певної якості, становлять технологічні властивості [1].

В останні роки все більше уваги почали приділяти плівчастим (полб'яним) пшеницям. У даний час в Україні вирощують три сорти такої пшениці [2]. Заявниками та власниками сортів «Зоря Україна» та «Європа» є ТОВ Всеукраїнський науковий інститут селекції «ВНІС», сорту «Золлернспелз» – німецька компанія Südwestdeutsche Saatucht GmbH & Co. KG. Цей вид пшениць вирізняється підвищеним вмістом поживних речовин у порівнянні з традиційними видами пшениці і є перспективною сировиною для розширення асортименту продукції здорового харчування.

Аналіз літературних джерел показав, що ряд зарубіжних [3, 4] та вітчизняних авторів [5, 6] досліджували деякі фізико-технологічні характеристики цих пшениць.

Вчені Одеської національної академії харчових технологій також досліджували фізико-технологічні характеристики плівчастих пшениць [7, 8, 9]. Але усі ці дослідження проводилися лише при одному значенні вологості. Зерно може надходити на підприємства з різною вологістю і не завжди є можливість оперативно підсушити його до необхідних значень. Підвищення вологості обумовлює збільшення об'ємної маси, тому сире зерно займає більший об'єм. Вологе зерно має більший коефіцієнт тертя, що зменшує швидкість його руху у самопливах — фактор, важливий при транспортуванні зерна. Підвищення вологості зерна зменшує натуру зерна внаслідок того, що набухання колоїдів підвищує об'єм кожного зерна, тоді як густина води нижча від густини сухих речовин – крохмалю і білка. Лише в зерні плівчастих культур волога витісняє повітря з проміжків: між квітковими півками і плодовими оболонками, підвищує густину зерна, а, отже, і його натуру [1].

Метою проведеного дослідження було визначення та порівняльна характеристика фізико-механічних властивостей не обробленого і обробленого зерна спельти в залежності від його вологості.

Об'єктом досліджень були фізико-механічні характеристики зерна, зокрема, натура, маса 1000 зерен, істинний об'єм 1000 зерен, кут природного укусу, коефіцієнти зовнішнього тертя спокою та у русі.

Предметом досліджень було плівчасте (з квітковими півками) та оброблене (без квіткових півок) зерно спельти сорту «Зоря України» 2017 року врожаю.

Методики досліджень. Початкову вологість зерна спельти визначали у сушильній шафі за температури 130 °C±2 °C згідно з ГОСТ 13586.5-93. Перед дослідженнями зразки плівчастої та обробленої спельти

ти зволожували з кроком близько 4 % та отримали такі значення вологості зерна (%): плівчаста спельта 11,6; 15,7; 19,0; 23,7, обрубана спельта 12,3; 16,0; 18,3; 23,5.

Кількість (масу) води (K , г), необхідної для зволоження, визначали за формулою

$$K = \frac{m \cdot (w_k - w_n)}{100 - w_k} \quad (1)$$

де m – маса зерна, г; w_n , w_k – початкова та кінцева (необхідна) вологість зерна, %.

Натуру зерна γ визначали за методикою, наведеною у ГОСТ 28254-89 за допомогою літрової пурки.

Масу 1000 зерен M визначали за ГОСТ 10842-89. Досліджуване зерно спельти висипали на розбірну дошку, формували з нього прямокутник, який потім поділяли на чотири трикутники. З двох протилежних трикутників відбирали випадковим чином по 250 зерен, з'єднували їх і зважували. Таким же чином відбирали зерна з двох інших трикутників. Якщо отримані значення відрізнялись один від одного не більше, ніж на 5 %, то їх суму враховували як масу 1000 зерен.

Істинний об'єм 1000 зерен спельти V визначали зануренням їх у мірний циліндр, заповнений до певного об'єму (10...50 см³) рідиною (гасом), що не змочує зерно. Збільшення об'єму рідини у мірному циліндрі (V , см³) відповідає істинному об'єму 1000 зерен.

Сипкість зернової маси характеризують кутом природного укосу, який являє собою кут між основою піраміди (горизонтальною площиною) та утворюваним конусом (площиною укосу), отриманого при вільному падінні зернової маси на горизонтальну поверхню [10]. Кут природного укосу визначали при вільному розміщенні в чотирикутній посудині. Вимірювальну прямокутну посудину, на 1/3 заповнену зерновою масою, обережно (не струшуючи) повертають навколо бокової грані на кут 90°. Внаслідок цього маса у посуді розміщувалась під певним кутом по відношенню до горизонтальної площини. Цей кут характеризує рухомість частинок (сипкість) як спроможність здійснювати ковзання по похилій площині і залежить від багатьох факторів, у тому числі від вологості зерна.

Коефіцієнт зовнішнього тертя спокою f_s визначають за кутом тертя зерна об поверхню. Коефіцієнт тертя спокою чисельно дорівнює тангенсу граничного кута нахилу площини, при якому зерно починає рухатися по похилій площині. У проведених експериментах у якості матеріалу, по якому рухається зерно, використовували сталь, пластмасу та гуму. Ці матеріали є характерними при переміщенні зерна у металевих самопливах, у самопливах з пластиковими вставками для зменшення їх зносу із-за тертя зерна, а також при переміщенні зерна на конвеєрних прогумованих стрічках.

Визначення коефіцієнта зовнішнього тертя руху f_p проводили на спеціальному приладі, схему якого наведено на рис. 1 за такою методикою. Похилу площину приладу 1 встановлювали під певним кутом до поверхні горизонту, який забезпечував по ній стійкий рух зерна. Засипану в бункер 4 спельту засувкою випускали на похилу площину та визначали за допомогою фотофіксації руху спельти координати (x , y) низки точок вздовж траєкторії вільного падіння зернового струменя за межами похилої площини.

Коефіцієнт зовнішнього тертя руху розраховували для всіх експериментальних точок траєкторії зернової маси спельти за формулою

$$f_p = \operatorname{tg} \alpha - \frac{x^2}{4L(y - x \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cos^3 \alpha}, \quad (2)$$

де α – кут нахилу площини до горизонту, град;

L – довжина похилої площини, см;

x , y – координати траєкторії вільного падіння зернової маси спельти, які виражені у метричних одиницях, см.

Насамкінець розраховували середнє арифметичне значення f_p за його локальними значеннями у кожній координатній точці приладу, що і буде остаточним експериментальним результатом визначення коефіцієнта зовнішнього тертя зернової маси спельти в русі.

Обробку результатів з визначення досліджених фізико-механічних властивостей зерна спельти проводили в середовищі табличного процесора MS Excel 2007.

1 – похила площина; 2 – кутомір;
3 – прозорий екран з координатною сіткою; 4 – бункер для зерна

Рис. 1 – Прилад для визначення коефіцієнта зовнішнього тертя зернової маси в русі

Результати досліджень

Отримані результати з досліджень фізико-механічних властивостей плівчастого та обрушеного зерна спельти в залежності від її вологості наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічних властивостей плівчастого та обрушеного зерна

Найменування показників	Спельта сорту Зоря України, 2017 р. врожаю							
	Плівчаста				Обрушена			
Вологість w , %	11,6	15,7	19,0	23,7	12,3	16,0	18,3	23,5
Натура γ , г/дм ³	364	345	358	342	706	684	659	644
Маса 1000 зерен M , г	102	107	108	117	41,5	42	46,5	57,5
Істинний об'єм 1000 зерен V , см ³	104	120	120	150	32	35	39	44
Кут природного укусу α , град	29	31	30	40	28	34	39	39
Коефіцієнт зовнішнього тертя спокою f_c :								
– по пластмасі	0,283	0,267	0,344	0,488	0,310	0,554	0,577	0,630
– по сталі	0,310	0,344	0,445	0,471	0,325	0,424	0,600	0,654
– по гумі	0,388	0,404	0,531	0,541	0,429	0,531	0,577	0,644
Коефіцієнт зовнішнього тертя в русі f_p	0,293	0,268	0,466	0,487	0,279	0,364	0,404	0,445

З наведених даних видно, що за натурою обрушене зерно спельти наближаються до пшениці м'яких сортів [8]. Натура плівчастої спельти майже вдвічі нижча ніж обрушеної, що пояснюється наявністю квіткових плівок. Для більш наочного вигляду впливу вологості спельти на її натуру, були побудовані відповідні графічні залежності, наведені на рис. 2.

Рис. 2 – Залежність натури плівчастої та обрушеної спельти від вологості зерна

У дослідженому діапазоні вологості залежність натури плівчастої та обрушеної спельти від вологості зерна w (%) можна описати лінійними рівняннями, відповідно:

$$\gamma_{\text{п}} = 377 - 1,41w, \text{ г/л};$$

$$\gamma_{\text{о}} = 772 - 5,66w, \text{ г/л}. \quad (3)$$

З цих рівнянь видно, що швидкість зменшення натури спельти при зростанні її вологості більше проявляється для обрушеного зерна (майже в 4 рази, що видно з коефіцієнтів при вологості зерна).

Середньоквадратичні відхилення S і коефіцієнти кореляції R^2 для плівчастої та обрушеної спельти дорівнюють відповідно:

$$S=6,55 \text{ та } R^2=0,69;$$

$$S=5,76 \text{ та } R^2=0,97$$

Отримані дані показують, що експериментально визначені та розрахункові дані з натури мають тісний зв'язок для обрушеної спельти, що також можна пояснити наявністю квіткових плівок у плівчастої спельти, які впливають на щільність укладки окремих зернин у об'ємі літрової пурки.

Розбіжності між експериментальними та розрахункові значеннями натуре знаходились у діапазоні відносних похибок відповідно 0,44...2,84 % для плівчастої спельти та 0,3...1,50 % для обрушеної спельти, що є цілком задовільним.

Аналіз експериментальних даних з визначення маси 1000 зерен показав, що вона для плівчастої спельти сорту Зоря України вища в 2,0...2,5 рази від обрушеної.

Графічну залежність маси 1000 зерен плівчастої та обрушеної спельти від вологості зерна w наведено на рис. 3.

Рис. 3 – Залежність маси 1000 зерен плівчастої та обрушеної спельти від вологості зерна

Показані залежності маси 1000 зерен плівчастої M_n та обрушеної M_o спельти у дослідженому діапазоні вологості описуються лінійними рівняннями, відповідно:

$$M_n = 87,83 + 1,18w, \text{ г}; \quad M_o = 23,30 + 1,17w, \text{ г} \quad (4)$$

Аналіз значень коефіцієнтів цих рівнянь показують, що швидкість збільшення маси 1000 зерен плівчастої та обрушеної спельти при зростанні їх вологості практично однакові.

Середньоквадратичні відхилення S і коефіцієнти кореляції R^2 для плівчастої та обрушеної спельти дорівнюють відповідно:

$$S=1,34 \text{ та } R^2=0,97; \quad S=1,04 \text{ та } R^2=0,98.$$

Розбіжності між експериментальними та розрахункові значеннями маси 1000 зерен для плівчастої та обрушеної спельти знаходяться у діапазоні відносних похибок відповідно 0,46...2,10 % та 0,2...3,69 %, що можна вважати задовільним.

Що стосується істинного об'єму 1000 зерен обох видів спельти, то можна відмітити, що тенденції їх зміни залежно від вологості зерна практично співпадають зі змінами маси 1000 зерен, розглянутих вище, що добре видно на їх графічному представленні (рис. 4).

Абсолютні значення істинного об'єму плівчастої спельти в понад 3 рази перевищують значення істинного об'єму обрушеної спельти.

Лінійні рівняння, що описують залежність істинного об'єму спельти V від вологості зерна, для плівчастої та обрушеної спельти відповідно мають такий вигляд:

$$\begin{aligned} V_n &= 83,74 + 1,99w, \text{ см}^3; \\ V_o &= 18,21 + 1,10w, \text{ см}^3 \end{aligned} \quad (5)$$

Зазначимо також, що різниця у швидкості збільшення істинного об'єму 1000 зерен плівчастої спельти при зростанні її вологості, як це видно з наведених рівнянь, перевищує обрушену в 1,8 рази.

Середньоквадратичні відхилення S і коефіцієнти кореляції R^2 для плівчастої та обрушеної спельти дорівнюють відповідно:

$$S=3,01 \text{ та } R^2=0,95; \quad S=0,54 \text{ та } R^2=0,99.$$

Розбіжності між експериментальними та розрахункові значеннями істинного об'єму 1000 зерен для плівчастої та обрушеної спельти є задовільними та знаходяться у діапазоні відносних похибок відповідно 0,63...4,23 % та 0,17...2,36 %.

Рис. 4 – Залежність істинного об'єму плівчастої та обрушеної спельти від вологості зерна

Кут природного укусу спельти (табл. 1), який характеризує її сипкість, для плівчастого зерна в межах дослідженої вологості дорівнює 29...40°, а для обрушеної спельти знаходиться на рівні 28...39°, тобто вони практично однакові, а невелика різниця між ними пояснюється різним станом поверхні квіткових плівок та обрушеного зерна спельти.

Можна також підтвердити загальну тенденцію збільшення кута природного укусу зі збільшенням вологості зерна.

У досліджених межах вологості визначені також коефіцієнти зовнішнього тертя спокою плівчастої та обрушеної спельти по поверхнях різних матеріалів (сталь, гума, пластмаса), а також коефіцієнти зовнішнього тертя в русі (див. табл. 1). Всі значення коефіцієнтів тертя у стані спокою та у русі зі збільшенням вологості зерна спельти також зростають.

Таким чином, отримані експериментальні дані з кутів природного укусу та коефіцієнтів тертя показують, що зерно плівчастої та обрушеної спельти відноситься до добре сипких культур.

Висновки. Результати проведених експериментальних досліджень показали, що натура плівчастого зерна спельти залежно від вологості в межах 11,6...23,7 % складає відповідно 364...342 г/л, що практично у 2 рази менше, ніж обрушеного зерна, яке за вологості 12,3...23,5 % має натуру відповідно 706...644 г/л. З підвищенням вологості зерна натура та співвідношення між її значеннями для обох форм спельти зменшуються.

Маса 1000 зерен плівчастого зерна спельти знаходиться у межах 102...117 г, а у обрушеного 41,5...57,5 г, тобто зменшується у 2,0...2,5 рази у вказаних вище діапазонах зміни вологості плівчастого та обрушеного зерна. Пропорційно у стільки ж разів змінюється істинний об'єм 1000 зерен обох форм спельти, який складає у тих же діапазонах вологості відповідно 104...150 см³ та 32...44 см³. Порівняльні відмінності досліджених властивостей обох форм спельти обумовлюються наявністю квіткових плівок у плівчастого зерна.

Кут природного укусу спельти, який характеризує її сипкість, для плівчастого зерна в межах дослідженої вологості дорівнює 29...40°, а для обрушеної спельти знаходиться на рівні 28...39°, тобто практично однакові. Підтверджено загальну тенденцію збільшення кута природного укусу зі збільшенням вологості зерна обох видів спельти.

У досліджених межах вологості визначені також коефіцієнти зовнішнього тертя спокою плівчастої та обрушеної спельти по поверхнях різних матеріалів (сталь, гума, пластмаса), а також коефіцієнти зовнішнього тертя в русі. Для плівчастої спельти коефіцієнти тертя спокою знаходяться у межах 0,267...0,488 для сталі, 0,310...0,471 для сталі та 0,388...0,541 для гуми, а для обрушеної спельти відповідно дорівнюють 0,310...0,630, 0,325...0,654 та 0,531...0,644. Коефіцієнт зовнішнього тертя в русі для плівчастої спельти дорівнюють 0,293...0,487, а для обрушеної 0,270...0,445. Всі коефіцієнти тертя зі збільшенням вологості зерна спельти зростають.

Література

1. Пузік Л. М., Пузік В. К. Технологія зберігання і переробки зерна: навчальний посібник. Харків: ТОЧКА, 2013. 312 с.

2. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік / Київ, 2019. 496 с.
3. Influence of crop management upon the agronomic traits of spelt (Triticum spelta L.) /A. Pospíšil, M. Pospíšil, Z. Svecnjak, S. Matotan. // Plant, Soil and Environment, 57, 2011 (9): 435–440. <https://doi.org/10.17221/121/2011-PSE>
4. Зверев С.В., Политуха О.В., Стариченков А.А., Абрамов П.С. Полба и Спельта – возвращение к истокам. / Хранение и переработка зерна, 2015. № 6-7 (194). С. 48-50.
5. Фадеев Л.В. Спельта – пришло ее время // Зернові продукти і комбікорми. Том 17. Вип. 1, 2017. С. 4–8. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v17i4.761>
6. Господаренко Г.М., Любич В.В., Полянецька І.О., Новіков В.В. Борошномельні властивості зерна пшениці спельти залежно від сорту та лінії // Агробіологія : зб. наук. праць. Біла Церква: БНАУ, 2018, Вип. 1(138). С. 59–67.
7. Перспективи використання плівчистих сортів пшениці у круп'яному виробництві в Україні / Inżynieria i technologia. Nowoczesne badania podstawowe i stosowane: Zbio rartykulow naukowych Konferencji Miedzynarodowej Naukowo-Praktycznej / Д.О. Жигунов, С.М. Соц, І.О. Кустов, Г.Д. Жигунова. Warszawa: Diamondtradingtour, 2016. 32-35 с.
8. Технологічні властивості зерна полби та спельти і перспективи їх використання для виробництва харчових продуктів / Б.В. Єгоров, Д.О. Жигунов, М.Р. Мардар та ін. // Наукові праці НУХТ 2017. Том 23, № 5, Частина 1. С. 209-216. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2017-23-5-1-26>
9. Кац А.К., Станкевич Г.М., Васильєв С.В., Кессар Н.В. Дослідження фізико-механічних властивостей полб'яних пшениць / Зб. тез доп. Міжнар. наук.-практ. конф. «Технології харчових продуктів і комбікормів» / Одеса: ОНАХТ, 2017. 17-19 с.
10. Зверев С.В., Зверева Н.С. Физические свойства зерна и продуктов его переработки. М.: ДеЛи принт, 2007. 176 с.

References

1. Puzik, L. M. (2015). Tekhnolohiia zberihannia i pererobky zerna.
2. Derzhavnyi reiestr sortiv roslin, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2019 rik.
3. Pospisil, S., Pospisil, A., Svecnjak, M., & Matotan, Z. (2012). Influence of crop management upon the agronomic traits of spelt (Triticum spelta L.). *Plant, soil and environment*, 57(9), 435-440. <https://doi.org/10.17221/121/2011-PSE>
4. Zverev, S. (2015). Polba y spelta: vozvrashchenye k ystokam. *Khramenye y pererabotka zerna*, 194(6-7), 48-51.
5. Fadeev, L. V. (2017). Spelta–pryshlo ee vremia. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 17(1). <https://doi.org/10.15673/gpmf.v17i4.761>
6. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Polianetska, I. O., & Novikov, V. V. (2018). PShENYTsI SPELTy natsionalnyi ahrarnyi universytet (BNAU) Zbirnyk rozghlianyto i zatverdzheno do druku rishenniam Vchenoi rady BNAU (Protokol № vid 2018 r.), 59.
7. D.O. Zhyhunov, S.M. Sots, I.O. Kustov, & H.D. Zhyhunova (2016) Perspektyvy vykorystannya plivchastykh sortiv pshenytsi u krup'yanomu vyrobnytstvi v Ukrayini. *Inzynieria i technologia. Nowoczesne badania podstawowe i stosowane: Zbio rartykulow naukowych Konferencji Miedzynarodowej Naukowo-Praktycznej*. 32-35 s.
8. Yehorov, B. V., Zhyhunov, D. O., Mardar, M. R., Znachek, R. R., & Zhyhunova, H. D. (2017). Tekhnolohichni vlastyvoli zerna polby ta spelty i perspektyvy yikh vykorystannia dlia vyrobnytstva kharchovykh produktiv. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*, (23, № 5 (1)), 209-216. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2017-23-5-1-26>
9. Kats, A. K., Stankevych, H. M., Vasyliiev, S. V., & Kessar, N. V. (2017). Doslidzhennia fizyko-mekhanichnykh vlastyvostei polb'ianykh pshenyts.
10. Zverev, S. V., & Zvereva, N. S. (2007). *Fyzycheskye svoistva zerna y produktov eho pererabotky*. ООО "DeLy prynt".

Cite as

Станкевич Г.М., Кац А.К., Васильєв С.В., Гапонюк О.І. Характеристика фізико-механічних властивостей зерна спельти // Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2019. Т. 83, вип. 2. С. 50 – 56.

Отримано в редакцію 03.09.2019

Прийнято до друку 07.11.2019

Received 03.09.2019

Approved 07.11.2019