



¹Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20–950 Lublin, Polska
²PZZ Lubella GMW Sp. z o.o. Sp. k. w Lublinie, ul. Wrotkowska 1, 20–469 Lublin, Polska
* e-mail: leszek.rachon@up.lublin.pl

LESZEK RACHOŃ^{1*}, ANETA BOBRYK-MAMCZARZ²,
ANNA KIEŁTYKA-DADASIEWICZ¹

Ocena krajowej odmiany *Triticum durum* ‘SMH87’ jako surowca do produkcji makaronu

Assessment of the domestic variety *Triticum durum* ‘SMH87’
as a raw material for pasta production

Streszczenie. Celem pracy było porównanie zdrowotności ziarna, plonowania i parametrów jakościowych dwóch odmian pszenicy twardej (krajowej – ‘SMH87’ i austriackiej – ‘Floradur’). Hipoteza badawcza zakładała, że z polskiej odmiany pszenicy twardej przy właściwej agrotechnice można uzyskać ziarno spełniające wymogi do produkcji wysokiej jakości makaronu. Materiał do badań pochodził z doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 2015–2017 na terenie Rolniczej Spółdzielni Produkcyjnej Hopkie, w miejscowości Hopkie (woj. lubelskie), na glebie rędzinowej zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego (klasa bonitacyjna II). W badaniach określono plon ziarna i jego strukturę, porażenie *Fusarium* i pluskwą pszeniczną, zanieczyszczenie mykotoksynami, gęstość ziarna w stanie zsypanym, wyrównanie i szklistość ziarna, zawartość białka, ilość glutenu i jego rozplywalność, wskaźnik sedymentacyjny, liczbę opadania, zawartość popiołu oraz parametr b wskazujący na intensywność żółtej barwy. Analizowane parametry plonowania, zdrowotności ziarna oraz jakości krajowej odmiany pszenicy *durum* ‘SMH87’ nie odbiegały znacząco w porównaniu z odmianą wzorcową ‘Floradur’. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że w warunkach klimatycznych Lubelszczyzny możemy zalecać uprawę rodzimej odmiany pszenicy *durum* ‘SMH87’ jako pełnowartościowego surowca do produkcji makaronu.

Słowa kluczowe: pszenica twarda, plon, jakość zdrowotna, makaron, wartość technologiczna

WSTĘP

Według Rocznika Głównego Urzędu Statystycznego [GUS 2018] przeciętny mieszkaniec naszego kraju w 2016 r. spożył 4,6 kg makaronu i produktów makaronowych, a produkcja makaronu w Polsce wyniosła 177 tys. ton [<http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-statystyczny-rolnictwa-2017,6,11.html>]. W Unii Europejskiej roczna produkcja makaronu w 2015 r. wyniosła

4,58 mln t, a przeciętny Czech spożył 6,4 kg, Niemiec i Francuz po 8 kg, a Włoch aż 23,5 kg makaronu rocznie [http://www.pasta-unafpa.org]. Prognozy wskazują, że krajowe spożycie będzie nieznacznie rosło.

Od niedawna w Polsce obok uprawy pszenicy zwyczajnej coraz częściej pojawia się pszenica twarda (*Triticum durum*). Pomimo nieco niższego plonowania w porównaniu z pszenicą zwyczajną, takie cechy ziarna jak twardość bielma, wysoka szklistość, wysoka zawartość żółtego barwnika, białka oraz glutenu, a także cieńsza i jaśniejsza okrywa potwierdzają dużą przydatność tego gatunku do produkcji makaronu [Gąsiorowski i Obuchowski 1978, Rachoń i in. 2002, 2011, Segit i Szwed-Urbaś 2006, Ficco i in. 2014]. W Polsce produkcja makaronu z pszenicy twardej opiera się głównie na odmianach zagranicznych. Dobra jakość odmian zagranicznych niesie za sobą niestety także wysokie koszty materiału siewnego. Produkcja makaronu zarówno z surowca importowanego, jak i krajowego, ale produkowanego na bazie zagranicznego materiału siewnego wpływa niewątpliwie na finalny koszt produktu. Bardzo dobre jakościowo odmiany zagraniczne pszenicy *durum* pozyskiwane z Kanady, USA, Kazachstanu, a ostatnio także ze Słowacji, Austrii czy Niemiec są droższe niż odmiany rodzime, które w ostatnich latach udało się wyhodować ('SMH87', 'Ceres', 'SM Eris', 'SM Metis', 'SM Tetyda'). Stąd też w niniejszej pracy podjęto próbę oceny polskiej odmiany pszenicy 'SMH7' w porównaniu ze znaną z bardzo dobrej jakości austriacką odmianą 'Floradur'.

Problem badawczy został wybrany na podstawie potrzeb przemysłu spożywczego oraz literatury i pozwolił na zdefiniowanie hipotezy badawczej zakładającej, że z polskiej odmiany pszenicy twardej przy odpowiedniej agrotechnice, w warunkach Lubelszczyzny, można uzyskać ziarno spełniające wymogi produkcji wysokiej jakości makaronu. Korzyści z uprawy polskich odmian pszenicy *durum* to produkcja materiału siewnego o niższych kosztach w kraju, w porównaniu z odmianami zagranicznymi, a także dodatkowe źródło dochodów dla polskich rolników i firm hodowlanych.

Celem pracy było porównanie zdrowotności ziarna, plonowania i parametrów jakościowych dwóch odmian pszenicy twardej (krajowej – 'SMH87' i austriackiej – 'Floradur').

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań pochodził z doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 2015–2017 na terenie Rolniczej Spółdzielni Produkcyjnej HOPKIE w miejscowości Hopkie (woj. lubelskie) na poletkach o powierzchni 0,17 ha, na glebie rędzinowej zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego (klasa bonitacyjna II). Gleba ta wykazywała odczyn zasadowy ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 7,4$), a analiza składników przyswajalnych wskazała w zakresie makroelementów bardzo wysoką zawartość fosforu ($\text{P} = 230 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) i potasu ($\text{K} = 260 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), a średnią magnezu ($\text{Mg} = 50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Eksperyment założono w układzie bloków kompletnie zrandomizowanych w trzech powtórzeniach.

Materiał badawczy stanowiły dwie odmiany pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.): 'Floradur' wyhodowana w Austrii i krajowa 'SMH87'.

Uprawa roli była charakterystyczna dla systemu płużnego. Przedplonem był burak cukrowy. Po jego zbiorze w październiku wykonywano orkę przedzimową. Wiosną pierwszym zabiegiem było bronowanie gleby i zastosowanie nawożenia fosforowo-potasowego w ilości $\text{P} = 17 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz $\text{K} = 50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, następnie w warunkach optymalnej wilgotności doprawiano rolę zestawem uprawowym. Przed siewem nasiona zaprawiono prepara-

tem Kinto Duo 080 FS (tritikonazol + prochloraz kompleks z miedzią) w ilości 200 ml na 100 kg ziarna siewnego. Wysiew w ilości 450 ziarniaków na 1 m² wykonano w zależności od warunków meteorologicznych w optymalnych terminach agrotechnicznych od 20 marca do 4 kwietnia. Zabiegi pielęgnacyjne, ochronę przed chorobami i szkodnikami, jednakowo dla ocenianych odmian i we wszystkich kolejnych latach, prowadzono zgodnie z zaleceniami dla plantacji produkcyjnych.

Nawożenie azotem wynosiło łącznie 150 kg·ha⁻¹ i zastosowano je w trzech terminach: przed siewem (80 kg·ha⁻¹), w fazie strzelania w źdźbło (35 kg·ha⁻¹) i w fazie kłoszenia (35 kg·ha⁻¹). Przed zbiorem w celu przeprowadzenia pomiarów biometrycznych pobrano losowo z każdego poletka kłosa, przy użyciu sekatora i ramek 0,5 m × 0,5 m, w trzech powtórzeniach. Zbiór dokonano przy pomocy kombajnu Claas Mega 208 w pierwszej dekadzie sierpnia każdego roku badań w fazie dojrzałości pełnej. Po zbiorze ziarno oczyszczono, dosuszono i pobrano próbki do oznaczeń laboratoryjnych. Określono zdrowotność ziarna, podstawowe elementy struktury plonu i jakość ziarna.

1. Zdrowotność ziarna:

- ziarna porażone przez *Fusarium* (%) – zgodnie z normą PN-EN 15587,
 - zawartość deoksyniwalenolu (DON-u; µg·kg⁻¹) uzyskana przy użyciu metod chromatograficznych,
 - zawartość ziaren porośniętych (%) – zgodnie z normą PN-EN 15587,
 - obecność ziaren uszkodzonych przez pluskwę pszeniczną – *Eurygaster Maura* (%),
- zgodnie z normą PN-EN 15587.

2. Plon ziarna (t·ha⁻¹) i jego strukturę:

- masę ziarna z kłosa (g),
- liczbę ziaren z kłosa (szt.),
- obsadę kłosów (szt·m⁻²),
- masę tysiąca ziaren – MTZ (g), licząc 2 × 500 ziarniaków wg PN-R-74017:1968.

3. Cechy jakościowe ziarna:

- gęstość ziarna w stanie zsypanym (kg·hl⁻¹) – zgodnie z normą PN-R-74007:1973,
- wyrównanie (%) – zgodnie z normą BN-69/9131-02, przy użyciu sit Vogla o oczkach 2,5 mm × 25 mm,
- szklistość (%) – zgodnie z normą PN-R-74008:1970 przy użyciu farinotomu,
- zawartość białka ogółem (%) – oznaczanie azotu ogólnego metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko (stosując mnożnik 5,70) wg normy PN-EN ISO 20483,
- wydajność glutenu mokrego (%) – zgodnie z normą PN-A-74041:1977,
- rozplywalność glutenu (mm) – zgodnie z normą PN-77/A-74041,
- liczba opadania metodą Hagberga i Pertena (s) – zgodnie z normą PN-ISO 3093, przy użyciu aparatu do oznaczania liczby opadania FN 1800,
- wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego (cm³) – oceniono techniką NIR (bliskiej podczerwieni) na urządzeniu Inframatic 9200,
- zawartość popiołu całkowitego (%) – zgodnie z normą PN-ISO 2171,
- ocena kolorymetryczna – współrzędna monochromatyczności b* barwy ziarna przy użyciu kolorymetru Chroma Meter CR-410, firmy Konica-Minolta w układzie CIE L*a*b*.

Otrzymane wyniki zostały opracowane statystycznie metodą analizy wariacji (ANOVA) przy użyciu programu Statistica 12 PL, oceniano istniejące różnice przy pomocy testu post-hoc HSD (*honest significant difference*) Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Jednym z czynników decydujących o wysokości i jakości plonu zbóż są warunki pogodowe. W latach prowadzenia badań były one zróżnicowane (tab. 1, 2). W 2015 r. niedostateczne uwilgotnienie i słoneczna pogoda po marcowym siewie ograniczyła ilość wschodów, a niższe w porównaniu z wielolecieciem opady wiosną i wczesnym latem nie pokryły zapotrzebowania roślin na wodę (faza strzelania w źdźbło, skrajnie suchy czerwiec), co w sumie przyczyniło się do najniższego plonu (obsada kłosów na jednostkę powierzchni oraz masa tysiąca ziaren były najniższe). Z kolei wyższe temperatury w miesiącach letnich skróciły pierwszą część fazy nalewania ziarna, w której gromadzone jest białko, a wolniej skrobia, stąd ziarno było drobne, ale o najwyższej koncentracji substancji białkowych. W 2016 r. bardziej zasobna w opady wiosną wpłynęła korzystnie na kiełkowanie, wschody i krzewienie, średnie temperatury powietrza też były wyższe od wielolecia, co skutkowało najwyższym plonem ziarna. Z kolei suchy lipiec i sierpień miał korzystny wpływ na dojrzewanie i ukształtowanie się parametrów jakościowych pszenicy – ziarno miało najwyższą liczbę opadania, gęstość i szklistość. Niemniej w 2016 r. pomimo najwyższego plonu, liczby i masy ziaren z kłosa odnotowano najniższe wyrównanie oraz zawartość białka ogółem, ilość glutenu, a także stwierdzono obecność deoksyniwalenolu. Rok 2017 to wiosna o temperaturze i opadach zbliżonych do wielolecia – optymalne warunki sprzyjały wschodom i krzewieniu roślin, czego skutkiem była najwyższa w stosunku do ubiegłych lat obsada kłosów oraz masa tysiąca ziaren i porównywalny z 2016 r. plon. Miesiące letnie były cieplejsze, o niższej średniej sumie opadów w stosunku do wielolecia, co wpłynęło korzystnie na dojrzewanie.

Tabela 1. Średnie miesięczne temperatury powietrza (°C) w sezonach wegetacyjnych 2015–2017
Table 1. Mean monthly air temperatures (°C) in the vegetation season of 2015–2017

Miesiąc/ Month	Lata/ Years			
	2015	2016	2017	1951–2010
Marzec/ March	8,2	3,9	5,9	1,0
Kwiecień/ April	8,3	9,7	8,3	7,4
Maj/ May	13,3	14,9	14,3	13,0
Czerwiec/ June	18,1	13,4	19,0	16,3
Lipiec/ July	20,3	20,3	19,2	18,0
Sierpień/ August	21,8	18,7	20,2	17,2
Średnia temperatura (°C) Mean temperature	15,0	13,5	14,5	12,2

W ocenie zdrowotności ziarna pszenicy wzięto pod uwagę m.in. porażenie *Fusarium* mogące skutkować wzrostem poziomu mykotoksyn, które są produktem przemiany materii tych grzybów pleśniowych [Rachoń i in. 2016]. Oceniono poziom jednej z nich – deoksyniwalenolu. Ustanowione przez prawo Unii Europejskiej, dopuszczalne poziomy mykotoksyn, w tym DON-u, wynoszą w nieprzetworzonej pszenicy *durum* 1750 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, w pszenicy zwyczajnej i orkisz 1250 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [Rozporządzenie Komii-

sji (WE) nr 1881/2006]. Najwyższy wynik odnotowano w ziarnie odmiany 'SMH87' w 2016 r. (najwyższa suma opadów w latach badań) – 240 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 3). Średnio w trzyleciu zanieczyszczenie deoksyniwaleolem w 'SMH87' wynosiło 93 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i było wyższe w porównaniu z 'Floradur' (50 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Uzyskane wyniki wskazują, że poziom zanieczyszczenia deoksyniwaleolem w żadnej z porównywanych odmian nie został przekroczony. Porażenie *Fusarium* obu odmian pszenicy *durum* było minimalne, choć zgodnie z nieobligatoryjną normą PN-R-74108:1998 [Ziarna zbóż] porażenie *Fusarium* jest niedopuszczalne. Jak stwierdzają Podolska [2013] oraz Rachoń i in. [2016] nie tylko poszczególne gatunki, ale i odmiany pszenicy są w różnym stopniu podatne na porażenie *Fusarium* i wskazują w swoich badaniach na wyższe wyniki DON-u w przypadku pszenicy *durum*, w porównaniu z innymi gatunkami. Jak podają autorzy, stopień porażenia fuzariozą zboża nie zawsze przekłada się na ilość mykotoksyn w ziarnie, na co również wskazują wyniki niniejszej pracy.

Dodatkowo określono obecność ziaren porażonych pluskwą pszeniczną i ziaren porośniętych. Niewielkie porażenie pluskwą pszeniczną wystąpiło w obu odmianach pszenicy *durum*, średnio w trzyleciu 'SMH87' – 0,11%, a 'Floradur' – 0,14%. Wystąpienie pluskwiaków, szczególnie na kłosach, jest szkodliwe, gdyż powoduje spadek jakości mąki z uwagi na rozkład glutenu poprzez działanie enzymów proteolitycznych zawartych w ślinie tych szkodników.

Śladowy porost odnotowano w przypadku obu odmian pszenicy *durum* (tab. 3). Porost ziarna wystąpił tylko w 2017 r. (0,17%). Może on przyczyniać się do wzrostu aktywności enzymatycznej ziarna (określonej m.in. poprzez zmniejszenie wartości liczby opadania), pogorszenia właściwości reologicznych i wypiekowych ciasta oraz spadku liczby opadania [Dojczew i in. 2003]. Natomiast Dexter i in. [1990], badając aktywność α -amylazy i liczbę opadania w ziarnie 30 próbek pszenicy i semoliny CWAD, częściowo uszkodzonych przez porost, a także oceniając wytworzony z nich makaron, doszli do wniosku, że porośnięcie ziarna, a co za tym idzie wzrost aktywności α -amylazy ma nieznaczny wpływ na proces produkcji i właściwości organoleptyczne makaronu.

Tabela 2. Sumy opadów (mm) w sezonach wegetacyjnych 2015–2017
Table 2. Distribution of precipitation (mm) in vegetation season 2015–2017

Miesiąc/ Month	Lata/ Years			
	2015	2016	2017	1951–2010
Marzec/ March	11,0	47,5	36,5	28,0
Kwiecień/ April	45,0	79,5	31,0	39,0
Maj/ May	48,0	69,0	66,0	60,7
Czerwiec/ June	15,0	66,0	41,0	65,9
Lipiec/ July	89,5	63,5	54,5	82,0
Sierpień/ August	5,5	40,0	32,5	70,7
Suma opadów (mm) Precipitation total	214,0	365,5	261,5	346,3

Tabela 3. Plonowanie i elementy struktury plonu
Table 3. Yield and its structure

Odmiana Cultivar	Lata Years	Plon ziarna (t·ha ⁻¹) Grain yield	Obsada kłosów (na 1 m ²) Number of ears (per 1 m ²)	Liczba ziaren w kłosie Number of kernels per ear	Masa ziarna z kłosa (g) Weight of grains per ear	MTZ (g) Weight of 1000 grains
‘SMH87’	2015	5,19 ^{d*}	534 ^c	32,4 ^d	1,19 ^{bc}	41,3 ^b
	2016	6,42 ^{ab}	561 ^c	37,1 ^b	1,34 ^d	41,5 ^b
	2017	5,58 ^{cd}	553 ^c	31,3 ^d	1,22 ^b	44,0 ^a
‘Floradur’	2015	6,01 ^{bc}	646 ^b	34,3 ^e	1,17 ^c	39,8 ^b
	2016	6,65 ^a	553 ^c	41,2 ^a	1,39 ^a	40,9 ^b
	2017	6,37 ^{ab}	705 ^a	34,6 ^e	1,08 ^d	41,4 ^b

* wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$)

* values marked with the same letter do not differ significantly ($p \leq 0.05$)

Tabela 4. Zdrowotność ziarna
Table 4. Health of grain

Odmiana Cultivar	Lata Years	Porażenie <i>Fusarium</i> (%) Infection grain	Zawartość DON-u ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) DON content	Ziarna porośnięte (%) Sprouted grains	Porażenie pluskwą (%) <i>Eurygaster</i> <i>Maura</i> infection	Liczba opadania (s) Falling number
‘SMH87’	2015	0,10 ^{a*}	20 ^b	0 ^b	0,07 ^{bc}	395 ^c
	2016	0 ^b	240 ^a	0 ^b	0,10 ^{bc}	393 ^c
	2017	0,13 ^a	20 ^b	0,17 ^a	0,17 ^{ab}	360 ^c
‘Floradur’	2015	0,10 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^c	430 ^b
	2016	0 ^b	150 ^a	0 ^b	0,17 ^{ab}	446 ^a
	2017	0,13 ^a	0 ^b	0,17 ^a	0,27 ^a	372 ^d

* wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$)

* values marked with the same letter do not differ significantly ($p \leq 0.05$)

Liczba opadania wskazuje na aktywności α -amylazy w ziarnie. Ziarno porośnięte charakteryzuje się wyższą aktywnością α -amylazy, której efektem są niższe wartości liczby opadania. W normie PN-A-74020:1993 [Mąka makaronowa zwyczajna] zalecany poziom liczby opadania w surowcu kierowanym do produkcji makaronu wynosi min. 250 s. Natomiast zgodnie z normą PN-R-74108:1998 [Ziarno zbóż – Pszenica *durum*] liczba opadania powinna się kształtować na poziomie min. 300 s. W badaniach Rachonia [2001] odnotowano istotne zróżnicowanie liczby opadania w pszenicy *durum* w latach, liczba ta zależała też od terminu siewu, warunków pogodowych, odmian i kształtowała się średnio w zakresie 64–373 s. Woźniak [2006] w swoich badaniach uzyskał dla pszenicy

durum niezależnie od poziomu agrotechniki liczbę opadania powyżej 300 s. W niniejszej pracy odmiany pszenicy *durum* 'Floradur' i 'SMH87' miały odpowiednio liczbę opadania, średnio 416 i 383 s, spełniając tym samym wymogi dla produkcji makaronu (tab. 5). Różnice między wartościami dla odmian były nieistotne z technologicznego punktu widzenia.

Tabela 5. Parametry ziarna
Table 5. Grain parameters

Odmiana Cultivar	Lata Years	Gęstość ziarna w stanie zsypanym (kg·hl ⁻¹) Test weight	Wyrównanie ziarna (%) Grain uniformity	Szklistość ziarna (%) Grain vitreousness	Zawartość popiołu (%) Total ash
'SMH87'	2015	79,8*	73,7 ^d	90,0 ^b	1,59 ^b
	2016	82,4 ^c	85,4 ^{cb}	94,0 ^a	1,45 ^c
	2017	79,7 ^c	87,8 ^{ab}	80,3 ^d	1,48 ^c
'Floradur'	2015	82,9 ^b	84,3 ^c	87,7 ^c	1,66 ^a
	2016	84,0 ^a	89,2 ^a	90,3 ^b	1,44 ^c
	2017	81,4 ^d	84,1 ^c	73,7 ^c	1,45 ^c

* wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$)

* values marked with the same letter do not differ significantly ($p \leq 0.05$)

Plon ziarna jest jednym z ważniejszych czynników, który decyduje o opłacalności uprawy. W przeprowadzonych badaniach najwyższy plon, zarówno odmiany 'SMH87' (6,42 t·ha⁻¹), jak i 'Floradur' (6,65 t·ha⁻¹) wydały w 2016 r. (wyższe opady i ich równomierny rozkład), a najniższy odpowiednio 5,19 t·ha⁻¹ i 6,01 t·ha⁻¹ (istotnie różny) w 2015 r., który z kolei był okresem o najniższej sumie opadów (tab. 1, 2, 4). Średnio w trzyleciu wyższy plon ziarna o 9,6% wydała odmiana 'Floradur'. Średni plon ziarna odmian *durum* należy uznać za wysoki. Rachoń i Woźniak [2020], analizując plonowanie pszenicy twardej w dziesięciolecie (2009–2018) odnotowali średni plon 5,4 t·ha⁻¹, przy wahaniami od 4,9 t·ha⁻¹ do 6,2 t·ha⁻¹. Inni autorzy [Woźniak 2006, Sulewska i in. 2007, Dyńska i in. 2011], w warunkach krajowych w różnych latach uzyskali plony w zakresie od 2,43 t·ha⁻¹ do 6,46 t·ha⁻¹.

Plon ziarna jest cechą wynikową obsady kłosów na jednostce powierzchni, średniej liczby ziaren w kłosie i masy tysiąca ziaren. Wyższy plon odmiany 'Floradur' wynikał z lepszej obsady kłosów o 13,5% i wyższej liczby ziaren z kłosa o 8,4%. Odmiana krajowa cechowała się wyższą, w trzyleciu średnio o 3,9%, masą tysiąca ziaren (tab. 4).

Jak podaje Dexter i Marchylo [2001], gęstość ziarna w stanie zsypanym jest jedną z cech świadczących o potencjale przemiałowym ziarna. W Polskiej Normie PN-R-74108: 1998 [Ziarno zbóż – Pszenica *durum*] zalecana gęstość ziarna wynosi minimum 75 kg·hl⁻¹. W badaniach własnych uzyskano wyraźnie wyższe wartości, średnio w trzyleciu – odmiana 'Floradur' 82,8, a 'SMH87' – 80,6 kg·hl⁻¹ (tab. 5). De Santis i in. [2017] dla starych odmian pszenicy *durum* uzyskali w dwuletnich badaniach we Włoszech gęstość w stanie zsypanym 79,6 i 77,6 kg·hl⁻¹, a dla odmian współczesnych 82,0 i 74,2 kg·hl⁻¹, przy czym

niższy wynik pochodził z roku o większej ilości równomiernych opadów. Woźniak [2006] uzyskał wyższą gęstość dla pszenicy zwyczajnej $79,6 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$, a dla linii *durum* średnio $77,1 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$. Osiągnięte w pracy wartości gęstości ziarna spełniły zakładane minimum pod względem wykorzystania makaronowego, zgodnie ze wskazaniem Ceglińskiej i in. [2004], że pszenica twarda makaronowa powinna mieć gęstość w stanie zsypanym ok. $80 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$.

Zawartość popiołu całkowitego, czyli pozostałości po spaleniu próbki ziarna lub mąki zawierające składniki mineralne, została oceniona przez Rachonia [2001] w pszenicach *durum* i średnio wynosiła 2,13%, natomiast w pszenicy zwyczajnej 1,80%. Autor podaje, że o ile występują zauważalne wahania ilości popiołu w pszenicy twardej, to rozmieszczenie związków mineralnych w całym ziarniaku (wyższa zawartość w bielmie w porównaniu z pszenicą zwyczajną), powoduje, że semolina zawiera więcej popiołu w stosunku do mąki pszennej. Woźniak [2009] w pszenicy *durum* 'Floradur' niezależnie od systemu uprawy zauważył wyższą popiołowość po zastosowaniu wyższej dawki azotu (1,68% przy $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ azotu i 1,71% przy $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). W badaniach Sieber i in. [2014] zawartość popiołu w pszenicy *durum* mieściła się w zakresie 1,70–2,05%, a w badaniach Podolskiej i Wyzińskiej [2013] 2,05–2,25. W niniejszej pracy odmiany pszenicy *durum* 'SMH87' i 'Floradur' miały niską w porównaniu z danymi literaturowymi zawartość popiołu, odpowiednio 1,51 i 1,52% (tab. 5).

Wyrównanie ziarna pszenicy jest ważną cechą przemiałową i technologiczną, mającą wpływ m.in. na wyciąg semoliny [Dziki i Laskowski 2005]. Rachoń i Szumiło [2009] w trzyletnich badaniach uzyskali wyrównanie dla pszenicy *durum* w zakresie 80,2–95,3%, a dla pszenicy zwyczajnej 90,5%. Woźniak [2009] niezależnie od dawki nawożenia azotowego i systemu uprawy roli otrzymał wyrównanie dla pszenicy *durum* powyżej 90%. W badaniach własnych lepszym wyrównaniem ziarna cechowała się odmiana 'Floradur', średnio w trzyleciu – 85,9% w porównaniu z 'SMH87' – 82,3% (tab. 5).

Jak podają Fu i in. [2018], wysoka szklistość ziarna jest parametrem korzystnie wpływającym na jakość (jędrność) makaronu. Zgodnie z normą PN-R-74108:1998 zawartość ziaren niecałkowicie szklitych nie powinna być wyższa niż 40%. Subira i in. [2014] wykazali, że pszenice *durum* niezależnie od tego, czy były to stare, czy współczesne odmiany charakteryzowały się szklistością powyżej 80%, przy czym stare odmiany miały szklistość nieznacznie wyższą – 90–92%. W badaniach własnych szklistość odmian *durum* była na zbliżonym poziomie od 86,1% u 'Floradur' do 85,9% u 'SMH87' (tab. 5).

Zawartość białka jest jednym z głównych parametrów świadczących o przydatności do produkcji makaronu i była wielokrotnie badana przez wielu autorów [Rachoń 2004, Obuchowski 2008, Sissons 2008, Woźniak 2009]. Sieber i in. [2014] uzyskali w pszenicy *durum* średnią zawartość białka ogółem na poziomie 11,6%. Subira i in. [2014], analizując stare i współczesne odmiany pszenicy *durum*, doszli do wniosku, że wraz z rozwojem rolnictwa i poziomu agrotechniki zawartość białka w ziarnie spadła z 16% do 14,2–14,7%. Podolska i Wyzińska [2013] na przykładzie ozimej formy pszenicy *durum* polskiej odmiany 'Komnata' odnotowały ilość białka, w zależności od sezonu badania, na poziomie 15,2–17,1%. Wielkość tej cechy zazwyczaj rosła wraz ze wzrostem nawożenia azotowego. Do podobnych wniosków doszli Sułek [2014] oraz Woźniak [2009], oceniając zawartość białka i glutenu w pszenicy *durum* 'Floradur'. Niezależnie od systemu uprawy roli uzyskano przy nawożeniu $90 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 14,4% białka ogółem i 30,2% glutenu mokrego, a przy $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ odpowiednio 15,1 i 32,1%. W badaniach własnych (tab. 6) analiza statystyczna wykazała, że zawartość białka i ilość glutenu w ziarnie odmiany krajowej

'SMH87' były istotnie wyższe w porównaniu z odmianą 'Floradur', odpowiednio o 0,4 i 2,0 p.p. i spełniały normy surowcowe PN-A-74021:1992 [Mąka makaronowa *durum*] zalecające do produkcji makaronu zawartości białka i glutenu mokrego na poziomie odpowiednio min. 13,5% i 30%.

Tabela 6. Jakość ziarna
Table 6. Grain quality

Odmiana Cultivar	Lata Years	Białko ogółem (%) Protein content	Gluten mokry (%) Wet gluten	Rozpływal- ność glutenu (mm) Gluten spread	Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego (cm ³) Zeleny's test	Barwa ziarna (parametr b*) Color (parameter b*)
'SMH87'	2015	15,4 ^{a*}	33 ^a	10,0 ^a	49,7 ^a	24,0 ^{ab}
	2016	14,5 ^{bc}	32 ^b	9,3 ^b	50,3 ^a	23,6 ^b
	2017	14,8 ^{ab}	32 ^b	10,0 ^a	8,3 ^d	21,9 ^c
'Floradur'	2015	14,4 ^{bc}	30 ^c	9,3 ^b	45,7 ^b	24,2 ^{ab}
	2016	14,0 ^c	29 ^d	8,0 ^c	50,0 ^a	24,3 ^a
	2017	15,3 ^a	32 ^b	8,7 ^b	15,7 ^c	20,6 ^d

* wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$)

* values marked with the same letter do not differ significantly ($p \leq 0.05$)

Jakość glutenu mierzona rozpływalnością i elastycznością jest cechą wpływającą na właściwości ciasta oraz pieczywa [Rachoń i in. 2011], ale również wpływa na jakość makaronu. Obuchowski [2008] podaje, że rozpływalność glutenu w kaszce makaronowej, zazwyczaj wyższa niż w mąkach przeznaczonych do produkcji pieczywa, powinna się mieścić w zakresie 8–13 mm. W Polskiej Normie PN-92-A-74021 [Mąka makaronowa *durum*] określono górną granicę rozpływalności glutenu na poziomie 13 mm. Rachoń [2004] dla ośmiu linii i odmian pszenicy *durum* uzyskał rozpływalność w przedziale 7–13 mm. Autor podkreśla, że gluten w przemyśle makaronowym nie może być ani zbyt krótki i silny, czyli rozpływalność nie może być za niska, ani nie może być za słaby, czyli nie może mieć również zbyt wysokiej rozpływalności. W badaniach Rachonia i in. [2011] mąka pochodząca z ziarna pszenicy *durum* prezentowała rozpływalność glutenu na poziomie 6,3–6,6 mm. W badaniach własnych rozpływalność glutenu w ziarnie pszenicy *durum* wynosiła 9,8 mm ('SMH87') i 8,7 mm ('Floradur') oraz mieściła się w granicach zalecanych w ww. normie (tab. 6).

Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego, będący parametrem służącym do oceny jakości białek glutenowych, jest głównie stosowany do oceny wartości wypiekowej mąki z pszenicy zwyczajnej i rzadziej używa się go do oceny jakości substancji białkowych w przemyśle makaronowym [Rachoń 2001, Rachoń i in. 2020]. W badaniach własnych wartość wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego wynosiła dla odmiany 'SMH87' 36,1 ml, a dla odmiany 'Floradur' 37,1 ml (tab. 6). Uzyskane wartości były niższe w porównaniu z innymi gatunkami [Szumiło i in. 2010].

Barwa ziarna zdaniem wielu autorów jest czynnikiem genetycznym i zależnym od warunków klimatycznych [Rachoń 2001, Rharrabti i in. 2003]. Parametr b* zależy

również od granulacji kaszki, która im jest drobniejsza, tym jego wartość będzie niższa, przy danej zawartości barwnika w surowcu [Fu i in. 2018]. Oprócz analizy ilości żółtego barwnika, barwę można szybko ocenić przy użyciu kolorymetru w systemie CIELab (przestrzeń barw). Parametr b^* odzwierciedla udział barwy żółtej [Fu i in. 2018]. Rachoń [2004] w swojej pracy, porównując krajowe i zagraniczne odmiany i linie pszenicy *durum*, wskazuje, że w odmianach zagranicznych zawartość żółtego barwnika jest wyższa o 30% (wpływ warunków klimatycznych), co nie znalazło potwierdzenia w badaniach własnych, w których odmiana krajowa 'SMH87' charakteryzowała się porównywalnym parametrem b^* (23,2), wskazującym na intensywność żółtej barwy w porównaniu z odmianą 'Floradur' (23,0) – tab. 6. Podolska i Wyzińska [2013] wskazują na zróżnicowanie zawartości β -karotenu w pszenicy *durum* w latach. Fu i in. [2018] w swoich badaniach otrzymali dla semoliny z pszenic CWAD (*Canadian West Amber Durum*) wartości parametru b^* w zakresie 27,8–32,7, natomiast Sieber i in. [2014] w badaniu 46 linii pszenicy *durum* zebranych w Niemczech otrzymali wartość omawianego parametru w zakresie 15,0–19,1. Subira i in. [2014] w pełnoziarnistych mąkach z pszenic *durum* uprawianych w warunkach włoskich i hiszpańskich otrzymali b^* w zakresie 12,9–14,5, przy czym wartości były wyższe w odmianach współczesnych niż starych.

WNIOSKI

1. Odmiana krajowa 'SMH87' w porównaniu z austriacką 'Floradur' wyróżniała się wyższą masą ziaren z kłosa i masą tysiąca ziaren oraz wyższą zawartością białka i ilością glutenu.

2. Odmiana 'Floradur' w porównaniu z 'SMH87' plonowała nieco wyżej (9,6%), głównie dzięki wyższej obsadzie kłosów i liczbie ziaren z kłosa, była mniej podatna na zanieczyszczenie mykotoksynami, wyróżniała się także wyższą gęstością ziarna w stanie zsypanym, mniejszą rozpylnością glutenu i niższą liczbą opadania.

3. Warunki pogodowe w latach badań różnicowały większość badanych cech, ale reakcja porównywanych odmian była zbliżona.

4. Wszystkie oceniane parametry odmiany krajowej 'SMH87' spełniały normy surowca do produkcji makaronu. Uzyskane w badaniach wyniki pozwalają stwierdzić, że w warunkach siedliskowych Lubelszczyzny możemy zalecać uprawę rodzimej odmiany pszenicy *durum* 'SMH87' jako pełnowartościowego surowca do produkcji makaronu.

PIŚMIENNICTWO

- Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., Romanowski H., Nita Z., 2004. Wartość technologiczna polskiej pszenicy twardej (*Triticum durum*). Prz. Zboż.-Młyn. 8, 4–7.
- De Santis M.A., Giuliani M.M., Giuzio L., De Vita P., Lovegrove A., Shewry P.R., Flagella Z., 2017. Differences in gluten protein composition between old and modern durum wheat genotypes in relation to 20th century breeding in Italy. Eur. J. Agron. 87, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.04.003>
- Dexter J.E., Marchylo B.A., 2001. Recent trends in *durum* wheat milling and pasta processing: impact on durum wheat quality requirements. In: P. Feillet (ed.), Proc. Int. Workshop on Durum Wheat, Semolina and Pasta Quality: Recent Achievements and New Trends. Institut National de la Recherche, Montpellier, France, pp. 139–164.

- Dexter J.E., Matsuo R.R., Kruger J.E., 1990. The spaghetti-making quality of commercial durum wheat samples with variable alpha-amylase activity. *Cereal Chem.* 67(5), 405–412.
- Dojczew D., Pietrych A., Haber T., 2003. Wpływ aktywności wybranych hydrolaz na wartość wypiekową mąk pszennych z ziarna porośniętego. *Żywność* 3(36), 93–100.
- Dyńska M., Haliniarz M., Kapeluszyński J., 2011. Wpływ sposobów regulacji zachwaszczenia na plon i wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) i zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.). *Annal. UMCS, sec. E, Agric.* 66(4), 9–18.
- Dziki D., Laskowski J., 2005. Wheat kernel physical properties and milling process. *Acta Agrophys.* 6(1), 59–71.
- Ficco D.B.M., Mastrangelo A.M., Trono D., Borrelli G.M., De Vita P., Fares C., Beleggia R., Platani C., Papa R., 2014. The colors of durum wheat: a review. *Crop Pasture Sci.* 65, 1–15. <https://doi.org/10.1071/CP13293>
- Fu B.X., Wang K., Dupuis B., Taylor D., Nam S., 2018. Kernel vitreousness and protein content: Relationship, interaction and synergistic effects on durum wheat quality. *J. Cereal Sci.* 79, 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.09.003>
- Gąsiorowski H., Obuchowski W., 1978. Pszenica makaronowa *durum*. *Post. Nauk Rol.* 1(166), 35–52.
- GUS, 2018. Rocznik Statystyczny. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa. <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-statystyczny-rolnictwa-2017,6,11.html> [dostęp: 29.01.2021].
- <http://www.pasta-unafpa.org> [dostęp: 29.01.2021].
- Obuchowski W., 2008. Ocena jakości surowców zbożowych wykorzystywanych do produkcji makaronu. *Prz. Zboż.-Młyn.* 52(12), 12–14.
- Podolska G., 2013. Czynniki wpływające na zanieczyszczenie zbóż mikotoksynami. *Więś Jutra* 2(175), 31–32.
- Podolska G., Wyzińska M., 2013. Wpływ nawożenia azotem na niektóre cechy jakościowe ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) odmiany Komnata. *Fragm. Agron.* 30(3), 148–158.
- PN-R-74108: 1998. Ziarno zbóż – Pszenica *durum*.
- PN-92-A-74021. Mąka makaronowa *durum*.
- PN-93-A-74020. Mąka makaronowa zwyczajna.
- Rachoń L., 2001. Studia nad plonowaniem i jakością pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Rozpr. Nauk. – Akad. Rol. Lub.*, 248.
- Rachoń L., 2004. Ocena przydatności ziarna krajowych i zagranicznych linii i odmian jarej pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) do produkcji makaronu. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 231, 129–137.
- Rachoń L., Bobryk-Mamczarz A., Szumiło G., 2016. Mycotoxin contamination of grain of selected winter wheat genotypes. *Pol. J. Agron.* 25, 13–18.
- Rachoń L., Dziamba Sz., Obuchowski W., Kolodziejczyk P., 2002. Ocena przydatności ziarna odmian pszenicy twardej (*Triticum durum*) i zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. vulgare*) do produkcji makaronu. *Annal. UMCS, sec. E, Agric.* 57, 77–86.
- Rachoń L., Krochmal-Marczak B., Cebulak T., 2020. Przydatność ziarna jarej pszenicy zwyczajnej, twardej i orkiszowej do produkcji pieczywa w zależności od intensywności technologii produkcji. *Agron. Sci.* 75(2), 25–36. <http://doi.org/10.24326/as.2020.2.2>
- Rachoń L., Szumiło G., 2009. Yield of winter durum wheat (*Triticum durum* Desf.) lines in condition of different protection level of plants. *Acta Sci. Pol., Agric.* 8(3), 15–22.
- Rachoń L., Szumiło G., Stankowski S., 2011. Porównanie wybranych wskaźników wartości technologicznej pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. vulgare*), twardej (*Triticum durum*) i orkiszowej (*Triticum aestivum ssp. spelta*). *Fragm. Agron.* 28(4), 52–59.
- Rachoń L., Woźniak A., 2020. Zmienność plonowania pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) i zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. vulgare*) w dziesięcioleciu 2009–2018 na terenie Lubelszczyzny. *Agron. Sci.* 75(1), 67–74. <http://dx.doi.org/10.24326/as.2020.1.5>

- Rharrabti Y., Royo C., Villegas D., Aparicio N., Moral L.G. del, 2003. Durum wheat quality in Mediterranean environments: I. Quality expression under different zones, latitudes and water regimes across Spain. *Field Crops Res.* 80(2), 123–131.
- Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.
- Segit Z., Szwed-Urbaś K., 2006. Ocena cech jakościowych ziarna wybranych linii pszenicy twardej. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 240, 75–82.
- Sieber A.N., Würschum T., Longin C.F.H., 2014. Evaluation of a semi-controlled test as a selection tool for frost tolerance in durum wheat (*Triticum durum*). *Plant Breed.* 133(4), 465–469. <https://doi.org/10.1111/pbr.12181>
- Sissons M., 2008. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food* 2(2), 75–90.
- Subira J., Peña R.J., Álvaro F., Ammar K., Ramdani A., Royo C., 2014. Breeding progress in the pasta-making quality of durum wheat cultivars released in Italy and Spain during the 20th Century. *Crop Pasture Sci.* 65(1), 16–26. <http://dx.doi.org/10.1071/CP13238>
- Sulewska H., Kozłara W., Bojarczuk J., 2007. Kształtowanie plonu i jakości ziarna wybranych genotypów *Triticum durum* Desf. w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 245, 17–28.
- Sułek A., 2014. Wybrane elementy technologii pszenicy jarej uprawianej na cele młynarskie i piekarskie. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 41(15), 117–128.
- Szumilo G., Rachoń L., Stankowski S., 2010. The evaluation of grain and flour quality of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Pol. J. Agron.* 2, 78–82.
- 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.

Źródło finansowania: PZZ Lubella GMW Sp. z o.o. Sp. k. w Lublinie.

Summary. The aim of the study was to compare grain health, yield and quality parameters of two durum wheat cultivars (domestic – ‘SMH87’ and Austrian – ‘Floradur’). The research hypothesis assumed that from the Polish durum wheat cultivars, with proper agrotechnics, grain that meet the requirements for the production of high-quality pasta can be obtained. The material for the research came from a field experiment carried out in 2015–2017 at the Agricultural Production Cooperative Hopkie, in the town Hopkie (province Lublin), on rendzinas soil classified as good wheat complex (valuation class II). The research determined the grain yield and its structure, *Fusarium* and wheat bug infestation, mycotoxin contamination, test weight, uniformity and vitrousness of grain, protein content, amount of gluten and its spreadability, sedimentation index, falling number, ash content and parameter b indicating the intensity of the yellow color. The analyzed yield, grain health and quality parameters of the domestic durum wheat cultivar ‘SMH87’ did not differ significantly compared to the model cultivar ‘Floradur’. The obtained results allow us conclude that the climatic conditions of the Lublin region, we can recommend the cultivation of the native cultivar of durum wheat ‘SMH87’ as a wholesome raw material for pasta production.

Key words: durum wheat, yield, health quality, pasta, technological value