

<sup>1</sup> Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,  
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin  
e-mail: [leszek.rachon@up.lublin.pl](mailto:leszek.rachon@up.lublin.pl)

<sup>2</sup> Zakład Produkcji Roślinnej i Bezpieczeństwa Żywności, Wyższa Państwowa Szkoła Zawodowa  
im. S. Pigoń w Krośnie, 38-400 Krosno, ul. Dmochowskiego 12

<sup>3</sup> Katedra Ogólnej Technologii Żywności i Żywienia Człowieka, Instytut Technologii Żywności  
i Żywienia, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski,  
ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

LESZEK RACHOŃ<sup>1</sup> , BARBARA KROCHMAL-MARCZAK<sup>2</sup> ,  
TOMASZ CEBULAK<sup>3</sup> 

## **Przydatność ziarna jarej pszenicy zwyczajnej, twardej i orkiszowej do produkcji pieczywa w zależności od intensywności technologii produkcji**

Suitability of common, durum and spelt spring wheat grain for bread production  
depending on the intensity of production technology

**Streszczenie.** Przedmiotem opracowania były wyniki uzyskane ze ścisłych doświadczeń polowych prowadzonych w latach 2012–2013 w Katedrze Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, na terenie Gospodarstwa Doświadczalnego Felin (51°22'N, 22°64'E) należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. W badaniach uwzględniono odmiany 3 gatunków pszenicy jarej: *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* 'Parabola', *Triticum durum* 'SMH87' i *Triticum aestivum* ssp. *spelta* 'Blauer Samtiger'. Oceniono przydatność ziarna do produkcji pieczywa przy różnej intensywności technologii produkcji. Odmiana 'Blauer Samtiger' wyróżniała się najlepszymi wskaźnikami jakościowymi, co skutkowało najwyższą oceną punktową i zakwalifikowaniem pieczywa do I klasy jakości. Wraz ze wzrostem intensywności technologii produkcji wzrastała zawartość białka, ilość glutenu i objętość pieczywa. Badane gatunki pszenicy odmiennie reagowały na intensywność technologii produkcji. Polepszała się jakość pieczywa uzyskanego z ziarna pszenicy zwyczajnej, a pogarszała – z pszenicy orkiszowej i twardej, co wskazuje na jej przydatność do uprawy w warunkach bardziej ekstensywnych, np. w gospodarstwach ekologicznych – do produkcji zdrowej żywności, zwłaszcza w przypadku pszenicy orkiszowej.

**Słowa kluczowe:** pszenica zwyczajna, pszenica twarda, pszenica orkisz, jakość, intensywność technologii produkcji, pieczywo

## WSTĘP

Chleb jest ważnym produktem pochodzenia zbożowego. Spożycie jego odgrywa istotną rolę w zaspokajaniu zapotrzebowania organizmu na podstawowe substancje odżywcze takie jak białko, węglowodany, błonnik pokarmowy, witaminy czy sole mineralne [Dewettinck i in. 2008]. Spośród gatunków zbóż pszenica jest najczęściej wykorzystywana do produkcji pieczywa. Konkurencja na rynku spożywczym i wzrastające wymagania konsumenckie powodują ciągłe poszukiwanie atrakcyjnych surowców żywnościowych. Dużym zainteresowaniem cieszy się zdrowa żywność wytworzona z surowców pochodzących z gospodarstw ekologicznych. Oprócz tradycyjnej pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) coraz częściej na naszych polach pojawia się pszenica orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*). Jej głównymi walorami są niewielkie wymagania siedliskowe (aspekt ekonomiczny) i cenne właściwości odżywcze (aspekt żywieniowy) [Luo i in. 2000, Sulewska 2004, Escarnot i in. 2012, Sawicka i Krochmal-Marczak 2014, Rachoń i in. 2015].

Podjęte badania miały na celu określenie przydatności ziarna pszenicy zwyczajnej, twardej i orkiszowej do produkcji pieczywa w zależności od intensyfikacji technologii produkcji. Hipoteza badawcza zakładała, że reakcja poszczególnych gatunków będzie zróżnicowana w zależności od zmiany w technologii produkcji.

## MATERIAŁ I METODY

Ścisłe badania polowe przeprowadzono w latach 2012–2013 w Gospodarstwie Doświadczalnym Felin (51°22'N, 22°64'E), należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Pole doświadczalne zlokalizowane było na glebie wytworzonej z pyłów pochodzenia lessowego, zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego. Eksperyment dwuczynnikowy przeprowadzono metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach.

Czynnikami I rzędu były gatunki i odmiany pszenicy jarej:

- pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) – odmiana ‘Parabola’,
- pszenica twarda (*Triticum durum*) – odmiana ‘SMH 87’,
- pszenica orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) – odmiana ‘Blauer Samtiger’.

Czynnikami II rzędu były zastosowane poziomy agrotechniki:

- przeciętny poziom agrotechniki: nawożenie mineralne (N – 70, P – 30,5 i K – 99,6 kg·ha<sup>-1</sup>), zaprawianie ziarna i zwalczanie chwastów;
- wysoki poziom agrotechniki: zwiększone nawożenie azotowe (N – 140, P – 30,5 i K – 99,6 kg·ha<sup>-1</sup>), zaprawianie ziarna, zwalczanie chwastów, dwa zabiegi przeciw chorobom, insektycyd i regulator wzrostu.

W warunkach przeciętnego poziomu agrotechniki zastosowano 3 dawki nawożenia azotem: 30 kg·ha<sup>-1</sup> przed siewem, 20 kg·ha<sup>-1</sup> w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 35–39) i 20 kg·ha<sup>-1</sup> w fazie kłoszenia (BBCH 51–53). Przed siewem ziarno pszenicy zaprawiano preparatem Baytan Universal 094 FS w ilości 400 ml środka z dodatkiem 200 ml wody na 100 kg ziarna. Do niszczenia chwastów jednoliściennych i dwuliściennych zastosowano w fazie krzewienia (BBCH 25–28) herbicydy Attribut 70 WG (60 g·ha<sup>-1</sup>) oraz Sekator 125 OD (0,10 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>).

W warunkach wysokiego poziomu agrotechniki zastosowano  $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  przed siewem,  $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 35–39) i  $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  w fazie kłoszenia (BBCH 51–53). W celu ochrony łanu przed wyleganiem, na początku fazy strzelania w źdźbło (BBCH 30–32) zastosowano Antywylegacz Płynny 675 SL ( $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Przeciw chorobom grzybowym wykorzystano Tango Star 334 SE ( $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) na początku fazy strzelania w źdźbło (BBCH 30–32) oraz Artea 330 EC ( $0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w końcu fazy kłoszenia (BBCH 58–59). W okresie występowania szkodników zastosowano insektycyd Sumi-Alpha 050 EC ( $0,25 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Uprawa roli była typowa dla systemu płuznego. Po zbiorze przedplonu wykonano zespół uprawek poźniowych oraz zastosowano nawożenie fosforowe i potasowe. Powierzchnia poletek do siewu wynosiła  $22 \text{ m}^2$ , a do zbioru  $10 \text{ m}^2$ . Siew wykonywano w stanowisku po rzepaku ozimym w optymalnych terminach agrotechnicznych, w ilości 500 ziaren na  $1 \text{ m}^2$ .

Przemiał ziarna pszenicy przeprowadzono w Laboratorium Oceny Jakości Surowców Roślinnych w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej im. Stanisława Pigionia w Krośnie. Przy optymalnej wilgotności ziarna określono zawartość białka ogółem (metodą Kjeldahla  $\times 5,75$ ) oraz ilość glutenu mokrego [PN-EN ISO 21415-2:2008]. Wykonano przemiał ziarna w czterowalcowym młynie laboratoryjnym i ocenę wilgotności mąki metodą suszarkową [PN-ISO 712:2002] oraz przeprowadzono próbny wypiek chleba. Ciasto prowadzono metodą bezpośrednią (jednofazową) w 3 powtórzeniach. Pieczywo pozostawiano na 24 h w temperaturze pokojowej. Ważono je ponownie w celu wyliczenia wydajności pieczywa i upieku, na którego podstawie ustalono: wydajność pieczywa, stratę piecową, stratę wypiekową całkowitą, objętość pieczywa.

Wydajność pieczywa, tzw. przypiek, czyli ilość pieczywa otrzymaną ze 100 części wagowych mąki o wilgotności 15%, wyrażoną w jednostkach masy, obliczano na podstawie wzoru:

$$\text{Wydajność pieczywa} = \frac{a \cdot 100}{m}$$

gdzie:

$a$  – masa ciasta po fermentacji (g),

$m$  – masa użytej do wypieku mąki o wilgotności 15% (250 g).

Stratę piecową, tzw. upiek, czyli różnicę pomiędzy masą uformowanego kęsa ciasta a masą pieczywa gorącego, obliczano ze wzoru:

$$\text{Strata piecowa} = \frac{(a - b) \cdot 100}{a}$$

gdzie:

$a$  – masa ciasta uformowanego do wypieku (g),

$b$  – masa pieczywa gorącego, ważonego bezpośrednio po wyjęciu z pieca.

Stratę wypiekową całkowitą, stanowiącą różnicę między masą uformowanego kęsa ciasta a masą pieczywa ostudzonego, wyrażoną w procentach w stosunku do masy ciasta uformowanego do wypieku, obliczano ze wzoru:

$$\text{Strata wypiekowa całkowita} = \frac{(a - c) \cdot 100}{a}$$

gdzie:

$a$  – masa ciasta uformowanego do wypieku (g),

$c$  – masa pieczywa ochłodzonego, po 24 h od wypieku (g).

Objętość pieczywa określano ( $V_{100}$ ) z wykorzystaniem aparatu Sa – Wy (ZBPP Bydgoszcz) wg PN-A-74108:1996 i obliczano ją na podstawie wzoru:

$$\text{Objętość pieczywa} = \frac{V_{\text{sr}}}{m} \cdot 100$$

gdzie:

$V_{\text{sr}}$  – średnia objętość mierzonej sztuki pieczywa ( $\text{cm}^3$ ),

$m$  – masa mierzonej sztuki (g).

Przeprowadzono również organoleptyczną ocenę pieczywa zgodnie z polską normą PN-A-74108:1996. Według punktowej skali ocen 10-osobowy zespół ocenił cechy sensoryczne: wygląd zewnętrzny, cechy skórki i miękiszu, smak i zapach oraz wskaźniki fizykochemiczne: kwasowość, wilgotność i objętość. Według Karolini-Skradzińskiej i in. [2010] do klasy I kwalifikuje się pieczywo, które uzyskało 40–36 pkt, do II – 35–31 pkt, do III – 30–26 pkt. Pieczywo, które uzyskało wynik poniżej 8 pkt jest dyskwalifikowane. Większość wyników badań opracowano statystycznie – metodą analizy wariancji (ANOVA), z użyciem programu Statistica 12 PL, oceniając istniejące różnice za pomocą testu post-hoc HSD (*honest significant difference*) Tukeya na poziomie istotności  $p \leq 0,05$ .

#### WARUNKI GLEBOWE

Doświadczenia polowe realizowano na glebie wytworzonej z pyłów pochodzenia lessowego, cechującego się znaczną zdolnością do zatrzymywania wody. Gleba ta wolno się nagrzewa, natomiast po deszczu z łatwością zaskorupia. Na podstawie składu granulometrycznego (uziarnienie) glebę tę można zaliczyć do grupy granulometrycznej pyłów i podgrupy pyłów gliniastych, a w kategorii ciężkości agronomicznej – do gleb średnich [PTG 2009]. Zawiera ona 1,3% próchnicy oraz cechuje się odczynem kwaśnym,  $\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,0$ . Gleba ta wyróżnia się następującą zawartością makroelementów przyswajalnych dla roślin ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ): K – wysoka (180,1), P – wysoka (78,9) i Mg – niska (39,5), natomiast zawartość mikroelementów kształtuje się na poziomie od średniej (Mn, Zn, Fe) do niskiej (B, Cu).

#### WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Zawartość białka oraz ilość glutenu w ziarnie pszenicy są jednymi z ważniejszych parametrów świadczącymi o jego przydatności do produkcji pieczywa [Rachoń i Kulpa 2004]. Przeprowadzone badania wykazały istotne różnice w zawartości białka ogółem i ilości glutenu w zależności od badanych gatunków, intensywności technologii uprawy i lat badań (tab. 2). Najwyższą zawartością białka i ilością glutenu w ziarnie pszenicy

cechowała się odmiana 'Blauer Samtiger' pszenicy orkisz, odpowiednio 17,90 i 44,08%. Istotnie niższe zawartości odnotowano w ziarnie pszenicy twardej 'SMH87' (o 1,61 i 8,58 p.p.) i pszenicy zwyczajnej 'Parabola' (o 2,68 i 9,06 p.p.). Uzyskane wyniki są zgodne z wynikami badań innych autorów [Piergiovani i in. 1996, Rachoń i Szumiło 2009, Rachoń i in. 2015, Szafrńska i in. 2015]. Krawczyk i in. [2008] otrzymali zawartość białka ogółem w pszenicy zwyczajnej na poziomie 13,1%, a glutenu mokrego 31,4% oraz u kilku genotypów orkisz białko w zakresie 13,1–16,4%, a ilość wymytego glutenu 35–45,9%. Majewska i in. [2007] uzyskali w mąkach otrzymanych z 7 odmian pszenicy orkisz wyższą ilość glutenu mokrego (27,3 – 45,6%) i – poza jedną odmianą ('Celario') – wyższą zawartość białka ogółem niż w mące z pszenicy zwyczajnej. Z kolei Sobczyk i in. [2017] przeciwnie, średnio uzyskały niższą zawartość białka, jak również białek glutenowych w pszenicy orkisz w porównaniu z pszenicą zwyczajną. Piergiovani i in. [1996], porównując trzy gatunki pszenicy: płaskurkę, orkisz i durum, najwyższą średnią zawartość białka odnotowali w pszenicy orkisz (17,1%), następnie w płaskurce (16,7%) i odmianach pszenic durum (15,3%). Podobnie kształtowała się zawartość glutenu.

Wraz ze wzrostem intensywności technologii produkcji rosła zawartość białka (z 15,72 do 16,86%) i zawartość glutenu (z 36,48 do 39,87%), niezależnie od porównywanych odmian i gatunków. Podobne zależności uzyskali Podolska i Wyzińska [2013], Sułek [2014] oraz Woźniak [2006]. Woźniak [2009], oceniając zawartość białka i glutenu w pszenicy durum 'Floradur', niezależnie od systemu uprawy roli, przy nawożeniu 90 kg N·ha<sup>-1</sup> uzyskał 14,4% białka ogółem i 30,2% glutenu mokrego, a przy 150 N kg·ha<sup>-1</sup> odpowiednio 15,1 i 32,1%.

Okres wegetacji w 2012 r. okazał się bardziej korzystny dla omawianych wskaźników (tab. 1). W porównaniu z rokiem 2013 wystąpiła mniejsza ilość opadów w okresie nalewania ziarna i kształtowania się cech jakościowych (czerwiec, lipiec, początek sierpnia), w 2012 odnotowano również wysokie temperatury. Zawartość białka była większa o 1,46 p.p., a ilość glutenu o 5,86 p.p.

Tabela 1. Opady i temperatura powietrza w latach 2012–2013 w zestawieniu ze średnimi wieloletnimi (1951–2000) wg Obserwatorium Meteorologicznego w Felinie  
Table 1. Rainfall and air temperatures of the years 2012–2013 as compared to the long-term mean figures (1951–2000), according to the Meteorological Observatory at Felin

Czynniki pogodowe Weather factors	Rok Year	Miesiące – Months							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Opady Rainfall (mm)	2012	33,6	22,1	28,6	34,0	56,3	62,8	52,3	37,6
	2013	57,7	28,5	60,8	51,1	101,6	105,9	126,1	17,8
	LYM	23,4	25,8	28,0	39,0	60,7	65,9	82,0	70,7
Temperatura powietrza Air temperature (°C)	2012	-1,8	-7,1	4,3	9,5	15,0	17,3	21,5	19,2
	2013	-3,8	-1,0	-2,4	8,1	15,3	18,5	19,2	19,2
	LYM	-3,7	-2,8	1,0	7,4	13,0	16,3	18,0	17,2

LYM – średnie dla wielolecia – long years mean 1951–2010

Tabela 2. Cechy jakościowe ziarna pszenicy  
Table 2. Quality features of wheat grain

Parametr Parameter	Gatunek pszenicy Wheat species	Intensywność technologii produkcji Production technology intensity		Rok zbioru Crop year		Średnio Mean
		przeciętna medium	wysoka high	2012	2013	
Białko ogółem Total protein (%)	<i>T. aestivum</i>	14,45 <sup>a</sup>	15,94 <sup>b</sup>	15,81 <sup>c</sup>	14,62 <sup>a</sup>	15,22 <sup>A</sup>
	<i>T. durum</i>	15,90 <sup>b</sup>	16,65 <sup>c</sup>	16,64 <sup>b</sup>	15,95 <sup>d</sup>	16,29 <sup>B</sup>
	<i>T. spelta</i>	16,80 <sup>c</sup>	18,00 <sup>d</sup>	19,14 <sup>a</sup>	16,65 <sup>c</sup>	17,90 <sup>C</sup>
	średnio – mean	15,72 <sup>A</sup>	16,86 <sup>B</sup>	17,20 <sup>B</sup>	15,74 <sup>A</sup>	–
Gluten mokry Wet gluten (%)	<i>T. aestivum</i>	31,85 <sup>a</sup>	38,10 <sup>c</sup>	36,13 <sup>b</sup>	33,91 <sup>a</sup>	35,02 <sup>A</sup>
	<i>T. durum</i>	34,84 <sup>b</sup>	36,16 <sup>b</sup>	37,10 <sup>bc</sup>	33,89 <sup>a</sup>	35,50 <sup>A</sup>
	<i>T. spelta</i>	42,76 <sup>d</sup>	45,35 <sup>e</sup>	50,16 <sup>d</sup>	38,00 <sup>c</sup>	44,08 <sup>B</sup>
	średnio – mean	36,48 <sup>A</sup>	39,87 <sup>B</sup>	41,13 <sup>B</sup>	35,27 <sup>A</sup>	–
Liczba opadania Falling number (s)	<i>T. aestivum</i>	325 <sup>a</sup>	333 <sup>a</sup>	335 <sup>b</sup>	323 <sup>b</sup>	329 <sup>A</sup>
	<i>T. durum</i>	367 <sup>b</sup>	357 <sup>b</sup>	435 <sup>d</sup>	290 <sup>a</sup>	363 <sup>B</sup>
	<i>T. spelta</i>	385 <sup>c</sup>	363 <sup>b</sup>	388 <sup>c</sup>	370 <sup>c</sup>	379 <sup>C</sup>
	średnio – mean	359 <sup>A</sup>	351 <sup>A</sup>	386 <sup>B</sup>	328 <sup>A</sup>	–

Różne litery oznaczają wartości średnie różniące się statystycznie istotnie między sobą (test Tukeya HSD, przy poziomie istotności  $p \geq 0,95$ )

Different letters indicate mean values differing statistically significantly among themselves (Tukey's HSD test, at a significance level of  $p \geq 0.95$ )

Liczba opadania Hagberga wskazuje na aktywność alfa-amylazy w ziarnie i zdaniem Woźniaka i Gontarza [2003], jeśli doszło do porośnięcia zboża, należy się spodziewać, że liczba opadania będzie niższa niż ta cechująca ziarniaki o niskiej aktywności alfa-amylazy. W przeprowadzonych badaniach własnych odnotowano zróżnicowanie tego parametru w obrębie badanych odmian i lat. Należy zaznaczyć, że wszystkie gatunki spełniały wymogi stawiane surowcowi do produkcji pieczywa. W analizowanym doświadczeniu najwyższą wartość tego wyróżnika jakościowego cechowała pszenicę orkiszową – 379 s, niższą pszenicę durum – 363 s, a najniższą pszenicę zwyczajną – 329 s (tab. 2). Podobnie u Szafrąńskiej i in. [2015] najwyższy wskaźnik (223 s) stwierdzono u pszenicy orkiszowej, istotnie niższy (198 s) u pszenicy zwyczajnej. W badaniach Sobczyk i in. [2017] liczba opadania mąki orkiszowej zawierała się w przedziale 257–364 s, natomiast mąki z pszenicy zwyczajnej – 271 s. Z kolei wg Majewskiej i in. [2007] mąka z pszenicy orkiszowej charakteryzowała się wartościami tego wskaźnika w zakresie 215–315 s, zwyczajnej – 278 s, a wg Krawczyka i in. [2008] odpowiednio 270–331 s dla mąki orkiszowej i 296 s

dla mąki z pszenicy zwyczajnej. W badaniach Rachonia [2001] odnotowano istotne różnicowanie liczby opadania dla pszenicy durum w latach badań. Liczba ta zależała też od terminu siewu, warunków pogodowych i odmian.

Sulek [2014], analizując pszenicę zwyczajną, wykazała, że liczba opadania nie zależy od ilości zastosowanego nawożenia azotowego i uzyskała wartości powyżej 300 s. Brak wpływu nawożenia azotowego potwierdziła także Podolska [2007]. Koresponduje to z badaniami własnymi, w których nie odnotowano wpływu intensyfikacji technologii produkcji na wartość liczby opadania. Z kolei Woźniak [2009] dla pszenicy durum 'Floradur' podaje, że niższy poziom nawożenia azotowego przyczyniał się do zwiększenia liczby opadania, niezależnie od uprawy roli (401 s), w stosunku do poziomu wyższego: 150 kg·ha<sup>-1</sup> azotu (366 s).

Tabela 3. Charakterystyka próbnego wypieku  
Table 3. Characteristics of experimental baking

Parametr Parameter	Gatunek pszenicy Wheat species	Intensywność technologii produkcji Production technology intensity		Rok zbioru Crop year		Średnio Mean
		przeciętna medium	wysoka high	2012	2013	
Strata piecowa (upiek) Oven loss (%)	<i>T. aestivum</i>	18,60 <sup>e</sup>	15,94 <sup>b</sup>	15,09 <sup>b</sup>	19,45 <sup>e</sup>	17,27 <sup>C</sup>
	<i>T. durum</i>	17,30 <sup>d</sup>	14,18 <sup>a</sup>	13,83 <sup>a</sup>	17,66 <sup>d</sup>	15,74 <sup>B</sup>
	<i>T. spelta</i>	16,56 <sup>c</sup>	13,95 <sup>a</sup>	13,45 <sup>a</sup>	17,06 <sup>c</sup>	15,25 <sup>A</sup>
	średnio – mean	17,49 <sup>B</sup>	14,69 <sup>A</sup>	14,12 <sup>A</sup>	18,06 <sup>B</sup>	–
Całkowita strata wypiekowa Total baking weight loss (%)	<i>T. aestivum</i>	24,73 <sup>a</sup>	29,16 <sup>d</sup>	25,93 <sup>ab</sup>	27,66 <sup>c</sup>	26,80 <sup>B</sup>
	<i>T. durum</i>	27,89 <sup>c</sup>	27,56 <sup>c</sup>	29,34 <sup>d</sup>	26,11 <sup>b</sup>	27,73 <sup>C</sup>
	<i>T. spelta</i>	25,95 <sup>b</sup>	24,51 <sup>a</sup>	24,97 <sup>a</sup>	25,50 <sup>ab</sup>	25,23 <sup>A</sup>
	średnio – mean	26,19 <sup>A</sup>	27,08 <sup>A</sup>	26,75 <sup>A</sup>	26,42 <sup>A</sup>	–
Wydajność pie- czywa (przypiek) Bread efficiency (%)	<i>T. aestivum</i>	124,1 <sup>ab</sup>	121,3 <sup>d</sup>	126,6 <sup>b</sup>	118,8 <sup>c</sup>	122,7 <sup>B</sup>
	<i>T. durum</i>	118,4 <sup>c</sup>	123,8 <sup>a</sup>	120,8 <sup>a</sup>	121,3 <sup>a</sup>	121,1 <sup>A</sup>
	<i>T. spelta</i>	125,7 <sup>b</sup>	124,8 <sup>ab</sup>	124,0 <sup>d</sup>	126,4 <sup>b</sup>	125,2 <sup>C</sup>
	średnio – mean	122,7 <sup>A</sup>	123,3 <sup>A</sup>	123,8 <sup>B</sup>	122,2 <sup>A</sup>	–
Objętość 100 g pieczywa (V <sub>100</sub> ) Volume of 100 g bread (cm <sup>3</sup> )	<i>T. aestivum</i>	339,4 <sup>ac</sup>	355,0 <sup>ab</sup>	341,3 <sup>ab</sup>	353,1 <sup>bc</sup>	347,2 <sup>A</sup>
	<i>T. durum</i>	359,0 <sup>b</sup>	356,0 <sup>ab</sup>	365,0 <sup>c</sup>	350,0 <sup>abc</sup>	357,5 <sup>B</sup>
	<i>T. spelta</i>	333,2 <sup>c</sup>	350,1 <sup>abc</sup>	348,4 <sup>abc</sup>	334,8 <sup>a</sup>	341,6 <sup>A</sup>
	średnio – mean	343,9 <sup>A</sup>	353,7 <sup>B</sup>	351,6 <sup>A</sup>	346,0 <sup>A</sup>	–

Różne litery oznaczają wartości średnie różniące się statystycznie istotnie między sobą (test Tukeya HSD, przy poziomie istotności  $p \geq 0,95$ )

Different letters indicate mean values differing statistically significantly among themselves (Tukey's HSD test, at a significance level of  $p \geq 0.95$ )

W prezentowanych badaniach istotnie wyższą liczbę opadania (386 s) odnotowano w sezonie wegetacyjnym 2012 r., w którym suma opadów była niższa.

Próbny wypiek to końcowy etap umożliwiający całkowitą ocenę ziarna i mąki. Na podstawie przeprowadzonych badań można określić poprawność przebiegu procesu technologicznego, jak również zgodność z wymogami stawianymi przez obowiązujące normy [Wianecki i in. 2009]. Spośród porównywanych gatunków i odmian najniższą całkowitą stratą wypiekową i stratą piecową, tzw. upiekaniem, wyróżniała się odmiana 'Blauer Samtiger' pszenicy orkiszowej, odpowiednio 25,23 i 15,25% (tab. 3). Wyższe wartości uzyskały 2 pozostałe gatunki pszenicy. Odmiana pszenicy orkiszowej cechowała się również najlepszą wydajnością pieczywa, tzw. przypiekaniem – 125,2%. Wydajność pieczywa otrzymanego z pszenicy twardej była niższa o 4,1 p.p., a z pszenicy zwyczajnej o 2,5 p.p. Badania prowadzone przez Szumiło i in. [2009] nie wykazały istotnych różnic między pszenicą zwyczajną, twardą i orkiszową. Według Kasprzak i Wirkijowskiej [2013] wydajność pieczywa dla chleba pszennego powinna mieścić się w zakresie 113–149%.

Największą objętość pieczywa (357 cm<sup>3</sup>) stwierdzono dla chleba uzyskanego z mąki pszenicy twardej (tab. 3). Niższe, porównywalne wartości odnotowano dla produktu otrzymanego z mąki pszenicy zwyczajnej i orkiszowej. Achremowicz i in. [1999] potwierdzają, że pszenica orkiszowa nie odbiega pod względem tej cechy od pszenicy zwyczajnej.

Zwiększenie intensywności technologii produkcji, niezależnie od badanych gatunków, zmniejszało stratę piecową i zwiększało objętość pieczywa.

Ocena organoleptyczna pieczywa wykazała, że zróżnicowanie surowca (gatunki pszenicy), z którego otrzymano chleb, nie powodowało zmian w wyglądzie zewnętrznym, cechach skórki i miękiszu (poza elastycznością), wilgotności i kwasowości (tab. 4).

Podsumowaniem oceny pieczywa jest ocena punktowa, która wyznacza klasy jakości pieczywa. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że najwyższej jakości pieczywo uzyskano z mąki pszenicy orkisz (tab. 4). Uzyskało ono 37 pkt i zakwalifikowano je do najwyższej – I klasy jakości. Chleb wyprodukowany z ziarna pszenicy zwyczajnej i twardej zakwalifikowano do II klasy jakości.

Zróżnicowanie intensywności technologii produkcji spowodowało odmienną reakcję badanych gatunków pszenicy. Wraz ze wzrostem intensywności technologii poprawiała się jakość pieczywa z pszenicy zwyczajnej, a malała z pszenicy orkiszowej i twardej, co potwierdzałoby ich przydatność do uprawy w warunkach bardziej ekstenywnych, np. w gospodarstwach ekologicznych, zwłaszcza w przypadku pszenicy orkiszowej.

Przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym 2012 r. okazał się bardziej korzystny dla surowca do produkcji pieczywa (I klasa) w porównaniu z sezonem 2013 (II klasa). Nieco niższe opady i ich bardziej równomierny rozkład w 2012 r. spowodowały, że większość parametrów jakościowych była lepsza (wyższa zawartość białka, większa ilość glutenu, niższa strata piecowa, wyższa wydajność i większa objętość pieczywa).



Tabela 4. Wyniki oceny organoleptycznej pieczywa (pkt)  
Table 4. Results of organoleptic characteristic of bread (points)

Parametr Parameter	Gatunek pszenicy Wheat species	Intensywność technologii produkcji Production technology intensity		Rok zbioru Crop year		Średnio Mean
		przeciętna medium	wysoka high	2012	2013	
Wygląd zewnątrzny Outward appearance	<i>T. aestivum</i>	3	5	5	3	4
	<i>T. durum</i>	4	5	5	4	4
	<i>T. spelta</i>	4	5	5	4	4
	średnio – mean	4	5	5	4	–
Barwa skórki Crust colour	<i>T. aestivum</i>	3	3	3	3	3
	<i>T. durum</i>	3	3	3	3	3
	<i>T. spelta</i>	3	3	3	3	3
	średnio – mean	3	3	3	3	–
Grubość skórki Crust thickness	<i>T. aestivum</i>	4	4	4	3	4
	<i>T. durum</i>	4	3	4	4	4
	<i>T. spelta</i>	4	4	4	4	4
	średnio – mean	4	3	4	4	–
Pozostałe cechy skórki Other features of crust	<i>T. aestivum</i>	4	4	4	4	4
	<i>T. durum</i>	4	3	4	4	4
	<i>T. spelta</i>	4	4	4	4	4
	średnio – mean	4	3	4	4	–
Elastyczność miękiszu Crumb elasticity	<i>T. aestivum</i>	3	4	4	3	3
	<i>T. durum</i>	4	3	4	4	4
	<i>T. spelta</i>	4	4	4	4	4
	średnio – mean	4	4	4	4	–
Porowatość miękiszu Crumb porosity	<i>T. aestivum</i>	3	3	3	2	3
	<i>T. durum</i>	3	3	4	3	3
	<i>T. spelta</i>	3	3	4	3	3
	średnio – mean	3	3	3	3	–
Pozostałe cechy miękiszu Other features of crumb	<i>T. aestivum</i>	3	3	3	2	3
	<i>T. durum</i>	3	3	3	3	3
	<i>T. spelta</i>	3	3	3	3	3
	średnio – mean	3	3	3	3	–
Smak i zapach Taste and flavor	<i>T. aestivum</i>	3	3	5	2	3
	<i>T. durum</i>	5	3	5	3	4
	<i>T. spelta</i>	5	3	5	3	4
	średnio – mean	4	3	5	3	–

Objętość Volume	<i>T. aestivum</i>	3	3	3	3	3
	<i>T. durum</i>	3	3	3	3	3
	<i>T. spelta</i>	3	3	3	3	3
	średnio – mean	3	3	3	3	–
Wilgotność Moisture	<i>T. aestivum</i>	2	2	2	2	2
	<i>T. durum</i>	2	2	2	2	2
	<i>T. spelta</i>	2	2	2	2	2
	średnio – mean	2	2	2	2	–
Kwasowość Acidity	<i>T. aestivum</i>	3	3	3	3	3
	<i>T. durum</i>	3	3	3	3	3
	<i>T. spelta</i>	3	3	3	3	3
	średnio – mean	3	3	3	3	–
Suma punktów Total points	<i>T. aestivum</i>	32	34	39	30	34
	<i>T. durum</i>	38	33	38	33	35
	<i>T. spelta</i>	38	35	38	35	37
	średnio – mean	36	34	38	33	–
Klasa jakości Quality grade	<i>T. aestivum</i>	2	2	1	3	2
	<i>T. durum</i>	1	2	1	2	2
	<i>T. spelta</i>	1	2	1	2	1
	średnio – mean	1	2	1	2	–

#### WNIOSKI

1. Spośród porównywanych gatunków pszenicy odmiana ‘Blauer Samtiger’ (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) wyróżniała się najlepszymi wskaźnikami jakościowymi, tj. największymi: zawartością białka ogółem, ilością glutenu, liczbą opadania i wydajnością pieczywa oraz niską stratą piecową, co skutkowało najwyższą oceną punktową i zakwalifikowaniem pieczywa do I klasy jakości.

2. Wraz ze zwiększaniem intensywności technologii produkcji, niezależnie od gatunków i lat badań, wzrastała zawartość białka ogółem, ilość glutenu oraz objętość pieczywa.

3. Zróżnicowanie intensywności technologii produkcji spowodowało odmienną reakcję badanych gatunków pszenicy. Wraz ze wzrostem intensywności technologii poprawiała się jakość pieczywa wyprodukowanego z mąki ziarna pszenicy zwyczajnej, a pogarszała – z pszenicy orkiszowej i twardej, co potwierdzałoby ich przydatność do uprawy w warunkach bardziej ekstensywnych, np. w gospodarstwach ekologicznych, do produkcji zdrowej żywności, zwłaszcza w przypadku pszenicy orkiszowej.

## PIŚMIENNICTWO

- Achremowicz B., Kulpa D., Mazurkiewicz J., 1999. Technologiczna ocena ziarna pszenic orkiszowych. Zesz. Nauk. AR Kraków 360, 11–17.
- Dewettinck K., Van Bockstaele F., Kühne B., Van de Walle D., Courtens T., Gellynck X., 2008. Nutritional value of bread. Influence of processing, food interaction and consumer perception. J. Cereal Sci. 48, 243–257. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.01.003>
- Escarnot E., Jacquemin J.M., Agneessens R., Paquot M., 2012. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 16(2), 243.
- Karolini-Skradzińska Z., Czubaszek A., Łuczak D., Frączak A., 2010. Jakość ciasta i pieczywa pszennego z dodatkiem serwatki. Żywn. Nauka Technol. Jakość 6(73), 46–57.
- Kasprzak M., Wirkijowska A., 2013. Charakterystyka wybranych wskaźników technologicznych ziarna pszenicy zwyczajnej. Acta Agrophys. 20(1), 77–89.
- Krawczyk P., Ceglińska A., Kardialik, J., 2008. Porównanie wartości technologicznej ziarna orkiszu z pszenicą zwyczajną. Żywn. Nauka Technol. Jakość 15(5), 43–51.
- Luo M.C., Yang Z.L., Dvořák J., 2000. The Q locus of Iranian and European spelt wheat. Theor. Appl. Genet. 100(3–4), 602–606. <https://doi.org/10.1007/s001220050079>
- Majewska K., Dąbkowska E., Żuk-Gołaszewska K., Tyburski J., 2007. Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkiszu (*Triticum spelta* L.). Żywn. Nauka Technol. Jakość 14(2), 60–71.
- Piergiovanni A.R., Laghetti G., Perrino P., 1996. Characteristics of Meal from Hulled Wheats (*Triticum dicoccon* Schrank and *T. spelta* L.): An Evaluation of Selected Accessions. Cereal Chem. 73(6), 732–735.
- PN-A-74108:1996. Pieczywo – Metody badań.
- PN-EN ISO 21415-2:2008. Pszenica i mąka pszenna. Ilość glutenu. Część 2. Oznaczanie glutenu mokrego za pomocą urządzeń mechanicznych.
- PN-ISO 712:2002. Zboża i przetwory zbożowe – Oznaczanie wilgotności – Rutynowa metoda odwoławcza.
- Podolska G., 2007. Kształtowanie cech jakościowych ziarna pszenicy poprzez technologię produkcji. Stud. Rap. IUNG-PIB 9, 55–64.
- Podolska G., Wzyńska M., 2013. Wpływ nawożenia azotem na niektóre cechy jakościowe ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) odmiany Komnata. Fragm. Agron. 30(3), 148–158.
- PTG, 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych 2008. Roczn. Glebozn. 60(2), 5–16.
- Rachoń L., 2001. Studia nad plonowaniem i jakością pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Rozpr. Nauk. AR w Lublinie, 248.
- Rachoń L., Kulpa D., 2004. Ocena przydatności ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) do produkcji pieczywa. Annales UMCS, sec. E, Agricultura, 59(2), 995–1000.
- Rachoń L., Szumiło G., 2009. Comparison of chemical composition of selected winter wheat species. J. Elementol. 14(1), 135–146.
- Rachoń L., Szumiło G., Brodowska M., Woźniak A., 2015. Nutritional value and mineral composition of grain of selected wheat species depending on the intensity of a production technology. J. Elementol. 20(3), 705–715. <https://doi.org/10.5601/jelem.2014.19.4.640>
- Sawicka B., Krochmal-Marczak B., 2014. Pszenica orkiszowa (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) jako alternatywa dla gospodarstw ekologicznych. W: K. Zarzecka, S. Kondracki (red.), Współczesne dylematy polskiego rolnictwa III. T. 1, Wyd. PWS JPPII, Biała Podlaska, 344–357.

- Sobczyk A., Pycia K., Jaworska G., 2017. Charakterystyka porównawcza wartości technologicznej ziarna starych odmian i nowych rodów orkiszu (*Triticum spelta* L.) oraz ziarna pszenicy zwyczajnej (*Triticum vulgare*). Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol. 589, 81–91. <https://doi.org/10.22630/ZPPNR.2017.589.23>
- Sulek A., 2014. Wybrane elementy technologii pszenicy jarej uprawianej na cele młynarskie i piekarskie. Stud. Rap. IUNG-PIB 41(15), 117–128.
- Sulewska H., 2004. Charakterystyka 22 genotypów pszenicy orkiszu (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) pod względem wybranych cech. Biul. IHAR 231, 43–53.
- Szafrańska A., Rachoń L., Szumiło G., 2015. Estimation of protein-starch complex wheat species depending on production technology intensity. Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol. 582, 81–90.
- Szumiło G., Kulpa D., Rachoń L., 2009. Ocena przydatności ziarna wybranych gatunków pszenicy ozimej do produkcji pieczywa. Annales UMCS, sec. E, Agricultura 54(4), 1–8.
- Wianecki M., Iwański R., Stankowski S., Tokarczyk G., Felisiak K., 2009. Quality of bread made from rye grown with conventional and ecological methods. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric. Aliment. Pisc. Zootech. 274(12), 75–90.
- Woźniak A., 2006. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) i twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu agrotechniki. Acta Agrophys. 8(3), 755–763.
- Woźniak A., 2009. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy twardej odmiany Floradur w różnych systemach uprawy roli. Acta Agrophys. 14(2), 515–526.
- Woźniak A., Gontarz D., 2003. Wpływ przedplonów i sposobów zróżnicowanego pielęgnowania na jakość ziarna pszenicy jarej. Biul. IHAR 228, 33–39.

**Źródło finansowania:** Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr N N310 306839.

**Summary.** The subject of the study were the results obtained from strict field experiments conducted in the years 2012–2013 at the Department of Plant Production Technology and Commodity Science at the Felin Experimental Farm (51°22'N, 22°64'E) belonging to the University of Life Sciences in Lublin. The research included cultivars of 3 spring wheat species: *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* 'Parabola', *Triticum durum* 'SMH87' and *Triticum aestivum* ssp. *spelta* 'Blauer Samtiger'. The suitability of grain for bread production was assessed at various intensities of production technology. The 'Blauer Samtiger' cultivar was distinguished by the best quality indicators, which resulted in the highest score and the qualification of bread to the first class of quality. Along with the increase in the intensity of production technology, the protein content, gluten quantity and bread volume increased. The tested wheat species reacted differently to the intensity of production technology. The quality of bread obtained from common wheat grain increased, while it decreased from spelled and hard wheat, which indicates its suitability for growing in more extensive conditions, e.g. on organic farms for the production of healthy food, especially for spelled wheat.

**Key words:** common wheat, durum wheat, spelt wheat, quality, intensity of production technology, bread

Otrzymano/ Received: 7.01.2020  
Zaakceptowano/ Accepted: 29.04.2020