

ANALIZA ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY FIZYCZNYMI I TECHNOLOGICZNYMI WŁAŚCIWOŚCIAMI ZIARNA PSZENICY JAREJ

Renata Różyło, Janusz Laskowski

Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Akademia Rolnicza
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin
e-mail: renata.rozylo@ar.lublin.pl

Streszczenie. Celem pracy było określenie powiązań występujących między wybranymi właściwościami fizycznymi i technologicznymi określonymi dla ziarna pszenicy. Do badań wykorzystano 10 odmian pszenicy jarej: Hezja, Kontesa, Torka, Zebra, Eta, Santa, Nawra, Jasna, Koksa, Kosma. Dla surowca określono: gęstość usypową, szklistość ziarna, indeks twardości (SKCS), cechy wytrzymałościowe oraz zawartość białka, glutenu, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego, liczbę opadania, zawartość popiołu. Przeprowadzone badania wykazały występowanie zależności pomiędzy indeksem twardości i siłą ściskania ziarna dla progu wytrzymałości doraźnej a wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego ($r = 0,75; 0,85$), zawartością białka ($r = 0,68; 0,82$) i glutenu ($r = 0,67; 0,82$). Ponadto praca do progu wytrzymałości doraźnej była skorelowana z zawartością popiołu w ziarnie ($r = 0,73$). Stwierdzono ponadto występowanie zależności pomiędzy szklistością ziarna a wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego ($r = 0,86$).

Słowa kluczowe: pszenica, właściwości fizyczne, właściwości wytrzymałościowe, właściwości technologiczne

WYKAZ OZNACZEŃ

- F_1 – siła odkształcająca ziarno dla progu wytrzymałości doraźnej (N),
- F_2 – siła odkształcająca ziarno dla progu zgniatania (N),
- h_1 – odkształcenie ziarna do progu wytrzymałości doraźnej (–),
- h_2 – odkształcenie ziarna do progu zgniatania (–),
- HI – indeks twardości ziarna oznaczany metodą SKCS (–),
- L_{j1} – praca jednostkowa na odkształcenie ziarna do progu wytrzymałości doraźnej ($J \cdot kg^{-1}$),
- L_{j2} – praca jednostkowa na odkształcenie ziarna do progu zgniatania ($J \cdot kg^{-1}$),
- L_{op} – liczba opadania (s),
- Sz – szklistość pszenicy (%),

W_s – wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego (ml),
 Z_b – zawartość białka w ziarnie pszenicy (%),
 Z_g – zawartość glutenu (%),
 Z_p – zawartość popiołu w ziarnie (%),
 ρ_u – gęstość ziarna w stanie zsypanym ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$).

WSTĘP

W ocenie jakości pszenicy brane są szczególnie pod uwagę właściwości technologiczne. Dodatkowo powszechnym staje się wykorzystywanie w ocenie jakości ziarna właściwości fizycznych, spośród których istotną rolę odgrywają gęstość ziarna w stanie zsypanym (Grundas i in. 1997), szklistość ziarna (Laskowski i Różyło 2003, Sadkiewicz 1998) oraz indeks twardości SKCS (Muhammad i Campbell 2004, Laskowski i in. 2003, Sissons i in. 2000, Geodecki i Grundas 1999, Laskowski i in. 1999, Gaines i in. 1996). Twardość, jak uznali niektórzy autorzy jest głównym czynnikiem determinującym ostateczne wykorzystanie ziarna pszenicy (Turnbull i Rahman 2002, Bettge i Morris 2000, Douliez i in. 2000). Innym wyróżnikiem w ocenie jakości pszenicy jest zawartość białka (Delwiche 1998), a oprócz tego przy ocenie właściwości wypiekowych bierze się pod uwagę takie właściwości technologiczne jak: zawartość glutenu (Michniewicz i in. 2000, Callejo i in. 1999, Dziki i Laskowski 1999b), wskaźnik sedymentacyjny (Cacak-Pietrzak i in. 1999, Duma 1992) i liczbę opadania (Czubaszek i in. 2001). Również zawartość popiołu musi być uwzględniana przy ocenie mąki (Sitkowski 1998).

Z zawartością białka w ziarnie w dużym stopniu związana jest twardość ziarna. Dodatnie korelacje pomiędzy zawartością białka a indeksem twardości ocenianym metodą SKCS stwierdzili Laskowski i in. (2003) oraz Różyło i in. (2003). Podobnie Konopka i in. (2005) potwierdzili tendencję wzrostową twardości wraz ze zwiększaniem się zawartości białka.

Odnosząc się do relacji pomiędzy innymi właściwościami technologicznymi i fizycznymi jedynie Dziki i Laskowski (1999a) stwierdzili istotne związki pomiędzy wskaźnikiem sedymentacyjnym a pracą jednostkową na odkształcenie ziarna do progu zgniecenia. Badania te wykazały również korelacje pomiędzy zawartością popiołu w ziarnie pszenicy a właściwościami wytrzymałościowymi. Dodatkowo Dziki i Laskowski (2002) wykazali powiązania pomiędzy zawartością popiołu w ziarnie a twardością ziarna mierzoną metodą SKCS. Wraz ze wzrostem zawartości popiołu w ziarnie malała jego twardość.

Ze względu na duże znaczenie w ocenie jakości ziarna właściwości fizycznych i technologicznych w badaniach własnych podjęto próbę dokonania szerszej analizy występowania związków pomiędzy wybranymi cechami fizycznymi a właściwościami technologicznymi pszenicy.

MATERIAŁ I METODY

Surowiec stanowiło 10 odmian pszenicy jarej pochodzących z Wojewódzkiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Końskowoli. Pszenica była uprawiana w warunkach polowych województwa lubelskiego, przy zastosowaniu nowoczesnej, intensywnej technologii uprawy. Do badań wykorzystano następujące odmiany pszenicy: Hezja, Kontesa, Torka, Zebra, Eta, Santa, Nawra, Jasna, Kokska, Kosma.

Oznaczenia gęstości pszenicy dokonano zgodnie z polską normą PN-ISO 7971-2:1998. Szklistość pszenicy określono za pomocą farinotomu (Jakubczyk i Haber 1983). Pomiar indeksu twardości wykonano na urządzeniu SKCS 4100 zgodnie z metodyką podaną przez Misia i in. (2002). Pomiar obejmował 300 powtórzeń i polegał na określeniu wilgotności, cech geometrycznych ziarniaków oraz ich zgniataniu. Indeks twardości wyznaczany był zgodnie z przyjętym algorytmem.

Próbkę ziarna do badań wytrzymałościowych pobierano ze średniej próbki laboratoryjnej zgodnie z PN-ISO 13690:2000. Próbę ściskania ziarna prowadzono przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwick Z020/TN2S w zakresie obciążeń 0-2,5 kN (Janiak i Laskowski 1996). Pomiary polegały na ściskaniu ziarna pomiędzy równoległymi płytami stalowymi do momentu kiedy odległość pomiędzy płytami wynosiła 0,5 mm. Prędkość płyty górnej była stała i wynosiła 10 mm·min⁻¹. Pomiar przeprowadzano w 30 powtórzeniach, a jako wynik końcowy przyjęto średnią arytmetyczną. Podczas pomiaru uzyskano krzywe ściskania, na których wyznaczono charakterystyczne punkty (próg wytrzymałości doraźnej i próg zgniecenia). Z krzywych ściskania określono: wartości sił (F_1 , F_2), przemieszczenia głowicy (Δh_1 , Δh_2) i nakładów pracy (L_1 , L_2).

Badania właściwości technologicznych wykonano zgodnie z obowiązującymi normami: w tym zawartości białka PN-A-04018/A z 3: 2002 i zawartości glutenu PN A-74043: 1994, wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego PN-ISO 5529: 1998, liczby opadania PN-ISO 3093:1996 oraz zawartości popiołu PN-ISO 2171: 1994.

Analiza statystyczna wyników badań została przeprowadzona na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ i $0,01$ przy wykorzystaniu programu Statistica firmy Statsoft. Dla ocenianych parametrów wykonano analizę wariancji jednoczynnikową oraz test Tukey'a stwierdzające istotność różnic pomiędzy określanymi cechami. W dalszej kolejności obliczono pomiędzy badanymi parametrami współczynniki korelacji liniowej Pearsona i określono równania regresji.

WYNIKI BADAŃ

Przeprowadzona analiza wyników badań doprowadziła do określenia związków korelacyjnych pomiędzy właściwościami fizycznymi i technologicznymi,

które zobrazowano w tabeli 1. Wybrane zależności wraz z równaniami regresji zobrazowano na rysunkach od 1-9.

Tabela 1. Wartości współczynników korelacji pomiędzy właściwościami fizycznymi i technologicznymi ziarna pszenicy

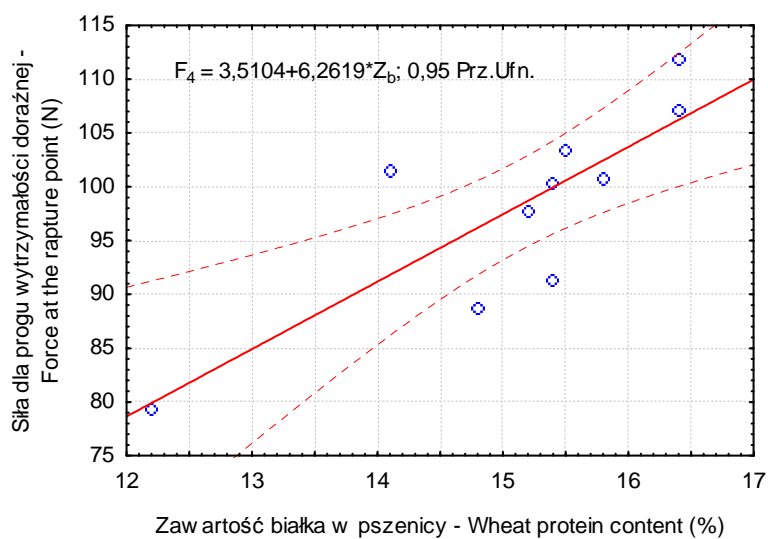
Table 1. Correlation coefficients between physical and technological properties of wheat

Parametr Parameter	Zawartość białka Wheat protein content	Zawartość glutenu Wet gluten content	Wskaźnik sedymet. The Zeleny sedimentation volume	Liczba opadania Falling number	Zawart. popiołu Ash content
Siła dla progu wytrzymałości doraźnej Force at rapture point	0,82**	0,82**	0,85**	0,44	0,30
Siła dla progu zgniatania Force at collapse point	0,23	0,19	0,27	0,26	-0,57
Praca jednostkowa do progu wytrzym. doraźnej Specific work up to rapture point	0,36	0,40	0,45	0,61	0,72*
Praca jednostkowa do progu zgniatania Specific work up to collapse point	0,41	0,35	0,40	0,31	-0,43
Indeks twardości (SKCS) Hardness index (SKCS)	0,68*	0,67*	0,75*	0,29	0,01
Szklistość Wheat vitrousness	0,83**	0,84**	0,86**	0,51	0,03
Gęstość usypowa Test weight	0,57	0,63	0,45	0,30	-0,03

* istotność na poziomie $\alpha = 0,05$ – significance at the level of $\alpha = 0.05$,

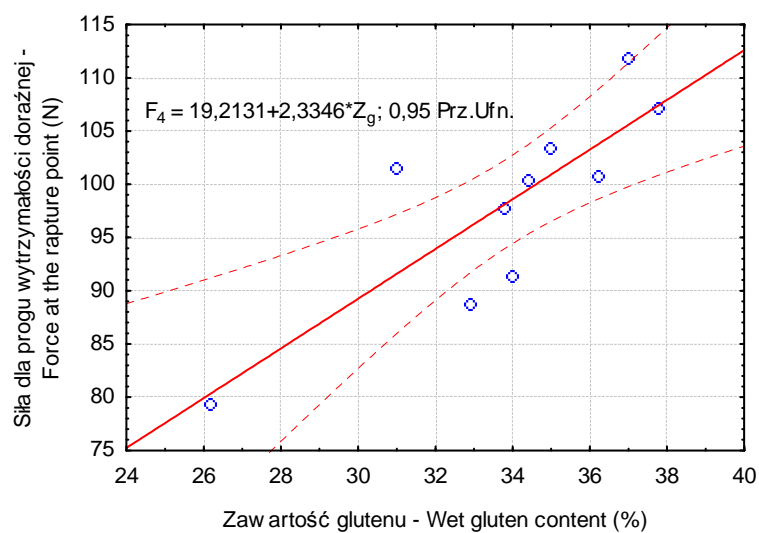
**istotność na poziomie $\alpha = 0,01$ – significance at the level $\alpha = 0.01$.

Analiza uzyskanych wyników badań wskazuje na istnienie związków pomiędzy cechami wytrzymałościowymi a właściwościami technologicznymi ziarna. Pod tym względem najbardziej istotne okazały się siła zgniatania dla progu wytrzymałości doraźnej F_1 dodatnio skorelowana z zawartością białka ($r = 0,82$) (rys. 1), glutenu ($r = 0,82$) (rys. 2) oraz wskaźnikiem sedymentacyjnym ($r = 0,85$) (rys. 3). Praca jednostkowa do progu wytrzymałości doraźnej ziarna była związana z zawartością popiołu w ziarnie ($r = 0,73$) – rysunek 4.



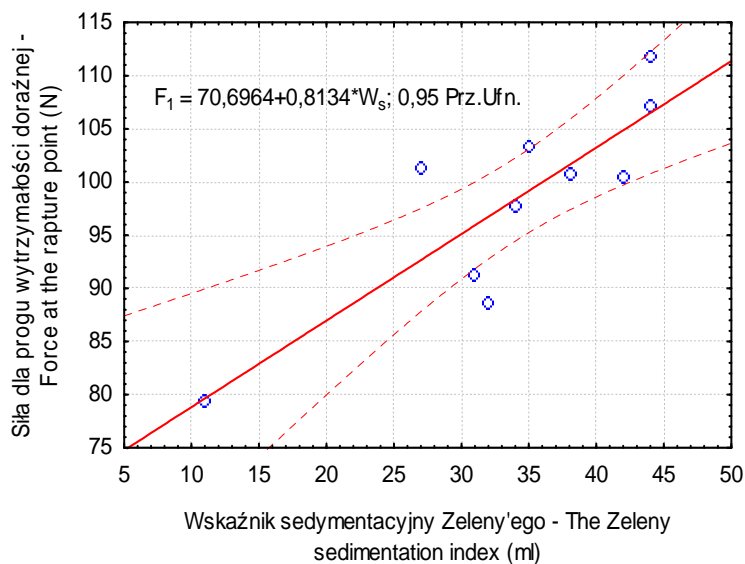
Rys. 1. Zależność pomiędzy siłą ściskania ziarna dla progu wytrzymałości dorażnej a zawartością białka w pszenicy

Fig. 1. Relationship between force at rupture point and wheat protein content



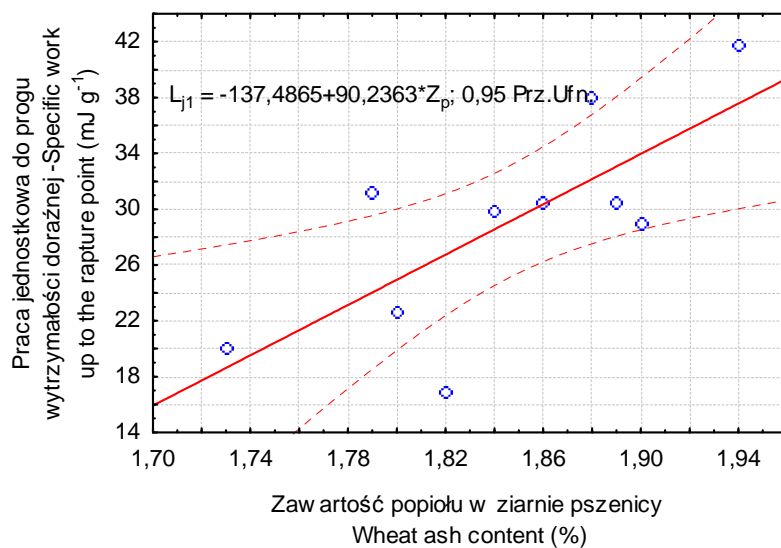
Rys. 2. Zależność pomiędzy siłą ściskania ziarna dla progu wytrzymałości dorażnej a zawartością glutenu w pszenicy

Fig. 2. Relationship between force at rupture point and wet gluten content



Rys. 3. Zależność pomiędzy siłą ściskania ziarna dla progu wytrzymałości dorażnej a zawartością białka w pszenicy

Fig. 3. Relationship between force at rupture point and wheat protein content

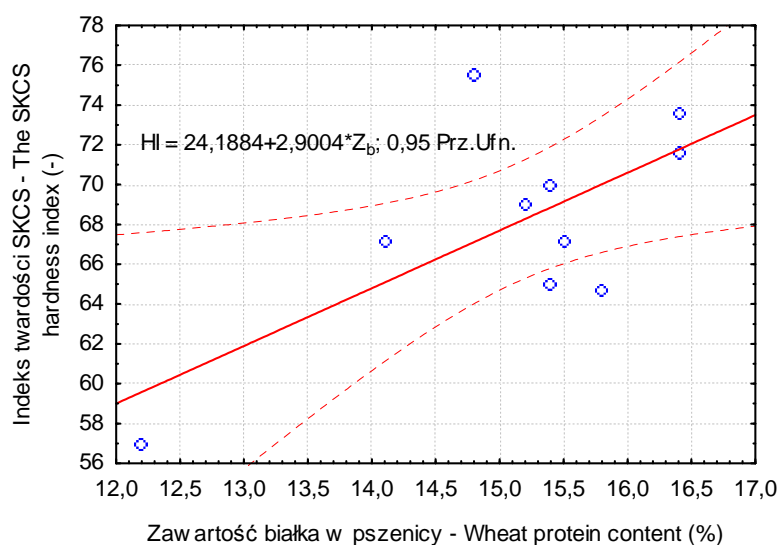


Rys. 4. Zależność między pracą jednostkową do progu wytrzymałości dorażnej ziarna a zawartością popiołu w ziarnie

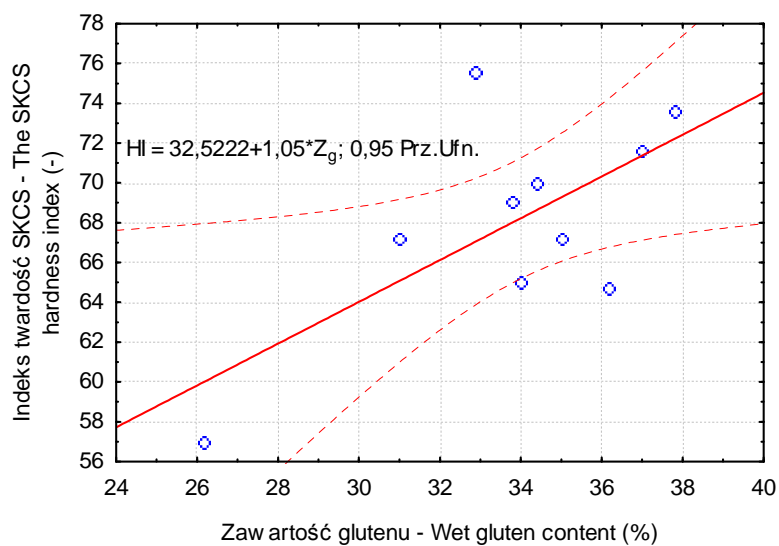
Fig. 4. Relationship between the specific work up to rupture point and wheat ash content

Przeprowadzone badania wykazały, że z indeksem twardości była skorelowana zawartość białka ($r = 0,68$) (rys. 5) glutenu ($r = 0,67$) (rys. 6) oraz wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego ($r = 0,75$) (rys. 7). Pszenica, która charakteryzowała się większą zawartością białka, glutenu i wyższym wskaźnikiem sedymentacyjnym miała również większą wartość indeksu twardości SKCS. Wcześniejsze badania (Laskowski i in. 2003, Różyło i in. 2003, Miś i Klockiewicz-Kamińska 2002, Greenaway 1969) również potwierdzają stwierdzoną zależność pomiędzy indeksem twardości a zawartością białka.

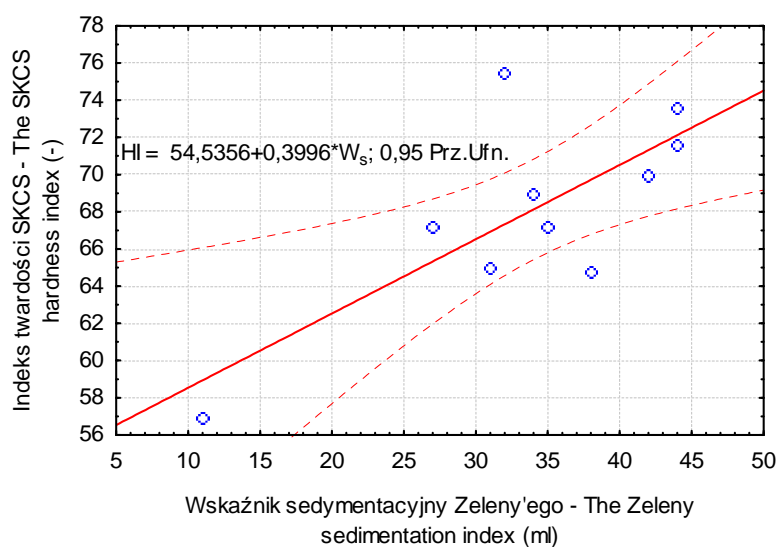
Szklistość badanych próbek mieściła się w granicach od 50% do 72,66%. Cecha ta była uzależniona od zawartości glutenu (rys. 8) i zawartości białka oraz wskaźnika sedymentacyjnego (rys. 9). Wskaźniki korelacji wynosiły odpowiednio 0,86; 0,84 i 0,83 oznacza to, że pszenice o większej szklistości charakteryzowały się wyższą zawartością glutenu i białka oraz wartością wskaźnika sedymentacyjnego. Zaobserwowane zależności przedstawiono w postaci równań regresji przedstawionych na rysunkach.



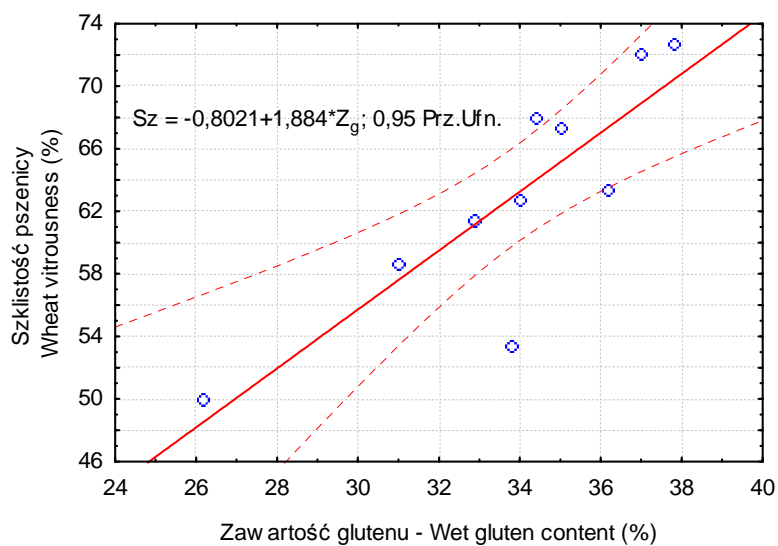
Rys. 5. Zależność pomiędzy indeksem twardości SKCS a zawartością białka w pszenicy
Fig. 5. Relationship between the SKCS hardness index and wheat protein content



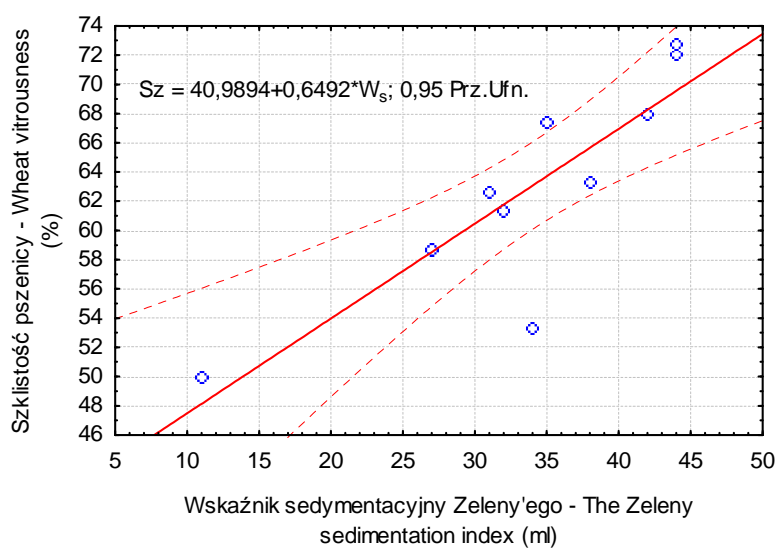
Rys. 6. Zależność pomiędzy indeksem twardości SKCS a zawartością glutenu w pszenicy
Fig. 6. Relationship between the SKCS hardness index and wet gluten content



Rys. 7. Zależność pomiędzy indeksem twardości SKCS a wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego
Fig. 7. Relationship between the SKCS hardness index and the Zeleny sedimentation index



Rys. 8. Zależność pomiędzy szklistością pszenicy a zawartością glutenu mokrego
Fig. 8. Relationship between wheat vitreousness and wet gluten content



Rys. 9. Zależność między szklistością pszenicy a wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego
Fig. 9. Relationship between wheat vitreousness and the Zeleny sedimentation index

WNIOSKI

1. Siła ściskania ziarna dla progu wytrzymałości doraźnej F_1 była dodatnio skorelowana z zawartością białka ($r = 0,82$, glutenu ($r = 0,82$) oraz wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego ($r = 0,85$)

2. Wartość pracy jednostkowej do progu wytrzymałości doraźnej ziarna zwiększała się wraz ze wzrostem zawartości popiołu w pszenicy ($r = 0,72$).

3. Zaobserwowano, wraz ze zwiększającą się wartością indeksu twardości SKCS liniowy wzrost zawartości białka, glutenu i wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego ($r = 0,68$; $r = 0,67$; $r = 0,75$).

4. Szklistość pszenicy była skorelowana zarówno z zawartością białka ($r = 0,83$), glutenu ($r = 0,84$) jak i wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego ($r = 0,86$). Ziarniaki charakteryzujące się większą szklistością posiadały zarówno większą zawartość białka, glutenu jak i wartość wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego.

5. Spośród określonych właściwości fizycznych w największym stopniu skorelowane z cechami technologicznymi były siła ściskania ziarna dla progu wytrzymałości doraźnej ($\alpha = 0,01$), szklistość ziarna pszenicy ($\alpha = 0,01$) i wskaźnik twardości SKCS ($\alpha = 0,05$). Właściwości technologiczne korelujące z tymi właściwościami fizycznymi to zawartość białka, glutenu i wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego.

PIŚMIENNICTWO

- Bettge A.D., Morris C.F., 2000. Relationships among grain hardness, pentosan fraction, and end use quality of wheat. *Cereal Chem.*, 77 (2), 241-247.
- Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., Nowakowska D., 1999. Wartość wypiekowa rodów pszenicy ozimej w porównaniu z wybranymi odmianami. *Prz. Zboż. Młyn.*, 8, 15-17.
- Callejo M.J., Gil M.J., Rodríguez G., Ruiz M.V., 1999. Effect of gluten addition and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 208, 27-32.
- Czubaszek A., Subda H., Kowalska M., Korczak B., Żmijewski M., Karolini-Skardzińska Z., 2001. Ocena chemiczna i biochemiczna mąki wybranych odmian pszenicy ozimej. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 1 (26), 77-84.
- Delwiche S.R., 1998. Protein Content of Single Kernels of Wheat by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *J. Cereal Sci.*, 27, 241-254.
- Doulliez J.P., Michon T., Elmorjani K., Marion D., 2000. Structure, Biological and Technological Functions of Lipid Binding Proteins and Indolines, the Major Lipid Binding Proteins from Cereal Kernels. *J. Cereal Sci.*, 32, 1-20.
- Duma Z., 1992. Liczba sedymentacji – wyróżnik wartości technologicznej ziarna i mąki. *Prz. Zboż. Młyn.*, 2/3, 13-14.
- Dziki D., Laskowski J., 1999a. Badania właściwości wytrzymałościowych pszenic o różnej przydatności technologicznej. *Nauka o żywności na progu XXI wieku*, 1-26.

- Dziki D., Laskowski J., 1999b. Badanie właściwości przetwórczych wybranych odmian pszenic. Nauka o żywności na progu XXI wieku. XXX Sesja Naukowa. Kraków. Streszczenia komunikatów, 10.
- Dziki D., Laskowski J., 2002. Wskaźniki przydatności technologicznej wybranych odmian ziarna pszenicy. *Inż. Roln.*, 4, 77-82.
- Gaines C.S., Finney P.F., Fleege L.M., Andrews L.C., 1996. Predicting a hardness measurement using the Single-Kernel Characterization System. *Cereal Chem.*, 73, 278-286.
- Geodecki M., Grundas S., 1999. Ocena cech technologicznych pojedynczych ziarniaków pszenicy w zależności od ich położenia w kłosie. *Prz. Zboż. Młyn.*, 4, 25-26.
- Greenaway W.T., 1969. A wheat hardness index. *Cereal Sci. Today*, 14 (2), 4-7.
- Grundas S., Miś A., Klockiewicz-Kamińska E., 1997. Technologiczne aspekty oceny podatności ziarna na uszkodzenia mechaniczne. *Prz. Zboż. Młyn.*; 8, 10-14.
- Jakubczyk T., Haber T., 1983. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wydawnictwo SGGW-AR, 49-50.
- Janiak G., Laskowski J., 1996. .Metodyka określania cech wytrzymałościowych ziarna dla potrzeb procesów przetwórczych. *Biul. Nauk. Przem. Pasz.*, 1, 45-58.
- Konopka I., Rotkiewicz D., Tańska M., 2005. Wheat endosperm hardness. Part II. Relationships to content and composition of flour lipids. *Eur. Food Res Technol.*, 220, 20-24.
- Laskowski J., Grundas S., Różyło R., 2003. Badania zależności indeksu twardości i energochłonności rozdrabniania od zawartości białka w pszenicy. Konferencja Naukowa z udziałem gości zagranicznych WSI-E, „Właściwości fizyczne roślin-ograniczenie strat plonu podczas zbioru”, Ropczyce, 26-27.06.2003. Streszczenia, 8.
- Laskowski J., Janiak G., Dziki D., 1999. Badania twardości pszenic różnymi metodami pomiarowymi. *Inż. Roln.* 9, 83-88.
- Laskowski J., Różyło R., 2003. Wpływ zawartości glutenu i szklistości na energochłonność rozdrabniania ziarna pszenicy. *Acta Agrophysica*, 2(3), 589-596.
- Michniewicz J., Klockiewicz-Kamińska E., Kołodziejczyk P., 2000. Przydatność parametrów jakościowych do oceny wartości technologicznej ziarna pszenicy w piekarstwie. *Prz. Zboż. Młyn.*, 3, 23-26.
- Miś A., Grundas S., Klockiewicz-Kamińska E., 2002. Wpływ nawożenia azotowego, rejonu uprawy i odmiany pszenicy na właściwości fizyczne pojedynczych ziarniaków i ich niejednorodność. *Acta Agrophysica*, 78, 171-184.
- Miś A., Klockiewicz-Kamińska E., 2002. Znaczenie technologiczne oceny właściwości fizycznych pojedynczych ziarniaków pszenicy i ich niejednorodności. *Acta Agrophysica*, 78, 189-197.
- Muhamad I.I., Campbell G.M., 2004. Effects of kernel hardness and moisture content on wheat breakage in the single kernel characterisation system. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 119-125.
- PN A-74043: 1994. Oznaczanie glutenu mokrego. Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-A-04018/A z 3: 2002. Produkty rolniczo-żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko (zmiana A z 3). Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN- ISO 13690: 2000. Ziarno zbóż, roślin strączkowych i przetwory zbożowe. Pobieranie próbek z partii statycznych.
- PN- ISO 5529: 1998. Pszenica. Oznaczanie wskaźnika sedymentacyjnego. Test Zeleny'ego. Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-ISO 2171: 1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie popiołu całkowitego. Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-ISO 3093: 1996. Zboża. Oznaczanie liczby opadania. Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-ISO 7971-2: 1998. Ziarno zbóż. Oznaczanie gęstości w stanie zsypanym zwanej „masą hektolitra”. Polski Komitet Normalizacyjny.

- Różyło R., Laskowski J., Grundas S., 2003. Badania zależności indeksu twardości i energochłonności rozdrabniania od zawartości białka w pszenicy. *Acta Agrophysica*: vol. 2(1), 173-178.
- Sadkiewicz J., 1998. Szklistość ziarna-ważny parametr w ocenie jakości pszenicy. *Prz. Zboż. Młyn.*, 5, 18-19.
- Sissons M.J., Osborne B.G., Hare R.A., Sissons S.A., Jackson R., 2000. Application of the Single-Kernel Characterisation System to durum wheat testing and quality prediction. *Cereal Chem.*, 77 (1), 4-10.
- Sitkowski T., 1998. Jakie ziarno do przemiału? Ocena wartości przemiałowej ziarna pszenicy wyznacznikiem przydatności do przemiału na mąkę. *Prz. Zboż. Młyn.*, 5, 8-11.
- Turnbull K.M., Rahman S., 2002. Endosperm texture in wheat. *J. Cereal Sci.*, 36, 327-337.

STUDY OF RELATIONSHIPS BETWEEN PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF SPRING WHEAT GRAIN

Renata Różyło, Janusz Laskowski

Department of Machine Operation in Food Industry, Agricultural University
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin
e-mail: renata.rozylo@ar.lublin.pl

Abstract. The objective of this study was to determine the relationships between chosen wheat physical and technological properties. Ten Polish spring wheat cultivars (Hezja, Kontesa, Torka, Zebra, Eta, Santa, Nawra, Jasna, Koksa, Kosma) were used in the study. The parameters recorded were: vitreousness, bulk density, the SKCS hardness index, grain strength properties and protein and gluten content, the Zeleny sedimentation volume, falling number and ash content. Investigations and their statistical analysis showed significant linear positive influence of the hardness index and force at the rapture point on the Zeleny sedimentation index ($r = 0.75; 0.85$). Additionally, those physical parameters were correlated with wheat protein content ($r = 0.68; 0.82$) and gluten content ($r = 0.67; 0.82$). The vitreousness of wheat grain was the most correlated with the Zeleny sedimentation index ($r = 0.86$).

Key words: wheat, physical properties, strength properties of grain, technological properties