

Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie

Wydział Nauki o Żywności

Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych

Ewa Dąbkowska

***Wpływ odmiany ziarna orkiszowego uzyskanego
w warunkach produkcji ekologicznej
na jakość mąki***

Praca doktorska wykonana pod kierunkiem:

dr hab. inż. Katarzyny Majewskiej, prof. UWM

Olsztyn 2009

Autorka

w roku 2008/2009 była współfinansowana przez stypendium doktoranckie (20/DRINNO/18/2008) w ramach projektu systemowego Departamentu Europejskiego Funduszu Społecznego Urzędu Marszałkowskiego Województwa Warmińsko – Mazurskiego w Olsztynie pt.: „**DrINNO – zwiększenie podaży technologicznej w województwie warmińsko – mazurskim poprzez stypendia dla doktorantów**” z Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007 – 2013 współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego.



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



oraz

w roku 2007/2008 przez stypendium doktoranckie w ramach projektu „**Transfer wiedzy pomostem do innowacyjności i konkurencyjności gospodarczej regionu – stypendia doktoranckie**” ze Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego 2004 – 2006 współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego.

Dziękuję wszystkim osobom, które swoją pomocą przyczyniły się do powstania niniejszej pracy:

*Serdecznie dziękuję **Marcie Żmojdzie – Kulik i Basi Mazur** za jedność, wsparcie oraz wspólną walkę i dążenie do osiągnięcia tych samych celów przez cztery lata studiów.*

Bez Was by mnie tu nie było...

*Dziękuję również **Marcie Ambrosewicz** za życzliwość i wsparcie.*

*Serdeczne podziękowania kieruję do Pani dr inż. **Małgorzaty Tańskiej** za cenne wskazówki, rady, pomoc laboratoryjną, przekazaną wiedzę oraz wsparcie.*

*Serdecznie dziękuję Pani **Elżbiecie Łaszek** za mądrość życiową, życzliwość i wszystkie ciepłe słowa.*

*Szczególne podziękowania składam Panu dr inż. **Piotrowi Zapotocznemu** za pomoc w realizacji części analiz laboratoryjnych i analizy statystycznej oraz za nieświadomą inspirację w trakcie trwania studiów.*

*Dziękuję również Panu dr hab. inż. **Ireneuszowi Białobrzeskiemu**, prof. UWM, za pomoc w opracowaniu wyników analizy statystycznej.*

*Serdecznie dziękuję Panu inż. **Mieczysławowi Babalskiemu** za współpracę, udostępnienie materiału badawczego i cenne wskazówki.*

*Szczególne podziękowania składam również Panu dr hab. **Józefowi Tyburskiemu**, prof. UWM za życzliwość, pomoc w zdobyciu materiału badawczego oraz cenne rady i przekazaną wiedzę.*

*Serdecznie dziękuję Pani dr hab. inż. **Katarzynie Majewskiej**, prof. UWM za opiekę, przekazaną wiedzę, życzliwość, wsparcie, cierpliwość, wyrozumiałość, mobilizację w czasie studiów i w trakcie przygotowywania niniejszej pracy.*

Pracę dedykuję mojemu Mężowi.

*Dziękuję Mu za cierpliwość, wyrozumiałość, wsparcie oraz
za dom,
który razem stworzyliśmy...*

Spis treści

1. Wstęp.....	7
2. Zagadnienie w świetle literatury.....	8
2.1. Rynek pieczywa w Polsce a wykorzystanie mąki orkiszowej w produkcji piekarskiej.....	8
2.2. Rozwój rolnictwa i przetwórstwa ekologicznego oraz rynek żywności ekologicznej w Polsce.....	16
2.3. Pochodzenie, systematyka, morfologia oraz warunki uprawy orkiszu.....	19
2.3.1. Teorie na temat pochodzenia orkisz.....	19
2.3.2. Systematyka orkisz.....	21
2.3.3. Morfotypy orkisz.....	22
2.3.4. Systemy produkcji rolnej a wymagania agrotechniczne i warunki uprawy orkisz.....	23
2.4. Znaczenie gospodarcze i użytkowe orkisz w przeszłości i obecnie.....	27
2.5. Aktualny stan badań na temat orkisz w Europie i na świecie.....	32
2.6. Skład chemiczny i wartość odżywcza ziarna i mąki orkiszowej.....	38
2.7. Wartość technologiczna ziarna i mąki orkiszowej.....	49
2.7.1. Właściwości fizyczne i wartość przemiałowa ziarna orkisz.....	49
2.7.2. Wartość wypiekowa mąki orkiszowej.....	57
3. Cel i hipoteza badawcza pracy.....	67
3.1. Cel pracy.....	67
3.2. Hipoteza badawcza.....	67
4. Część doświadczalna – zakres i metodyka badań.....	68
4.1. Materiał badań.....	68
4.2. Metodyka badań ziarna i mąki orkiszowej.....	71
4.2.1. Określenie wydajności ziarna orkisz z omlotu materiału oplewionego.....	71
4.2.2. Oznaczenie wilgotności ziarna i mąki.....	71
4.2.3. Oznaczenie masy 1000 ziaren.....	71
4.2.4. Oznaczenie gęstości ziarna w stanie zsybnym.....	71
4.2.5. Oznaczenie wyrównania ziarna.....	71
4.2.6. Oznaczenie twardości ziarna.....	71
4.2.7. Przemiał ziarna na mąkę wysokowyciągową.....	72
4.2.8. Oznaczenie popiołu całkowitego w ziarnie i mące.....	72
4.2.9. Obliczenie współczynników efektywności przemiału ziarna.....	72
4.2.10. Określenie barwy mąki.....	73
4.2.11. Oznaczenie granulacji mąki (analiza sitowa).....	74
4.2.12. Oznaczenie kwasowości mąki.....	74
4.2.13. Oznaczenie zawartości tłuszczu ogółem w mące.....	74
4.2.14. Oznaczenie składu kwasów tłuszczowych w mące.....	74
4.2.15. Oznaczenie zawartości skrobi ogółem w mące.....	75
4.2.16. Oznaczenie zawartości skrobi amylazoopornej w mące.....	75
4.2.17. Oznaczenie zawartości błonnika ogółem i jego frakcji w mące.....	76
4.2.18. Oznaczenie liczby opadania w mące.....	77
4.2.19. Ocena amylograficzna mąki.....	77
4.2.20. Oznaczenie stopnia uszkodzenia skrobi w mące.....	77
4.2.21. Oznaczenie białka ogółem w mące.....	77

4.2.22. Określenie wydajności glutenu mokrego w mące	77
4.2.23. Oznaczenie liczby sedimentacji w mące	77
4.2.24. Badanie cech reologicznych ciasta	78
4.2.25. Próbny wypiek laboratoryjny	78
4.2.26. Ocena organoleptyczna oraz fizykochemiczna uzyskanego pieczywa	81
4.3. Analiza statystyczna wyników	82
5. Omówienie i dyskusja wyników badań	85
5.1. Warunki pogodowe podczas uprawy ziarna badanych odmian orkiszu	85
5.2. Wybrane składniki chemiczne i wartość odżywcza wysokowyciągowej mąki orkiszowej	87
5.3. Wartość technologiczna ziarna orkiszu oraz otrzymanej z niego mąki	92
5.3.1. Właściwości fizyczne i wartość przemiałowa ziarna orkiszu	92
Uzysk ziarna	92
Wartość przemiałowa ziarna	93
Wyciąg mąki a zawartość popiołu całkowitego	98
Granulacja mąki	100
Barwa mąki	104
Kwasowość mąki	108
5.3.2. Wartość wypiekowa wysokowyciągowej mąki orkiszowej	109
Właściwości skrobi	109
Ilość i jakość białka	113
Cechy reologiczne ciasta	116
Próbny wypiek laboratoryjny	119
5.4. Rezultaty analizy statystycznej wybranych parametrów	131
5.4.1. Analiza związków korelacyjnych	131
5.4.2. Analiza skupień	135
6. Spostrzeżenia	141
7. Wnioski	142
8. Literatura	144
9. Streszczenie	158
10. Załączniki	159

1. Wstęp

Wraz ze wzrostem liczby ludności na świecie w XX wieku, równoległe pojawiła się konieczność zaspokojenia rosnących potrzeb żywnościowych. Przyczyniło się to do powstania wielu problemów, a wzmożona produkcja żywności, wprowadzająca po drugiej wojnie światowej rolnictwo intensywne, wysokonawozowe i wykorzystujące szeroki wachlarz środków ochrony roślin, wpłynęła na pogorszenie stanu środowiska naturalnego. Wymusiło to po latach na rolnikach – producentach żywności konieczność zmiany technologii upraw, a część z nich świadomie zaczęła propagować ekologiczny system uprawy roślin obok rolnictwa niskonakładowego i zintegrowanego.

W dobie intensyfikacji rolnictwa i rosnącego skażenia środowiska, produkcji zmodyfikowanych i unowocześnionych odmian i gatunków zbóż, pojawił się również problem, które z aktualnie znanych roślin nadają się do uprawy w trudnych warunkach środowiskowych i jednocześnie nie wymagają stosowania pestycydów. Najlepszymi do tego celu okazały się starożytne zboża, które już stosunkowo dawno zostały zapomniane i w większości krajów całkowicie zaprzestano ich uprawy, a przez to, że nie były poddawane żadnym modyfikacjom, zachowały bardzo cenne cechy roślin pierwotnych. W konsekwencji, pojawiła się konieczność nie tylko ich rekultywacji, ale również sprawdzenia ich wartości odżywczej oraz określenia ich przydatności technologicznej i możliwości wykorzystania w przetwórstwie. Stąd też, wiele ośrodków badawczych na całym świecie (a szczególnie w Europie) wraz z rolnikami ekologicznymi, podjęło intensywne badania nad różnymi możliwościami wykorzystania starożytnych gatunków pszenic, takich jak: samopsza, płaskurka oraz orkisz.

I tak, już kilka lat temu, orkisz pojawił się na polskim rynku produktów rolnych. Początkowo nie było wiadomo jak go wykorzystać, oprócz przeznaczenia na paszę. Zaczęto wobec tego sięgać do starej literatury oraz naśladować sąsiadów z zagranicy, którzy do dnia dzisiejszego w swojej kuchni wykorzystują to zboże. Obecnie coraz bardziej wzrasta wiedza na temat tego gatunku pszenicy wśród rolników i konsumentów, co przyczynia się do rozszerzenia popularności orkiszu. Choć już wiadomo, że ziarno można wykorzystać m. in. do produkcji mąki jasnej i ciemnej, kaszy, płatków, pieczywa, makaronu, wódki i piwa, to nadal polski rolnik i przetwórcza mają do czynienia z kilkoma zasadniczymi problemami. Przede wszystkim, obszary zasiewów orkiszu w Polsce są za małe, żeby zaspokoić rodzime przetwórstwo i zapotrzebowanie. Wiele zakładów przetwórczych sprowadza orkisz z zagranicy, co zwiększa koszty, a w konsekwencji ceny przetworów z orkiszu. W naszym kraju nie ma (jak na razie) żadnych zarejestrowanych odmian tego gatunku pszenicy i nadal mało jest informacji, które odmiany orkiszu najlepiej sprawdzają się podczas uprawy w polskich warunkach wegetacyjnych, a jedyne dostępne odmiany orkiszu pochodzą głównie z Niemiec i Szwajcarii. Brak też jest jednoznacznych danych, które odmiany orkiszu uprawiane w Polsce najlepiej nadają się do produkcji dobrej jakości mąki piekarskiej. Nie ma również opracowanych polskich kryteriów jakościowych dla pszenicy orkisz, co dodatkowo komplikuje sprawę przy określaniu potencjalnej przydatności mąki orkiszowej na podstawie jedynie pośrednich wyróżników jakości (dotychczas powszechnie stosowanych jedynie w ocenie jakości pszenicy zwyczajnej).

Mając powyższe na uwadze, niniejsza praca ma na celu uzupełnić wiedzę na temat dostępnych odmian orkiszu z polskich upraw ekologicznych i ich wykorzystania w piekarstwie.

2. Zagadnienie w świetle literatury

2.1. Rynek pieczywa w Polsce a wykorzystanie mąki orkiszowej w produkcji piekarskiej

Branża spożywcza w Polsce zmienia się niezwykle szybko i diametralnie. Coraz większa konkurencja na rynku, rosnące wymagania konsumentów oraz zmieniające się trendy, stawiają przed producentami wyrobów spożywczych bardzo wysokie wymagania. Szybki rozwój sektora żywności i napojów doskonale widać zarówno na naszych stołach, jak i sklepowych półkach. Dlatego też tak ważne jest prezentowanie nowości produktowych przez producentów tam, gdzie podejmowane są decyzje o tym, co w kolejnym sezonie pojawi się w ofercie handlowej.

W Polsce obecnie istnieje ok. 10 tysięcy piekarni. Większość z nich to mikro- i małe przetwórcze (97%), raczej o małym asortymencie. Niestety branża piekarska od paru lat boryka się z wieloma problemami. Obserwatorzy rynku podają różne przyczyny tego stanu. Jedną z najważniejszych trudności jest spadkowa tendencja w spożyciu pieczywa zarówno w Polsce jak i w innych krajach Europy (Nowakowski, 2006; Stus, 2007a). Kolejny problem stanowi odpływ fachowców – piekarzy do firm zagranicznych i innych państw UE oraz brak instytucji promujących spożycie pieczywa i zawód piekarza w Polsce. Nadal również nie został utworzony Instytut Piekarstwa szkolący w zawodzie szczególnie dla potrzeb piekarni rzemieślniczych. Na to wszystko nakłada się jeszcze destrukcyjne działanie supermarketów oraz brak współdziałania piekarzy w rozwiązywaniu problemów branżowych (Nowakowski, 2006; Jurga, 2007). Co więcej, obecnie właściwie nie istnieje współpraca z instytucjami regulacyjno – kontrolnymi, które przeciwdziałają nieuczciwej konkurencji. Jak się okazuje, poza wszelkim nadzorem pozostaje 30% rynku, a jednocześnie 20 000 pracowników branży pracuje bez ubezpieczeń społecznych i zdrowotnych. W wyniku przeprowadzenia w 2005 roku ogólnopolskich badań branży piekarniczej, stwierdzono, że przyczynami takiego stanu są również wysokie koszty zatrudnienia pracowników, brak rozwiązań ekonomiczno – prawnych wewnątrz branży oraz bardzo silna promocja substytutów chleba w mediach. Szczególnie istotna jest ta ostatnia kwestia. Wiadomo, że obniżającej się konsumpcji chleba, towarzyszy dynamiczny wzrost spożycia jego substytutów i innych produktów zbożowych (Nowakowski, 2006).

Dodatkowo, do negatywnych zjawisk socjologicznych i ekonomicznych w branży piekarskiej należą stały wzrost kosztów, ale jednocześnie stosunkowo niska cena wyrobów, brak środków na modernizację technologii i polepszenie higieny produkcyjnej, zmiany stylu zaopatrzenia gospodarstw domowych, zamykanie sklepów w pobliżu supermarketów, rozwój punktów dopiekania pieczywa, możliwość nabycia gotowych mieszanek chlebowych do wypieku chleba oraz nasilający się trend promujący ograniczenie spożycia węglowodanów (Stus, 2007a; Piesiewicz, 2008).

Z tych też powodów piekarnie w celu utrzymania się na rynku oraz bycia konkurencyjnymi, nie tylko powinny mieć prawo do uczciwej konkurencji, ale przede wszystkim powinny mieć dostęp do nowych technologii i bardziej uregulowane kwestie prawne z zakresu branży (Nowakowski, 2006). Nie mniej jednak, wszystkie piekarnie muszą (nieustannie) szukać pomysłów na produkcję takich wyrobów, które zwrócą uwagę coraz bardziej świadomych i wymagających konsumentów.

Preferencje konsumentów a przyczyny spadku spożycia pieczywa

Rynek żywności jest jednym z najprężniej rozwijających się sektorów gospodarki w każdym państwie. Obecnie w zakresie zachowań konsumentów, można wyróżnić kilka tendencji (Diowski, 2008). Pierwszym wymienianym trendem jest rosnące zróżnicowanie wydatków. Jak wynika z badań konsumenckich, na rynku można wyłonić grupy kupujących, którzy wykazują dużą determinację w nabywaniu najtańszych produktów i jednocześnie bez oporów wydają dużo pieniędzy na inne wyroby. Daje to zakładom piekarskim możliwość zwiększenia swoich dochodów. Piekarnie mogą zachować rentowność przez oferowanie produktów z nieco tańszej grupy cenowej i produktów ekskluzywnych, z prozdrowotnymi dodatkami, takich jak np. chleby lub inne pieczywo, do produkcji których wykorzystane są surowce pochodzące z gospodarstw lub przetwórni ekologicznych (Mruk, Mruk, 2007).

Ponadto, konsumenci nieustannie różnicują zapotrzebowanie na żywność, a producenci zmieniają swoją ofertę asortymentową. Wśród kupujących pojawia się zachowanie polegające na tzw. wyrażeniu siebie w produktach, które konsument nabywa lub też wzrost ilości klientów zainteresowanych przeżyciami i silnymi wrażeniami, związanymi z nabywanymi produktami. Producenci tym samym powinni dać możliwość konsumentom wzięcia udziału w kształtowaniu produktów (Mruk, Mruk, 2007).

Dodatkowo, na polskim rynku żywności pojawił się trend, polegający na dostosowaniu niektórych produktów do potrzeb kobiet. Właśnie piekarze mogą wykorzystać tę szansę. Jednym ze sposobów jest promowanie pieczywa, w tym bułek i chleba, który korzystnie wpływa na przemianę materii, zdrowie i wygląd, pomagając w zachowaniu ładnej sylwetki, przez wspomaganie przemiany materii (Kot, 2007; Mruk, Mruk, 2007).

Jednym z najsilniej zaznaczających się trendów jest zainteresowanie konsumentów własnym zdrowiem i jakością życia. Objawia się to m. in., zwiększeniem popytu na pieczywo pełnoziarniste, z dodatkiem różnych ziół i nasion. Dla współczesnego człowieka istotny jest jego wygląd, energia, odporność fizyczna i psychiczna (Górska – Warszewicz, 2001; Mruk, Mruk, 2007; Mruk, 2008). Powszechnie wiadomo, że wygląd i dobre samopoczucie zależą w dużej mierze od tego jak się odżywiamy i czy stosujemy dietę bogatą w składniki odżywcze. Producenci żywności powinni to przekonanie szczególnie wykorzystać.

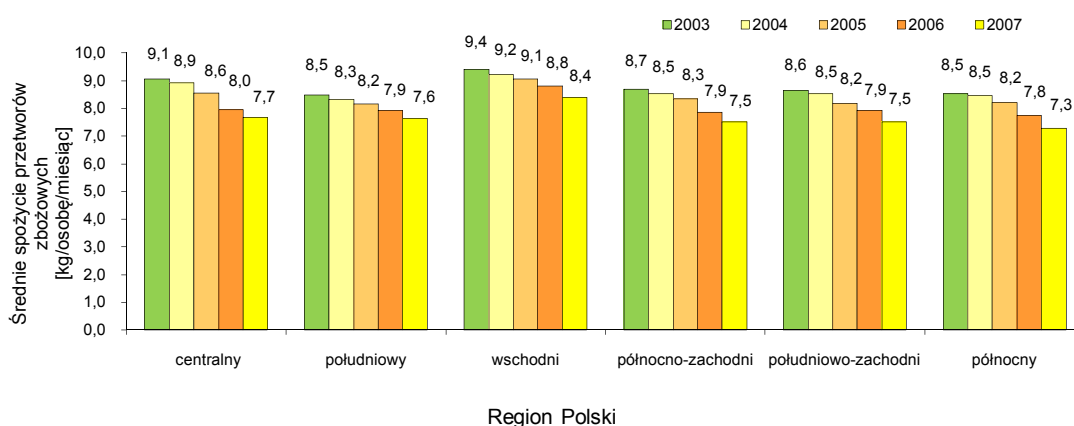
Niezależnie od panujących trendów, Górska – Warszewicz (2001) wyłoniła trzy grupy konsumentów. Do pierwszej grupy wg tej klasyfikacji należą konsumenci nowocześni, otwarci, innowacyjni, którzy ulegają modzie związanej ze spożyciem określonego rodzaju pieczywa, ciągle poszukujący nowych rodzajów pieczywa. Jak wynika z badań dotyczących zachowań konsumentów na rynku produktów zbożowych, prowadzonych przez Piekut (2007), 20% ankietowanych stwierdziło, że poszukiwało nowych produktów na rynku, głównie funkcjonalnych, dietetycznych lub typu fitness. Co więcej, jak wynika z innych badań ankietowych prowadzonych przez Puto (2004), aż 61% respondentów poszukiwało na rynku piekarskim nowych rodzajów pieczywa. Osobami zgłaszającymi zapotrzebowanie na innowacje byli głównie pracownicy umysłowi i studenci oraz uczniowie.

Drugą grupą kupujących wyłonionych przez Górską – Warszewicz (2001), są konsumenci ustabilizowani, o wyższych dochodach, wybierający te same rodzaje produktów, a w wyborze pieczywa kierujący się jego jakością.

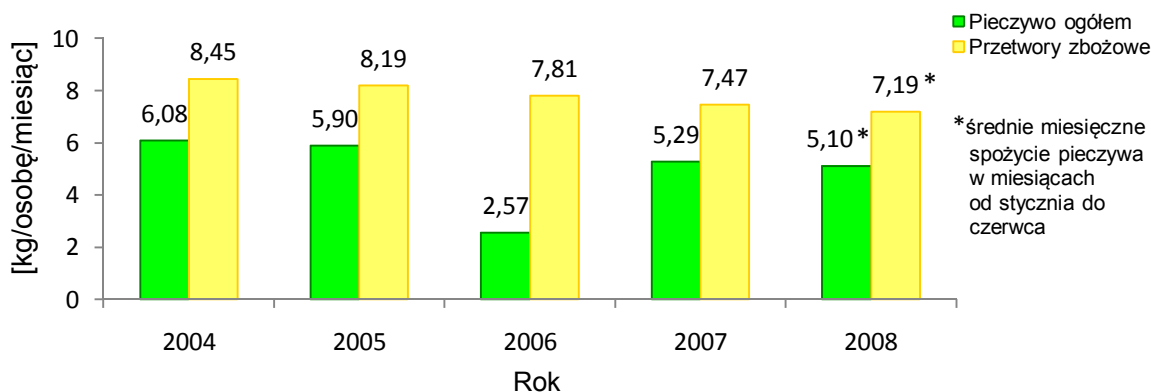
Natomiast do ostatniej grupy konsumentów należą tradycjoniści, którzy w niewielkim stopniu przy wyborze pieczywa sugerują się jego dietetycznymi właściwościami, ale raczej ceną. Jest to grupa ludzi o średnich i niskich dochodach (Górska – Warszewicz, 2001).

Niestety, niezależnie od zmieniających się zachowań konsumentów i tak spada spożycie pieczywa (Nowakowski, 2006; Stus, 2007a). Wg IER i GŻ (Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej) w pierwszym półroczu 2007 r. przeciętny Polak zjadał 5,31 kg pieczywa miesięcznie, natomiast sześć lat wcześniej wynik ten wyniósł 6,55 kg/osobę (Stus, 2007c). Wg danych GUS spożycie pieczywa i przetworów zbożowych ogółem corocznie zmniejsza się (*Wykresy 1 i 2*). Sytuacja taka niepokoi zarówno młynarzy, piekarzy, specjalistów z zakresu żywienia jak i lekarzy, szczególnie kardiologów (Piesiewicz, 2007).

Wykres 1. Spożycie przetworów zbożowych w Polsce w ciągu pięciu lat (Główny Urząd Statystyczny, 2009).



Wykres 2. Spożycie pieczywa ogółem i przetworów zbożowych w Polsce w ciągu pięciu lat (Rynek zbóż..., 2008).



Specjaliści z zakresu piekarstwa i analizy rynku wymieniają kilka powodów takiego stanu. Pierwszą z przyczyn jest ciągle pogarszająca się jakość pieczywa, wynikająca ze stosowania mniej czasochłonnych metod produkcji, co powoduje coraz większe niezadowolenie konsumentów

oraz spadek jego spożycia do granicy ryzyka zdrowotnego (Jankiewicz, 2008b). Sytuację pogarszają nienajlepsze warunki działania polskiego przemysłu piekarskiego i wcześniej wspomniana promocja substytutów chleba (Górska – Warszewicz, 2001; Nowakowski, 2006; Piekut, 2007; Stus, 2007c; Jankiewicz, 2008b). Z kolei, udoskonalenie produkcji młynarskiej spowodowało pełniejsze wykorzystanie ziarna, z jednoczesnym uzyskiwaniem większej wydajności podczas przemiału (Jankiewicz, 2005; 2008b). Niestety, równolegle zmniejszyła się ilość młynów produkujących dobrej jakości mąkę ciemną. Na pomoc piekarzom (w celu ograniczenia czasochłonności wielu procesów produkcyjnych) przyszła zaawansowana biotechnologia, oferująca różne enzymy i inne substancje chemiczne, korzystnie wpływające na objętość chleba oraz opóźnienie procesu czerstwienia.

Wpłynęło to niestety znacząco na mięksiz wypiekanego pieczywa, który nie daje możliwości zucia, bo swoją strukturą często przypomina „watę” (Kownacki, 2005; Jankiewicz, 2005; 2008b). Jednocześnie sterowanie aktywnością amylaz i proteaz, spowodowało skrócenie cyklu produkcyjnego i ograniczyło tym samym powstawanie bogatego bukietu aromatu świeżego chleba (Jankiewicz, 2008b; Diowks, 2008). Co więcej, na jakość chleba i bułek ma również wpływ coraz większe zapotrzebowanie na pieczywo z odroczonego wypieku, które głównie wykorzystywane jest w piekarniach przysklepowych (Jankiewicz, 2008b). Odzwierciedleniem tego stanu jest raport na temat jakości pieczywa sporządzony w pod koniec listopada 2006 roku przez GIJHARS (Główna Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno – Spożywczych). Z dokumentu wynika, że wszechobecne markety „produkują” pieczywo gorszej jakości niż tradycyjne piekarnie. Jak okazuje się często nie dysponują one odpowiednimi technologiami i wykwalifikowanymi pracownikami, a jednocześnie bazują na surowcach i produktach o gorszych parametrach jakościowych (Łazarowicz, 2006c; Nowakowski, 2006).

Z tych też powodów zapotrzebowanie na rynku na pieczywo spada. Biorąc jednak pod uwagę wszystkie walory chleba, warto by było zmienić tę sytuację.

Walory pieczywa ze szczególnym uwzględnieniem pieczywa ciemnego

Piramida zdrowego żywienia podaje, że jej podstawę stanowią produkty pochodzenia zbożowego, co zawsze warto mieć na uwadze (Nowakowski, 2006; Diowks, 2008). Co więcej, produkty zbożowe, wg Instytutu Żywności i Żywienia, w 2001 roku dostarczały ponad 30% energii, 30% białka i 55% węglowodanów (Piekut, 2007).

Nieprawidłowa dieta i nieregularny tryb życia sprzyjają szerzeniu się chorób cywilizacyjnych (Lange, 2007). Warto w tym miejscu podkreślić, że błędnym jest stwierdzenie, że pieczywo sprzyja otyłości. Przeciwnie, jego niedostateczne spożycie, sprzyja niedoborom witamin z grupy B, które odgrywają istotną rolę w metabolizmie. Pieczywo także jest źródłem błonnika pokarmowego, który zapobiega zaparciom i przeciwdziała otyłości. Pieczywo jednocześnie jest istotnym źródłem energii niezbędnej do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Całkowite wykluczenie z diety pieczywa ogranicza dostarczanie białka roślinnego, związków mineralnych: magnezu, miedzi, cynku i substancji bioaktywnych. Należy podkreślić, że właśnie pieczywo powinno być istotną częścią diety redukującej masę ciała, a całkowity jego brak może doprowadzić wręcz do efektu odwrotnego (Lange, 2007; Ruibal – Mendieta i in., 2005; Piesiewicz, 2007; Diowks, 2008).

Co więcej, jak wynika z badań ankietowych prowadzonych we Francji, przy nadmiernym spożyciu tłuszczu i cukrów prostych, a pieczywa poniżej 70 kg na osobę na rok, znacznie wzrasta ryzyko wystąpienia chorób sercowo – naczyniowych. W Polsce spożycie pieczywa na jednego mieszkańca rocznie wynosi ok. 65 kg. Chleb (szczególnie ciemny), jako podstawowy pokarm stanowi źródło substancji biologicznie aktywnych, takich jak: inozytol, lignany, fruktooligosacharydy oraz włókno pokarmowe. Tym samym, w diecie przeciętnego konsumenta nie powinno zabraknąć produktów pochodzących z pełnego ziarna (Ruibal – Mendieta i in., 2005; Marciniak, Obuchowski, 2007; Piesiewicz, 2007; Diowks, 2008).

Zgodnie z definicją, mąka ciemna, to taka, która pochodzi z przemiału całego ziarna pszenicy i zawiera powyżej 1% popiołu. W jej skład wchodzi większa ilość okrywy owocowo – nasiennej niż w przypadku mąki jasnej i z tego właśnie powodu cechuje się korzystniejszym składem pod względem żywieniowym. Z kolei, pieczywo ciemne jest przygotowywane z mąki o zawartości popiołu powyżej 1%, albo z mieszaniny mąki, w której średnioważona zawartość popiołu przekracza ww. wartość (Gąsiorowski, 2003; Rothkaehl, 2009).

Powszechnie wiadomo, że chleby z mąki ciemnej charakteryzują się wyższą zawartością błonnika ogółem, skrobi opornej i niższą zawartością skrobi ogółem w porównaniu z jasnym pieczywem. Cechują się również wyższą zawartością związków mineralnych, witamin z grupy B i związków o charakterze przeciwutleniającym, takich jak: związki fenolowe, sterole, tokoferole, tokotrienole, lignany i kwas fitynowy (Bonafaccia i in., 2000, Katina i in., 2005; Marciniak, Obuchowski, 2007; Diowks, 2008). Pieczywo ciemne ze względu na wyższą wilgotność mięksiszu długo zachowuje swoją świeżość (wolniej czerstwieje) i wyróżnia się wysokimi walorami sensorycznymi (Kowalewska, 2006). Leitzmann i Watzl (2003) podają także, że mąka z pełnego przemiału charakteryzuje się wysoką zawartością lektyn i inhibitorów niektórych enzymów, które działają przeciwnowotworowo oraz obniżają stężenie glukozy we krwi. Co więcej, mąka wysokowyciągowa dostarcza poprzez błonnik poli- i oligosacharydów oraz lignin, które nie są trawione, przez co poprawiają perystaltykę jelita grubego. Związki te również wpływają na obniżenie stężenia cholesterolu i glukozy we krwi.

Dodatkowo, pieczywo ciemne cechuje się niskim indeksem glikemicznym, dając długo poczucie sytości. Do obniżenia indeksu przyczyniają się tłuszcze i błonnik oraz składniki spowalniające absorpcję glukozy (Bonafaccia i in., 2000; Lange, 2007; Łazarowicz, 2007b; Diowks, 2008). Warto jeszcze wspomnieć, że mąka ciemna i otrzymane z niej pieczywo cechują się niższą alergenicnością niż mąka jasna (Konopka, Fornal, 2007).

Pieczywo specjalne i jego promocja na rynku przetworów zbożowych

Mąka otrzymana z niektórych surowców może być wykorzystana do produkcji pieczywa specjalnego, które zgodnie z definicją jest wytworzone z produktów przemiału pszenicy lub żyta lub jednocześnie z pszenicy i żyta, albo zawiera inne produkty zbożowe, względnie inne dodatki pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego (Gąsiorowski, 2003). W Niemczech np. pieczywo specjalne może być dopuszczone do obrotu, jeśli zawiera ustalony poziom danego dodatku, tj. chleb zarodkowy zawiera 20 kg zarodków na 100 kg mąki, a chleb z siemieniem lnianym powinien zawierać minimum

8 kg nasion lnu na 100 kg mąki. Do tego typu pieczywa należy również chleb specjalny o zmienionej wartości odżywczej i z możliwością stosowania w profilaktyce chorób (Gąsiorowski, 2003, 2004b).

Jak twierdzi Piesiewicz (2007) obecny wzrost zapotrzebowania na produkty bogate w substancje biologicznie aktywne, powinien zapoczątkować produkcję piekarskich dodatków prozdrowotnych. Warto sobie uświadomić, że właśnie pieczywo ciemne może stać się w wielu przypadkach pieczywem specjalnym. Niedobór błonnika pokarmowego, minerałów i witamin, szczególnie z grupy B w diecie przeciętnego konsumenta, może być powiązany z niskim spożyciem ciemnego pieczywa (Mielcarz, 2004; Batifoulie i in., 2006). Zmiana stylu życia wymusiła konieczność promowania pieczywa ciemnego, ponieważ może być ono pomocne w leczeniu takich schorzeń jak: otyłość, nowotwory oraz choroba niedokrwienna serca. Mąka ciemna jest dobrym źródłem tiaminy (B₁), a regularne spożycie produktów z mąki wysokowyciągowej może dostarczyć nawet 20% dziennego zapotrzebowania na ryboflawinę (B₂). Co więcej, chleb jest niezaprzeczalnym źródłem (16% dziennego zapotrzebowania) pirydoksyny (B₆). Warto jeszcze dodać, że witaminy z grupy B występujące w zbożach cechują się wysoką biodostępnością i mogą być skutecznie wykorzystane przez organizm (Batifoulie i in., 2006).

W tym miejscu warto podkreślić szczególną rolę, jaką może odegrać w tej kwestii pieczywo orkiszowe. Pszenica orkisz znana jest od wieków w krajach głównie niemieckojęzycznych i jest tam ceniona ze względu na swoje walory żywieniowe. Mąka orkiszowa (szczególnie mąka ciemna), w porównaniu do mąki otrzymanej z ziarna pszenicy zwyczajnej, zawiera więcej tłuszczu ogółem (w tym więcej kwasu oleinowego i fitosteroli), witamin (PP, B₆, D, prowitaminy A, tokoferoli), mikro - (P, Fe, Zn, Cu) i makroelementów (K, Mg, Na) oraz białka. Jak wynika z literatury, mąka orkiszowa może stanowić dobry surowiec do produkcji pieczywa specjalnego (Ranhotra i in. 1995; Abdel – Aal i in., 1997; 2002; Marconi i in., 2002)

Ruibal – Mendieta i in. (2005) zasugerowali, że mąka orkiszowa może być wartościowym surowcem do wykorzystania w piekarstwie ze względu na:

- wyższą zawartość tłuszczu, nienasyconych kwasów tłuszczowych, co jest spowodowane prawie dwukrotnie wyższą zawartością kwasu oleinowego,
- wyższą zawartość żelaza, cynku, miedzi, magnezu i fosforu,
- niższą o ok. 40% zawartość kwasu fitynowego, w porównaniu do mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej.

Dodatkowo, biorąc pod uwagę wyższą zawartość białka w mące orkiszowej oraz jego wyższą strawność (choć nie zawsze), jak również zawartość związków o właściwościach przeciwutleniających, warto wykorzystać ten surowiec do produkcji ciemnego chleba orkiszowego (Moudrý i Dvořáček 1999; Bonafaccia i in., 2000; Chrenková i in., 2000; Capouchová, 2001; Marques i in., 2007; Dąbkowska i in., 2008; Gujska i in., 2008; Zieliński i in., 2008).

Pieczywo orkiszowe dobrze wypieka się, nie kruszy się podczas krojenia i ma często charakterystyczny orzechowy aromat oraz dłużej zachowuje świeżość, pod warunkiem, że wyprodukowane jest z samej mąki orkiszowej. Warto podkreślić, że ponieważ pszenica orkisz doskonale nadaje się do uprawy według zasad rolnictwa ekologicznego, zwiększa to atrakcyjność

produktów z orkiszu pod względem żywieniowym wśród zainteresowanych trendem „bio” konsumentów.

W Polsce od kilku lat wzrasta zainteresowanie zakładów piekarskich mąką orkiszową, którą można wykorzystać jako zamiennik mąk chlebowych (żytnich i pszennych) w recepturach piekarskich. W naszym kraju istnieją firmy, które sprowadzają (przeważnie z zagranicy) i wykorzystują ziarno i mąkę orkiszową do produkcji pieczywa:

- Diamant International Polska,
- Lesaffre,
- C. Witt,
- Gdańskie Młyny i Spichlerze Dr Cordesmeier Sp. z o.o.,
- Bogutymłyn – sprowadza ziarno orkiszu odmiany *ÖKO – 10* z Węgier,
- Zeelandia – importuje mąkę z Węgier, a ziarno z Francji (dane z 2007 roku), ale w 2008 roku produkcja została przeniesiona do zakładu w Czechach,
- GFT Goldfruit Sp. z o.o. (Chleb Polski) – importuje ziarno z Węgier,
- Eco Trade – importuje mąkę z Czech,
- BioFuturo – sprowadza ziarno uprawiane w Polsce, na terenie Niemiec, Czech, Holandii i Słowacji,
- BakeMark Pol – Ratjen importuje ziarno z zagranicy.

Powyższe informacje autorka pracy uzyskała w wyniku bezpośredniego kontaktu z technologami i osobami pracującymi w dziale marketingu w poszczególnych firmach.

Jak wynika z badań rynkowych najistotniejszymi czynnikami, które wpływają na wybór pieczywa są: cena, tradycja i przyzwyczajenia wyniesione z domu rodzinnego, jak również preferencje własne i członków rodziny (Górska – Warszewicz, 2001). Pieczywo polskie jest nie tylko towarem konsumpcyjnym, ale przede wszystkim jest silnie zakorzenione w rodzimej kulturze i w dalszym ciągu zajmuje pierwszą pozycję wśród spożywanych przetworów zbożowych, a walory jakościowe (szczególnie smak) tradycyjnego polskiego pieczywa są cenione w kraju i za granicą (Nowakowski, 2006).

Piekarze, w sytuacji spadkowej tendencji spożycia pieczywa, są grupą najbardziej poszkodowaną. Należy sobie jednak uświadomić, że na kurczeniu się rynku piekarskiego tracą wszyscy. Zmniejsza się liczba piekarni, a co za tym idzie – jest między nimi mniejsza konkurencja, a to w konsekwencji powoduje wzrost cen pieczywa. Może to spowodować, że coraz trudniej będzie sprzedać standardowe pieczywo, ale jednocześnie, może pojawić się wzrost zapotrzebowania na ekskluzywny asortyment pieczywa. Rynek pieczywa będzie się coraz bardziej różnicować. Klienci o wyższych dochodach zgłoszą zapotrzebowanie na produkty o wysokiej jakości, o specjalnych właściwościach, dostosowanych do ich potrzeb. Warto podkreślić, że część piekarni już obecnie zgłasza zainteresowanie produkcją chleba dla bardziej wymagającej klienteli (Stus, 2007c; Mruk, 2008).

Jednym ze sposobów polepszenia sytuacji polskich piekarzy, jest wzbogacanie pieczywa i ciast w takie składniki, które korzystnie wpływają na zdrowie i jakość życia ludzi (Mruk, Mruk, 2007).

Dostosowanie oferty asortymentowej może korzystnie wpłynąć na kondycję finansową piekarni. Warto dodać, że dzisiejsze piekarstwo stoi pod znakiem „bio”, a produkty z upraw ekologicznych są stałym elementem rynku (Kania – Lentes, 2006). Innym rozwiązaniem jest produkowanie pieczywa wg starych technologii, z zastosowaniem naturalnych dodatków i jednocześnie z odrzuceniem sztucznych polepszaczy (Kownacki, 2005).

Dodatkowo piekarnie nie tylko powinny stawiać na nowe, przede wszystkim smaczne produkty, ale także właściwie je promować, znajdując wspólny język z konsumentem. Przede wszystkim pracownicy powinni być odpowiednio przeszkoleni, w celu udzielania profesjonalnych odpowiedzi na temat technologii produkcji i stosowanych dodatków (Mruk, Mruk, 2007; Piesiewicz, 2008).

Należy sobie uświadomić, że marketingowa koncepcja zarządzania firmami – piekarniami zakłada właśnie dostosowanie oferty produktowej i usługowej do potrzeb i oczekiwań konsumentów. Sama skuteczność działania piekarni zależy również od wyboru segmentu klientów, do którego będzie adresowana oferta. Zapewnia to zadowolenie konsumenta, jak również stałe dochody producentów żywności. W celu poprawy sytuacji ekonomicznej polskiego piekarza rzemieślnika należy dążyć do uzyskania stanu równowagi pomiędzy popytem na pieczywo a zdolnościami produkcyjnymi. Nie ma też już obawy, że wielkie piekarnie zniszczą te mniejsze (Jankiewicz, 2008b; Mruk, Mruk, 2007; Mruk, 2008). Zmianę cyklu produkcyjnego i rozszerzenie ilości sprzedawanych produktów, można znacznie łatwiej przeprowadzić w mniejszych piekarniach, wypiekających chleb dla mniej licznej klienteli. Produkcja dla mniejszego grona kupujących może być elastyczniejsza i bardziej dostosowana do specyficznego rynku lokalnego. Co więcej, piekarnie rzemieślnicze mogą mieć dobry kontakt z zaufanym klientem, mając jednocześnie możliwość dynamicznego realizowania pojedynczych zamówień (Piesiewicz, 2008). Istnieje zatem konieczność ciągłego kreowania takich asortymentów pieczywa (może właśnie pieczywa specjalnego), które dostarczą nabywcy pełnej satysfakcji.

Dlatego tak ważnym zadaniem jest podjęcie współpracy między środowiskiem naukowym a branżą piekarską, w celu promocji walorów żywieniowych polskiego chleba, ale przede wszystkim kultywowania tradycji. W celu promocji pieczywa warto jest integrować klientów z piekarniami i cukierniami. Może to odbywać się przez różnego rodzaju lokalne spotkania, wydarzenia, uroczystości, festyny organizowane dla całych rodzin i społeczności (Mruk, Mruk, 2007). Alternatywą jest także prowadzenie w firmowych piekarniach promocji danego rodzaju produktu przez degustacje, postery informacyjne i ulotki. Istnieje też możliwość zwrócenia się do dzieci, przez produkcję pieczywa atrakcyjnie zapakowanego (Łazarowicz, 2007c). Najwyższy czas przystąpić do programu edukacji przyszłego pokolenia – konsumentów pieczywa, co może w końcu zwiększyć wzrost spożycia pieczywa, szczególnie tego ciemnego. W Polsce nadszedł czas na efektywne działania. W edukację powinni włączyć się zarówno naukowcy, władze centralne i regionalne, specjaliści od żywienia i produkcji pieczywa, jak również dziennikarze (Nowakowski, 2006; Piesiewicz, 2007; Diowski, 2008). Problem również tkwi w podejściu samych piekarzy, którzy nie wykazują nadmiernego zaangażowania w produkcję ciemnego pieczywa. Jak okazuje się jedynie 4% produkcji stanowi chleb razowy, a wynika to z małego zysku i problemów z technologią jego wypieku (Kowalewska, 2006; Rothkaehl, 2009).

Innym sposobem, mającym na celu zwiększenie dochodów piekarni, jest produkcja pieczywa szczególnie zalecanego przez dietetyków. W tej grupie znalazło się pieczywo bez konserwantów i dodatków chemicznych, pieczywo ekologiczne, pieczywo o zmniejszonej zawartości tłuszczu oraz pieczywo o obniżonym indeksie glikemicznym (Łazarowicz 2007b). Proponowanym sposobem rozwiązania problemów jest podjęcie współpracy piekarni z dostawcami surowców (Nowakowski, 2006).

Co więcej, małe piekarnie muszą szukać dla siebie nisz rynkowych (związanych np. z produkcją pieczywa specjalnego typu „bio”), tym bardziej, że największy udział w dochodach piekarni stanowi właśnie chleb. Jak już wcześniej wspomniano, dzisiejsze piekarstwo może rozwijać się włączając surowce z upraw ekologicznych, także przez wykorzystanie orkiszu lub płaskurki (Chleby Biosielski, 2006; Łazarowicz, 2006a; Kania – Lentes, 2006; Mruk, 2008; Piesiewicz, 2008).

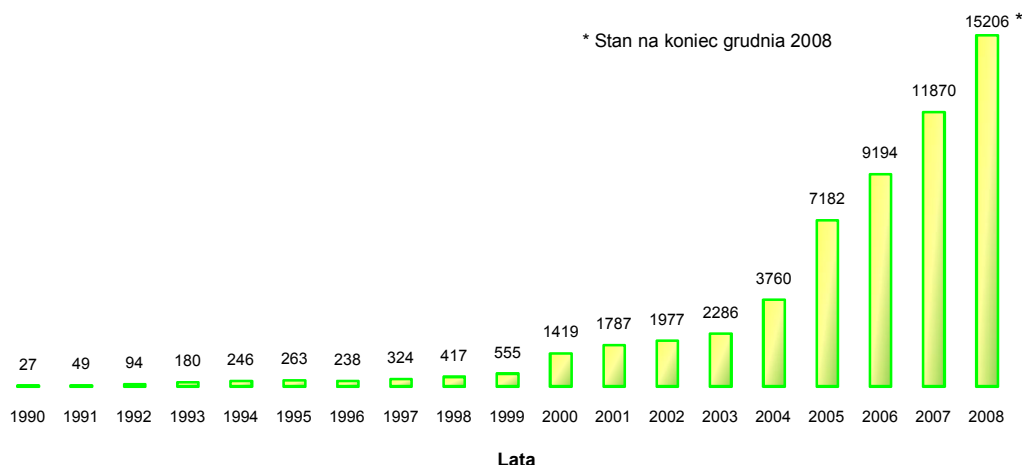
Obecnie dla producentów żywności otwiera się szansa na produkty innowacyjne, szczególnie cenne pod względem wartości odżywczej. Poszukuje się produktów adresowanych do poszczególnych grup wiekowych, osób wykonujących określony rodzaj pracy lub uprawiających sporty, jak również wymagających żywienia profilaktycznego, a nawet leczniczego. Coraz lepszy stan edukacji zdrowotnej i żywieniowej, lepsze możliwości techniczno – technologiczne przemysłu żywności oraz rosnąca kultura handlu, stwarzają ogromną szansę dla kreatywnych producentów żywności, w tym także producentów pieczywa (Jankiewicz, 2008b).

2.2. Rozwój rolnictwa i przetwórstwa ekologicznego oraz rynek żywności ekologicznej w Polsce

Gospodarstwa i przetwórnictwo ekologiczne w Polsce

Zjawiskiem, które ostatnio silnie zaznacza się w sferze producentów żywności jest trend „eko”. Należy sobie uświadomić, że właśnie rozwój rolnictwa i przetwórstwa ekologicznego stanowi szansę dla polskiego rolnictwa i całej gospodarki (Łazarowicz, 2006b). Polskie rolnictwo jest rozdrobnione i znacznie mniej „intensywne” w porównaniu do rolnictwa krajów wysokorozwiniętych. Przeciętny polski rolnik stosuje kilkakrotnie mniej nawozów sztucznych i około 10 – krotnie mniej środków ochrony roślin niż rolnik w Europie Zachodniej (Bawoł, 2009). Sytuacja ta stanowi niezły punkt wyjścia do popularyzacji alternatywnych metod wytwarzania żywności. Można powiedzieć, że Polska z tego powodu jest wręcz uprzywilejowanym państwem wśród krajów UE, ze względu na niższe koszty przestawiania gospodarstw na produkcję „eko” i sprzyjające warunki środowiskowe. Właśnie z tych powodów, rolnictwo ekologiczne w Polsce stanowi najdynamiczniej rozwijający się dział produkcji żywności (Żakowska – Biemans, 2006; Stus, 2008; Rybka, 2008). Prezentują to poniższe dane (*Wykres 3*), zaczerpnięte m.in. z aktualnego raportu Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno – Spożywczych.

Wykres 3. Wzrost liczby gospodarstw ekologicznych w Polsce (opracowano na podstawie Krysztoforski, 2006; Stan i tendencje..., 2005, 2006, 2007, 2008, 2009).



W 1990 roku było 27 gospodarstw ekologicznych, w 2000 roku było ich 1419, a pięć lat później ich liczba wzrosła do 7182. Natomiast w 2008 roku takich gospodarstw było już 15206 (dane na koniec grudnia) (Krysztoforski, 2006; Stan i tendencje..., 2005, 2006, 2007, 2008, 2009). Jak wynika z powyższego raportu, w 2008 roku w Polsce liczba przetwórców ekologicznych wyniosła 236.

Unia Europejska wspierając rolnictwo ekologiczne, realizuje trzy podstawowe cele: poprawę stanu środowiska naturalnego, zmniejszenie nadprodukcji żywności oraz poprawę jakości żywności (Krysztoforski, 2006). Trzeba również zwrócić uwagę na zdecydowanie przychylne stanowisko polskich władz wobec rozwoju produkcji i rynku żywności ekologicznej. Znalazło to wyraz w planach rozwoju kraju na lata 2007 – 2013. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi wraz z Agencją Rynku Rolnego rozpoczęły w listopadzie 2006 roku kampanię informacyjną na temat rolnictwa i żywności ekologicznej, która zakończyła się w czerwcu 2007 roku. Miała ona pobudzić wzrost popytu na żywność ekologiczną, a w perspektywie wzrost dochodów producentów i przetwórców tego rodzaju żywności (Łazarowicz, 2007a; Stus, 2007b, 2007d, 2009). Co więcej, wprowadzenie dopłat bezpośrednich dla rolników przestawiających się na gospodarowanie ekologiczne mogło przyczynić się do zwiększania się ich liczby. Można przypuszczać, że zainteresowanie zbożami o mniejszych wymaganiach wegetacyjnych, w tym pszenicą orkisz (zalecaną do uprawy w systemie ekologicznym), będzie również wzrastać (Żakowska – Biemans, 2006; Rybka, 2008).

Warto podkreślić, że wzrost podaży surowców sprzyja rozwojowi przetwórstwa, które w przypadku ekologicznych metod przetwarzania jest domeną małych i średnich firm, stosujących rzemieślnicze metody produkcji. Sprzyjają temu również regulacje obowiązujące w produkcji i sprzedaży, jak również dotacje z UE, i rosnące zainteresowanie rolników i konsumentów żywnością (w tym także przetworami zbożowymi) wolną od środków ochrony roślin i nawozów sztucznych (Łazarowicz, 2006b; 2007a).

Od paru lat w Europie, w tym w Polsce, intensywnie rozwija się również rynek żywności ekologicznej, o czym świadczy stały wzrost jej sprzedaży (15 – 20% rocznie) (Knysak, 2006, Łazarowicz, 2006b, 2007a; Stus, 2007c). Mimo zwiększającej się liczby ekogospodarstw, nadal produkcja biożywności nie zaspokaja potrzeb rynku, co stanowi argument do zwiększania produkcji w tym zakresie (Łazarowicz, 2006b). W nowych krajach UE, rynek żywności ekologicznej jest obecnie dopiero w początkowym stadium, a same kanały sprzedaży są bardzo słabo wykształcone (Żakowska – Biemans, 2006; Szeremeta, Jastrzębska, 2006; Stus, 2008). Zwiększone zapotrzebowanie na tego typu żywność, jak wcześniej podkreślono, wynika ze wzrostu świadomości przeciętnego konsumenta, jego troski o własne zdrowie i środowisko (Mruk, Mruk, 2007; Stus, 2007c; Kania – Lentas, 2008). Jak się okazuje, sprzedaż tych produktów najszybciej rośnie w dużych miastach, a w przyszłości na decyzje o zakupie takich produktów będzie wpływać struktura asortymentu (Żakowska – Biemans, 2006; Kania – Lentas, 2008; Rybka, 2008).

Udział upraw ekologicznych w naszym kraju wynosi zaledwie 1,4%, a wartość rodzimego rynku ekożywności szacuje się na poziomie 50 mln euro (wg Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno – Spożywczych), co stanowi jedynie 0,14% całego rynku żywności. Z innych źródeł wynika, że wartość tego rynku kształtuje się na poziomie 200 – 300 mln złotych lub nawet 500 – 600 mln złotych. Z kolei, w Czechach wartość ekoprodukcji wynosi 52 mln euro (ekoprodukcja zajmuje 7,32% powierzchni upraw) (Rybka, 2008; Stus, 2008, 2009). Przewiduje się, że do 2011 roku wartość tego rynku w na świecie zwiększy się nawet do poziomu 3 mld złotych (Przegalińska, 2008).

Żywność ekologiczna powstaje bez użycia środków ochrony roślin, chemicznych środków przyspieszających wzrost, nawozów syntetycznych i technik inżynierii genetycznej oraz sztucznych dodatków smakowych, aromatów i napromieniowania (Knysak, 2006; Szafulera, 2007; Sołtysiak, 2008; Jankowski, 2009). Produkty te wytwarzane są w warunkach nieszkodliwych dla środowiska, co dodatkowo budzi aprobatę konsumentów, zwłaszcza, jeśli poświadczone jest to odpowiednim certyfikatem jakości (Kihlberg i in., 2004; Knysak, 2006; Szeremeta, Jastrzębska, 2006). Żywność ta charakteryzuje się wysokimi walorami smakowymi i zdrowotnymi, szczególną jej cechą jest niższa zawartość azotanów i azotynów, a wyższa zawartość witaminy C (owoce, warzywa), cukrów i związków fenolowych (Żakowska – Biemans, 2006; Ślęzak, 2007; Gierałtowska i in., 2007; Rybka, 2008).

Zachowania konsumentów na rynku żywności ekologicznej zależą od wielu czynników, w tym od tego jak konsumenci postrzegają te produkty. Do grupy kupujących produkty ekologiczne należą głównie osoby wykształcone, zarabiające powyżej średniej krajowej, zorientowane na zdrowy tryb życia, szukające w żywności wysokich walorów smakowych i dbające o środowisko (Chleby Biosielskie...2006; Żakowska – Biemans, 2006; Szeremeta, Jastrzębska, 2006; Mruk, Mruk, 2007; Stus, 2007c; Śmiechowska, 2007; Kania – Lentas, 2008). Jak wynika z badań Gierałtowskiej i in. (2007) ponad 75% ankietowanych deklarowało, że głównym powodem kupowania ekożywności jest dbałość o własne zdrowie i rodzinę, kolejnymi powodami była ciekawość, smak, namowa innych i moda.

Warto dodać, że właśnie piekarnie mogą produkować pieczywo ekologiczne, które wytworzone jest jedynie z produktów pochodzących z rolnictwa alternatywnego. Pieczywo takie zgodnie z definicją zawiera nie mniej niż 95% składników pochodzących z ekoprodukcji, a pozostałe 5% stanowią składniki pozarolnicze (Żakowska – Biemans, 2006; Szafulera, 2007).

Niestety główną barierą rozwoju rynku produktów ekologicznych jest ich wysoka cena (o ok. 50 – 100% wyższa od ceny zwykłego produktu), dlatego część producentów zainteresowanych jest głównie eksportem. Dodatkowo, brak jest takiej żywności w sklepie, w którym klient z reguły robi zakupy, a sklep z ekożywnością jest za daleko. Dobrą perspektywą są markety i obecne w nich stoiska z ekożywnością. Problem natomiast stanowią trudności w odróżnianiu ekoproduktów od tych pozostałych (Żakowska – Biemans, 2006; Kania – Lentes, 2008; Stus, 2009). Według danych IJHARS (Inspekcja Jakości Handlowej Artykułów Rolno – Spożywczych) w 2007 roku w kraju było 17 piekarni ekologicznych i 5 zakładów produkcji ekologicznej (brak nowych danych) i jedynie 500 sklepów z ekożywnością (Stus, 2009). Jest to taka część rynku, która w najbliższych latach będzie się rozwijać. Warto wykorzystać tę niszę rynkową proponując taki asortyment – również pieczywo, który zainteresuje nową klientelę.

2.3. Pochodzenie, systematyka, morfologia oraz warunki uprawy orkiszu

2.3.1. Teorie na temat pochodzenia orkiszu

Pszenica orkisz (*Triticum spelta*), obok płaskurki (*Triticum dicoccum*) i samopszy (*Triticum monococcum*) należy do najstarszych gatunków pszenic, stanowiąc tym samym gatunek reliktowy (Gąsiorowski, 2004a; Marques i in., 2007). Historia uprawy tego zboża liczy sobie przeszło 7000 lat, choć niektóre źródła podają, że orkisz był znany od ok. 9000 lat (Neeson i in., 2008).

Pochodzenie orkiszu (*Triticum spelta*) na przestrzeni lat budziło wśród naukowców wiele kontrowersji i jak dotąd jednoznacznie go nie wyjaśniono (tabela 1 zawiera synonimy poszczególnych pszenic i traw).

Tabela 1. Synonimy różnych pszenicy i traw.

(opracowanie własne na podstawie: McFadden i Sears 1946; Andrews, 1964; Abdel – Aal i in., 1998a; Marconi i in., 1999; Luo i in., 2000; Chen, 2001; Blatter i in., 2002; Gąsiorowski, 2004a; Marques i in., 2007).

Polska nazwa pszenicy/trawy	Synonimy
Pszenica zwyczajna	<i>Triticum aestivum</i> L. <i>Triticum aestivum</i> <i>Triticum vulgare</i>
Pszenica orkisz	<i>Triticum spelta</i> <i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>spelta</i>
Pszenica płaskurka (I gatunek)	<i>Triticum dicoccum</i> <i>Triticum dicoccum</i> (Schrank) Schübler <i>Triticum turgidum</i> ssp. <i>dicoccum</i> <i>Triticum dicoccum</i> Schübler <i>Triticum dicoccum</i> Schrank
Gatunek trawy z rodzaju ościec	<i>Aegilops squarrosa</i> Coss. <i>Aegilops squarrosa</i> Cosson <i>Aegilops tauschii</i> <i>Aegilops squarrosa</i> L.
Pszenica zbitokłosa	<i>Triticum compactum</i> <i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>compactum</i> (Host) MK
Pszenica tybetańska	<i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>tibetanum</i> Shao
Pszenica płaskurka (II gatunek)	<i>Triticum dicoccoides</i>

W 1939 roku pojawiła się jedna z pierwszych teorii dotycząca pochodzenia orkiszu. Sugerowała ona, że orkisz powstał w wyniku spontanicznego skrzyżowania płaskurki (*Triticum dicoccum*) i pszenicy zbitokłosej (*Triticum compactum*) (Andrews, 1964). Już w 1944 roku Kihara oraz McFadden i Sears zaprezentowali odmienne zdanie na temat jego pochodzenia, podważając wcześniejsze założenia. Jednak dopiero dwa lata później dwaj ostatni autorzy w artykule zatytułowanym „The origin of *Triticum spelta* and its free – threshing hexaploid relatives” podali, że orkisz powstał w wyniku skrzyżowania pszenicy płaskurki (*Triticum dicoccum* – genomy AABB lub *Triticum dicoccoides* – genomy AABB) z jednym z gatunków traw (*Aegilops squarrosa* L. – genom D) (McFadden, Sears, 1946; Andrews, 1964). Badacze dowiedli, że eksperymentalnie uzyskane hybrydy pszenicy płaskurki (*Triticum turgidum*) i trawy z rodzaju ościec (*Aegilops tauschii* syn. *Aegilops squarrosa* L), były bardzo podobne do orkiszu (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* (L.) Thell) (McFadden, Sears, 1946). Nadal jednak problem stanowił obszar, z jakiego wywodził się orkisz, tym bardziej, że dwie wyżej wymienione formy *Triticum* pochodziły z różnych części Azji. Jak podał Andrews (1964), istnieje prawdopodobieństwo, że ojczyzną orkiszu były tereny południowo – zachodniej Azji. Jeśli założy się, że orkisz powstał w wyniku skrzyżowania z pszenicą płaskurką (*Triticum dicoccoides*), to za obszar jej pochodzenia, należałoby uznać południową Armenię, północno – wschodnią Turcję, zachodni Iran, Syrię i Północną Palestynę. Z kolei, zakładając, że to forma *Triticum dicoccum* dała początek orkiszowi, bardziej prawdopodobnym regionem pochodzenia orkiszu byłaby południowo – zachodnia Azja lub południowo – wschodnia Europa (Andrews, 1964). Jak sugerował Andrews (1964) orkisz pochodzący z południowo – wschodniej Europy lub też z terenów Kaukazu, został najprawdopodobniej przeniesiony na wschód i północny – zachód kontynentu Euroazji, tj. na tereny obecnej Ukrainy, Rosji, Polski i Niemiec. Mimo to, różne znaleziska archeologiczne wskazują, że bardziej prawdopodobną ojczyzną orkiszu była południowo – zachodnia Azja (Blatter i in., 2002).

Z kolei, w 1949 roku Bertsch stwierdził, próbując obalić teorię McFaddena i Searsa, że ww. „krzyżówka” (*Triticum dicoccum* lub *Triticum dicoccoides* x *Aegilops squarrosa* L.) nie byłaby w stanie przetrwać w naturalnych warunkach. Problem jednak nadal stanowiła obecność w orkiszu genomu D, który charakterystyczny był jedynie dla trawy z rodzaju *Aegilops* (Andrews, 1964).

Warto dodać, że obecnie część naukowców skłania się ku hipotezie, mówiącej o tym, że orkisz jest krzyżówką dzikiej oplewionej pszenicy tetraploidalnej *Triticum dicoccum* (genomy AABB) lub *Triticum dicoccoides* (genomy AABB) oraz dzikiej trawy *Aegilops tauschii* Cosson (genom DD) z rejonu morza Kaspijskiego (McFadden, Sears, 1946; Abdel – Aal i in., 1998a; Chen, 2001; Blatter i in. 2002; 2004). Choć azjatyckie pochodzenie orkiszu zostało zasugerowane odkryciem jego upraw w Iranie, to niestety brak śladów orkiszu w innych znaleziskach Bliskiego Wschodu do końca nie potwierdza tej hipotezy (Luo i in., 2000; Blatter i in., 2002; 2004).

Kolejna teoria mówi o tym, że orkisz powstał w wyniku naturalnego krzyżowania pomiędzy pszenicą zwyczajną (*Triticum vulgare*) a płaskurką (*Triticum dicoccum*) (Akeret, 2005; Kalinowska – Zdun, 2005; Tyburski, Żuk – Gołaszewska, 2005). Jak podał Akeret (2005), do spontanicznego krzyżowania mogło dojść w sytuacji pojawienia się w tym samym miejscu tych dwóch gatunków zbóż, co mogło mieć miejsce już 5000 lat p.n.e. Możliwość tę potwierdzono eksperymentalnie, krzyżując

te dwie pszenice. Niestety, choć wyniki badań archeologicznych wskazują na szerokie wykorzystanie płaskurki w epoce brązu, to jednocześnie informacje o innych pszenicach chlebowych z tamtego okresu na terenie ówczesnej Europy są nieliczne (Marconi i in., 1999; Blatter i in., 2002). Jednak właśnie ta teoria wyjaśnia małą rozbieżność w budowie genomu D w europejskich oplewionych i nieoplewionych pszenicach heksaploidalnych.

Jeszcze inne źródła podają, że orkisz powstał w wyniku samorzutnego krzyżowania dzikich traw *Aegilops squarrosa* ok. 6000 – 5000 lat p.n.e. (Tyburecy, 2005).

Problem pochodzenia orkiszu spowodował, że na przestrzeni lat stosowano różne metody, służące do jednoznacznego wyjaśnienia pochodzenia tej pszenicy. Jedną z nich opiera się na wykorzystaniu białek zapasowych, jako markerów genetycznych, umożliwiających analizę zróżnicowania wśród różnych gatunków pszenic. Drugą natomiast polega na analizach RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA – losowa amplifikacja polimorficznego DNA) (Sun i in., 1998; An i in., 2005).

Jak wynika z analizy morfologicznej pszenica tybetańska (*Triticum aestivum* ssp. *tibetanum* Shao) jest bardziej podobna do orkiszu niż do pszenicy zwyczajnej pod względem budowy kłosa (Sun i in., 1998). Z kolei, badania genetyczne oparte na analizach RAPD prowadzonych przez Sun i in. (1998), jednoznacznie wskazują, że orkisz nie wykazuje podobieństwa genetycznego do *Triticum aestivum*, ale należy do odrębnej grupy. Co więcej, wyniki badań opartych na analizie białek zapasowych (HMW – GS – gluteniny o wysokiej masie cząsteczkowej i LMW – GS – gluteniny o niskiej masie cząsteczkowej) orkiszu i pszenicy zwyczajnej również potwierdziły odrębność tych dwóch pszenic. Równocześnie An i in. (2005) zasugerowali możliwość wykorzystania tej prawidłowości do określania pochodzenia i ewolucji zbóż.

Ponadto, ich badania mocno wspierają hipotezę, że europejska pszenica orkisz, powstała w wyniku hybrydyzacji uprawnej płaskurki i pszenicy zbitokłosej (*Triticum aestivum* ssp. *compactum* (Host) MK). Dodatkowo badania te wykazały, że prymitywny irański orkisz, był bardziej podobny do pszenicy zwyczajnej niż orkiszu europejskiego (An i in., 2005).

Wcześniej również tę samą zależność zauważyli Blatter i in. (2002), stwierdzając, że europejski orkisz wydaje się być bardziej odległym pod względem genetycznym od *Triticum aestivum* niż od orkiszu azjatyckiego, a europejski i azjatycki orkisz różnią się między sobą genami odpowiedzialnymi za morfologię kłosa (Luo i in., 2000; Blatter i in., 2002).

Warto jeszcze dodać, że Blatter i in. (2002) w badaniach prowadzonych z wykorzystaniem ziarna szwajcarskich odmian, pochodzących sprzed 250 – 300 lat, wykazali, że europejskie orkisze mogły powstać w wyniku połączenia się tetra i heksaploidalnych pszenic.

Na podstawie powyższych informacji nie można jednoznacznie określić pochodzenia orkiszu. Przynajmniej wiedza na ten temat dalej będzie budziła wiele kontrowersji, choć równolegle będą kontynuowane badania dotyczące historii tego gatunku pszenicy oraz miejsca jej pochodzenia.

2.3.2. Systematyka orkiszu

Orkisz jest pszenicą heksaploidalną (genomy AABBDD – 42 chromosomy), o oplewionym ziarnie, które nie wypada z plew i plewek podczas omłotów, a kłosa w czasie zbioru łamią się na

fragmenty (Pałys, Łabuda, 1997; Moudrý, Dvořáček, 1999; Marconi i in., 2002; Kalinowska – Zdun, 2005; Tyburski, Żuk – Gołaszewska, 2005; Gąsiorowski, 2004c; Onishi i in., 2006). Należy więc do tej samej grupy systematycznej co najbardziej rozpowszechniona obecnie na świecie nagoziarnowa (wymłacalna) pszenica zwyczajna (*Triticum vulgare*) (Gąsiorowski, 2004c). W Polsce orkiszem jednak dawnej błędnie nazywano nagoziarnowe formy jęczmienia, określając je mianem orkiszu białego i czarnego (Szymona, 1996; Gąsiorowski, 2004a). Obecnie orkisz znajduje coraz większe uznanie wśród producentów rolnych i konsumentów, stąd jego nazewnictwo obcojęzyczne nie stanowi problemu.

Poniżej podano nazwy systematyczne orkiszu w różnych językach:

- j. niemiecki : Dinkel, Dinkel – Weizen, Korn, Spelz,
- j. angielski : spelt, spelt wheat,
- j. francuski : épeautre,
- j. włoski : spelta, farro,
- j. hiszpański : eskandia (w niektórych regionach nazywany jest *fisga*) (Caballero i in., 2007),
- j. węgierski : tönkölybuza,
- j. czeski : pšenice špalda,
- j. rosyjski : полба,
- j. polski : pszenica orkisz, orkisz, szpalc (Andrews, 1964; Szymona, 1996).

2.3.3. Morfotypy orkiszu

Obecnie uprawia się wiele odmian orkiszu, które różnią się między sobą barwą kłosa, ościstością i zimotrwałością. Są to formy jare i ozime, o długim źdźbłę (120 – 170 cm), w których kłos jest zwykle bardzo luźny, z przestrzeniami między kłoskami, wynoszącymi ok. 7 mm. Na pięterku w kłosku z reguły są 2 ziarniaki, ziarno jest przeważnie mniejsze, bardziej szkliste i różni się kształtem (ziarno orkiszu jest bardziej podłużne) w porównaniu z pszenicą zwyczajną (Szymona, 1996; Kalinowska – Zdun, 2005) (**Fot. 1 i 2**). Pszenica orkisz zachowała także jeszcze inne cechy, mniej korzystne, charakterystyczne dla zbóż pierwotnych tj. niską plenność, podatność na wyleganie i utrudniony zbiór (Cao i in., 1997; Moudrý, Dvořáček, 1999; Chen, 2001; Tyburski, Żuk – Gołaszewska, 2005; Onishi i in., 2006).



Fot. 1. Pszenica orkisz

„Flora von Deutschland, „Österreich und der Schweiz“
(Prof. Dr. O.W. Thomé 1885, Gera, Germany) (Wikipedia, 2009).



Fot. 2. Kłos, kłosek i ziarniaki ozimej pszenicy orkisz odmiany *Schwabenkorn*.

(Fot. J. Tyburski, 2004; umieszczono za zgodą autora).

Ziarno orkiszu jest oplewione, szkliste, barwy od białej do czerwonej, z wyraźną bródką, o zróżnicowanej masie 1000 ziaren (Cao i in., 1997; Gąsiorowski, 2004c; Kalinowska – Zdun, 2005, Tyburski, Żuk – Gołaszewska, 2005; Tyburski, Babalski, 2006). W zależności od barwy ziarna orkisz można podzielić na następujące morfotypy:

- biały, forma ozima, o kłosie bezostnym – najczęściej siany jest w Niemczech na terenach nizinnych, wymaga gleb zasobnych w wodę,
- biały, forma jara, o kłosie ościstym – najczęściej siany jest w górnych rejonach Alp (Tyrol),
- czerwony, forma ozima, o kłosie bezostnym – najbardziej plenny, najlepiej krzewi się i daje najlepszą mąkę,
- czerwony, forma jara, o kłosie bezostnym – najczęściej uprawiany w Szwajcarii (okolice Zurichu), wytrzymały na gwałtowne zmiany pogodowe,
- niebieskawo, o kłosie ościstym, jary i ozimy – cechuje go niska plenność, jest to najbardziej prymitywna forma orkiszu (Szymona, 1996).

Udział plew i plewek w masie kłoska sięga średnio 25 – 32%, więc wydajność ziarna orkiszu po odplewieniu wynosi ok. 70%. Należy nadmienić, że obłuszczenie maszynowe jest szczególnie trudne w przypadku, gdy ziarniaki są bardzo małe, stąd wydajność tego procesu może być czasami niższa niż podczas obłuszczenia ręcznego (Tyburski, Babalski, 2006).

2.3.4. Systemy produkcji rolnej a wymagania agrotechniczne i warunki uprawy orkiszu

Systemy produkcji rolnej

Mówiąc o wymaganiach agrotechnicznych i warunkach uprawy orkiszu należałoby krótko wspomnieć o najważniejszych systemach produkcji rolnej. Obecnie znane są trzy takie systemy.

Pierwszy z nich jest nazywany konwencjonalnym (tradycyjnym, intensywnym) rolnictwem, którego polityka opiera się głównie na zasadzie jak najwyższej wydajności i maksymalizacji zysku, przy jak najmniejszym koszcie produkcji. Rolnictwo to rozwija się od lat sześćdziesiątych zeszłego wieku, a po wojnie rozwiązało problem głodu na świecie. Wiadomo, że intensywny system uprawy obniża zdolność ekosystemu do samoregulacji, powoduje zanieczyszczenie wód gruntowych

i powierzchniowych azotanami i pestycydami, a ostatecznie bardzo zanieczyszcza środowisko naturalne i niszczy jego równowagę. System ten również z czasem doprowadził do nadprodukcji żywności (Granstedt, Tyburski, 2006; Grzebisz, 2008; Jankowski, 2009).

Drugim systemem produkcji rolnej jest rolnictwo ekologiczne. Początki tego systemu sięgają roku 1924, kiedy dr Rudolf Steiner wygłosił cykl wykładów dających podstawę biologiczno – dynamicznej metodzie gospodarowania. Kilka lat później została zapoczątkowana metoda organiczno – biologiczna, a następnie organiczna. Ostatecznie ustalono podstawowe założenia rolnictwa ekologicznego, zakładające optymalne spożytkowanie własnych zasobów gospodarstwa rolnego, przy jednoczesnym ograniczeniu stosowania przemysłowych środków produkcji, jak najlepsze wykorzystanie naturalnych czynników produkcji, przy jednoczesnym odrzuceniu nawozów sztucznych, syntetycznych środków ochrony roślin i konwencjonalnych pasz produkowanych przemysłowo. Do głównych założeń rolnictwa ekologicznego należą: podnoszenie żyzności gleby, uzyskanie wysokiej jakości żywności, podtrzymywanie i wzmocnienie cyklu biologicznego, utrzymanie genetycznej różnorodności oraz unikanie form zanieczyszczenia żywności (środki ochrony roślin). Aktualnie w systemie tym wyróżnia się rolnictwo biodynamiczne, organiczno – biologiczne, organiczne i biologiczne (Tyburski, Żakowska – Biemans, 2007; Jankowski, 2009).

W odpowiedzi na dwa powyższe systemy pojawił się pomysł na rolnictwo integrowane, choć należy dodać, że Granstedt i Tyburski (2006) zaliczają je do rolnictwa konwencjonalnego, które powstało z inicjatywy przemysłu agrochemicznego. Polega ono głównie na świadomym wykorzystaniu nowoczesnych technik wytwarzania, systematycznego usprawniania zarządzania i wdrażania form postępu głównie biologicznego. Rolnictwo to polega również na zmniejszeniu nakładów na środki produkcji przy równoczesnym zachowaniu podobnej wydajności (Grzebisz, 2008; Jankowski, 2009; Bawoń, 2009).

W rolnictwie konwencjonalnym można jeszcze wyróżnić rolnictwo ekstensywne (niskonakładowe), które zaczęło się rozwijać w latach pięćdziesiątych XX wieku oraz rolnictwo precyzyjne polegające na racjonalnym wykorzystaniu czynników produkcji z użyciem najnowszej techniki (Granstedt, Tyburski, 2006; Grzebisz, 2008; Jankowski, 2009).

Wymagania agrotechniczne i warunki uprawy orkisz

Orkisz jest zbożem, które bardzo dobrze nadaje się do uprawy wg zasad rolnictwa ekologicznego, choć należy wspomnieć, że może być również wykorzystany w uprawach rolnictwa konwencjonalnego. Świadczy o tym pewna liczba doniesień, z których wynika, że analizowana pszenica orkisz, pochodziła z produkcji konwencjonalnej (Grela, 1996; Achremowicz, 1999; Łoje i in., 2003; Sulewska, 2004). Jednak, jak wynika z badań Rüeggera i Winzlera (1993) stosowanie nawożenia azotowego w przypadku orkisz nie wpływa na wydajność z hektara, natomiast bardziej istotny jest odpowiedni termin siewu. Tę informację potwierdzają również Troccoli i Codianni (2005), bardzo silnie sugerując celowość i funkcjonalność wykorzystania orkisz w produkcji ekologicznej. Wynika to z faktu, że pszenica ta jest gatunkiem odpornym na choroby i stresy środowiskowe (Oplinger i in., 1990; Grela, 1996; Pałys, Łabuda, 1997; Bojňanská, Frančáková, 2002; Marconi i in., 2002; Tyburcy, 2005; Sulewska, 2004; Tyburski, Żuk – Gołaszewska, 2005) oraz charakteryzuje

się małymi wymaganiami glebowymi i środowiskowymi (Pałys, Łabuda, 1997; Marconi i in., 2002; Ceglińska, 2003). Dzięki temu, że ma dobrze rozwinięty system korzeniowy, bez problemu pobiera azot z gleby i przez to lepiej czuje się na glebach IV – V klasy (Szymona, 1996; Tyburcy, 2005). Jednak Tyburski i Babalski (2006) w poradniku dla rolników pt. „Uprawa pszenicy orkisz” na podstawie własnych spostrzeżeń sugerują, że w polskich warunkach najlepiej uprawiać tę pszenicę na glebach klas: II, IIIa, IIIb, IVa i IVb.

Obecnie w wielu krajach europejskich orkisz wysiewany jest na terenach górzystych, o płytkich, kamienistych, słabych glebach i surowszym klimacie. Może być również z powodzeniem uprawiany na wysokości powyżej 800 m n.p.m., a niektóre źródła podają nawet, że można go wysiewać na wysokości powyżej 1500 m n.p.m. (Szymona, 1996; Kalinowska – Zdun, 2005; Neeson, Luckett, 2005; Tyburski, Babalski, 2006; Zieliński i in., 2008). W związku z tym, że orkisz ma dużą zdolność przystosowawczą, dobrze znosi zimę, nadmiar wody lub jej brak podczas wegetacji, jak również jest bardziej odporny na zasolenie gleby w porównaniu do innych zbóż (Ostrowska, 1993; Skrabanja i in., 2001; Burgos i in., 2001; Sulewska, 2004; Szczypski, 2005). Jak podali Burgos i in. (2001), odmiany orkiszu narażone na nadmiar wody podczas kielkowania ziarna są bardziej odporne w porównaniu do ziarna pszenicy zwyczajnej. Z tych też powodów orkisz może wytworzyć zadawalający plon również w rejonach i warunkach mniej sprzyjających (Capouchová, 2001). Ze względu na swoje starożytne pochodzenie i zachowanie cech pszenic pierwotnych, w tym długiego źdźbła, nie wymaga nawożenia mineralnego (jedynie stosuje się odpowiedni przedplon lub nawożenie organiczne) i daje nawet bez niego zadawalające plony, a niewielkie dawki nawozów mineralnych mogą prowadzić wręcz do jego wylegania, co stanowi dodatkowy argument do wykorzystania orkisz w rolnictwie ekologicznym (Szymona, 1996; Moudrý, Dvořáček, 1999; Capouchová, 2001; Gálová, Knoblochová, 2001; Skrabanja i in., 2001; Bojňanská, Francáková, 2002; Tyburcy, 2005; Schober i in., 2006; Zieliński i in., 2008).

Dopóki nie zostaną wyhodowane odmiany o niższych łanach, orkisz jest wręcz „skazany” na ten system produkcji (Raszkowski, 2008). Co więcej, właśnie dzięki długiemu źdźbłu kłosa orkisz są mniej narażone na atak pleśni i innych patogenów oraz szkodników np. podczas opadów deszczu, a dodatkowe zabezpieczenie ziarna stanowią ściśle przylegające plewy i plewki (Ostrowska, 1993; Marconi i in., 2002; Sulewska, 2004; Tyburski, Babalski, 2006). Niektóre źródła podają również, że orkisz szczególnie jest odporny na wiele szczepów rdzy żółtej, która atakuje zboża w północnej i środkowej Europie (Ostrowska, 1993; Pałys, Łabuda, 1997; Sulewska, 2004; An i in., 2005).

Neeson i Luckett (2005) również zauważyli podobną tendencję, podając, że orkisz uprawiany w Australii w 2004 roku nie był zaatakowany przez tę chorobę, podczas gdy rdza żółta zainfekowała wszystkie inne zboża. Tak więc, dzięki swoistemu „naturalnemu zabezpieczeniu”, można podczas uprawy orkisz z powodzeniem ograniczyć stosowanie środków grzybobójczych i pozostałych pestycydów. Ważne jest również to, że pszenica ta nie wymaga stosowania żadnych zabiegów przed siewem (Jurga, 1996a; Pałys, Łabuda, 1997; Tyburcy, 2005; Sulewska, 2004). Plewy i plewki są również doskonałym zabezpieczeniem przez radioaktywnym promieniowaniem. Dokonany przez badaczy z Uniwersytetu w Konstancji pomiar radioaktywności ziarna zbóż ze zbiorów 1986 roku po katastrofie w Czarnobylu, wykazał, że ziarno orkiszu miało czterokrotnie niższą

radioaktywność niż inne badane zboża (Szczyński, 2005). Co więcej, plewy i plewki orkiszu stanowią doskonale zabezpieczenie przez metalami ciężkimi i pestycydami, takimi jak lindan i DDT, a potwierdziły to badania niemieckie i austriackie (Tyburski, Babalski, 2006).

Przeciętne plony orkiszu

Orkisz badany jest również pod względem plenności. Rüegger i Winzeler (1993) zbadali wydajność plonowania ziarna orkiszu odmian *Oberkulmer* i *Hercule* i dwóch odmian pszenicy zwyczajnej (*Arina* i *Iena*). Ziarno uprawiane było w Szwajcarii wg zasad rolnictwa konwencjonalnego, a wydajność plonowania orkiszu była podana dla ziarna nieodplewionego. Uzyskany przez badaczy średni wynik dla ziarna badanych odmian orkiszu był na poziomie 4,40 t/ha, podczas gdy analogiczny plon dla pszenicy zwyczajnej był nieco niższy (4,34 t/ha).

Natomiast Stallknecht i in. (1996) prowadzili badania nad plennością ziarna orkiszu w warunkach rolnictwa intensywnego w Stanach Zjednoczonych. Uzyskane przez nich wyniki, w zależności od roku zbioru, mieściły się w granicach od 3,48 do 7,07 t/ha brutto, natomiast po odplewieniu (zbiory netto) od 2,09 do 4,24 t/ha, podczas gdy pszenica zwyczajna (twarda czerwona pszenica ozima – *Tiber*) uzyskała wartości w granicach 3,43 – 5,91 t/ha. Z kolei, Troccoli i Codianni (2005) uprawiali orkisz we Włoszech wg zasad rolnictwa konwencjonalnego, określając plonowanie ziarna orkiszu odmiany *Altgold Rotkorn* w porównaniu do innych starożytnych pszenic, w zależności od terminu siewu. Uzyskane przez nich wartości mieściły się w granicach 2,76 – 2,86 t/ha dla nieodplewionego ziarna orkiszu (w zależności od roku zbioru), natomiast pszenica samopsza uzyskała wynik brutto w zakresie 1,37 – 1,47 t/ha, a płaskurka 3,41 – 3,67 t/ha. Z kolei, inni badacze uzyskali wydajność ziarna orkiszu uprawianego w warunkach ekologicznych na terenie Słowacji, w zależności od odmiany (*Holstenkorn*, *Frankenkorn*, *Rouquin*, *Schwabenkorn* i *Baulander Speltz*), na poziomie od 5,87 do 7,21 t/ha brutto (Lacko – Bartošová, Rádlová, 2007).

W związku z tym, że orkisz jest pszenicą pierwotną niżej plonuje. Jak podali Neeson i Lucket (2005), średnie plony orkiszu w Australii (zbiory 2004) były zróżnicowane i mieściły się w zakresie od 2 do 4,5 t/ha ziarna oplewionego, chociaż, jak sugerowali autorzy, skrupulatna selekcja odmian lub też odpowiednie nawożenie organiczne, mogłyby dać szansę na polepszenie plonowania. Badania były kontynuowane z wykorzystaniem 20 genotypów orkiszu uprawianych w 2007 roku. Uzyskane przez badaczy wydajności ziarna uprawianego wg zasad rolnictwa organicznego były w granicach od 0,72 do 2,73 t/ha (netto) w zależności od odmiany, podczas gdy pszenica zwyczajna uzyskała plon na poziomie 3,77 t/ha (Neeson i in., 2008).

Jak wynika z innych danych literaturowych, plony orkiszu (po zbiorze kłosów określono wielkość plonowania) uprawianego wg zasad rolnictwa ekologicznego w Polsce w zależności od odmiany (*Speltz inz. Droogendijk /39*, *Triticum spelta*, *Triticum spelta Duha melianum*, *Triticum spelta* L. *album* i *Triticum spelta* L. *arduini*) były na poziomie od 0,82 do 5,32 t/ha, podczas gdy współczesne ozime pszenice uzyskały wynik w granicach od 4,20 do 6,31 t/ha (Cyrkler – Degulis, Bulińska – Radomska, 2006).

Plenność pszenicy jest ściśle związana z klasą bonitacyjną gleby na jakiej jest uprawiana, stosowanym płodozmianem i nawożeniem organicznym. Jak podali Tyburski i Babalski (2006) plon

netto orkiszu na glebach klasy IIIb – IVa, po koniczynie czerwonej mieścił się w granicach 2,4 – 3,5 t/ha, podczas gdy po pszenicy jarej był jedynie na poziomie 0,9 – 1,5 t/ha. Z kolei, z innych źródeł wynika, że orkisz uprawiany w Polsce w warunkach gospodarstw ekologicznych może plonować od 1 do 5 ton z hektara (Raszkowski, 2008).

2.4. Znaczenie gospodarcze i użytkowe orkiszu w przeszłości i obecnie

Lokalizacja i powierzchnia upraw orkiszu

Jak wynika ze znalezisk archeologicznych, ziarno orkiszu mogło być uprawiane nie tylko w epoce brązu na terenie Alp, ale również w poprzedzającym okresie neolitu na terenie obecnej Szwajcarii, południowych i wschodnich Niemiec, jak również na terenie Polski (Hauterive – Champréveyres, 1989; Maier, 1999; Blatter i in., 2002; Akeret, 2005; Caballero i in., 2007; Schmidl i in., 2007). Neeson i in. (2008) podali, że orkisz dotarł na te tereny pomiędzy rokiem 1800 – 1200 p.n.e. Jednak, jak podają Schmidl i in. (2007), choć orkisz znany był na terenie wschodnich Alp od wczesnej do późnej epoki kamienia, to nie stanowił jeszcze wtedy podstawowego zboża chlebowego. Jego pozostałości odnaleziono na terenie Austrii, Szwajcarii i Włoch, gdzie uznany jest jako roślina endemiczna (Andrews, 1964; Schmidl i in., 2007). Pszenica orkisz na tych terenach była znana w epoce brązu, czyli 4000 – 1000 lat p.n.e. (Blatter i in., 2002). Potwierdzają to przekrojowe badania archeologiczne prowadzone przez Kohler – Schneider (2003), z których wynika, że pszenice oplewione, w tym orkisz, były dominującym zbożem, uprawianym na terenie Azji i w różnych częściach Europy, w tym także w Polsce na Kujawach. Jak wynika z badań archeologicznych prowadzonych przez Bouby’ego i Billaud’a (2001) orkisz stanowił już pod koniec epoki brązu podstawowe zboże na terenie zatoki Grésine, w okolicach jeziora Bourget (francuska część Alp). Z badań Akereta (2005), poświęconych uprawie różnych roślin w okresie Kultur Pucharów Dzwonowatych (Bell Beaker Period), który przypadał na lata 2800 – 2000 p.n.e. (epoka brązu) wynika, że pozostałości orkiszu, potwierdzające, że było to najważniejsze zboże uprawne, znaleziono również na terenie wsi Cortaillod/ Sur les Rochettes – est w Szwajcarii.

Według Akereta (2005) za początek uprawy orkiszu w Europie można przyjąć rok 2300 p.n.e., ale najprawdopodobniej jego upowszechnienie w rolnictwie odbyło się w kilku niezależnych miejscach równocześnie. Jak podają Caballero i in. (2007), już w epoce żelaza (750 – 15 r. p.n.e.) orkisz wyparł płaskurkę, stając się na terenie południowych Niemiec i Szwajcarii, podstawowym zbożem uprawnym. To samo miało miejsce na południu Brytanii ok. roku 500 p.n.e. i w północnej części Hiszpanii, natomiast kolejne wzmianki na temat uprawy orkiszu w tym kraju, pojawiają się dopiero w średniowieczu (Caballero i in., 2007).

Uprawa orkiszu rozprzestrzeniała się z Bliskiego Wschodu, przez Bałkany w całej Europie po tereny Transkakuazji (Gąsiorowski, 2004a). W czasach biblijnych i Cesarstwa Rzymskiego pszenica ta stanowiła podstawowe zboże uprawne (Kalinowska – Zdun, 2005; Tyburski, Babalski, 2006). Jedne z wcześniejszych wzmianek dotyczących orkiszu pojawiają się w Biblii, m.in. w Księdze Wyjścia (9:30), Izajasza (28:25) i Ezechiasza (4:9) (Stallknecht i in., 1996). W czasie średniowiecza orkisz u ludów germańskich był głównym zbożem, z którego otrzymywano mąkę chlebową. O jego

istotnym znaczeniu świadczą utworzone od orkisz nazwy miejscowości: Dinkelsbohl, Dinkelhausen oraz Dinkelrode. W tym czasie orkisz znany był również na terenie Skandynawii (Szymona, 1996).

Znaleziska paleobotaniczne wskazują również, że orkisz był znany na terenie Polski (Pińczów) w końcowym okresie epoki kamienia (w neolicie). Późniejsze doniesienia wskazują, że ten gatunek pszenicy uprawiany był w VIII wieku nie tylko w Polsce, ale również na terenie obecnej Litwy (Szymona, 1996; Gąsiorowski, 2004a; Kalinowska – Zdun, 2005; Caballero i in., 2007; Schmidl i in., 2007).

Ślady tego zboża znaleziono także w Biskupinie (okres halsztacki – epoka brązu), a różne zapiski historyczne potwierdzają szeroką uprawę i wykorzystanie orkisz (np. do produkcji piwa) na terenie Polski (Kohler – Schneider, 2003). Pod koniec XVIII wieku orkisz w Polsce był uprawiany jedynie w okolicach podgórskich (Szymona, 1996; Kalinowska – Zdun, 2005; Gąsiorowski, 2004c). Górale wypiekali z niego podpłomyki zwane moskolami, a jego ziarno palono na kawę. Kolejne wzmianki historyczne informują, że po II wojnie światowej we wsi Istebna z orkisz przygotowywano podpłomyki zwane „dziubanymi plackami” (Gąsiorowski, 2004c).

W Europie orkisz przez wiele wieków był dominującym zbożem chlebowym, w rejonach o chłodniejszym klimacie, takich jak: Skandynawia, górskie tereny Niemiec, Szwajcarii i Polski. Jak podali Tyburski i Babalski (2006) cytując za Baurem (1920), w Niemczech w 1878 roku powierzchnia upraw orkisz wynosiła 395 000 ha, podczas gdy w 1914 roku zmniejszyła się do poziomu 249 000 ha. Natomiast na terenie Wirtembergii, pod koniec XIX wieku, ogólna powierzchnia upraw zbóż chlebowych wynosiła 250 000 ha, podczas gdy obszar uprawy pszenicy orkisz zajmował 72% tej powierzchni, a żyto jedynie 14% (Beck, 1996; Szymona, 1996; Kalinowska – Zdun, 2005; Tyburski, Babalski, 2006). Podobnie było w Badenii, w bawarskiej części Szwabii i niemieckiej części Szwajcarii, gdzie pszenica ta stanowiła podstawowe zboże chlebowe (Szymona, 1996; Kalinowska – Zdun, 2005; Tyburski, Babalski, 2006). W tych rejonach, już od wieków, germańskie plemię Alamanów uprawiało ją, z powodu jasnej i smacznej mąki, nadającej się do wypieku chleba, podczas gdy w pozostałej części Europy dominowało żyto (Szymona, 1996; Gąsiorowski, 2004c; Kalinowska – Zdun, 2005).

Jeszcze na początku XX wieku orkisz uprawiany był powszechnie na terenie Europy, m.in. w Szwajcarii, Niemczech, na obszarze Belgii, Tyrolu Zachodniego, Siedmiogrodu, Banatu (południowo – wschodnia część Niziny Węgierskiej) i we Francji (Bonafaccia i in., 2000; Kalinowska – Zdun, 2005; Wiwart, Perkowski, 2005; Schober i in., 2006). W XX wieku pszenica ta znana była również na terenie północno – wschodniej części Hiszpanii (Asturia), gdzie do lat 60 – tych XX wieku, powierzchnia upraw orkisz zwiększała się, a potem sukcesywnie zmniejszała się, co było związane z masową emigracją ludności i początkiem mechanizacji rolnictwa (Charles i in., 2002; Caballero i in., 2007). Jak podali Caballero i in. (2007) jeszcze w 1996 roku orkisz uprawiany był na terenie Asturii, ale jego powierzchnia zasiewów wynosiła jedynie 15 ha.

Pszenica orkisz była także uprawiana na obszarze Ameryki Północnej. Jak podali Oplinger i in. (1990) orkisz był znany w Stanach Zjednoczonych, a za początek jego uprawy można przyjąć rok 1890. Z kolei, Stallknecht i in. (1996) stwierdzili, że w USA powierzchnia zasiewów orkisz i pszenicy płaskurki do 1900 roku zwiększała się, a potem sukcesywnie malała. Jak wynika

z nielicznych zarejestrowanych danych, obszar zasiewów orkiszu i płaskurki w stanach: Północnej i Południowej Dakocie, Nebrasce oraz Minesocie wynosił łącznie 233 000 ha. Natomiast obszar produkcji tych zbóż w 1919 roku obniżył się do poziomu 68 000 ha (Stallknecht i in., 1996).

W Europie, orkisz z czasem został wyparty przez wyżej plenną i łatwiejszą w uprawie pszenicę zwyczajną. Dostępne źródła nie podają jednak jednoznacznie, kiedy to miało miejsce. W literaturze spotykane są dwa okresy: koniec XVIII wieku i początek XIX wieku, jak również okres po II wojnie światowej (Pałys, Łabuda, 1997; Capouchová, 2001; Gąsiorowski, 2004c; Kalinowska – Zdun, 2005; Wiwart, Perkowski, 2005; Tyburski, Żuk – Gołaszewska, 2005; Caballero i in., 2007; Schober i in., 2006).

Warto jednak w tym miejscu podkreślić, że obecnie ważniejsze jest raczej to, że ponownie wzrasta zainteresowanie orkiszem.

Przyczyny ponownego zainteresowania orkiszem

W Europie, w tym w Polsce zainteresowanie pszenicami oplewionymi, takimi jak samopsza (*Triticum monococcum*), płaskurka (*Triticum dicoccum*) oraz orkisz (*Triticum spelta*) powróciło po wielu latach, wraz ze wzrostem zapotrzebowania (w kręgu bardziej świadomych konsumentów), na produkty tradycyjne i ekologiczne oraz na tzw. żywność funkcjonalną (Piergiovanni i in., 1996; Pałys, Łabuda, 1997; Abdel – Aal i in., 1998b; Schäfer, 2001; An i in., 2005; Troccoli, Codianni, 2005; Teklu i in., 2006; Zieliński i in., 2008). Produkty te, choć często niekonwencjonalne, wykazują działanie prozdrowotne, mniej alergenne, są bogatsze w składniki pokarmowe i przez to, że pochodzą przeważnie z produkcji ekologicznej, wykazują mniejsze zanieczyszczenie środkami ochrony roślin i nawozami sztucznymi (Abdel – Aal i in. 1996; Abdel – Aal i in., 1998b; Marconi i in., 2002; Sulewska, 2004; Tyburcy, 2005; Marques i in., 2007).

Przykładowo, Schäfer (2001) podaje następujące powody zainteresowania orkiszem w Finlandii w latach 90 – tych XX wieku:

- ciekawość rolników, odnośnie zachowania się tego zboża w warunkach uprawy ekologicznej,
- korzyści ekonomiczne wynikające z oferowania nowych, atrakcyjnych produktów,
- szukanie rynkowych nisz przez producentów żywności, w celu zwiększenia swoich dochodów,
- zgłoszenie przez konsumentów zapotrzebowania na tzw. żywność o właściwościach prozdrowotnych.

Co więcej, zainteresowanie orkiszem obecnie wynika również z nadprodukcji żywności, w tym zbóż podstawowych. Zboże to uważane jest za zdrowy pokarm, wspomagający leczenie chorób nowotworowych lub zapobiegający ich występowaniu (dotychczas nie były jednak prowadzone na szerszą skalę badania kliniczne, które by to naukowo potwierdziły) i wzbogacający dietę przeciętnego konsumenta (Capouchová, 2001; Sulewska, 2004; Schober i in., 2006). Jak podaje Capouchová (2001), orkisz ceniony jest ze względu na swoje specyficzne właściwości i możliwości szerokiego wykorzystania w przetwórstwie. Przede wszystkim jednak, jego popularność wynika z zainteresowania producentów i konsumentów ziarnem i przetworami orkiszu z produkcji ekologicznej.

Dodatkowo promocja wśród rolników systemów rolniczych ograniczających stosowanie syntetycznych środków chemicznych np. rolnictwa ekologicznego, spowodowała ponowne upowszechnienie upraw tej starożytnej pszenicy, szczególnie z powodu jej naturalnych właściwości przystosowawczych (Piergiovanni i in., 1996; Marconi i in., 1999; Bonafaccia i in., 2000, An i in., 2005; Neeson, Luckett, 2005).

Ponadto, sami „eko” – rolnicy zgłosili zapotrzebowanie na gatunki i odmiany zbóż niewymagające wysokonakładowej uprawy i z możliwością uprawy mniej intensywnymi sposobami (Rüegger, Winzeler, 1993; Dotlacil i in., 2001; Neeson, Luckett, 2005; Wiwart i in., 2009). Właśnie rolnictwo alternatywne wymaga zbóż stabilnie plonujących i odpornych na choroby oraz niekorzystne warunki środowiskowe (Cyrkler – Degulis, Bulińska – Radomska, 2006)

Równolegle, w Europie w kręgu hodowców i rolników, w latach 90 – tych XX wieku, pojawiła się konieczność zaproponowania nowych odmian pszenic. „Nowe” odmiany ziarna miały być wykorzystane na marginalnych obszarach, o mniej zasobnych w składniki mineralne glebach. Jednocześnie, prowadzenie kampanii mającej na celu zmniejszenie negatywnego wpływu tzw. konwencjonalnego rolnictwa na środowisko naturalne, dodatkowo zintensyfikowało poszukiwanie innych odmian roślin, jak również powrót do tych „zapomnianych” (Simonetti i in., 1999; Bonafaccia, 2000; Troccoli, Codianni, 2005; Teklu i in., 2006).

Co więcej, ciągle postępująca „erozja genów”, prowadząca do zawężenia podstawy genetycznej nowych odmian roślin uprawnych, zmusza hodowców do ciągłego poszukiwania nowych metod indukowania zmienności genetycznej (Wiwart, Perkowski, 2005; Wiwart i in., 2009). Powszechnie wiadomo, że pszenice oplewione, w związku z tym, że przez długi czas nie były uprawiane i tym samym modyfikowane, mogą być obecnie wykorzystane jako źródło genów do pozyskiwania bardziej odpornych odmian pszenic, stanowiąc tym samym dobry materiał genetyczny (Piergiovanni i in., 1996; Campbell, 1997; von Büren i in., 2001; Waga, 2001; An i in., 2005; Caballero i in., 2007; Onishi i in., 2006; Teklu i in., 2006; Radomski i in., 2007; Jurga, 2008). Jest to o tyle istotne, że orkisz jest źródłem genów warunkujących takie cechy użytkowe jak: zdolność dobrego plonowania w niekorzystnych warunkach, odporność na niskie temperatury i niektóre choroby, takie jak rdza żółta (Waga, 2001; An i in., 2005). Z tego też powodu, Burgos i in. (2001) zaproponowali krzyżowanie orkiszu z pszenicą zwyczajną, w celu zwiększenia tolerancji tej ostatniej na nadmiar wody podczas wegetacji.

Buerli (2006) argumentując zainteresowanie zbożami oplewionymi stwierdził, że istotny jest powrót do bioróżnorodności (również w żywieniu człowieka), dokonanie rozdziału systemów rolniczych na mniej lub bardziej intensywne oraz ponowne odkrycie znaczenia produktów regionalnych.

Ponadto, jak już wcześniej wspomniano, w Polsce od kilku lat sukcesywnie rośnie liczba certyfikowanych gospodarstw ekologicznych. Równolegle, odnotowuje się zainteresowanie uprawą starych, już zapomnianych gatunków i odmian zbóż, w tym również orkiszu (Kalinowska – Zdun, 2005).

W powojennej Polsce, pionierem uprawy pszenicy orkisz stał się Mieczysław Babalski, który w 1988 roku podjął się jej uprawy w swoim gospodarstwie ekologicznym, po przywiezieniu ziarna

ze Szwajcarii. Pierwsze podejście jednak nie powiodło się i dopiero w 1990 roku ponownie zasiał orkisz, tym razem sprowadzony z Niemiec (była to odmiana *Schwabenkorn*) (Raszkowski, 2008). Jednak w tamtym czasie niewielu rolników było zainteresowanych zasiewami tego zboża. Rolnicy nie wiedzieli jak się je uprawia, a konsumenci nie wiedzieli, za co mają płacić znacznie większe pieniądze w porównaniu do ceny przetworów uzyskanych z ziarna pszenicy zwyczajnej (Tyburski, Babalski, 2006). Mimo to, od początku lat 90 – tych XX wieku, sukcesywnie wzrasta zainteresowanie orkiszem w Polsce, tak samo jak i w Europie, co jest pośrednio związane z dynamicznym rozwojem rolnictwa ekologicznego (Tyburski, Babalski, 2006).

Obecnie uprawy pszenicy orkisz można spotkać w Europie, głównie w krajach niemieckojęzycznych, tj. na południu Niemiec, w Szwajcarii i Austrii. Jednakże orkisz jest również uprawiany na terenie Belgii, Czech, Słowacji i Węgier (Moudrý, Dvořáček, 1999; Wiwart, Perkowski, 2005; Tyburski, Żuk – Gołaszewska, 2005; Tyburski, Babalski, 2006). W latach 90 – tych zeszłego wieku całkowita powierzchnia upraw orkiszu w Europie (Niemcy, Czechy, Stara Słowacja), mieściła się w granicach od 14 000 do 18 000 ha. Z kolei, w 2005 roku uprawy orkiszu w Europie zajmowały ok. 50 000 ha (Moudrý, Dvořáček, 1999; Capouchová, 2001; Majewska, 2005). Wg szacunków przeprowadzonych w 2006 roku powierzchnia upraw orkiszu w całej Europie wynosiła ok. 60 000 ha (Tyburski, Babalski, 2006).

W latach 90 – tych XX wieku zbiór orkiszu w Niemczech wyniósł 25 000 ton, natomiast powierzchnia upraw ekologicznych tego zboża w tym kraju w 2003 roku osiągnęła poziom 9 500 ha, a w roku 2004 orkisz był już zbierany z powierzchni 22 833 ha (Kostecki, 2005).

Wiadomo również, że niewielkie obszary upraw orkiszu znajdują się obecnie w USA, Kanadzie i Australii (Neeson, Luckett, 2005; Neeson i in., 2008). W tym ostatnim kraju orkisz stanowi ważne zboże w strefie lasów deszczowych (Winter rainfall zone), które jest szczególnie cenione za zdolności adaptacyjne do trudnych warunków uprawowych (Neeson, Luckett, 2005). Aktualna produkcja orkiszu w Australii wynosi 4000 ton, podczas gdy zapotrzebowanie na rynku szacuje się na poziomie 10 000 ton (Neeson i in., 2008).

Dostępne informacje na temat produkcji orkiszu w Stanach Zjednoczonych są nieliczne. W 1987 roku powierzchnia zasiewów tego zboża wyniosła 7 300 ha (200 gospodarstw w Montanie), a w roku 1992 była na poziomie 700 ha (25 gospodarstw). Jak się jednak okazało, nieliczne pola z orkiszem można było spotkać w latach 90 – tych zeszłego wieku także w stanach Pensylwania, Michigan, Indiana, Kansas i Północnej Dakocie (Oplinger i in., 1990).

Obecnie szacuje się, że powierzchnia upraw orkiszu w Polsce wynosi ok. 1000 ha i jest on uprawiany jedynie w gospodarstwach ekologicznych. Tymczasem zapotrzebowanie na ziarno orkiszu w naszym kraju sukcesywnie wzrasta. Ponadto, w ostatnich latach ponad połowa zasiewów była przeznaczona na materiał siewny, a niedobory tego zboża uzupełniano importem głównie z Czech i Węgier oraz Niemiec (Tyburski, Żuk – Gołaszewska, 2005; Tyburski, Babalski, 2006; Żakowska – Biemans, 2006).

Jak podali Tyburski i Żuk – Gołaszewska (2005), pomimo korzystnych cen, tj. 1000 zł za tonę oplewionego ziarna i 2500 za tonę ziarna obłuszczonego, w 2004 roku rolnicy nadal niechętnie podejmowali się uprawy orkiszu. Porównywalnie, cena ziarna pszenicy zwyczajnej z gospodarstwa

ekologicznego w tym samym czasie kształtowała się na poziomie 650 zł za tonę. Natomiast w 2008 roku cena nieodplewionego ziarna orkiszu była na poziomie 1400 – 1900 zł/t, a ziarna po obłuszczeniu od 3500 do 4000 zł/t (Raszkowski, 2008). Należy nadmienić, że do obsiania 100 ha należy zużyć ok. 200 t nieodplewionego ziarna (Babalski, 2009).

2.5. Aktualny stan badań na temat orkiszu w Europie i na świecie

W ostatnich latach w różnych krajach europejskich prowadzone były projekty badawcze, dotyczące zarówno orkiszu, jak i płaskurki oraz samopszy. Głównym celem badań było propagowanie rzadkich i zapomnianych gatunków i odmian roślin, ze względu na ich unikatowe właściwości.

Europejskie projekty badawcze dotyczące orkiszu

Breeding of cereal varieties for bio-/ ecological agriculture

W 1982 roku rozpoczął się pierwszy program mający na celu określenie gatunków i odmian zbóż szczególnie przydatnych i nadających się do rolnictwa biologicznego. Prace nad nowymi odmianami były prowadzone w Szwajcarii, Niemczech, Austrii i Francji. Zbożem, któremu szczególnie poświęcono uwagę podczas badań była pszenica orkisz. W związku z tym, że w rolnictwie ekologicznym nie można stosować metod polegających na modyfikacji genetycznej, korzystano z tradycyjnych metod krzyżowania (od tzw. „krzyżówki” do odmiany) i z tego też powodu, projekt trwał od 12 do 15 lat. W efekcie wytworzono kilka dobrych odmian. W ramach projektu było kilka ważnych wydarzeń:

- lata 1984 – 1991: badania w Research Institute AT Goetheanum, Dornoch; pierwsze badania nad wytworzeniem nowych odmian orkiszu,
- lata 1992 – 2000: założenie prywatnej instytucji o nazwie Grain Breeding Peter Kunz
- rok 2000: przekształcenie wcześniejszej instytucji w Society for Crop – Plant Development,
- rok 2002: zarejestrowanie nowej odmiany orkiszu *Alkor* w Szwajcarskim Narodowym Katalogu Odmian i Katalogu Odmian OECD,
- rok 2004: wprowadzenie i zarejestrowanie dwóch kolejnych odmian orkiszu *Sirino* i *Tauro*,
- 2005 zarejestrowanie następnej nowej odmiany orkiszu o nazwie *Titan* (Legzina i in., 2005; Kunz, 2008).

Hulled Wheat Genetic Resource Network

W 1993 roku we Włoszech IPGRI (International Plant Genetic Recourse Institute) zainicjował projekt badawczy dotyczący Niewykorzystanych Śródziemnomorskich Gatunków (Underutilized Mediterranean Species – UMS). Głównym celem tych działań była ochrona orkiszu, samopszy oraz płaskurki (trzy zboża określane mianem Farro) przed erozją genów oraz ponowne odkrycie znaczenia tych starych gatunków pszenic. Projekt ten początkowo, oprócz pszenic oplewionych, obejmował także orzechy pistacjowe oraz oregano. Jego kontynuacją w 1994 roku było

przedsięwzięcie, określone mianem Hulled Wheats Genetic Resource Network. Celem tego projektu były m.in.:

- ochrona starych gatunków roślin od wyginięcia i zachowanie ich różnorodności genetycznej,
- promowanie badań nad rozwojem wybranych gatunków pszenic,
- zachęcenie m. in. rolników do zachowania w uprawie i propagowania wykorzystania tych gatunków roślin,
- stworzenie nowych produktów i promowanie zdrowej/funkcjonalnej żywności otrzymanej z ww. gatunków roślin.

Projekt przyniósł wiele korzyści. Przede wszystkim, zainteresowali się tymi roślinami rolnicy i naukowcy, co uchroniło te gatunki od wyginięcia. Poza tym, pomysł ten obecnie uważany jest za pierwowzór późniejszych projektów (Buerli, 2006; *Minor cereals...*, 2008).

SESA: Spelt, a recovered crop for the future of sustainable agriculture in Europe – Projekt FAIR – CT96 – 1569 SESA

Głównym celem SESA, projektu, który był realizowany w latach 1997 – 2000, a dotyczył wykorzystania pszenicy orkisz, było upowszechnienie tego alternatywnego zboża w europejskim rolnictwie, jak również jego promocja na niszowym rynku produktów. W projekcie brało udział 13 państw europejskich: Austria, Belgia, Dania, Niemcy, Finlandia, Francja, Wielka Brytania, Włochy, Hiszpania, Grecja oraz Szwajcaria i Norwegia (Majewska, 2005; Buerli, 2006, *Long discarded...*, 2008; *SESA: Spelt...*, 2008). Szczegółowe cele badawcze tego projektu odnosiły się do adaptacji odmian orkiszu najbardziej odpowiednich do uprawy w warunkach klimatyczno – glebowych poszczególnych krajów europejskich. Przeprowadzono m.in. badania genetyczne, analizę składu chemicznego, wartości odżywczej oraz jakości technologicznej ziarna orkisz. Oceniano również stabilność plonowania, wybrane właściwości fizyczne oraz wartość paszową orkisz (Majewska, 2005). Część badań tego programu dotyczyła określenia wielkości plonowania i zachowania się badanych odmian orkisz w zależności od obszaru i sposobu uprawy, warunków glebowych, z uwzględnieniem wykorzystania go w rolnictwie ekologicznym (Buerli, 2006). Projekt SESA obejmował również propagowanie bioróżnorodności w rolnictwie oraz miał na celu wyselekcjonowanie odmian orkiszu najlepszych pod względem uprawowym i żywieniowym. Skupiał się również na potencjalnych możliwościach wykorzystania orkisz w różnych kierunkach przetwórstwa (*Long discarded...*, 2008; *SESA: Spelt...*, 2008).

W trakcie realizacji projektu badano dwadzieścia pięć odmian orkisz, w tym m.in.: *Albin*, *Altgold Rotkorn*, *Baulander Spelz*, *Fuggers Babenhauser Zuch*, *Frankenkorn*, *Goldir*, *Hercule*, *Hubel*, *Leug*, *Neuegger Weißkorn*, *Ostar*, *Oberkulmer Rotkorn*, *Ostro*, *Schwabenkorn* (Schober, 2002). Nowsze odmiany orkisz są zdolne do adaptacji i lepiej plonują w niekorzystnych warunkach w porównaniu do tych starszych, jak również cechują się wyższą odpornością na wyleganie i rdzę żółtą.

Multiregional Operative Programme on Farro POM – B13 (MOP)

Celem tego programu był powrót do rolnictwa zachowawczego – ekologicznego we Włoszech. W ramach projektu określono wartość odżywczą ziarna różnych odmian orkiszu i wytworzonych z niego produktów. Projekt był finansowany przez Unię Europejską, a badania przeprowadzono w National Institute for Agro – Economy. Główne cele projektu odnosiły się do:

- dostosowania odmian zbóż oplewionych do warunków rolnictwa ekologicznego w zakresie optymalnego plonowania i późniejszego wykorzystania,
- unowocześnienia obecnych technologii przetwarzania zbóż oplewionych, w celu otrzymania innowacyjnych produktów o właściwościach dietetycznych i pozytywnych cechach organoleptycznych, z zachowaniem wszystkich zasad higieny produkcyjnej (Buerli, 2006).

National Program on Plant Genetic Resources Conservation and Utilization in the Czech Republic

Program był realizowany w Czechach i obejmował analizę 51 000 różnych próbek nasion. Projekt dotyczył zachowania i monitorowania cennej roślinności, propagowania jej uprawy na pierwotnych obszarach i gromadzenia materiału siewnego w Czeskim Banku Genów znajdującym się w Instytucie Badawczym Produkcji Plonów w Pradze (Research Institute of Crop Production). Program dotyczył również zbóż oplewionych, w tym samopszy, płaskurki i orkiszu, które miały być uprawiane głównie na obszarach chronionych, a materiał siewny miał być zabezpieczony bezpośrednio na miejscu. Celem tej działalności było zachowanie „wymierających” gatunków zbóż oraz zwiększenie agrobioróżnorodności w rolnictwie. Produkty wytworzone z tych zbóż mogą być wykorzystane do projektowania nowej żywności, a przez to, że zboża te nie wymagają nawożenia mineralnego i stosowania pestycydów podczas wegetacji, doskonale nadają się do rolnictwa ekologicznego (Dotlacil i in., 2001).

Badania krajowe

W Polsce dopiero na początku lat 90 – tych XX wieku środowisko naukowe zainteresowało się orkiszem. Pionierem badań nad uprawą tego zboża był Jerzy Szymona z Akademii Rolniczej w Lublinie, który jako pierwszy podał zalecenia agrotechniczne do uprawy tej pszenicy (Szymona, 1996).

W latach 1992 – 1994 Eugeniusz Grela z Akademii Rolniczej w Lublinie przebadał szczegółowo skład chemiczny ziarna czterech odmian orkiszu (*Bauländer Spelz*, *Schwabenkorn*, *Loge*, *Rouquin*) w porównaniu do pszenicy zwyczajnej. Ziarno uprawiane było w systemie konwencjonalnym. Badacz oznaczył zawartość białka, skrobi, mikro- i makroelementów, określił skład aminokwasowy, zawartość tłuszczu i skład kwasów tłuszczowych oraz tokoferoli (Grela, 1996).

Z kolei, Edward Pałys ze Stanisławem Łabudą z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w 1992 roku określili w ww. odmianach ziarna orkiszu zawartość związków mineralnych oraz ich plonowanie. Zboże również uprawiane było w systemie konwencjonalnym (Pałys, Łabuda, 1997).

W roku 1994 Bohdan Achremowicz i jego współpracownicy z Akademii Rolniczej w Krakowie badali cztery odmiany orkiszu, a pszenica zwyczajna odmiany *Kobra* była wykorzystana jako wzorzec. Materiał pochodził z doświadczeń Katedry Ekologii Rolniczej AR. W otrzymanych

mąkach określono liczbę opadania, wydajność glutenu mokrego i właściwości reologiczne ciasta oraz przeprowadzono próbny wypiek laboratoryjny (Achremowicz i in., 1999).

Natomiast Alexander Heinrich Beck w SGGW w Warszawie w 1996 roku przedstawił swoją pracę doktorską (promotor prof. Mieczysław Górny) pt.: „*Znaczenie pszenicy orkiszu (*Triticum aestivum spelta*) w żywieniu człowieka oraz badania nad białkiem i glutenem pszenicy orkiszu, pochodzącej z uprawy biologicznej*” (Beck, 1996).

Z kolei, w latach 1997 – 2000 Hanna Sulewska z Akademii Rolniczej w Poznaniu zajmowała się wpływem stosowanego materiału siewnego i głębokością siewu na plon i skład chemiczny ziarna orkiszu odmiany *Bauländer Spelz*, uprawianego w sposób konwencjonalny (Sulewska, 2004).

Równolegle, Alicja Ceglińska z SGGW w Warszawie zajmowała się hybridami orkiszu. Badaniom poddała 16 hybrid orkiszu, a jako wzorce wykorzystowała dwie odmiany pszenicy zwyczajnej i jednej odmiany orkiszu. Badaczka określiła ich wartość przemiałową, wypiekową oraz cechy reologiczne ciasta, a także wykonała próbny wypiek laboratoryjny. Aktualnie wspomniana wyżej badaczka wraz ze swoim zespołem prowadzi również badania nad wartością wypiekową hybrid orkiszu (Ceglińska, 2003; Krawczyk i in., 2008a; 2008b; Krawczyk i in., 2009).

Natomiast Jacek Waga z Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin z Krakowa skupił się głównie na charakterystyce białek gliadynowych i glutenin siedmiu odmian orkiszu: *Oberkulmer Rotkorn*, *Zeiners Schlegeldinkel*, *Weisser W. Gram*, *Operlaender*, *Kolbendinkel*, *Bastard* i *Vogelers Dinkel*. Badania były prowadzone w celu określenia stopnia ich alergenicności (Waga, 2001; Waga i in., 2002).

Niezależnie od powyższej działalności naukowej, podejmowane były również inne badania z wykorzystaniem orkiszu.

W latach 2005 – 2007 zespół naukowców z Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa oraz Wydziału Nauki o Żywności Uniwersytetu Warmińsko – Mazurskiego w Olsztynie prowadził badania siedmiu odmian ziarna orkiszu: *Ceralio*, *Schwabenkorn*, *Frankenkorn*, *Holstenkorn*, *Schwabenspelz*, *Ostro*, *Oberkulmer Rotkorn* oraz ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* użytej jako wzorzec. Wszystkie próbki ziarna pochodziły z doświadczeń poletkowych. Ziarno uprawiane było w kontrolowanych warunkach agrotechnicznych wg zasad rolnictwa ekologicznego na terenie Zakładu Produkcyjno – Doświadczalnego „Bałcyny”. Istotą projektu było wypracowanie zasad agrotechniki pszenicy orkisz uprawianej w Polsce oraz określenie jej walorów żywieniowych i parametrów technologicznych (Żuk – Gołaszewska i in., 2008).

Natomiast, w Katedrze Hodowli Roślin i Nasiennictwa Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Uniwersytetu Warmińsko – Mazurskiego cały czas prowadzone są prace nad plennością ziarna orkiszu jarych rodów hodowlanych (Wiwart, 2009).

Równolegle prowadzone są badania nad przydatnością zbóż oplewionych w rolnictwie. W Instytucie Aklimatyzacji i Hodowli Roślin w Radzikowie w 2005 roku rozpoczęto badania nad przydatnością starych gatunków i odmian w produkcji ekologicznej. W doświadczeniach poletkowych wykorzystano następujące formy pszenicy orkisz: *Spelt inz. Droogendijk /39*, *Triticum spelta*, *Triticum spelta Duha melianum*, *Triticum spelta L. album* i *Triticum spelta L. arduini*. Głównym celem badań było sporządzenie listy odmian, które najlepiej nadają do produkcji ekologicznej, z uwzględnieniem

ich odporności na choroby, warunki uprawy i stresy środowiskowe (Cyrkler – Degulis, Bulińska – Radomska, 2006). Wstępne spostrzeżenia skłaniają do sformułowania stwierdzenia, że pszenice oplewione, w tym orkisz, mogą stać się cennym materiałem do uprawy w warunkach produkcji ekologicznej i niskonakładowej produkcji w gospodarstwach konwencjonalnych.

Inne badania

Poza Europą również prowadzone są prace badawcze dotyczące orkiszu. W Stanach Zjednoczonych w 1986 roku, wyhodowano ozimą odmianę *Champ* (Oplinger i in., 1990). Jest ona krzyżówką starego orkiszu i pszenicy zwyczajnej, którą otrzymano na Uniwersytecie Stanowym w Ohio (Stallknecht i in., 1996). Niezależnie od tego, badacz o nazwisku Lafever, prowadząc badania dla Sunbeam Extract Co., wyhodował jeszcze inną odmianę orkiszu – *GR900*. Równocześnie badał sześć rodów hodowlanych pszenicy orkisz, czego efektem było zarejestrowanie dwóch ww. odmian, wraz z niemiecką odmianą *Oberkulmer* (Stallknecht i in., 1996).

Kolejnym kontynentem, na którym obecnie prowadzone są intensywne badania nad uzyskaniem nowych odmian pszenicy orkisz jest Australia. Jak podali Neeson i Luckett (2005), rolnicy ekologiczni w tej części świata, w rejonie Cootamundra, uprawiają formę orkiszu, która jest „krzyżówką” dwóch starszych odmian. Niestety informacje na temat jej zdolności przystosowawczych są bardzo nieliczne, a inne odmiany orkiszu są niedostępne na rynku. Dlatego też, australijscy rolnicy ekologiczni zgłosili zapotrzebowanie na gatunki i odmiany zbóż niewymagające intensywnego nawożenia mineralnego i stosowania pestycydów. Z tego też powodu w Centrum Innowacyjności Rolnictwa w Wagga Wagga (EH Graham Center for Agricultural Innovation in Wagga Wagga) w latach 2000 – 2005 prowadzono badania z wykorzystaniem 43 genotypów ziarna orkiszu. Głównym ich celem było uzyskanie odpowiedzi na pytanie, która odmiana cechowała się najwyższym potencjałem i jakie miała wymagania glebowe i środowiskowe. Ziarno różnych odmian orkiszu uprawiano w szklarniach w kontrolowanych warunkach, a następnie porównywano ich plenność między sobą (**Fot. 3**).



Fot.3. Uprawa orkiszu w szklarni (Neeson, Luckett, 2005).

Kontynuacją powyższych badań był tym razem 3 – letni projekt, podjęty przez Centrum Innowacyjności Rolnictwa w Wagga Wagga, NSW DPI (New South Wales Department of Prime Industries) i Uniwersytet Charlesa Stuarta. Badacze chcieli m.in. uzyskać odpowiedź na pytanie, która odmiana orkiszu najlepiej nadaje się do produkcji ekologicznej. Projekt był wspomagany przez Rural Industry Research and Development Corporation’s (RIRDC), Organic Produce Program, Department of Primary Industry, rolników ekologicznych i The Biological Farmers of Australia Co – op Ltd.

(BFA). W badaniach wykorzystano 82 próbki ziarna (Australian Winter Cereals Collection oraz próbki ziarna pochodzące od rolników ekologicznych), w tym również 20 odmian ziarna orkiszu (Neeson i in., 2008). Jak okazało się, odporność ziarna na choroby (w tym również na rdzę żółtą), zapotrzebowanie na fosfor i tolerancję na glin (aluminium tolerance), zależne były w dużym stopniu od badanej odmiany pszenicy (Neeson i in., 2008).

Ponadto, w różnych krajach prowadzone są prace mające na celu zachowanie rzadkich gatunków roślin w bankach genów. Jak podała Michalová (Minor crops..., 2008) w Europejskim Banku Genów zgromadzonych zostało 2269 próbek ziarna gatunków o oplewionym ziarnie, z czego 579 próbek stanowiło ziarno pszenicy orkisz.

Aktualnie (wg stanu na koniec lutego 2009 roku), w Szwajcarskim Banku Genów zgromadzonych jest 2276 próbek pszenic o oplewionym ziarnie, pochodzących z Niemiec, Szwajcarii, Luksemburga, Hiszpanii, Stanów Zjednoczonych, Belgii i Hiszpanii (Swiss National..., 2009).

Warto dodać, że również Czeski Bank Genów posiadał w swojej kolekcji ziarno pszenic oplewionych: 74 próbki orkiszu, 104 próbki płaskurki i 38 próbek samopszy (Dotlacil i in., 2001). Z najnowszych danych wynika, że w Banku Genów Instytutu Badawczego w Pradze zgromadzonych jest obecnie 78 próbek ziarna orkiszu, a w Nordyckim Banku Genów (Nord..., 2009) kolekcja obejmuje 22 próbki ziarna. Z kolei, w Stanach Zjednoczonych (Wheat Genetic & Genomic Resources Center, Stanowy Uniwersytet w Kansas) zgromadzonych jest 1294 próbek ziarna orkiszu (Autorka pracy zdobyła powyższe informacje kontaktując się z ww. instytucjami).

W Polsce Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie także zajmuje się kolekcjonowaniem materiału siewnego. Jego działalność polega m.in. na zachowaniu różnorodności biologicznej oraz skutecznym zabezpieczeniu dziedzictwa przyrody poprzez zbieranie materiału siewnego podczas różnego rodzaju ekspedycji badawczych. W Polskim Banku Genów skolekcjonowanych jest 61 próbek ziarna orkiszu: *T.spelta* ssp. *arduini*, *T.spelta* ssp. *album*, *T.spelta* ssp. *duhamelianum*, *T.spelta* ssp. *alefeldii*, *T.spelta* ssp. *vulpinum* i *T.spelta* ssp. *Caeruleum*. Informacje te uzyskano po bezpośrednim kontakcie z wyżej wymienioną jednostką. Dodatkowo, niektóre odmiany orkiszu są obecnie gromadzone w poszczególnych gospodarstwach ekologicznych (Bank genów..., 2008).

Należy dodać, że od kilku lat Mieczysław Babalski (właściciel gospodarstwa ekologicznego: certyfikat AGRO BIO TESTU 90001 04194 – B) bierze czynny udział w rozpowszechnianiu upraw orkiszu w Polsce. Jak sam podaje, z banku genów otrzymuje się 100 ziaren wybranych odmian roślin, a po pięciu latach rozmnażania można obsiać już jeden hektar pola. Do głównych jego osiągnięć w tej dziedzinie, należy namnożenie pięciu odmian orkiszu jarego (Babalski, 2008).

Należy podkreślić, że nadal istnieją trudności związane z promocją orkiszu w różnych krajach świata. Jak podał Schäfer (2001), w Finlandii główny problem stanowiło pozyskanie ziarna z certyfikowanych gospodarstw ekologicznych. Dodatkowo brak zalegalizowanych odmian orkiszu stworzył ograniczenia prawne do promowania tego starożytnego zboża. Pojawiły się również utrudnienia wynikające z braku maszyn do siewu i odplewiania ziarna po zbiorze oraz braku punktów, w których można byłoby sprzedać i kupić pełen asortyment produktów z orkiszu.

Sytuacja w Polsce jest podobna, a wyżej wymienione problemy są aktualne także i u nas. Wielu rolników ekologicznych nie ma możliwości kupna certyfikowanego ziarna orkiszu. Dostępne na polskim rynku odmiany sprowadzane są głównie z Niemiec, jak dotąd żadna z dostępnych odmian orkiszu nie jest wpisana w polskim rejestrze odmian zbóż, a najczęściej uprawiana jest odmiana *Schwabenkorn*.

Jakkolwiek, istnieją w Polsce Regionalne Ośrodki Doradztwa Rolniczego, Centrum Doradztwa Rolniczego (CDR), Stowarzyszenie Producentów Żywności Metodami Ekologicznymi EKOLAND, Polski Klub Ekologiczny Koło Miejskie w Gliwicach, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, Główny Inspektorat Jakości Handlowej Artykułów Rolno – Spożywczych oraz Informator Rynku Produktów Ekologicznych InfoBio (Informator Rynku ..., 2008) i inne instytucje podane na stronie internetowej Rolnictwo Ekologiczne (Rolnictwo...2009). Mogą być one pomocne w rozwiązaniu wielu problemów, z którymi borykają się rolnicy ekologiczni. Za pośrednictwem tych instytucji można uzyskać informacje o ziarnie orkiszu, m.in., jako materiale siewnym, sposobie uprawy oraz możliwości odplewiania ziarna i późniejszego jego wykorzystania. Dodatkowo organizowane są spotkania w formie warsztatów, podczas których rolnicy mogą dowiedzieć się znacznie więcej o starożytnych zbożach. Bardzo życzliwy jest również Mieczysław Babalski – z pewnością pierwszy propagator orkiszu w Polsce, który nie tylko od wielu lat prowadzi skrupulatną selekcję odmian, ale gromadzi wszelkie spostrzeżenia, udzielając wraz z innymi praktykami i badaczami cennych rad (Tyburski, Babalski, 2006).

2.6. Skład chemiczny i wartość odżywcza ziarna i mąki orkiszowej

Ziarno pszenicy orkisz, jak już wcześniej wspomniano, cenione jest za wysoką koncentrację różnych składników odżywczych. Szczególnie bogate jest w niektóre związki mineralne i witaminy oraz pozostałe substancje biologicznie aktywne o właściwościach przeciwutleniających. Ponadto, ziarno tej pszenicy cenione jest za korzystne walory smakowe i dietetyczne uzyskiwanych z niego przetworów (Campbell, 1997; Capouchová, 2001; Bojňanská, Frančáková, 2002; Tyburski, 2005; Onishi i in., 2006; Zieliński i in., 2008).

Literatura podaje szeroki zakres zawartości poszczególnych składników chemicznych ziarna orkiszu i uzyskanej z niego mąki, co jest skutkiem poddawania analizom różnych odmian orkiszu, pochodzących z różnych regionów oraz różnych technologii przemiału ziarna na mąkę. Co więcej, poszczególni badacze w odmienny sposób prezentują uzyskane wyniki, podając ich wartości w różnych jednostkach, co niejednokrotnie uniemożliwia ich dokładne porównanie.

Pszenica orkisz jest materiałem, który obecnie badany jest w kilku płaszczyznach. Przez ostatnie lata określano zawartość podstawowych składników w ziarnie i uzyskanej z niego mące jasnej oraz ciemnej (jednak w znacznie mniejszym stopniu). Ponadto, podejmowano próby określenia wartości wypiekowej mąki orkiszowej wykorzystując zarówno pośrednie i bezpośrednie metody do jej oceny.

Węglowodany

Podstawowym i zasadzie jedynym polisacharydem zapasowym gromadzącym się w ziarnie pszenicy w ilości od 55 do 70% jest skrobia. Jest to składnik, który ma bardzo istotny wpływ na właściwości wypiekowe mąki (Skrabanja, 2001; Gąsiorowski, 2004a).

Jak wynika z przeglądu danych literaturowych ziarno orkiszu cechuje się przeważnie nieco niższą zawartością skrobi ogółem (66,0 – 67,6 % s.m.), w porównaniu do ziarna pszenicy zwyczajnej (59,4 – 68,1% s.m.) (Grela, 1996) (**Tabela 2**). Zawartość tego składnika w ziarnie orkiszu jest jednak zależna nie tylko od odmiany, ale i od roku zbioru. Jak podały Bojňanská i Frančáková (2002) najniższą zawartością skrobi cechowało się ziarno ze zbiorów z roku, w którym podczas uprawy wystąpiły najtrudniejsze warunki wegetacyjne (susze). Z kolei, zawartość skrobi w ziarnie hybryd orkiszu mieści się w granicach od 71,6% do 85,4% i jest wyższa od wcześniej podanych wartości (Zieliński i in., 2008).

Tabela 2. Skład chemiczny ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej – węglowodany.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Grela, 1996; Ranhotra i in., 1996; Moudrý i Dvořáček, 1999; Skrabanja i in., 2001; Bojňanská, Frančáková, 2002; Løje i in., 2003; Demirbas, 2005; Kohajdová, Korovičová, 2007; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007; Zieliński i in., 2008).

Wyróżnik	Pszenica orkisz		Pszenica zwyczajna
	Orkisz czysty gatunkowo	Hybrydy orkiszu	
Węglowodany			
Skrobia ogółem [% s.m.]	66,0 – 67,6	-	59,4 – 68,1
	48,3 – 67,4	71,6 – 85,4	55,0 – 70,0
Błonnik ogółem [%]	10,8 – 12,8	-	10,6 – 11,0
Błonnik rozpuszczalny [%]	0,9 – 1,5	-	-
β- glukan [%]	0,6 – 1,2	-	0,5 – 1,1

Natomiast, zawartość skrobi ogółem w jasnych i ciemnych mąkach orkiszowych była na porównywalnym poziomie, co w mące z ziarna pszenicy zwyczajnej (Marconi i in., 1999, 2002; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007) (**Tabela 3**). Bonafaccia i in. (2000) oraz Skrabanja i in. (2001) pokreślili jednak, że zawartość skrobi w jasnej mące orkiszowej była niższa niż w jasnej mące uzyskanej z ziarna pszenicy zwyczajnej.

Cukry redukujące odgrywają również istotną rolę w procesie wypieku pieczywa. Marconi i in. (2002) w mąkach orkiszowych uzyskali wyższą zawartość cukrów redukujących (0,29 – 0,39% s.m.), w porównaniu do kaszki z pszenicy durum (0,48 – 0,53% s.m.). Z kolei, analiza składu chleba orkiszowego wykazała, że zawiera on mniej maltozy niż chleb z pszenicy zwyczajnej (Marques i in., 2007).

W związku z tym, że zboża stanowią podstawę jadłospisu przeciętnego konsumenta, są znaczącym źródłem błonnika pokarmowego. Z badań Ranhotry i in. (1996) wynika, że zawartość błonnika ogółem w ziarnie orkiszu mieściła się w zakresie 10,8 – 12,8%, podczas gdy frakcji rozpuszczalnej było od 0,9 do 1,5% (**Tabela 2**).

Zawartość błonnika ogółem w ciemnych mąkach orkiszowych mieściła się w granicach od 10,0 do 14,9% s.m., natomiast frakcji rozpuszczalnej było od 1,2 do 4,0% s.m., a zawartość frakcji nierozpuszczalnej mieściła się w granicach od 8,4 do 12,9% s.m (Marconi i in., 1999; Bonafaccia i in.

2000) (**Tabela 3**). Warto dodać, że Marques i in. (2007) stwierdzili, że mąka orkiszowa jest lepszym źródłem błonnika ogółem, w szczególności frakcji nierozpuszczalnej.

Tabela 3. Skład chemiczny mąki (jasnej i ciemnej) z ziarna orkiszowego i pszenicy zwyczajnej – węglowodany.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Abdel – Aal i in., 1995; Ranhotra i in., 1996; Abdel – Aal i in., 1998b; Marconi i in., 1999; Bonafaccia i in., 2000; Skrabanja i in., 2001; Marconi i in., 2002; Majewska, 2004; Kohajdová, Korovičová, 2007; Marques i in., 2007; Radomski i in., 2007).

Wyróżnik		Pszenica orkisz		Pszenica zwyczajna		
		Mąka jasna	Mąka ciemna	Mąka jasna	Mąka ciemna	
Węglowodany	Ogółem [g/100g próbki]	75,9	-	-	-	
	Skrobia ogółem [%] [% s.m.]	61,3 – 71,8	48,3 – 67,4	54,4 – 87,9	-	
		76,3	63,2 – 80,7	61,0 – 72,1	68,0 – 81,6	
	Cukry ogółem [g/100g próbki]	4,10	-	-	-	
	Glukoza [g/100g próbki]	0,22	-	-	-	
		Fruktoza [g/100g próbki]	0,24	-	-	-
		Maltoza [g/100g próbki]	3,64	-	-	-
	Błonnik ogółem [%] [% s.m.]	2,54	-	-	-	
		-	10,0 – 14,9	-	12,5 – 12,8	
	Rozpuszczalny [g/100g próbki] [% s.m.]	-	-	-	-	
		-	1,2 – 4,0	-	1,4 – 1,5	
	Nierozpuszczalny [g/100g próbki] [% s.m.]	2,52	-	-	-	
		-	8,4 – 12,9	-	11,4	
β -glukan [% s.m.]	-	0,92 – 1,27	-	-		
Skrobia oporna						
Pieczywo [% s.m.]	Szybko trawiona skrobia RDS		57,3 – 64,2		55,8	
	Wolno trawiona skrobia SDS		8,2 – 14,7		24,0	
	Skrobia oporna RD	-	1,8 – 2,5	-	1,8	
	Indeks strawności skrobi SDI%		80 – 84		68	

Niektórzy badacze oznaczali także zawartość β - glukanu w orkiszach. Należy on do obszernej grupy wielocukrów, które występują w postaci błonnika rozpuszczalnego (Løje i in., 2003). Z badań Løje i in. (2003) oraz Demibrasa (2005) wynika, że ziarno orkiszowe zawierało od 0,6 do 1,2% β - glukanu, podczas gdy w ziarnie pszenicy zwyczajnej zawartość tej frakcji błonnika mieściła się w zakresie od 0,5 do 1,1%. Według Marconiego i in. (1999) ilość β - glukanu w ciemnej mące orkiszowej mieściła się w granicach od 0,92 do 1,27% s.m., co było zależne od odmiany ziarna orkiszowego z jakiej została otrzymana badana mąka (**Tabela 2 i 3**).

Skrobia oporna (Resistant Starch RS) może powstać np. w wyniku ogrzewania skrobi bez odpowiedniego dodatku wody. Taka skrobia nie ulega kleikowaniu i nie poddaje się działaniu enzymów trawiennych, tym samym przechodzi przez układ pokarmowy w nienaruszonym stanie (Leszczyński, 2004). Przez to, że nie jest trawiona pełni funkcje takie jak błonnik pokarmowy, powodując obniżenie kaloryczności posiłków. Podczas procesu produkcji wyrobów cukierniczych i piekarskich następuje podwyższenie zawartości skrobi odpornej, podobnie jak w czasie przechowywania pieczywa, w wyniku retrogradacji amylopektyny (Leszczyński, 2004). Wraz ze zwiększeniem zawartości skrobi odpornej w mące zwiększa się wartość indeksu jej strawności. Bonafaccia i in. (2000) w chlebach wypieczonych z ciemnej mąki orkiszowej i z pszenicy zwyczajnej określili zawartość skrobi odpornej (**Tabela 3**). Jak okazało się ciemny chleb orkiszowy zawierał

od 57,3 do 64,2% szybko trawionej skrobi, a analogiczny chleb pszenny jedynie 55,8% tego składnika. Jak tłumaczą autorzy, rozbieżności w wartościach mogły być spowodowane różną popiołowością mąk wykorzystanych do wypieku (Bonafaccia i in., 2000). Skrabanja i in. (2001) analizując strawność skrobi w chlebie (jasnym i ciemnym) orkiszowym i z pszenicy zwyczajnej uzyskali podobną zależność.

Białko

Składnikiem, który również ma istotne znaczenie w kształtowaniu wartości wypiekowej mąki jest zawartość białka ogółem. Jak wynika z danych literaturowych, orkisz (zarówno ziarno jak i mąka) cechuje się wyższą zawartością białka ogółem niż pszenica zwyczajna, co prezentują poniższe tabele (Abdel – Aal i in., 1996; Marconi i in., 1999; Moudrý, Dvořáček, 1999; Bonafaccia i in., 2000; Chrenková i in., 2000; Capouchová, 2001; Gálová, Knoblochová, 2001; Skrabanja i in., 2001; Waga, 2002; Ceglińska, 2003; Waga, 2003; Kohajdová i Korovičová, 2007; Majewska i in., 2007b; Marques i in., 2007; Radomski i in., 2007; Pruska – Kędzior i in. 2008; Dąbkowska i in., 2008; Krawczyk i in. 2008b; Zieliński i in., 2008) (**Tabele 4 i 5**).

Tabela 4. Skład chemiczny ziarna orkisz, pszenicy zwyczajnej i pszenicy durum – białko.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Abdel – Aal i in. 1996; Grela, 1996; Piergiovanni i in., 1996; Abdel – Aal i in. 1998b; Achremowicz i in., 1999; Moudrý i Dvořáček, 1999; Capouchová, 2001; Ceglińska, 2003; Waga, 2003; Lacko – Bartošová, Ředlová, 2007).

Wyróżnik	Pszenica orkisz		Pszenica zwyczajna	Pszenica durum
	Orkisz czysty gatunkowo	Hybrydy orkiszu		
Białko ogółem [%]	10,7 – 18,6	14,3 – 17,3	8,5 – 14,7	14,1 – 16,1
[% s.m.]	12,6 – 19,4	-	11,3 – 16,5	-

W literaturze jednak spotykane są również doniesienia, w których prezentowana jest odwrotna tendencja. Dowodem na to są badania prowadzone przez Becka (1996), Grelę (1996) oraz Achremowicza i in. (1999), w których ziarno orkisz zawierało mniej białka ogółem w porównaniu do ziarna pszenicy zwyczajnej.

W ziarnie orkisz (czystym gatunkowo) zawartość białka ogółem mieściła się w zakresie od 12,6 do 19,4% s.m., a w pszenicy zwyczajnej była na poziomie od 11,3 do 16,5% s.m. Z kolei, mąka orkiszowa jasna zawierała od 11,4 do 18,4% s.m. tego składnika, a wysokowyciągowa od 12,8 do 17,3% (Ceglińska, 2003; Zieliński i in., 2008) (**Tabele 4 i 5**).

Bojňanská i Frančáková (2002) dodatkowo zwróciły uwagę na wpływ warunków uprawy ziarna orkisz na zawartość białka w analizowanych próbkach. Najwyższą zawartość białka uzyskano w mąkach otrzymanych z ziarna orkisz z roku ekstremalnie suchego. Autorki wyższą zawartość białka tłumaczą większym udziałem warstwy aleuronowej w ziarnie orkisz niż w pszenicy zwyczajnej (Bojňanská, Frančáková, 2002; Kohajdová, Karovicová, 2008). Z kolei, Marconi i in. (1999) podkreślają, że zawartość białka jest ściśle zależna od miejsca uprawy i stosowanych metod agrotechnicznych.

Ważnym wskaźnikiem mówiącym pośrednio o wartości odżywczej, a tym samym przyswajalności białka jest jego strawność. Jak wykazali Chrenková i in. (2000) białko orkisz

posiada istotnie wyższą strawność (PD = 83%) oraz istotnie wyższy wskaźnik NPU (58 – 64) niż białko pszenicy zwyczajnej (PD = 78%, NPU = 57).

O wartości żywieniowej białka decyduje także jego skład aminokwasowy i poziom aminokwasu ograniczającego (Piergiovanni i in., 1996). Na przestrzeni lat różni badacze prowadzili studia nad składem aminokwasowym białek orkiszu porównując go do ziarna pszenicy zwyczajnej, stąd też w literaturze można spotkać różne opinie na temat składu aminokwasowego tego zboża. Niektórzy uważają, że skład aminokwasowy mąki orkiszowej jest podobny do mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej, inni natomiast twierdzą, że ziarno orkiszu wykazuje zwiększony udział aminokwasów niezbędnych (Belitz i in., 1998; Bonafaccia i in., 2000; Gálová i Knoblochová, 2001; Seilmeier i in., 2001; Abdel – Aal, Hucl, 2002) (*Tabela 5*).

Tabela 5. Skład chemiczny mąki (jasnej i ciemnej) z ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej – skład aminokwasowy.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Belitz i in., 1998; Abdel – Aal i in., 1995; Ranhotra i in., 1995; Abdel – Aal i in., 1998b; Achremowicz i in., 1999; Bonafaccia i in., 2000; Chrenková i in., 2000; Gálová, Knoblochová; 2001; Skrabanja i in., 2001; Abdel – Aal, Hucl, 2002; Bojňanská, Frančáková, 2002; Kohajdová, Korovičová, 2007; Majewska i in., 2007b; Dąbkowska i in., 2008; Pruska – Kędzior i in., 2008; Radomski i in., 2007).

Wyróżnik		Pszenica orkisz		Pszenica zwyczajna		
		Mąka jasna	Mąka ciemna	Mąka jasna	Mąka ciemna	
Białko	Ogółem [% s.m]	11,4 – 18,4	12,8 – 17,3	11,20 – 14,8	11,5 – 11,8	
	[%]	11,1 – 16,3	14,0	12,1 – 12,8	-	
	Skład aminokwasowy [g/100g białka]	Cysteina	b.d	2,1 – 2,4	b.d	2,5
		Kwas asparginowy	3,9 – 4,9	4,3 – 5,3	3,7	4,9
		Treonina	2,7 – 2,8	2,7 – 2,9	2,4	2,9
		Seryna	4,5 – 4,6	4,4 – 4,7	4,6	4,9
		Kwas glutaminowy	35,2 – 35,8	30,9 – 39,8	35,1	-
		Prolina	12,0 – 13,6	8,6 – 10,9	12,9	9,9
		Glicyna	3,7 – 3,9	3,7 – 4,4	3,5	13,9
		Alanina	3,5 – 3,8	2,9 – 3,6	3,2	3,6
		Walina	4,1 – 4,4	3,9 – 4,7	4,2	4,4
		Metionina	b.d	1,6 – 2,0	b.d	1,5
		Izoleucyna	3,2 – 3,6	2,5 – 3,8	3,5	3,3
		Leucyna	6,8 – 7,1	7,0 – 7,1	6,6	6,7
		Tyrozyna	3,4 – 3,7	2,3 – 2,8	2,9	3,0
		Fenylalanina	4,3 – 4,8	4,9 – 5,1	4,7	4,5
Histydyna		2,4 – 2,7	2,3 – 2,4	2,2	2,3	
Lizyna	2,6 – 2,7	2,2 – 2,8	3,3	2,9		
Arginina	4,4 – 4,9	4,1 – 4,5	5,1	4,9		

Część badaczy wykazała, że skład aminokwasowy białek orkiszu i pszenicy zwyczajnej był porównywalny niezależnie od roku, systemu uprawy, badanych odmian oraz typu badanej mąki (Belitz i in., 1998; Bonafaccia i in., 2000; Gálová i Knoblochová, 2001; Seilmeier i in., 2001; Abdel – Aal, Hucl, 2002).

Z kolei, Gálová i Knoblochová (2001) zwróciły uwagę na niewielkie różnice w poziomie zawartości kwasu asparginowego, waliny, leucyny, tyrozyny oraz argininy w mące. Aminokwasem ograniczającym w jasnej i ciemnej mące orkiszowej okazała się lizyna (Chrenková i in., 2000; Abdel – Aal, Hucl, 2002). Natomiast Waga i in.(2002) wykazali wyższą zawartość większości aminokwasów w orkiszu, a wyjątek stanowiła jedynie arginina.

W tym miejscu należy podkreślić, że choć niektóre źródła podają, że ziarno orkiszu lub jego przetwory mogą być spożywane przez osoby chore na celiakię, nie należy ich podawać ludziom z tym

schorzeniem (Forssel, Wieser, 1995; Kasarda, D'Ovidio, 1999; Waga, 2002; Ruibal – Mendieta i in., 2005; Onishi i in., 2006). Pośrednio potwierdziły to wyniki testu ELISA, które wykazały wyższą toksyczność gliadyn orkiszowych w przypadku celiakii w porównaniu do innych form pszenicy (Waga i in., 2002). Mimo to, pojawiają się w literaturze doniesienia sugerujące, że orkisz może być tolerowany przez osoby wykazujące alergię pokarmową na pszenicę zwyczajną. Nie mniej jednak, aktualnie nie ma wystarczających dowodów popartych badaniami klinicznymi na ochotnikach (Jurga, 1996a; Ceglińska, 2003; Sulejewska 2004; Kalinowska – Zdun, 2005; Schober, 2006). Pojawia się jednak pytanie, z czego to wynika. Jedna z hipotez sugeruje, że większe ilości białka zawartego w orkiszach są łatwo rozpuszczalne i przy minimum trawienia mogą być szybko przyswojone przez organizm (Waga i in., 2002). Z kolei, wg innej hipotezy tolerowanie białek glutenowych z orkiszów może być spowodowane większą zawartością cynku w ziarnie tego zboża. Cynk, jak wiadomo, jest kofaktorem szeregu enzymów układu pokarmowego, co może zwiększać aktywność enzymów proteolitycznych i ułatwiać trawienie alergicznych gliadyn w orkiszach (Waga i in., 2002).

Ostrowska (1993), Ceglińska (2003) i Zieliński i in. (2008) zauważyli, że mąka orkiszowa cechuje się innym składem prolamin w porównaniu do mąki pszennej, co będzie dokładniej omówione w dalszej części pracy. Może to mieć wpływ na proces trawienia, jak również może być cechą odróżniającą orkisz od pszenicy zwyczajnej.

Należy podkreślić, że *Codex Alimentarius*, jednoznacznie podaje, że osoby z nietolerancją glutenu nie mogą spożywać pokarmów zawierających prolaminę pochodzącą z orkiszów, który tak jak pszenica zwyczajna należy do rodzaju *Triticum* (Forssel, Wieser, 1995; Katina i in., 2005).

Lipidy

Tłuszcze ziarna zbóż stanowią dużą grupę różnorodnych związków chemicznych, które są rozpuszczalne w rozpuszczalnikach organicznych. Na przestrzeni lat podejmowano studia nad składem chemicznym ziarna orkiszów, określając w nim zawartość tłuszczu ogółem oraz zawartość oraz skład i proporcje kwasów tłuszczowych. Lipidy są ilościowo niewielkim, ale bardzo istotnym składnikiem ziarna pszenicy. Jak wynika z danych literaturowych, zboża są roślinami, w których ziarnie średnia zawartość tłuszczu wynosi ok. 3,6% s.m. Lipidy odgrywają istotną rolę: od znaczenia technologicznego (wpływając na wartość wypiekową) do żywieniowego (NKT – nienasycone kwasy tłuszczowe, witaminy rozpuszczalne w tłuszczach, fitosterole obniżające poziom cholesterolu we krwi) (Panazzo i in. 1993; Ruibal – Mendieta i in., 2002; Gąsiorowski 2004a; Čertík i in., 2006).

Badania dotyczące zawartości tłuszczu ogółem w ziarnie i uzyskanej z niego mące wykazały, że orkisz jest bogatszym źródłem tłuszczu w porównaniu do pszenicy zwyczajnej (**Tabela 6 i 7**). Wartość tego składnika w ziarnie orkiszów kształtowała się na poziomie od 1,4% do 2,6%, podczas gdy w ziarnie pszenicy zwyczajnej było go w większości przypadków mniej (1,43 – 1,90%). Co więcej, zarówno mąka orkiszowa jasna, jak i ciemna cechowały się wyższą zawartością tłuszczu w porównaniu do analogicznych mąk otrzymanych z ziarna pszenicy zwyczajnej (Marconi i in., 1999; Moudrý, Dvořáček, 1999; Ruibal – Mendieta i in., 2002; Ruibal – Mendieta i in., 2005; Čertík i in., 2006; Lacko – Bartošová, Rádlová, 2007).

Ruibal – Mendieta i in. (2002), prowadzili studia nad składem chemicznym ziarna orkiszu, hybryd ziarna orkiszu oraz ziarna pszenicy zwyczajnej i otrzymanej z niego mąki. Na podstawie uzyskanych wartości stwierdzono, że razowa mąka orkiszowa cechowała się wyższą zawartością tłuszczu niż taka sama mąka uzyskana z ziarna hybryd orkiszu oraz z ziarna pszenicy zwyczajnej. W związku z tym, że ziarno orkiszu było bogatszym źródłem wolnych lipidów niż ziarno pszenicy zwyczajnej, ww. autorzy zasugerowali, że właśnie wolne lipidy mogłyby się stać markerem służącym do odróżniania orkiszu od innych pszenic (Ruibal – Mendieta i in., 2002). Pojawia się jednak pytanie dlaczego orkisz zawiera więcej tłuszczu ogółem? Abdel – Aal i in. (1995) oraz Marconi i in. (1999) wyższą zawartość tłuszczu w orkiszu tłumaczą większym udziałem zarodka w ziarnie. Powszechnie wiadomo, że zarodek zawiera sporo wolnych lipidów, co może wpływać na ten wynik. Z kolei, druga hipoteza sugeruje, że warstwa aleuronowa w ziarnie orkiszu zajmuje większą część niż w pszenicy zwyczajnej (Ruibal – Mendieta i in., 2002).

O wartości żywieniowej tłuszczu w ziarnie zbóż mówi jego skład kwasów tłuszczowych. Dostępna literatura naukowa podaje, że skład kwasów tłuszczowych w ziarnie orkiszu i pszenicy zwyczajnej w większości przypadków jest zbliżony. Dominującym kwasem tłuszczowym w ziarnie większości zbóż jest kwas linolowy, podczas gdy kwas linolenowy występuje w niewielkiej ilości (Čertík i in., 2006). Stąd też, biorąc pod uwagę fakt, że ziarno pszenicy orkisz zawiera istotnie więcej tłuszczu ogółem, może stać się cennym źródłem kwasów jednonienasyconych, lepszym niż pszenica zwyczajna.

Badania wykazały, że w orkiszu najwięcej było kwasu linolowego (54,0 – 58,1%), następnie oleinowego (19,8 – 20,8%) i palmitynowego (15,2 – 19,9%), a pozostałe kwasy występowały w mniejszej ilości (Grela, 1996; Ranhotra i in., 1996; Piergiovanni i in., 1996; Moudrý i Dvořáček, 1999; Gąsiorowski, 2004a; Čertík i in., 2006; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007) (**Tabela 6 i 7**).

Tabela 6. Skład chemiczny ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej – lipidy

(opracowanie własne na podstawie literatury: Grela, 1996; Ranhotra i in., 1996; Piergiovanni i in., 1996; Moudrý i Dvořáček, 1999; Gąsiorowski, 2004a; Čertík i in., 2006; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007).

Wyróżnik		Orkisz czysty gatunkowo	Pszenica zwyczajna	
Tłuszcz	Ogółem [%]	1,4 – 2,6	1,43 – 1,90	
	Skład kwasów tłuszczowych [%]	Mirystynowy C16:0	0,04 – 0,70	-
		Palmitynowy C16:1	15,20 – 19,90	16,70
		Palmitoleinowy C16:2	0,04 – 0,40	0,20
		Stearynowy C18:0	1,10 – 1,60	0,80 – 1,70
		Oleinowy C18:1	19,80 – 20,80	11,30 – 15,70
		Linolowy C18:2	54,00 – 58,10	59,30 – 62,80
		Linolenowy C18:3	2,70 – 3,0	4,40 – 7,10
		Eikozenowy C20:1	0,7	0,60

Tabela 7. Skład chemiczny mąki (jasnej i ciemnej) z ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej – lipidy

(opracowanie własne na podstawie literatury: Abdel – Aal i in., 1995; Marconi i in., 1999; Ruibal – Mendieta i in., 2002; Ruibal – Mendieta i in., 2004a; Ruibal – Mendieta i in., 2005; Marques i in., 2007).

Wyróżnik		Pszenica orkisz		Pszenica zwyczajna		
		Mąka jasna	Mąka ciemna	Mąka jasna	Mąka ciemna	
Tłuszcz	Ogółem [%] [% s.m.]	1,14	2,57 – 3,08	1,43	2,24 – 2,61	
		-	2,2 – 4,9	1,30	2,14	
	Skład kwasów tłuszczowych [%]	Mirystynowy C16:0		b.d.		b.d.
		Palmitynowy C16:1		15,4 – 19,4		17,4 – 20,3
		Stearynowy C18:0		0,6 – 1,2		0,4 – 1,4
		Oleinowy C18:1		13,7 – 20,3		9,1 – 14,7
		Linolowy C18:2	-	58,0 – 63,7	-	58,9 – 64,7
		Linolenowy C18:3		3,3 – 5,7		b.d.
		Eikozenowy C20:1		b.d.		4,5 – 6,4
C18:1/C16:1		0,7 – 1,3		0,4 – 0,7		

Ruibal – Mendieta i in. (2004a, 2005) prowadzili również szerokie studia nad składem i wzajemnymi stosunkami ilościowymi kwasów tłuszczowych w ziarnie orkiszu. Określili również proporcję kwasu oleinowego i palmitynowego w badanym materiale. Jak okazało się, orkisz charakteryzował się prawie dwa razy wyższą zawartością kwasu oleinowego niż pszenica zwyczajna tj. w orkiszu stosunek ten przyjmował wyższą wartość (0,7 – 1,3) niż w pszenicy zwyczajnej (0,4 – 0,7) (**Tabela 7**). Z tego powodu, autorzy zasugerowali możliwość wykorzystania zaobserwowanej zależności do wykrywania zafałszowań mąki orkiszowej mąką z ziarna pszenicy zwyczajnej. Koncentracja kwasu palmitynowego była podobna w mące z ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej, natomiast uzyskane przez autorów średnie zawartości kwasu oleinowego i linolenowego były odpowiednio o ok. 78% i 14% wyższe niż w mące pszennej. Dodatkowo zawartość kwasu α – linolenowego w mące orkiszowej była znacząco niższa niż w mące z ziarna pszenicy zwyczajnej (Ruibal – Mendieta i in., 2004a; 2004b; 2005).

Związki mineralne, witaminy i inne składniki biologicznie aktywne oraz antyżywniowe

W skład popiołu wchodzi związki w tkankach ziarna, wyłącznie w formie nieorganicznej, natomiast składniki mineralne to pierwiastki i ich związki w formie nieorganicznej i organicznej (Gąsiorowski, 2004a). Oznaczanie zawartości popiołu jest analizą powszechnie wykonywaną, a zawartość popiołu całkowitego jest jednym z wyróżników jakości. Przeprowadzone dotychczas badania składu chemicznego orkiszu wykazały, że ziarno tej pszenicy charakteryzuje się wyższą zawartością popiołu całkowitego w porównaniu do ziarna pszenicy zwyczajnej. Uzyskane przez badaczy wartości popiołowości ziarna orkiszu mieściły się w zakresie od 1,96 do 2,63% s.m., podczas gdy w ziarnie pszenicy zwyczajnej wartość tego parametru była na niższym poziomie (1,72 – 1,96% s.m.) (Grela, 1996; Piergiovanni i in., 1996; Pałys, Łabuda, 1997; Moudrý, Dvořáček, 1999; Capouchová 2001; Marconi i in. 2002, Zieliński i in., 2008) (**Tabela 8**). Zieliński i in. (2008) wyższą zawartość popiołu w ziarnie orkiszu tłumaczą wysoką koncentracją mikro- i makroelementów, szczególnie fosforu, cynku, miedzi i selenu w porównaniu z ziarnem innych zbóż.

Omawiając i porównując wartość odżywczą orkiszu i pszenicy zwyczajnej, należy zwrócić szczególną uwagę na zawartość składników mineralnych. Część autorów sugeruje, że orkisz jest dobrym źródłem cynku, choć pojawiają się doniesienia, które nie potwierdzają tego (Moudrý,

Dvořáček, 1999; Ruibal – Mendieta i in., 2005; Zieliński i in., 2008). Ruibal – Mendieta i in. (2005) wykazali, że średnia zawartość cynku w ciemnej mące orkiszowej w porównaniu z mąką otrzymaną z ziarna pszenicy zwyczajnej była wyższa o ok. 60%, żelaza o ok. 43%, fosforu o ok. 40%, a magnezu o ok. 32%. Natomiast w przypadku pozostałych związków mineralnych nie wykazano istotnych różnic.

Pałys, Łabuda (1997) i Demibras (2005) stwierdzili, że zawartość poszczególnych związków mineralnych jest w znacznej mierze zależna od badanej odmiany orkiszu, a ziarno orkiszu szczególnie bogate jest w fosfor, potas, magnez oraz wapń (Pałys, Łabuda, 1997). Natomiast Moudrý i Dvořáček (1999) zauważyli, że zawartość miedzi w orkiszach była o ok. 25% wyższa niż w ziarnie pszenicy zwyczajnej, potasu o ok. 5%, fosforu o ok. 14%, magnezu, sodu i żelaza o ok. 15%. Podobną tendencję wykazał Demibras (2005).

Tabela 8. Skład chemiczny ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej – związki mineralne, bioaktywne i antyżywniowe.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Abdel – Aal i in., 1995; Grela, 1996; Piergiovanni i in., 1996; Ranhotry i in., 1996; Pałys, Łabuda, 1997; Moudrý, Dvořáček 1999; Marconi in., 2002; Demibras, 2005; Ruibal – Mendieta i in., 2005; Batifoulier i in., 2006; Markowski i in., 2007; Wiwart i in., 2009).

Wyróżnik		Pszenica orkisz		
		Orkisz czysty gatunkowo	Pszenica zwyczajna	
Zawartość popiołu całkowitego [% s.m.]		1,96 – 2,63	1,72 – 1,96	
Związki mineralne	Makroelementy [mg/100g]	Fosfor Wapń Magnez Sód Potas	383 – 450 21,0 – 48,7 97 – 157 0,4 – 5,3 439 – 512	
	Mikroelementy [mg/100g]	Żelazo Mangan Cynk Miedź	4,7 – 11,3 2,4 1,8 – 5,7 0,39 – 0,64	
Związki o charakterze bioaktywnym oraz antyżywniowym	Witaminy			
	[µg/g s.m.]	B ₁	5,85 – 6,13	2,59 – 5,41
		B ₂	0,77 – 0,80	0,48 – 1,07
		B ₆	3,15 – 3,16	1,74 – 3,05
		PP	2,0 – 5,7	2,3 – 2,4
	Tokoferole			
	[mg/100 g]	α – tokoferol	1,44 – 1,51	1,18
		β – tokoferol	0,38 – 0,56	0,43
		γ – tokoferol	2,05 – 2,28	0,64
		δ – tokoferol	śląd. – 0,26	śląd.
	[IU]	Aktywność witaminy E	32 – 35	23
	Kwas fitynowy		0 – 54*	14 – 194*
[% średnich zawartości w pszenicy]		0 – 196**	45 – 174**	
Związki fenolowe ogółem [% s.m.]		0,60 – 0,77	0,55 – 0,61	
Taniana [mg/100g s.m.]		0,14 – 0,23	0,20	
Alkiloresorcinol [mg/100g s.m.]		33,70 – 49,40	47,50	
Aktywność inhibitorów trypsyny [TIU/mg s.m.]		0,96 – 1,11	1,28	

*Zawartość kwasu fitynowego w drobnych otrębach; **Zawartość kwasu fitynowego w grubych otrębach

Ziarno zbóż i otrzymana z niego mąka są również źródłem składników, które wykazują biologiczną aktywność, w tym właściwości przeciwutleniające. Grupę tych związków stanowią m.in. tokoferole, tokotrienole oraz inne witaminy, kwasy fenolowe oraz fitosterole (Zieliński i in., 2008).

Witaminy biorą udział w reakcjach zachodzących w żywych komórkach. Ziarno, jak i otrzymana z niego mąka są szczególnie bogate w witaminy z grupy B. Odgrywają one istotną rolę w metabolizmie węglowodanów, białek i tłuszczów (Batifoulie i in., 2006). Ich koncentracja w ziarnie nie tylko zależy od odmiany pszenicy, ale również od warunków agrotechnicznych. Stosowanie nawozów naturalnych powoduje wzrost zawartości tiaminy (B_1), z kolei używanie pestycydów obniża koncentrację tego składnika. Co więcej, koncentracja witamin z grupy B w ziarnie, mące i pieczywie zależy od warunków magazynowania, sposobu przemiału ziarna oraz samego procesu wypieku pieczywa (szczególnie temperatury i czasu wypieku) (Mielcarz, 2004; Batifoulie i in., 2006).

Batifoulie i in. (2006) analizowali koncentrację tiaminy (B_1), ryboflawiny (B_2) i pirydoksyny (B_6) w 49 próbkach ziarna pszenicy (różnych gatunków i odmian). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzili, że ziarno orkiszu dwóch analizowanych odmian (*Balmeg* i *Poeme*) na tle pozostałych próbek ziarna innych gatunków pszenic, charakteryzowało się najwyższą zawartością tiaminy (5,85 – 6,13 $\mu\text{g/g}$), ryboflawiny (0,77 – 0,80 $\mu\text{g/g}$) oraz pirydoksyny (B_6) (3,15 – 3,16 $\mu\text{g/g}$) (**Tabela 8**). Z kolei, z innych badań wynika, że w ciemnej mące orkiszowej najwięcej było niacyny (PP), następnie tiaminy (B_1), a na końcu ryboflawiny (B_2) (Ranhotra i in., 1996).

Do witamin z grupy B zaliczane są również foliany. Stanowią one szeroką grupę związków różniących się między sobą stanem utlenienia pierścienia pirozynowego, rodzajem jednowęglowych fragmentów oraz ilością reszt kwasu glutaminowego (Ziemiański, Wartanowicz, 2001; Mierzecki i in., 2006). Gujska i in. (2008) określili zawartość folianów ogółem w ziarnie dziesięciu odmian orkiszu i dwóch odmian pszenicy zwyczajnej pochodzących z uprawy ekologicznej. Uzyskane przez autorów wyniki wykazały, że zawartość folianów ogółem w przeliczeniu na kwas foliowy mieściła się w granicach od 41,2 do 46,2 $\mu\text{m}/100\text{g s.m.}$ dla ziarna odmian jarych i od 44,2 do 48,6 $\mu\text{m}/100\text{g s.m.}$ dla ziarna odmian ozimych. W większości przypadków zawartość folianów ogółem była wyższa w ziarnie orkiszu niż w pszenicach wzorcowych, choć w dużym stopniu zależna od badanej odmiany (Gujska i in., 2008).

Wśród witamin rozpuszczalnych w tłuszczach można wyróżnić można witaminę A, E i D. Abdel – Aal i in. (1995) dowiedli, że zawartość β – karotenu i ekwiwalentu retinolu w orkiszu były wyższe (30,7 – 782 IU/100) niż w pszenicy zwyczajnej (42,6 – 408 IU/100 g) (**Tabela 8**). Z kolei, Grela (1996) stwierdził, że ziarno orkiszu może stać się cennym źródłem tokoferoli, w tym α – tokoferolu, którego w orkiszu było od 1,44 do 1,51 mg/100g w zależności od odmiany, podczas gdy ziarno pszenicy zwyczajnej zawierało jedynie 1,18 mg/100g tego składnika. Co więcej, ziarno orkiszu zawierało od 2,05 do 2,28 mg/100g γ – tokoferolu, podczas gdy we wzorcowej pszenicy zwyczajnej było go jedynie 0,64 mg/100g. Zawartość β i δ – tokoferolu w ziarnie badanych odmian orkiszu była również wyższa niż w pszenicy zwyczajnej. Dodatkowo, wyżej cytowany autor, określił aktywność witaminy E w ziarnie badanych gatunków pszenic. Jak okazało się, dla ziarna orkiszu wartość tego parametru wyniosła średnio 33,25 IU, podczas gdy w ziarnie pszenicy zwyczajnej była na poziomie 23 IU (Grela, 1996). Z kolei, w innych badaniach wykazano, że zawartość tokoferolu w ciemnej mące orkiszowej była na poziomie od 2,48 do 3,44 mg/100g s.m., podczas gdy w ciemnej mące pszennej zawartość tego składnika mieściła się w szerszym zakresie (od 2,54 do 4,14 mg/100g

ś.m.). Wartości średnie dla mąki orkiszowej i mąki pszennej wyniosły odpowiednio: 2,88 i 3,24 mg/100g ś.m., co świadczy o tym, że badane ciemne mąki orkiszowe były uboższe w tokoferol (Ruibal – Mendieta i in., 2005).

Jak dotąd niewielu autorów określiło zawartość związków fenolowych ogółem w orkisz. Gujska i in. (2008) stwierdzili, że w ziarnie orkiszu ozimego zawartość tych związków mieściła się w zakresie od 0,60 do 0,71 mg/g s.m., podczas gdy w ziarnie orkiszu jarego kształtowała się w granicach od 0,60 do 0,77 mg/g s.m. Wartość tego parametru w ziarnie pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka* była na poziomie odpowiednio: 0,61 i 0,55 mg/g s.m (w przeliczeniu na kwas ferulowy). Większość badanych odmian orkiszu cechowała się wyższą zawartością związków fenolowych ogółem w porównaniu do wyników uzyskanych dla pszenicy zwyczajnej. Co więcej, ich zawartość zależna była zarówno od odmiany, jak i od formy odmianowej orkiszu.

Poza tym, do szerokiej grupy związków fenolowych należą również taniny. Jak wynika z badań Greli (1996) ziarno orkiszu zawierało nieco mniej tanin niż ziarno pszenicy zwyczajnej. Orkisz, tak jak wszystkie zboża, zawiera również składniki antyodżywcze. Z badań Greli (1996) wynika, że ziarno orkiszu zawierało mniej alkilorezorcynolu w porównaniu do ziarna pszenicy zwyczajnej oraz charakteryzowało się mniejszą aktywnością inhibitorów trypsyny niż ziarno pszenicy wzorcowej (**Tabela 8**).

Fitosterole, które przypominają budową cholesterol są składnikiem błon komórkowych roślin. W zbożach występują w trzech postaciach: jako sterole wolne, zestryfikowane i w formie zacylowanej (Rudzińska i in., 2005).

Ruibal – Mendieta i in. (2004b) przeprowadzili analizę składu fitosteroli w ziarnie 16 odmian orkiszu w porównaniu do ziarna 5 odmian ozimej pszenicy zwyczajnej (**Tabela 9**). Ziarno uprawiane było na poletkach doświadczalnych na terenie Belgii, w latach 2001 – 2002. Jak podali autorzy, zarówno ziarno orkiszu, jak i pszenicy zwyczajnej nie różniło się znacząco między sobą składem, proporcjami i zawartością fitosteroli. Wykazano jedynie różnice w zawartości tych związków pomiędzy poszczególnymi odmianami w obrębie gatunku badanej pszenicy.

Ziarna zbóż zawierają również związki fosforoorganiczne zwane fitynianami. Składniki te występują w roślinach jako forma zmagazynowanego fosforu i inozytolu dla potrzeb kiełkowania. Związki fitynowe budzą ciągłe zainteresowanie ze względu na ich oddziaływanie na organizm człowieka. Przyczyniają się bowiem do obniżenia przyswajalności metali wielowartościowych (Gąsiorowski, 2004a). Obecnie jednak pogląd na ich temat uległ gruntownej zmianie, ponieważ kwas fitynowy jest uznawany za przeciwutleniacz pomocniczy, będący chelatem, który pomaga w usuwaniu nadmiaru metali, szczególnie tych niepożądanych (Leitzmann, Watzl, 2003; Marciniak, Obuchowski, 2007). Uznano go za antyoksydant o działaniu przeciwnowotworowym. Z badań Ruibal – Mendieta i in. (2005), podczas których analizowano drobne i grube otręby wynikało, że otręby orkiszowe charakteryzowały się niższą o ok. 40% zawartością kwasu fitynowego w porównaniu do otręb pszennych. Jest to o tyle istotne, że kwas fitynowy może chelatować obecne w mące związki mineralne, ograniczając ich wykorzystanie przez organizm. Mniejsza koncentracja kwasu fitynowego w orkiszu może wynikać z jego niższej zawartości w warstwie aleuronowej ziarna, w której zgromadzone są kryształy fitynianów. Z drugiej strony, mąka orkiszowa (przechowywana

w temperaturze pokojowej) może zawierać fitazę o wyższej aktywności, powodując tym samym intensywniejszą degradację fitynianów obecnych w mące (Ruibal – Mendieta i in., 2005).

Tabela 9. Skład chemiczny mąki (jasnej i ciemnej) z ziarna orkiszowego i pszenicy zwyczajnej – związki mineralne i bioaktywne.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Batifoulier i in., 2006; Ruibal – Mendieta i in., 2004b; Ruibal – Mendieta i in., 2005).

Wyróżnik			Pszenica orkisz	Pszenica zwyczajna
			Mąka ciemna	Mąka ciemna
Zawartość popiołu całkowitego				
Związki mineralne [mg/100g ś.m.]	Makroelementy	Fosfor	244,5 – 317,3	131,8 – 304,1
		Wapń	22,61 – 39,31	28,82 – 35,39
		Magnez	118,81 – 133,31	91,14 – 102,24
		Sód	6,10 – 1,89	6,15 – 14,11
		Potas	310 – 403	356 – 394
	Mikroelementy	Żelazo	2,84 – 3,80	1,89 – 2,48
		Mangan	2,60 – 3,19	2,44 – 3,01
		Cynk	2,51 – 3,51	1,67 – 2,19
	Miedź	<1	<1	
Związki o charakterze bioaktywnym	Witaminy			
	[mg/g]	B ₁	0,27 – 0,36	
		B ₂	0,11 – 0,19	-
		PP	5,01 – 7,23	
	Fitosterole ogółem		437,6 – 665,4	506,1 – 557,7
	[μg/1g]	Ergosterol	6,7 – 12,1	6,4 – 9,3
		Δ ⁷ -avenasterol	6,2 – 15,3	5,3 – 11,2
		Stigmasterol	1,7 – 3,6	2,0 – 2,8
		Cholesterol	1,4 – 2,4	1,4 – 2,4
		Kampesterol	96,2 – 155,5	113,3 – 145,3
β-sitosterol		307,1 – 463,3	349,6 – 394,0	
Kampestenol		7,3 – 19,6	7,3 – 16,8	
Sitostanol	5,7 – 19,1	6,2 – 16,4		

2.7. Wartość technologiczna ziarna i mąki orkiszowej

2.7.1. Właściwości fizyczne i wartość przemysłowa ziarna orkiszowego

Cechy fizyczne ziarna stanowią podstawę oceny towaroznawczej zbóż, a wynikają przede wszystkim z budowy morfologicznej, struktury (twardości) oraz składu chemicznego ziarniaka. Mówiąc jednak o właściwościach fizycznych ziarna orkiszowego nie należy zapomnieć, że jest to pszenica niewymłaczalna. Z tego też powodu pierwszą omówioną cechą jest uzysk ziarna.

Uzysk ziarna

Oplewiony po zbiorze kombajnowym orkisz należy poddać obłuszczeniu. W tym celu obecnie wykorzystywane są różne urządzenia i rozwiązania techniczne. Jak informują Tyburski i Babalski (2006) w przewodniku dla rolników „Uprawa pszenicy orkiszowej”, w Polsce maszyną wykorzystywaną najczęściej do odplewiania ziarna jest odpowiednio przerobiony bukownik do koniczyny, który jest tani i wydajny (Fot.4 i 5).



Fot 4. Bukownik dostosowany do odplewiania ziarna orkiszu (fot. E. Dąbkowska).



Fot 5. Sita stalowe w bukowniku dostosowanym do odplewiania ziarna orkiszu (Tyburski, Babalski, 2006).

Powyżsi autorzy zalecają, aby siatka na sitach bukownika służącego do odplewiania orkiszu była stalowa, a rozmiar oczek mieścił się w granicach od 4 do 5 mm. Wydajność tej maszyny w przeliczeniu na jednostkę czasu, w dużym stopniu zależy od dorodności ziarna i z reguły przyjmuje wartości od 50 do 100 kg na godzinę. Przyjmuje się również, że do zużycia sit można odplewić od 50 do 100 ton ziarna (Tyburski, Babalski, 2006).

Ziarno orkiszu można również odplewić stosując kamienny śrutownik. Odplewianie odbywa się pomiędzy dwoma płaskimi, kamiennymi dyskami, pomiędzy którymi szczelina powinna być ustawiona na grubość ok. 4 mm. Kłoski przepuszcza się przez śrutownik kilka razy, a obłuszczone ziarno oczyszcza się na wialni (Tyburski, Babalski, 2006).

Graner i łuszczarka (**Fot. 6 i 7**) są kolejnymi maszynami wykorzystywanymi do obłuszczenia ziarna orkiszu. W krajach, w których orkisz uprawiany jest jako zboże tradycyjne, do odplewiania ziarna wykorzystywane są specjalne maszyny rzutowe, działające na zasadzie wirnika, tzn. wirnik rzuca kłoski na sito, przez które wypada już oczyszczone ziarno. Ostatnio firma Franz Horn Maschinen – Und Anlagenbau GmbH zaproponowała łuszczarkę do pszenicy orkisz. Urządzenie działa na zasadzie ciernej i dzięki łagodnej pracy uzyskuje wydajność w granicach 90 – 95%, przy udziale ziaren połamanych od 1 do 2% (Tyburcy, 2007).



Fot 6. Urządzenie służące do odplewiania ziarna orkiszu – łuszczarka (Kling 2005, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany).



Fot 7. Urządzenie służące do odplewiania ziarna orkiszu – łuszczarka (Biohof – lex..., 2008).

Należy sobie jednak uświadomić, że wydajność maszynowego odplewiania orkiszu, zależy przede wszystkim od wielkości ziarniaków. Im ziarniaki są dorodniejsze, tym lepiej i łatwiej poddają się oczyszczaniu z plew i plewek. Dorodność ziarna oczywiście zależy od sposobu jego uprawy, jakości gleby oraz stosowanego przedplonu (Tyburski, Babalski, 2006).

Jak wynika z przeanalizowanej literatury, udział plew i plewek w badanym ziarnie orkiszu mieścił się przeważnie w granicach od 21,9 do 30,7%. Przy optymalnych warunkach procesu odplewiania uzysk ziarna orkiszu (netto) wynosi od 69,0 do 78,0% (Ostrowska, 1993; Hucl i in. 1995; Abdel – Aal i in., 1996; Abdel – Aal i in., 1998b; Lacko – Bartošová, Otepka, 2001; Lacko – Bartošová Rédlová, 2007; Markowski i in., 2007). Z kolei, poniżej zaprezentowano wieloletnie obserwacje inż. Mieczysława Babalskiego (*Tabela 10*).

Tabela 10. Wydajność netto procesu odplewiania ziarna orkiszu z wykorzystaniem bukownika.
(opracowanie własne na podstawie: Tyburski, Babalski, 2006).

Jakość gleby	Charakterystyka ziarna	Wydajność czystego ziarna [%]
Gleby dobre	Ziarna dorodne, grube, łatwe do wyłuskania	65 – 70
Gleby słabe	Ziarno drobne, ściśle przylegające do plew i plewek	40 – 60

Jednak, jak podkreślają Tyburski i Babalski (2006), wydajność netto ziarna ręcznie obłuskanego (na skalę laboratoryjną) i wydajność technologiczna mogą się między sobą różnić, co oczywiście zależne jest również od odmiany orkiszu. Z ich spostrzeżeń wynika, że najlepiej odplewianiu poddaje się ziarno orkiszu odmiany *Holstenkorn*, a następnie odmian: *Oberkulmer Rotkorn*, *Frankenkorn*, *Schwabenspelz*, *Ostro*, a najslabiej ziarno orkiszu odmiany *Ceralio*.

Wartość przemiałowa ziarna

Wartość przemiałowa jest pojęciem, pod którym rozumie się możliwość uzyskania określonej ilości mąki ze 100 kg oczyszczonego ziarna. Ocenia się ją przez przemiał ziarna w specjalnych młynkach laboratoryjnych, określa się procentowy wyciąg mąki (wydajność mąki), a następnie ilość popiołu w mące. Obecnie stosowane pośrednie metody służące do oceny wartości przemiałowej ziarna wykorzystują badanie takich parametrów, jak:

- twardość ziarna – im wyższa twardość, tym wyższy wyciąg mąki,
- ciężar objętościowy – im wyższy, tym lepsza wartość przemiałowa,
- wyrównanie ziarna – jako zlot z sita o otworach podłużnych, o szerokości 2,5 mm i długości 25 mm – im jest wyższe tym lepsza wartość przemiałowa,
- masa 1000 ziaren – im wyższa, tym wyższy wyciąg mąki (Jurga, 1994; Dziki, Laskowski, 2004; Muhamad, Campbell, 2004).

Analiza danych literaturowych dotyczących właściwości fizycznych ziarna orkiszu, wykazała, że gęstość ziarna w stanie zsypanym mieściła się w granicach od 67,6 do 78,7 kg/hl, natomiast masa 1000 ziaren kształtowała się w zakresie 36,2 – 51,9 g. Z kolei, wartości tych dwóch parametrów dla ziarna pszenicy zwyczajnej były na nieco wyższym poziomie (Abdel – Aal i in., 1997; Capouchová, 2001; Lacko – Bartošová, Otepka, 2001; Sulewska, 2004; Bartošová, Rédlová, 2007; Zieliński i in., 2008) (*Tabela 11*).

Parametrem, który ma istotny wpływ na wartość przemiałową ziarna jest jego twardość (Turnbull, Rahman, 2002; Muhamad, Campbell, 2004). Obecnie jednak nie ma jednoznacznej definicji twardości ziarna. Wiadomo, że zależy ona od różnych czynników, takich jak: warunki agrotechniczne,

gatunek i odmiana, jak również twardość endospermu, która maleje wraz ze wzrostem wilgotności ziarna, zależy też od warunków przeprowadzania pomiarów (Gąsiorowski i in., 1999; Muhamad, Campbell, 2004; Konopka i in., 2005).

Tabela 11. Wybrane właściwości fizyczne oraz wartość przemiałowa ziarna orkisz, pszenicy zwyczajnej i pszenicy durum.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Ostrowska, 1993; Hucl i in., 1995; Abdel – Aal i in., 1996; Abdel – Aal i in., 1997; Abdel – Aal i in., 1998a; Smolkova i in., 1998; Achremowicz i in. 1999; Marconi i in., 1999; Capouchová, 2001; Lacko – Bartošová, Oteška, 2001; Marconi i in., 2002; Ceglińska, 2003; Majewska, 2004; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007; Majewska i in., 2007a; Markowski i in., 2007; Zieliński i in., 2008).

Wyróżnik		Pszenica orkisz		Pszenica zwyczajna	Pszenica durum			
		Orkisz czysty odmianowo	Hybrydy orkiszu					
Uzysk ziarna [%]		69,0 – 78,0	-	-	-			
Właściwości fizyczne ziarna	Gęstość ziarna w stanie zsypanym [kg/ha]	67,6 – 78,7	58,8 – 79,3	77,0 – 78,1	-			
	Masa 1000 ziaren [g]	36,2 – 51,9	-	43,6 – 47,7	-			
	Średnica ziarniaka [mm]	2,2 – 2,5	-	3,0 – 3,2	-			
	Twardość ziarna	Indeks twardości Twardość [j.B.]	21 – 37 290	- 230 – 460	26,3 – 26,4 310 – 440	- -		
Czas przemiału ziarna [min]		26,3 – 38,8	-	15,5 – 17,6	7,3			
Właściwości przemiałowe ziarna	Wyciąg mąki	Młyn laboratoryjny Bühler	Mąka z pasazy śrutowych [%]	16,6 – 18,7	-	15,5 – 17,6	--	
			Mąka z pasazy przemiałowych [%]	50,7 – 54,8	-	49,8 – 52,7	--	
			Całkowity wyciąg mąki [%]	69,1 – 71,4	-	65,3 – 70,3	--	
			Wyciąg otrąb grubych i średnich [%]	18,9 – 19,7	-	18,0 – 18,1	--	
			Wyciąg otrąb drobnych [%]	5,5 – 10,5	-	5,8 – 7,8	--	
			Całkowity wyciąg otrąb [%]	25,2 – 29,6	-	23,9 – 25,8	-	
	Młyn Brabender Quadrumat Senior	Młyn Brabender Quadrumat Senior	Mąka śrutowa [%]	48,7	40,4 – 51,0	29,3 – 41,8	-	
			Mąka wymiאלowa [%]	19,2	20,5 – 35,7	26,7 – 34,6	-	
		Młyn laboratoryjny produkcji węgierskiej typu QC 109/2 i Cyclotec1093	Całkowity wyciąg mąki [%]		67,9	65,0 – 76,2	62,2 – 73,9	-
					69,3 – 69,9	70,2	-	-
					42,2 – 50,5	-	59,7	-
					-	65,0 – 76,6	68,5 – 73,9	-
Mąka								
Skład granulometryczny mąki [%] <i>Młyn Cyclotec 1093</i>	>183 µm	14,0 – 14,6	-	-	-			
	130 – 183 µm	15,6 – 24,7	-	-	-			
	85 – 130 µm	11,0 – 34,0	-	-	-			
	65 – 85 µm	19,5 – 35,0	-	-	-			
	< 65 µm	13,0 – 18,0	-	-	-			
Skład granulometryczny mąki [%] <i>Młyn Brabender Quadrumat Junior</i>	> 150 µm	18,1 – 26,1	-	15,7	42,1			
	150 – 106 µm	23,8 – 30,5	-	25,3	27,2			
	106 – 74 µm	24,7 – 31,1	-	29,8	22,1			
	< 74 µm	16,6 – 27,8	-	29,3	8,7			

Z literatury naukowej wynika, że wśród pszenic można wyróżnić dwa główne typy, tzn. te o twardym i miękkim ziarnie. Porównując na przestrzeni lat pszenice twarde i miękkie, zauważono, że pszenice twarde na przekroju są szkliste i prześwitujące, podczas gdy ziarniaki zaliczane do tej drugiej grupy są białe i nieprzeźroczyste na przekroju (Maklakiewicz, 1996; Gąsiorowski i in., 1999; Konopka i in., 2005; Jurga, 2006c). Ma to oczywiście istotny wpływ na zachowanie się ziarna podczas przemiału. Jak wynika z wieloletnich obserwacji, podczas przemiału ziarna twardej pszenicy potrzebny jest duży nakład energii. Bielmo takiego ziarna składa się z granulek skrobi wbudowanych ściśle w matrycę białkową, co wyraźnie widać w podczas odsiewania cząstek, które są znacznie większe. Z kolei, mąkę z ziarna miękkiej pszenicy trudniej się odsiewa i przez to, że granule skrobiowe nie są wbudowane w matrycę białkową, taka mąka ma tendencję łączenia się większe aglomeraty (Maklakiewicz, 1996; Gąsiorowski i in., 1999; Muhamad, Campbell, 2004, Jurga, 2006c). Sprawia to oczywiście trudności w przeprowadzeniu precyzyjnej analizy sitowej takiej mąki (Maklakiewicz, 1996; Jurga, 2005). Natomiast granulacja mąki ma również istotny wpływ na zdolność chłonięcia wody (Jurga, 2005). Mąka z twardej pszenicy cechuje się większą zawartością grubszych cząstek, stąd absorpcja wody przez taką mąkę jest wolniejsza, w porównaniu do mąki uzyskanej z pszenic miękkich (Jurga, 2006c). Tym samym, potrzebna jest większa praca w celu rozłączenia cząstek szklistej skrobi i glutenu. Hydratacja glutenu jest opóźniona ze względu na przeważnie wyższy stopień mechanicznego uszkodzenia skrobi w mące z twardej pszenicy. Tak więc, czas mieszenia ciasta uzyskanego z mąki otrzymanej z ziarna twardej pszenicy jest dłuższy, aniżeli z mąki z ziarna pszenicy miękkiej (Maklakiewicz, 1996; Gąsiorowski i in., 1999).

Warto dodać, że również proces kondycjonowania ziarna przed przemiałem wpływa na powyższe parametry (Muhamad, Campbell, 2004). Większe dawki wody dodawane do ziarna lub dłuższy czas jej penetracji w głąb bielma pomagają w łatwiejszym uzyskiwaniu mąki podczas przemiału, bez konieczności używania dużych sił podczas rozdrabniania, co przekłada się na niższy stopień mechanicznego uszkodzenia skrobi (Jurga, 2004; Muhamad, Campbell, 2004).

Na przestrzeni lat wykorzystywane były różne metody pomiaru twardości ziarna. Niektóre z nich polegają na pomiarze siły ściskającej (odkształcającej) ziarno (całe lub tylko jego część – bielmo), inne na pomiarze czasu przemiału masy ziarna, wielkości cząstek powstałych po przemiale lub stopnia mechanicznego uszkodzenia skrobi (Gąsiorowski i in., 1999; Muhamad, Campbell, 2004). Niestety istnieją nadal trudności w rzetelnym porównaniu wyników otrzymywanych przez badaczy, a przyczyną tego stanu jest brak jednolitych metod i różnorodność urządzeń pomiarowych (Janiak, Laskowski, 1996). Niektórzy badacze określają twardość pojedynczych ziarniaków, oznaczając indeks twardości ziarna (*Hardness Index*), którego skala mieści się w zakresie od 0 do 100 i nie ma żadnej jednostki, podczas gdy inni przeprowadzają pomiar twardości ziarna w masie, wykorzystując w tym celu takie parametry jak: indeks twardości WHI – *Wheat Hardness Index*, indeks wielkości cząstek PSI – *Particie Size Index*, bądź wskaźnik odporności na obłuskiwanie PRI – *Pearling Resistance Index* (Gąsiorowski i in., 1999; Muhamad, Campbell, 2004).

Jak podała Ceglińska (2003), twardość całego ziarna lub bielma są ważnymi wskaźnikami właściwości mechanicznych ziarna, które decydują o jego zachowaniu się podczas przemiału. W większości przypadków badane przez ww. autorkę hybrydy orkiszowe charakteryzowały się

twardszym ziarnem (280 – 460 j.B.) niż ziarno orkiszu czystego gatunkowo (290 j.B.) (**Tabela 11**). Powyższe spostrzeżenia potwierdzili Zieliński i in. (2008).

Hucl i in. (1995) oraz Abdel – Aal i in. (1996) badali twardość ziarna orkiszu, pszenicy durum i pszenicy zwyczajnej, przeprowadzając w tym celu pomiary czasu przemiału ziarna. W metodzie tej ziarno poddaje się przemiałowi i mierzy jego czas przejścia przez młyn (Brabender Quadrumat Junior). Powszechnie wiadomo, że ziarno bardzo miękkie, trudniej poddaje się przemiałowi, stąd czas jego przejścia przez młyn jest dłuższy. Natomiast twarde ziarniaki znacznie łatwiej się przemiela, co powoduje, że czas przemiału takiego ziarna jest krótki. Uzyskane przez badaczy wyniki mieściły się w granicach od 26,3 do 38,8 min dla ziarna orkiszu, podczas gdy ziarno pszenicy zwyczajnej i pszenicy durum uzyskało krótszy czas przemiału (15,5 – 17,6 min) (**Tabela 11**).

Marconi i in. (2002) również określili wartość przemiałową ziarna badanych odmian pszenicy orkisz. Przeprowadzili w tym celu przemiał ziarna (wcześniej kondycjonowanego do 15% wilgotności) z wykorzystaniem młyna laboratoryjnego Cyclotec 1093. Autorzy stwierdzili, że ziarno orkiszu o niskiej zawartości białka (11,4% s.m.) miało wyższą wydajność mąki od wyciągu mąki otrzymanego z ziarna orkiszu o wysokiej zawartości białka (13,2 – 13,7% s.m.). Dodatkowo przeprowadzona analiza sitowa mąki wykazała, że mąka z wysokobiałkowej pszenicy orkisz charakteryzowała się wyższym udziałem cząstek poniżej 85 μm .

Analiza ta jest o tyle istotna, że jak podał Jurga (2005) mąka o najbardziej wyrównanych w zakresie wielkości cząstkach cechuje się najlepszymi właściwościami wypiekowymi i użytkowymi. Najlepsza mąka pochodzi z pierwszych pasażów przemiałowych, a jej średnia wielkość cząstek powinna mieścić się w zakresie 60 – 72 μm (Jurga, 2005).

Capouchová (2001) również prowadziła studia nad właściwościami fizycznymi ziarna orkiszu. Jednym z oznaczeń był przemiał laboratoryjny z wykorzystaniem młyna laboratoryjnego Bühler. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdziła, że wydajność przemiału (wyciąg mąki) dla ziarna orkiszu była niższa niż dla ziarna pszenicy zwyczajnej. W związku z tym, że mogło to być spowodowane mniejszym stopniem dorodności ziarna orkiszu, badaczka zasugerowała, że bardziej efektywne będzie wykorzystanie ziarna orkiszu do przemiału na mąkę razową, aniżeli na mąkę jasną.

Jak już wcześniej wspomniano, w Polsce prowadzone są badania nad właściwościami ziarna hybryd orkiszu (Ceglińska, 2003; Krawczyk i in., 2008a; Krawczyk i in., 2008b; Zieliński i in., 2008). Badane przez Ceglińską (2003) ziarno hybryd orkiszu, orkiszu czystego gatunkowo i pszenicy zwyczajnej poddano przemiałowi z wykorzystaniem laboratoryjnego młyna Brabender Quadrumat Senior (**Tabela 11**). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że hybrydy ziarna orkiszu dały więcej mąki wymiałowej (20,5 – 35,7 %) i uzyskały (w większości przypadków) wyższy całkowity wyciąg mąki niż ziarno orkiszu (65,0 – 76,2%), ale niższy niż ziarno pszenicy zwyczajnej. Było to związane z twardością ziarna. Autorka potwierdziła prawidłowość, że im większa twardość ziarna poddawanego przemiałowi, tym większa wydajność przemiału. Z kolei Zieliński i in. (2008) dodatkowo określili dla 10 hybryd orkiszu współczynnik efektywności przemiału ziarna K. Uzyskane przez nich wyniki mieściły się w zakresie od 118 do 147.

W pozostałych analizowanych przypadkach całkowity wyciąg mąki orkiszowej wynosił w przeważnie ok. 70%, jednak wartości tego parametru zależały w dużym stopniu od właściwości

fizycznych ziarniaków, ich wilgotności oraz rodzaju młyna, w którym przeprowadzany był przemiał (Abdel – Aal i in., 1997; Marconi i in., 2002; Ceglińska, 2003; Krawczyk i in., 2008a; Krawczyk i in., 2008b; Zieliński i in., 2008). Wyjątkiem są badania Achremowicza i in. (1999), którzy uzyskali wyciąg mąki orkiszowej w granicach 42,2 – 50,5%, a mąki z pszenicy zwyczajnej na poziomie 59,7%, wykorzystując młyn laboratoryjny produkcji węgierskiej typu QC 109/2 (*Tabela 11*).

Właściwości fizykochemiczne mąki uzyskanej z przemiału ziarna orkiszu

Kolejnym parametrem służącym ocenie ziarna oraz efektywności jego przemiału jest barwa ziarna i uzyskiwanej z niego mąki. Należy sobie uświadomić, że barwa mąki jest pojęciem, które budzi wiele kontrowersji podczas definiowania. Do wyrażenia wrażeń wzrokowych odbieranych podczas obserwacji powierzchni mąki stosuje się określenie „biel mąki”. Biel mąki może być oceniana na podstawie oceny wzrokowej za pomocą próbek wzorcowych (próba Pekara), jednak nie jest ona obiektywna. Z tego też powodu na przestrzeni lat dopracowano metody wykorzystujące aparaty mierzące intensywność odbitego strumienia odpowiednio dobranego światła monochromatycznego od powierzchni mąki (Piesiewicz, 1997). Oznaczenie bieli mąki pozwala w przybliżeniu ocenić udział okrywy owocowo – nasiennej w mące; im on jest niższy, tym jaśniejsza mąka. W zakresie wyciągu mąki do 65% zmiany bieli i zawartości popiołu w mące są niewielkie i nie zawsze są ze sobą skorelowane, natomiast po przekroczeniu tego poziomu wyciągu mąka wyraźnie ciemnieje (Oliver i in., 1992; Jurga, 2006a). Wiadomo również, że barwa mąki zależy od barwy samego ziarna, stopnia zanieczyszczenia użytego surowca, wilgotności i stopnia rozdrobnienia mąki. Mąka uzyskana z twardego ziarna, podczas przemiału rozdrabnia się na większe cząstki, natomiast ziarno pszenic miękkich daje mąkę o drobniejszej granulacji (Jurga, 2006c). Ma to istotny wpływ na barwę mąki. Mąka o grubszej granulacji jest ciemniejsza w porównaniu z mąką o drobnej granulacji, co jest bezpośrednio związane z innym kątem odbicia światła na powierzchni mąki (Jurga, 2006a). Barwa mąki, a dokładnie stopień jej żółtości, zależy od udziału związków karotenoidowych, które są jej naturalnymi pigmentami (Oliver i in., 1992). Należy dodać, że podczas dojrzewania, związki te ulegają rozpadowi w wyniku utleniania, w wyniku czego mąka ulega tzw. bieleniu (Jurga, 1998; Ceglińska i in., 2006; Ceglińska, 2006).

Barwę mąki można wyrazić za pomocą dwóch równań, biorąc pod uwagę trzy barwy monochromatyczne (czerwień, zieleń i błękit), a biel mąki można przedstawić za pomocą jednego równania. Co więcej, biel mąki jest wypadkową dwóch niezależnych parametrów tj. jasności i stopnia żółtości (Piesiewicz, 1997). Jak podała Majewska (2005), miarą zmiany barwy mąki są różnice jej parametrów. W sytuacji, gdy jasność L^* jest stała, a nasycenie barwy (parametry a^* , b^*) w niewielki stopniu ulegają zmianie, barwa również jest stała. Warto dodać, że L^* jest funkcją światła zielonego spektralnego i miarą jasności w skali od 0 (powierzchnia czarna) do 100 (powierzchnia biała). Z kolei a^* jest funkcją różnicy barwy czerwonej i zielonej, a b^* jest funkcją barwy zielonej i niebieskiej. Pozytywna wartość a^* wskazuje na stopień czerwieni, negatywna na stopień zieleni, podczas gdy pozytywna wartość b^* wskazuje na stopień żółtości, a negatywna na stopień błękitu (Piesiewicz, 1997). Majewska (2004) dodatkowo zaproponowała obliczanie indeksów WI, YI i Z%, w celu uzyskania dodatkowych informacji o chromatyczności i odcieniu barwy mąki.

Abdel – Aal i in. (1997) przeprowadzili analizę składowych barwy jasnej mąki orkiszowej w porównaniu do barwy mąki uzyskanej z ziarna pszenicy zwyczajnej i pszenicy durum (**Tabela 12**). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że indeks bieli L^* mąki orkiszowej i z pszenicy zwyczajnej były na zbliżonym poziomie, natomiast zarówno stopień czerwieni (a^*) jak i stopień żółtości (b^*) mąki orkiszowej były niższe od tych współczynników chromatyczności uzyskanych dla pozostałych badanych mąk. Z kolei, Marconi i in. (2002) analizowali barwę ciemnej mąki orkiszowej i z ziarna pszenicy durum, pod kątem jej przydatności do produkcji makaronu. Jak wynika z wcześniejszych eksperymentów tych badaczy, mąka orkiszowa stanowi dobry surowiec do produkcji makaronu, ale jest to ściśle zależne od użytej odmiany orkisz (Marconi i in., 1999). Powyżsi autorzy, stwierdzili, że mąka orkiszowa w porównaniu do mąki z pszenicy durum charakteryzowała się mniejszym stopniem żółtości na skutek mniejszej zawartości związków karotenoidowych i jednocześnie wyższą jasnością, co mogło być związane z jej drobniejszą granulacją. Różnice barwy badanej mąki, a szczególnie jej współczynników chromatyczności mogły być spowodowane różną granulacją mąki (Marconi i in., 1999; Marconi i in., 2002).

Tabela 12. Wybrane właściwości fizykochemiczne mąki uzyskanej z ziarna orkisz, pszenicy zwyczajnej i durum.

(opracowano własne na podstawie literatury: Abdel – Aal i in., 1997; Marconi i in., 2002; Radomski i in. 2007).

Wyróżnik				Orkisz	Pszenica zwyczajna	Pszenica durum
Parametry barwy	Jasność L^*			89,9 – 93,1	89,6	85,6 – 87,3
	Współczynniki chromatyczności	a^*		-1,4 – 0,1	0,3	-1,9 – 0,2
		b^*		8,1 – 11,2	10,6	17,3 – 24,7
Całkowita różnica barwy ΔE^*				8,8 – 10,0	11,4	18,4
Kwasowość	Potencjalna (miareczkowa)		Typ mąki	700	6,3	-
	[° kwasowości]			750	-	3,8

Ziarno zbóż oraz przetwory zbożowe wykazują odczyn kwaśny, a do związków kształtujących ich kwasowość zalicza się kwas fosforowy, kwaśne fosforany, kwasy organiczne, aminokwasy i białka o kwaśnym odczynie (Krełowska – Kułas, 1993; Horubałowa, Haber, 1994). Wyróżnikiem określającym jakość mąki oraz jej przydatność do spożycia jest kwasowość. Wzrost kwasowości następuje przy dłuższym przechowywaniu w wyniku działania enzymów, które rozkładają organiczne związki fosforowe, tłuszcze oraz białka. Oznaczenie kwasowości pozwala na ocenę świeżości produktu i jest wskaźnikiem zmian biochemicznych zachodzących w przechowywanej mące (Szafrńska, 2007). W Polsce najczęściej stosowanymi metodami określającymi kwasowość mąki, jest oznaczenie kwasowości czynnej, potencjalnej i tłuszczowej. Szczególnie ta ostatnia jest bardzo istotna. Rozkład substancji tłuszczowych rozpoczyna się najwcześniej, co pozwala rozpoznać początkową fazę psucia się produktu, jeszcze przed wyczuwalnymi zmianami organoleptycznymi (Szafrńska, 2007; Jankiewicz, 2008a). Dlatego też, w obecnie obowiązującej normie PN – A – 74022 (Przetwory zbożowe. Mąka pszenna) kwasowość potencjalną (ogólną, miareczkową) zastąpiono kwasowością tłuszczową. Należy jednak nadmienić, że w literaturze nadal można spotkać odwołanie do starszej normy, włącznie z wykonywaniem analizy kwasowości potencjalnej mąki, jako miernika jej jakości. Wg tej normy dopuszczalny poziom kwasowości w zawieszynie wodnej dla mąki jasnej (typ

450 – 500) nie powinien przekroczyć wartości 3°, dla mąki jasnej o typie 850 wartość tego parametru nie powinna być wyższa niż 5°, a dla mąki ciemnej o typie 1400 – nie powinien wynosić więcej niż 7° (Horubałowa, Haber, 1994).

Radomski i in. (2007) w badaniach mąki orkiszowej i tej uzyskanej z ziarna pszenicy zwyczajnej określili kwasowość ogólną (potencjalną) (**Tabela 12**). Uzyskane przez nich wyniki kształtowały się następująco: mąka orkiszowa (typ 700) – 6,3° kwasowości, mąka pszenna (typ 750) – 3,8° kwasowości. Kwasowość badanej mąki orkiszowej była dwukrotnie wyższa niż mąki z pszenicy zwyczajnej co, jak podali autorzy, było wyczuwalne podczas oceny organoleptycznej.

2.7.2. Wartość wypiekowa mąki orkiszowej

Ocena wartości wypiekowej mąki opiera się na określeniu jej przydatności do przemysłu piekarskiego. Jednak jakość samego pieczywa zależy zarówno od składu chemicznego mąki, jak i od technologii jego produkcji. Analiza poszczególnych parametrów nie do końca mówi o potencjalnej wartości wypiekowej (Jurga, 1994). Dlatego też w wielu przypadkach konieczna jest analiza kompleksowa z wykorzystaniem kilku wyróżników jakości. Mąka przede wszystkim powinna cechować się dużą zdolnością wchłaniania wody. Wpływa to na uzyskanie wysokiej wydajności ciasta, co daje gwarancję lepszej jakości i dłuższej świeżości pieczywa. Na termin „wartość wypiekowa” mąki składają się również jej właściwości fermentacyjne, tj. gazotwórcze oraz zdolność zatrzymywania gazów (Janiak, Laskowski, 1994). Z kolei, zdolność do wytwarzania gazu zależy od ilości zawartych w mące i tworzących się w procesie fermentacji ciasta cukrów. Natomiast zdolność mąki do zatrzymywania gazu w cieście jest uzależniona od ilości i jakości glutenu (Nowacki, 2008). Innymi słowy, termin „wartość wypiekowa” mąki, odnosi się do zespołu cech, które określają przydatność technologiczną mąki, w celu otrzymania najlepszej w danych warunkach jakości pieczywa. Według Ambroziaka (1988) i Jurgi (2003a; 2003b), podstawową cechą jest ilość wytwarzanego dwutlenku węgla podczas fermentacji, co ma szczególne znaczenie w produkcji chleba, do którego nie stosuje się dodatku cukru. W początkowej fazie fermentacji dwutlenek węgla powstaje z cukrów zawartych w mące oraz skrobi, która ulega scukrzaniu w wyniku działania enzymów amylolitycznych. Ma to oczywiście wyraz w późniejszym wyglądzie chleba.

Wartość wypiekową mąki pszennej można określić za pomocą pośrednich lub bezpośrednich metod. Pośrednie metody skupiają się na badaniu jakości skrobi, glutenu lub struktury ciasta i jego zdolności fermentacyjnych. Duże znaczenie ma badanie aktywności amylolitycznej i proteolitycznej ziarna i mąki. Z kolei bezpośrednie metody polegają na przeprowadzeniu próbnego wypieku laboratoryjnego (Jurga, 1994).

Właściwości skrobi

Podstawowym składnikiem mąki, jak już wcześniej wspomniano, jest skrobia (Skrabanja, 2001; Gąsiorowski 2004a). Natomiast wskaźnikiem, który w sposób pośredni mówi o wartości wypiekowej mąki pszennej jest stopień uszkodzenia skrobi (Krawczyk i in 2008b). W przypadku mąki, co również już wcześniej wspomniano, istotna jest jej zdolność do wiązania wody podczas procesu tworzenia ciasta oraz ilość wytworzonego dwutlenku węgla podczas fermentacji. Przydatność mąki

do piekarstwa określana jest na podstawie jej wodochłonności, która jest wypadkową wilgotności i zdolności wiązania wody. Należy jednak podkreślić, że na wodochłonność mąki mają również wpływ odmiana pszenicy, rejon uprawy oraz ilość opadów w czasie wegetacji i zbiorów ziarna oraz stopień mechanicznego uszkodzenia skrobi (Tyburcy, 2001; Krawczyk i in., 2008b). Wiadomo, że im wyższy stopień uszkodzenia skrobi, tym wyższa wodochłonność mąki (Ceglińska i in., 2007). Jak podaje Jurga (2004) za skrobię uszkodzoną można uznać tę część frakcji skrobiowej, która:

- jest wrażliwa na działanie enzymów amylolitycznych,
- utraciła częściowo lub całkowicie strukturę krystaliczną,
- posiada zwiększoną zdolność wiązania wody.

Na poziom uszkodzenia skrobi, oprócz twardości ziarna, może mieć wpływ sposób przemiału ziarna na mąkę, stąd też poprzez sterowanie parametrami przemiału można uzyskać mąkę o pożądanych właściwościach wypiekowych (Tyburcy, 2001; Górniak, 2006). Jak podali Ceglińska i in. (2007), mąka nie powinna zawierać nadmiernie uszkodzonej skrobi, bo mimo, że znacznie się zwiększa wodochłonność mąki, co daje wyższą wydajność pieczywa, to wpływa to przede wszystkim na zmniejszenie objętości chleba i zanik porowatej struktury miękiszu. Pojawia się również problem podczas miesienia ciasta, które jest bardzo kleiste i ma zbyt miękką konsystencję (Jurga, 2004).

Pojęcie uszkodzenia skrobi opiera się także na zjawisku jej współzawodnictwa z glutenem w absorpcji wody (Maklakiewicz, 1996; Bonafaccia i in., 2000). Jeśli skrobia jest nieuszkodzona, woda w pierwszej kolejności wchłaniana jest przez gluten, natomiast, w przeciwnym przypadku, to uszkodzona skrobia wiąże wodę. W takiej sytuacji gluten musi pokryć większą powierzchnię granulek skrobiowych, a w wyniku niecałkowitej hydratacji nie jest w stanie ukształtować trwałej matrycy miękiszu chleba. Wtedy glutenowi (w kategoriach reologicznych) można przypisać niską jakość, podczas gdy problem tkwi w nadmiernie uszkodzonej skrobi, która wiąże wodę w pierwszej kolejności. Optymalny poziom uszkodzenia skrobi może być wyrażony jako iloraz: (zawartość białka)²/6 (Jurga, 1996b; Maklakiewicz, 1996).

Obecnie istnieje kilka metod pomiaru wartości tego parametru, ale najkrótszą i stosunkowo dokładną jest metoda amperometryczna, wykorzystująca urządzenie RAPID FT (Górniak, 2006).

Jednym z nielicznych badaczy, którzy analizowali stopień uszkodzenia skrobi orkiszu był Marconi (2002) (*Tabela 13*). W mące orkiszowej wartość tego parametru mieściła się w zakresie od 2,1 do 4,5%, podczas gdy w semolinie stopień uszkodzenia skrobi był na poziomie 4,0 – 4,2%. Z innych badań wynika, że najniższym stopniem uszkodzenia skrobi charakteryzowała się jasna mąka orkiszowa uzyskana z ziarna orkiszu czystego gatunkowo, następnie otrzymana z ziarna hybryd orkiszu i z ziarna pszenicy zwyczajnej (Krawczyk i in., 2008b). Jak stwierdzono, najwyższym stopniem uszkodzenia skrobi cechowała się mąka uzyskana z najtwardszego ziarna.

Duże znaczenie, dla jakości otrzymywanego z niej pieczywa, ma aktywność enzymów amylolitycznych zawartych w mące. Siła fermentacyjna ciasta oraz właściwości miękiszu zależą właśnie od aktywności amylolitycznej mąki (Rothkaehl, 2003). Określenie liczby opadania w mące jest najbardziej powszechną metodą wykorzystywaną do oceny aktywności tych enzymów. Wg Ambroziaka (1988) oraz Bojñanskiej i Franćakovej (2002) jej optymalny zakres, w celu uzyskania

pieczywa o dobrej jakości, powinien mieścić się od 200 do 400 s. Natomiast wg PN – A – 74022 wartość liczby opadania mieści się w przedziale od 150 do 220 s w zależności od typu mąki.

Tabela 13. Wybrane wyróżniki wartości wypiekowej mąki z ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej – właściwości skrobi.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Abdel – Aal i in., 1995; Capouchová 2001; Majewska, 2004; Kohajdová, Korovičová; 2007; Majewska i in., 2007a; Majewska i in., 2007b; Radomski i in., 2007; Dąbkowska i in., 2008; Krawczyk i in., 2008a; Krawczyk i in., 2008b; Zieliński i in., 2008).

Wyróżnik		Pszenica orkisz		Pszenica zwyczajna	
		Mąka jasna	Mąka ciemna	Mąka jasna	
Właściwości skrobi	Stopień uszkodzenia skrobi [%] [UCD]	2,1 – 4,5 13,9 – 17,7	-	2,1 – 8,5 19,3	
	Liczba opadania [s]	215 – 445	228 – 381	252 – 374	
	Ocena amylograficzna	Początkowa temperatura kleikowania [°C]	50,1 – 60,6*	-	56,9 – 64,0
		Końcowa temperatura kleikowania [°C]	65,9 – 90,8*	-	68,9 – 82,8
		Maksymalna lepkość kleiku [j.B]	295 – 1080*	-	166 – 498

*Analiza wykonana z wykorzystaniem hybryd ziarna orkiszu

Z przeanalizowanych danych literaturowych wynika, że wartość liczby opadania w jasnych mąkach orkiszowych mieściła się w zakresie od 215 do 445 s, a w mąkach ciemnych była na poziomie od 228 do 381s (**Tabela 13**). Z kolei, w jasnych mąkach otrzymanych z ziarna pszenicy zwyczajnej, wartość tego parametru była w granicach od 252 do 374 s. W większości przypadków wartość liczby opadania wahały się w optymalnym zakresie (Capouchová, 2001; Bojňanská, Frančáková, 2002; Marconi i in., 2002; Majewska i in., 2007b; Dąbkowska i in., 2008; Zieliński i in., 2008).

Inną metodą wykorzystywaną do oceny aktywności enzymów amylolitycznych zawartych w mące oraz określenia zdolności kleikowania skrobi jest analiza amylograficzna mąki. Na uzyskiwanym amylogramie rejestrowane są zmiany lepkości zawiesiny mąki w wodzie, zachodzące w wyniku pęcznienia i kleikowania skrobi pod wpływem wysokiej temperatury (Konopka i in., 2000; Rothkaehl, 2003). Jak wynika z danych literaturowych, początkowe i końcowe temperatury kleikowania skrobi w mąkach orkiszowych i z ziarna pszenicy zwyczajnej uzyskały podobne zakresy wartości, choć końcowa temperatura kleikowania skrobi dla mąk orkiszowych mieściła się w szerszym zakresie (**Tabela 13**). Z kolei maksymalna lepkość kleiku skrobiowego mąk orkiszowych była na znacznie wyższym poziomie (295 – 1080 j.B) niż w mące z ziarna pszenicy zwyczajnej (166 – 498 j.B) (Majewska i in., 2007a; Zieliński i in., 2008).

Właściwości białka

Składnikami mąki, które bardzo istotnie decydują o jej wartości wypiekowej są: zawartość białka ogółem i wydajność glutenu mokrego (Bojňanská, Frančáková, 2002). We wcześniejszej części pracy omówiono zawartość białka ogółem, stąd też parametr ten zostanie w tym miejscu pominięty. Warto jednak dodać, że optymalny poziom białka dla mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej, wykorzystywanej do wypieku pieczywa, powinien mieścić się w granicach 11,0 – 14,4% s.m. (Gąsiorowski, 2004a).

Wydajność glutenu mokrego jest parametrem pośrednio związanym z wartością wypiekową mąki pszennej, tym bardziej, że jego rozciągliwość, sprężystość i odporność na rozpływanie warunkują jakość ciasta pszennego. Ocena wydajności i jakości glutenu mokrego stanowi podstawową i wstępną czynność w badaniu wartości wypiekowej mąki, tym bardziej, że ilość zatrzymanych gazów i ich rozmieszczenie zależą właśnie od jakości glutenu (Jurga, 1994).

Jak wynika z przeanalizowanych danych literaturowych, ziarno orkiszu i uzyskana z niego mąka charakteryzuje się wyższą wydajnością glutenu mokrego w porównaniu do mąki otrzymanej z ziarna z pszenic zwyczajnych. Wartość tego parametru decyduje o jakości ziarna i o jego późniejszym wykorzystaniu na mąkę chlebową. Spotykana w literaturze wydajność glutenu mokrego dla mąki z ziarna orkiszu mieściła się w granicach od 11,2 do 57,1%, podczas gdy dla mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej była na poziomie od 27,4 do 36,0% (Abdel – Aal i in., 1996; Jurga, 1996a; Chrenková i in., 2000; Capouchová 2001; Gálová, Knoblochová, 2001; Skrabanja i in., 2001; Bojňanská, Frančáková, 2002; Ceglińska, 2003; Tyburcy, 2005; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007; Majewska i in., 2007b; Marques i in., 2007; Dąbkowska i in., 2008; Krawczyk i in. 2008b; Zieliński i in., 2008) (Tabela 14).

Tabela 14. Wybrane wyróżniki wartości wypiekowej mąki z ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej – właściwości białka.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Abdel – Aal i in., 1996; Piergiovanni i in., 1996; Abdel – Aal i in., 1998b; Smolková i in., 1998; Achremowicz i in., 1999; Chrenková i in., 2000; Capouchová, 2001; Gálová, Knoblochová, 2001; Skrabanja i in., 2001; Bojňanská, Frančáková, 2002; Marconi i in., 2002; Bojňanská, Frančáková, 2002; Schober i in., 2002; Ceglińska, 2003; Schober i in., 2006; Kohajdová, Korovičová; 2007; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007; Majewska i in., 2007a; Majewska i in., 2007b; Radomski i in., 2007; Dąbkowska i in., 2008; Pruska – Kędzior i in., 2008; Krawczyk i in., 2008a; Krawczyk i in., 2008b; Zieliński i in., 2008).

Wyróżnik		Pszenica orkisz		Pszenica zwyczajna	
		Mąka jasna	Mąka ciemna	Mąka jasna	
Właściwości białka	Wydajność glutenu mokrego [%]	21,4 – 57,1	11,2 – 48,3	27,4 – 36,0	
	Rozpływalność glutenu [mm]	3 – 9,8	-	5,5 – 7	
	Indeks glutenowy	3 – 90	14 – 50	2 – 95	
	Liczba sedymentacji	Wg Zeleny'ego	18 – 56*	-	27 – 48
		SDS [cm ³]	9 – 58	31 – 80	-
	Gliadyny [%]	35,5 – 40,3	-	31,6 – 34,0	
	Gluteniny [%]	24,4 – 32,3	-	30,1 – 31,6	
Proporcje gliadyn do glutenin	1,1 – 1,4	-	1,1		

*Analiza wykonana w hybrydach orkiszu

Należy sobie jednak uświadomić, że gluten orkiszowy stwarza pewne problemy w przetwórstwie. Jest wrażliwy na zbyt intensywne miesienie podczas zagniatania, przez co ciasto staje się bardzo lepkie (Ranhotra i in., 1995; Abdel Aal i in., 1997; Marconi in., 1999, 2000; Capouchová, 2001; Tyburcy, 2005; Schober i in., 2006, Pruska – Kędzior i in., 2008). Stąd też, ważną cechą glutenu jest w tym przypadku jego rozpływalność. Warto dodać, że lepszymi parametrami jakościowymi i wyższą wydajnością cechuje się mąka o niższej zawartości glutenu (21%) i mniejszej rozpływalności (6 mm), niż mąka o wysokiej wydajności glutenu (powyżej 39%) i wysokiej rozpływalności (10 mm) (Jurga, 1994). Jurga (1994) podaje, że dla pszenic chlebowych rozpływalność glutenu nie powinna być wyższa niż 9 mm, przy wydajności glutenu 25%. Natomiast Ambroziak

(1998) sugeruje, że rozplywalność glutenu dla pszenic konsumpcyjnych powinna zawierać się w przedziale od 1 do 9 mm (mąka mocna – poniżej 6 mm, mąka średnia 6 – 12 mm).

Po przeanalizowaniu danych literaturowych okazało się, że rozplywalność glutenu mokrego w jasnej mące orkiszowej była na poziomie 3 mm (wydajność glutenu mokrego – 27,5%), podczas gdy badana mąka z ziarna pszenicy zwyczajnej cechowała się wyższą wartością tego parametru (7 mm przy wydajności glutenu mokrego na poziomie 31,9%) (Radomski i in., 2007) (*Tabela 14*).

Liczba glutenowa (indeks glutenowy) jest kolejnym parametrem charakteryzującym przydatność mąki do wypieku. Określa ona zależność pomiędzy jakością i ilością glutenu oraz umożliwia przewidzenie zdolności ciasta do zatrzymywania gazów oraz jego odporność na obróbkę mechaniczną. Wartości liczbowe tego parametru mogą wahać się w granicach od 0 do 100, a jej zalecana wartość powinna być wyższa niż 40 (Jakubczyk, Haber, 1981; Ambroziak, 1988; Skierkowski, 1990). Zgodnie z powyższym, im liczba glutenowa jest bliższa 0, tym gluten jest gorszej jakości.

Z dostępnych danych literaturowych wynika, że indeks glutenowy w przypadku jasnych mąk orkiszowych mieścił się w granicach od 3 do 90, a w mące z ziarna pszenicy zwyczajnej był na poziomie od 2 do 95 (*Tabela 14*). Niektórzy badacze zauważyli, że wartość tego parametru dla mąki orkiszowej jest zależna od typu mąki i odmiany ziarna, z której ta mąka została uzyskana (Marconi i in., 1999; Ceglińska, 2003). W większości przypadków jednak gluten orkiszowy cechował się gorszą jakością niż gluten mąki z pszenic zwyczajnych (Capouchová, 2001; Krawczyk i in., 2008a, 2008b).

Analizą, która jest miernikiem jakości i ilości substancji strukturotwórczych pieczywa jest oznaczenie liczby sedymentacji. Istota tej metody polega na określeniu objętości osadu sedymentacyjnego mącznej zawiesiny w roztworze kwasu mlekowego i izopropanolu w określonym czasie (Gąsiorowski, 2004a). Wynik analizy jest tym wyższy, im wyższa jest zawartość białek glutenowych w mące, szczególnie wysokocząsteczkowej gluteniny, odznaczającej się dobrą zdolnością pęcznienia i warunkującej dobrą wartość wypiekową mąki (Jurga, 1994; Janiak, Laskowski, 1994). Przyjmuje się, że jeśli wartość liczby sedymentacji w mące będzie niższa niż 20 cm³, mąka taka powinna być przeznaczona na pieczywo razowe z różnymi dodatkami (Jurga, 1994; Gąsiorowski, 2004a). Obecnie w literaturze spotykane są dwa testy mierzące wartość liczby sedymentacji. Test SDS, obok liczby sedymentacji wg Zeleny'ego jest szybkim wskaźnikiem wartości wypiekowej mąki. Jak podają Bojňanská i Frančáková (2002) na jego wartość mogą mieć wpływ warunki agrotechniczne w danym roku uprawy. Bezdeszczowy rok lub o małej ilości opadów, może spowodować wzrost wartości liczby SDS, co z technologicznego punktu widzenia jest efektem korzystnym (Bojňanská, Frančáková; 2002).

Spotykane w literaturze wartości liczby sedymentacji SDS i wg Zeleny'ego w mące orkiszowej wskazują, że w większości przypadków mąka ta, pomimo większej zawartości białka i wyższej wydajności glutenu mokrego w porównaniu z mąką z ziarna pszenicy zwyczajnej, cechowała się gorszą wartością wypiekową. Zdolność pęcznienia układu białkowego, wyrażona liczbą sedymentacji (SDS i wg Zeleny'ego), w większości mąk orkiszowych była niższa niż w mące z ziarna pszenicy zwyczajnej (Piergiovanni i in., 1996; Capouchová, 2001; Bojňanská, Frančáková, 2002;

Ceglińska, 2003; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007; Majewska i in., 2007b; Dąbkowska i in., 2008; Pruska – Kędzior i in., 2008; Krawczyk i in., 2008b) (*Tabela 14*).

Z przeanalizowanych danych literaturowych wynika, że na jakość białka, a szczególnie na wydajność glutenu istotny wpływ ma nie tylko jego zawartość, ale również ilość i wzajemne proporcje gliadyn do glutenin. Są one uznane za główne białka zapasowe ziarna zbóż i stanowią ok. 80 – 85% zawartości białka w ziarnie, występując we wzajemnej proporcji 1:1 (Abdel – Aal i in., 1996).

Gluteniny zostały podzielone na te o wysokiej masie cząsteczkowej – gluteniny HMW (high molecular weight) i na podjednostki o niskiej masie cząsteczkowej LMW (low molecular weight) (Majewska, 1999). Z kolei, wśród gliadyn wyróżnia się α , β , γ , ω – gliadyny (Abdel – Aal i in., 1996, Pruska – Kędzior i in., 2008). Białka te odgrywają istotną rolę w kształtowaniu cech technologicznych mąki, decydując o jej wartości wypiekowej. Jak podali Abdel – Aal i in. (1996) siła ciasta zwiększa się, wraz ze zwiększeniem się zawartości podjednostek o wysokiej masie cząsteczkowej (HMW).

Analiza RP – HPLC przeprowadzona przez Pruską – Kędzior i in. (2008) wykazała, że ziarno orkiszu cechowało się wyższą zawartością gliadyn niż glutenin (*Tabela 14*). Z kolei, Wieser (2000) podał, że stosunek gliadyn do glutenin był znacząco wyższy w orkiszu, z dominacją α – gliadyn, następnie γ – gliadyn i podjednostek glutenin LMW. Natomiast, ω – gliadyna i podjednostki glutenin HMW występowały w mniejszej ilości. Podobne zależności zauważyli również Smolková i in. (1998), a Ceglińska (2003) i Ostrowska (1993) podały, że skład prolamin w mące, mógłby stać się cechą odróżniającą orkisz od pszenicy zwyczajnej.

Cechy reologiczne ciasta

Pewniejszą i bardziej wiarygodną ocenę wartości wypiekowej mąki można przeprowadzić stosując metody instrumentalne do badania cech reologicznych ciasta (Walker, Hazelton, 1996; Konopka i in., 2000). Stosowanie tych metod pozwala na badanie zachowania ciasta podczas wyrabiania i fermentacji, jak również umożliwia ocenę wodochłonności mąki (Sadkiewicz, 1999, Konopka i in., 2000). Jak podali Pruska – Kędzior i in. (2008) właściwości reologiczne ciasta zależą głównie od wiskoelastycznych właściwości siatki glutenowej, na którą wpływ mają jakościowy i ilościowy skład frakcji monomerycznych gliadyn i polimerycznych glutenin. Problem jednak stanowi różnorodność wykorzystywanych urządzeń, co często uniemożliwia dokładne porównanie uzyskiwanych wyników i przełożenie ich na aspekt praktyczny. Obecnie istnieje wiele aparatów, wykorzystywanych do pomiaru cech reologicznych ciasta. Należą do nich m.in.:

- * farinograf służący do oceny wodochłonności mąki i jej właściwości reologicznych,
- * ekstensograf wykorzystywany do określenia odporności wałeczka ciasto na rozciąganie,
- * alweograf służący do oceny odporności cienkiej błony ciasta na rozciąganie pod wpływem rozdęcia w pęcherzu,
- * fermentograf, za pomocą którego bada się zdolności fermentacyjne ciasta,
- * miksograf, którego zasada działania podobna jest do farinografu,
- * Uniwersalna Maszyna Testująca Instron 4301 z zainstalowaną komorą ekstruzyjną OTMS (Ottawa Texture Measuring System), w której określa się siłę i energię z jaką deformowane jest ciasto po wpływie wytłaczania w komorze (Walker, Hazelton; 1996; Konopka i in., 2000;

Majewska i in., 2000; Abramczyk, 2003; Dobraszczyk, Morgenstern, 2003; Jurga, 2003b; Rothkaehl, 2003; Zawadzki, 2003).

Ciasto z mąki orkiszowej uważane jest za mniej stabilne, mniej elastyczne i o dużej rozplywalności w porównaniu do ciasta z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej, a więc wykazuje inne cechy reologiczne niż mąka pszenna (Schober i in., 2002). Ciasto to po miesieniu jest bardzo miękkie i lepkie, co stwarza problemy podczas obróbki i jednocześnie jest przyczyną mniejszej objętości pieczywa orkiszowego (Abdel – Aal i in., 1997; Schober i in., 2002; Bonafaccia i in., 2000; Schober i in., 2006; Kohajdová, Korovičová; 2007; Majewska i in., 2007b; Pruska – Kędzior i in., 2008).

Ocena farinograficzna ciasta jest jedną z najczęściej wykorzystywanych metod służących do oceny zachowania ciasta. Powszechnie wiadomo, że im lepsza jakość białka, tym wyższa wodochłonność mąki, dłuższy czas rozwoju ciasta i stałości ciasta oraz mniejszy stopień rozmiękczenia (Capouchová, 2001; Gąsiorowski, 2004a). Nie zawsze jednak wodochłonność mąki rośnie proporcjonalnie ze wzrostem wydajności glutenu mokrego (Krawczyk i in., 2008b).

Z przeanalizowanych danych literaturowych wynika, że jasna mąka orkiszowa w większości przypadków cechowała się nieco mniejszą zdolnością chłonięcia wody i zbliżonym czasem rozwoju ciasta w porównaniu do mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej. Z kolei, cechą charakterystyczną ciasta z mąki orkiszowej (szczególnie tej wysokowyciągowej) był znacznie wyższy stopień jego rozmiękczenia (Achremowicz i in., 1999; Marconi i in., 2002; Ceglińska, 2003; Kohajdová, Korovičová; 2007; Pruska – Kędzior i in., 2008; Zieliński i in., 2008) (*Tabela 15*).

Tabela 15. Wartość wypiekowa mąki z ziarna orkiszowego i pszenicy zwyczajnej – cechy reologiczne ciasta.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Achremowicz i in., 1999; Capouchová, 2001; Skrabanja i in., 2001; Marconi i in., 2002; Ceglińska, 2003; Kohajdová, Korovičová, 2007; Majewska i in., 2007a; Radomski i in., 2007; Pruska – Kędzior i in., 2008; Krawczyk i in., 2008a; Krawczyk i in., 2008b; Zieliński i in., 2008).

Wyróżnik		Pszenica orkisz		Pszenica zwyczajna	
		Mąka jasna	Mąka ciemna	Mąka jasna	
Właściwości reologiczne ciasta	Ocena farinograficzna	Zdolność chłonięcia wody [%]	51,5 – 62,2	69,2	59,2 – 65,1
		Czas rozwoju ciasta [min]	1,0 – 3,5	4,3	1,2 – 3,5
		Stażność ciasta [min]	1,0 – 5,5	3,5	4,0 – 5,0
		Stopień rozmiękczenia ciasta [jednostki Brabendera]	50 – 160	175	25 – 80
	Ocena za pomocą fermentografu	Objętość CO ₂ zatrzymana w cieście [cm ³]	420	-	294
		Objętość CO ₂ całkowita [cm ³]	798	-	546
		Czas fermentacji końcowej T _{kr} [min]	92,5	-	60,0
	Ocena alweograficzna	Siła mąki W [J]	14 – 160	64	280
		Rozciągliwości ciasta P/L	0,2 – 0,8	0,2	0,7
	Uniwersalna Maszyna Testująca Instron 4301 (komora OTMS)	Wytrzymałość ciasta na ściskanie F _c [N]	120,4 – 173,7	-	243,9
		Zwięzłość ciasta F _d /d [N/mm]	4,7 – 8,0	-	11
		Maksymalna siła wytłaczania ciasta F _{max} [N]	175,0 – 245,0	-	349,0
		Energia wytłaczania ciasta E _{max} [J]	4,4 – 6,3	-	9,3

*Analiza wykonana na hybrydach orkiszu

Kohajdová i Korovičová (2007) określiły zakres zmian, jakie zachodzą podczas oceny farinograficznej w sytuacji dodawania ciemnej mąki orkiszowej do jasnej mąki z ziarna pszenicy

zwyczajnej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wraz ze wzrostem udziału ciemnej mąki orkiszowej zwiększała się absorpcja wody, czas rozwoju ciasta i stopień rozmiękczenia, natomiast zmniejszały się wskaźnik tolerancji mieszania i stabilność ciasta.

Następną metodą oceny cech reologicznych ciasta jest analiza z wykorzystaniem fermentografu. Analiza ta nie pozwala jednak określić właściwości wypiekowych mąki pszennej, a jedynie jej właściwości strukturotwórcze, odnoszące się do zdolności zatrzymywania dwutlenku węgla przez ciasto. Wiadomo jednak, że im więcej zatrzymanego gazu, tym ciasto jest bardziej spulchnione. Z przeprowadzonej przez Radomskiego i in. (2007) analizy wynika, że lepszymi właściwościami strukturotwórczymi i jednocześnie dłuższym czasem fermentacji końcowej cechowała się mąka orkiszowa w porównaniu z mąką z pszenicy zwyczajnej (**Tabela 15**).

Alweograf jest kolejnym aparatem wykorzystywanym do badania cech reologicznych ciasta. Podczas oceny cech reologicznych wykorzystuje się dwie wielkości tj., stosunek sprężystości do rozciągliwości ciasta P/L oraz W – pracę potrzebną do odkształcenia 1g ciasta w warunkach stosowanej metody, która wyraża siłę mąki i jakość siatki białkowej (Jurga, 2003a; Gąsiorowski, 2004a). Przyjmuje się, że optymalna wartość pracy W powinna mieścić się w granicach 280 – 400 J, a im wyższa wartość W, tym bardziej wartościowa mąka. Jeśli wartość pracy W jest w granicach 160 – 280 J, zakłada się, że mąka ma względnie dobre właściwości wypiekowe, natomiast jeśli wynik jest niższy mąka zaliczana jest do grupy o niskiej wartości wypiekowej (Gąsiorowski, 2004a). Z kolei, w przypadku pszenic o dobrych i bardzo dobrych cechach wypiekowych stosunek P/L powinien być wyższy niż 0,7. Z nielicznych danych literaturowych wynika, że wartość siły mąki W i stosunek P/L, uzyskany dla mąki orkiszowej był niższy (odpowiednio W = 14 – 160; P/L = 0,2 – 0,8) niż wartości tych parametrów uzyskane dla jasnej mąki otrzymanej z ziarna pszenicy zwyczajnej (W = 280; P/L = 0,7) (**Tabela 15**). Na tej podstawie można stwierdzić, że badana mąka orkiszowa cechowała się niską wartością wypiekową (Skrabanja i in., 2001; Marconi i in., 2002).

Uniwersalna Maszyna Testująca Instron 4301 z komorą ekstruzyjną OTMS jest kolejnym urządzeniem wykorzystywanym do oceny właściwości reologicznych m.in. ciasta orkiszowego. Analizując parametry wytłaczania ciasta można sądzić, że im wyższe są wskaźniki tego procesu, tym silniejsza jest mąka, do której będzie można dodać większą ilość wody, aby sporządzić ciasto o normalnej konsystencji. Wg Konopki i in. (2000) za optymalne parametry ciasta pszennego przy wydajności 155 – 160% można przyjąć następujące wartości: maksymalna siła wytłaczania: 94 – 126 N, wytrzymałość ciasta na ściskanie: 50 – 75 N, energia wytłaczania ciasta: 2,65 – 3,68 J oraz stopień upakowania ciasta w komorze: 16 – 17 mm. Uzyskane przez Majewską i in. (2007a) wyniki dla ciasta z jasnej mąki orkiszowej (przy wydajności ciasta 150%) i mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej różniły się istotnie między sobą (**Tabela 15**). Na ich podstawie można stwierdzić, że ciasto z mąki orkiszowej cechowało się mniej zwięzłą, luźniejszą konsystencją od ciasta z pszenicy zwyczajnej, o czym świadczyły niższe wartości wszystkich mierzonych parametrów.

Próbnny wypiek laboratoryjny

Próbnny wypiek laboratoryjny, który jest wykonywany w ściśle określonych warunkach, przy użyciu niewielkiej ilości mąki, jest bezpośrednim wyznacznikiem jej wartości wypiekowej (Gąsiorowski, 2004a). Obecnie istnieje kilka metod przeprowadzania próbnnych wypieków, które różnią się między sobą naważkami mąki, soli i drożdży, jak również wykorzystaniem takich dodatków jak: cukier i ekstrakt słodowy, itp. (Gąsiorowski, 2004a).

Choć orkisz jest zbożem, które jest badane w wielu płaszczyznach, to ilość dostępnych danych literaturowych, z których wynika, że został przeprowadzony wypiek laboratoryjny (szczególnie z wykorzystaniem wysokowyciągowej mąki orkiszowej) oraz szczegółowa ocena organoleptyczna i fizykochemiczna takiego pieczywa, jest niewielka. Co więcej, problem stanowi różnorodność dostępnych metod, co umożliwia jedynie stwierdzenie pewnych ogólnych prawidłowości i zależności.

Jak podają Bojňanská i Frančáková (2002) oraz Kohajdová i Korovičová (2007) wskaźnikiem wartości wypiekowej o szczególnym znaczeniu jest objętość bochenka. Jak wynika z przeanalizowanych danych literaturowych, chleby orkiszowe w większości przypadków cechowały się mniejszą objętością niż pieczywo z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej, ale jednocześnie niższą stratą piecową (Ranhotra i in., 1995; Abdel – Aal i in., 1997; Bojňanská, Frančáková, 2002; Bonafaccia i in., 2000; Krawczyk i in., 2008b; Pruska – Kędzior i in., 2008; Zieliński i in., 2008).

Radomski i in. (2007) twierdzą, że mała objętość bochenków może wynikać z gorszej jakości glutenu i słabszych zdolności fermentacyjnych mąki. Dodatkowo, chleby orkiszowe są przeważnie kulisto – płaskie lub płaskie, dlatego Bojňanská i Frančáková (2002) oraz Kohajdová i Korovičová (2007) zaproponowały pomiar sklepienia chleba, tzn. stosunku wysokości chleba do jego szerokości. Te ostatnie badaczki za optymalny poziom tego parametru przyjęły wartości od 0,6 do 0,7. Jak okazało się jedynie chleby orkiszowe uzyskane przez Bojňanską i Frančákovą (2002) oraz chleb z pszenicy zwyczajnej uzyskany przez Kohajdovą i Korovičovą (2007) spełniły to kryterium. Z kolei, spotykane w literaturze wartości wydajności ciasta i wydajności pieczywa orkiszowego i z pszenicy zwyczajnej były na porównywalnym poziomie (*Tabela 16*).

Niektórzy badacze analizowali chleby mieszane, wypiekane z mąki orkiszowej połączonej z mąką z ziarna pszenicy zwyczajnej (Kohajdová, Korovičová, 2007; Radomski i in., 2007). Mieszane chleby orkiszowo – pszenne cechowały się wyższą objętością, lepszą elastycznością miękiszu, a ich skórka miała ładną barwę, ponadto charakteryzowały się lepszym smakiem i zapachem niż chleby ze 100% mąki pszennej. Jest to o tyle ważne, że niektórzy badacze zauważyli, że chleby ze 100% udziałem mąki orkiszowej charakteryzowały się lekko orzechowym smakiem i zapachem (Bojňanská i Frančáková, 2002; Ceglińska, 2003; Majewska i in., 2007b).

Tabela 16. Rezultaty próbnego wypieku pieczywa z mąki orkiszowej i mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej.

(opracowanie własne na podstawie literatury: Achremowicz i in., 1999; Bojňanská, Frančáková, 2002; Ceglińska, 2003; Kohajdová, Korovičová, 2007; Majewska i in., 2007b; Radomski i in., 2007; Dąbkowska i in., 2008; Krawczyk i in., 2009).

Badacz/ Rodzaj użytej mąki		Wyróżnik	Wydajność ciasta	Objętość pieczywa	Objętość pieczywa w przeliczeniu na 100 g mąki	Wydajność pieczywa	Strata piecowa
			[%]	[cm ³]	[cm ³]	[%]	[%]
Achremowicz i in., 1999	Mąka orkiszowa jasna	156 – 159	-	380 – 420	136 – 144	6,7 – 10,3	
	Mąka jasna z ziarna pszenicy zwyczajnej	158	-	450	136	11,7	
Bojňanská i Frančáková, 2002	Mąka orkiszowa jasna	265 – 340	-	199,2 – 246,2	133,0-141,0	16,6 – 17,1	
	Mąka jasna z ziarna pszenicy zwyczajnej	-	-	-	-	-	
Ceglińska, 2003	Mąka orkiszowa jasna	-	-	220	130	18,1	
	Mąka jasna z ziarna pszenicy zwyczajnej	-	-	283 – 292	125 – 131	20,5 – 22,2	
Kohajdová, Korovičová, 2007	Mąka orkiszowa jasna	-	278,3*	317,3*	-	12,4*	
	Mąka jasna z ziarna pszenicy zwyczajnej	-	328,3	369,8	-	12,5	
Radomski i in., 2007	Mąka orkiszowa jasna	155,0	265	-	136,9	-	
	Mąka jasna z ziarna pszenicy zwyczajnej	159,8	320	-	137,6	-	
Majewska i in., 2007b	Mąka orkiszowa jasna	151,0 – 154,0	551,3 – 629,5	334,2 – 426,3	129,1 – 130,8	-	
	Mąka jasna z ziarna pszenicy zwyczajnej	151,7	707,5	418,9	126,9	-	
Dąbkowska i in., 2008	Mąka orkiszowa ciemna	167,3 – 172,1	528 – 625	353 – 408	139,1 – 147,9	-	
	Mąka ciemna z ziarna pszenicy zwyczajnej	169,2	705	476	146,6	-	
Krawczyk i in., 2008b	Mąka orkiszowa jasna		270		132	11,9	
	Mąka jasna z ziarna pszenicy zwyczajnej		315		132	11,4	

*Chleb mieszany wykonany z mąki orkiszowej i z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej w proporcji 1:1.

Ocena organoleptyczna jest podstawową metodą określenia jakości uzyskanego pieczywa. Niewielu autorów przeprowadziło tę ocenę wykorzystując chleby z udziałem 100% mąki orkiszowej. Abdel – Aal i in. (1997) podali, że chleb z mąki orkiszowej (100% udziału) w porównaniu do chleba z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej cechował się gorszym zabarwieniem miękiszu, natomiast cechy fizykochemiczne obydwu chlebów były na zbliżonym poziomie. Radomski i in. (2007) zaliczyli chleb w 100% orkiszowy do II klasy jakości, podczas gdy chleb pszenno – orkiszowy (w proporcjach 50:50) zostały zakwalifikowane do I grupy jakości. Z kolei, Bojňanská i Frančáková (2002), Ceglińska (2003), Majewska i in. (2007b) oraz Kohajdová i Korovičová (2007) w chlebie orkiszowym (ze 100% udziałem mąki orkiszowej) stwierdziły lekko orzechowy posmak. Bojňanská i Frančáková (2002) wykazały, że chleby wypieczone z mąki ziarna orkiszu odmian *Holstenkorn*, *Schwabenspelz* i *Baulander Spelz* były najlepsze. Natomiast w badaniach Majewskiej i in. (2007b) najwyższą jakością cechowało się pieczywo jasne z orkiszu odmian *Oberkulmer Rotkorn* i *Ceralio*, a najgorszą – pieczywo z orkiszu odmian *Frankenkorn* i *Holstenkorn*.

Przytoczone badania potwierdzają walory żywieniowe i smakowe ziarna orkiszu oraz możliwość wykorzystanie otrzymanej z niego mąki m.in. w piekarstwie. Choć na przestrzeni ostatnich kilku lat, liczba publikacji dotyczących orkiszu sukcesywnie się zwiększa, to w Polsce wiedza na temat nadal jest niewielka. Istnieje zatem konieczność prowadzenia badań naukowych w celu poszerzenia wiedzy z zakresu m.in. wartości technologicznej orkiszu.

3. Cel i hipoteza badawcza pracy

3.1. Cel pracy

Szeroki przegląd literatury wykazał, że jak dotąd nie prowadzono w naszym kraju badań z wykorzystaniem dużej liczby odmian ziarna orkiszu. Niewiele jest również informacji na temat jakości i przydatności technologicznej wysokowyciągowej mąki orkiszowej, szczególnie tej pochodzącej z polskich przetwórni ekologicznych.

Stąd też, mając powyższe na uwadze, celem pracy było określenie wpływu czynnika odmianowego (odmiany, formy odmianowej) na wybrane parametry jakości wysokowyciągowej mąki z orkiszu, uprawianego w krajowych warunkach wegetacyjnych.

Powyższy cel główny zrealizowano przez wyodrębnienie celów cząstkowych:

- określenie wartości przemiałowej ziarna badanych dziesięciu odmian orkiszu w porównaniu ze wzorcem – ziarnem dwóch odmian pszenicy zwyczajnej.
- określenie zawartości wybranych składników chemicznych oraz ocenę wartości wypiekowej mąk uzyskanych z ziarna badanych pszenic.

3.2. Hipoteza badawcza

Ponadto, w pracy podjęto próbę zweryfikowania następującej hipotezy badawczej:

1. Dla ziarna **ozimego** orkiszu i pszenicy zwyczajnej oraz wysokowyciągowej mąki z niego otrzymanej przyjęto następującą hipotezę zerową:

„Średnie (wartości) poszczególnych parametrów jakości dla badanych odmian są jednorodne”,

Powyższą hipotezę zapisano w następującej postaci:

$$H_0: \mu_{\text{Korweta}} = \mu_{\text{Ceralio}} = \mu_{\text{Schwabenkorn}} = \mu_{\text{Frankenkorn}} = \mu_{\text{Holstenkorn}} = \mu_{\text{Schwabenspelz}} = \mu_{\text{Ostro}} = \mu_{\text{Oberkulmer Rotkorn}}$$

wobec hipotezy alternatywnej:

$$H_1: \text{„co najmniej dwie średnie różnią się między sobą”}.$$

2. Dla ziarna **jarego** orkiszu i pszenicy zwyczajnej oraz wysokowyciągowej mąki z niego otrzymanej przyjęto następującą hipotezę zerową:

„Średnie (wartości) poszczególnych parametrów jakości dla badanych odmian są jednorodne”,

Powyższą hipotezę zapisano w następującej postaci:

$$H_0: \mu_{\text{Torka}} = \mu_{\text{UWM - 10}} = \mu_{\text{UWM - 11}} = \mu_{\text{UWM - 12}}$$

wobec hipotezy alternatywnej:

$$H_1: \text{„co najmniej dwie średnie różnią się między sobą”}.$$

4. Część doświadczalna – zakres i metodyka badań

4.1. Materiał badań

Główny materiał badań stanowiła mąka wysokowyciągowa uzyskana z ziarna ozimej pszenicy orkisz odmian: *Ceralio*, *Schwabenkorn*, *Frankenkorn*, *Holstenkorn*, *Schwabenspelz*, *Ostro*, *Oberkulmer Rotkorn* i ozimej pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* użytej jako wzorzec oraz jarej pszenicy orkisz rodów hodowlanych: *UWM – 10*, *UWM – 11*, *UWM – 12* i jarej pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* użytej również jako wzorzec. Materiał badań pochodził z trzech kolejnych lat zbiorów (pszenice ozime – zbiory z 2005 i 2006 roku i pszenice jare – zbiory z 2006 i 2007 roku).

Ziarno badanych odmian pszenic oraz otrzymana z niego mąka pochodziły z produkcji ekologicznej. Ziarno orkisz przed przemiałem zostało poddane odplewianiu z plew i plewek za pomocą bukownika (typ BK 1100). Wysokowyciągowa mąka uzyskiwana była z przemiału w młynie gospodarczym typu żarnowego (Denmark – typ FP – 950, w którego skład wchodził: panel kontrolny, wialnia, silos, młyn właściwy i odsiewacz). Zarówno proces odplewiania ziarna jak i jego przemiał były przeprowadzone w Wytwórni Makaronu BIO przy atestowanym gospodarstwie ekologicznym w Pokrzydowie, w pow. brodnickim (certyfikat AGRO BIO TESTU 90001 04194 – B). Poniższe zdjęcia (**Fot. 8 – 19**) prezentują ziarno orkisz i pszenicy zwyczajnej (oplewione i odplewione), z którego otrzymano mąkę (**Fot. 20**) do badań (kolekcja z 2006 roku).



Fot 8. Ziarno pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta*.



Fot 9. Ziarno pszenicy orkisz odmiany *Ceralio*.



Fot 10. Ziarno pszenicy orkisz odmiany *Schwabenkorn*.



Fot 11. Ziarno pszenicy orkisz odmiany *Frankenkorn*.



Fot 12. Ziarno pszenicy orkisz odmiany *Holstenkorn*.



Fot 13. Ziarno pszenicy orkisz odmiany *Schwabenspelz*.



Fot 14. Ziarno pszenicy orkisz odmiany *Ostro*.



Fot 15. Ziarno pszenicy orkisz odmiany *Oberkulmer Rotkorn*.



Fot 16. Ziarno pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka*.



Fot 17. Ziarno pszenicy orkisz rodu hodowlanego *UWM - 10*.



Fot 18. Ziarno pszenicy orkisz rodu hodowlanego *UWM - 11*.



Fot 19. Ziarno pszenicy orkisz rodu hodowlanego *UWM - 12*.



Fot 20. Mąka wysokowyciągowa z ziarna orkiszowego odmiany *Schwabenkorn*.

Pierwotny kraj pochodzenia poszczególnych odmian orkiszowego prezentuje poniższa tabela.

Tabela 17. Kraj pochodzenia badanych odmian orkiszowego (Moudrý, Dvořáček, 1999; Schober i in., 2002).

Pszenica	Kraj pochodzenia
<i>Ceralio</i>	Niemcy
<i>Schwabenkorn</i>	Niemcy
<i>Frankenkorn</i>	Niemcy
<i>Holstenkorn</i>	Niemcy
<i>Schwabenspelz</i>	Niemcy
<i>Ostro</i>	Szwajcaria
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	Szwajcaria

Z kolei, badane rody hodowlane orkiszowego zostały wyselekcjonowane przez zespół badawczy prof. Mariana Wiwarta z Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Uniwersytetu Warmińsko – Mazurskiego w Olsztynie. Następnie zostały przekazane Mieczysławowi Babalskiemu (gospodarstwo ekologiczne w Pokrzydowie), w celu rozpowszechnienia ich w uprawie i zwiększenia ilości materiału nasiennego.

4.2. Metodyka badań ziarna i mąki orkiszowej

4.2.1. Określenie wydajności ziarna orkisz z omlotu materiału oplewionego

Do analizy wykorzystano oplewione ziarno orkisz. Minimalna masa próbki niezbędna do wykonania oznaczenia wynosiła 600 g dla każdej odmiany orkisz. Próbki oplewionego ziarna orkisz (3 x 200 g) zostały poddane ręcznemu odplewianiu. Następnie w badanym materiale określono procentowy udział ziarna, plew i plewek. Oznaczenie wykonano w trzech równoległych próbach.

4.2.2. Oznaczenie wilgotności ziarna i mąki

Oznaczenie wilgotności ziarna i mąki wykonano wg *PN – ISO 712. Zboża i przetwory zbożowe*. Oznaczenie wilgotności. Rutynowa metoda odwoławcza.

4.2.3. Oznaczenie masy 1000 ziaren

Oznaczenie masy 1000 ziaren wykonano metodą opisaną przez Habera i Horubałową (1992). Próbkę ziarna o masie 100 g rozsypano na wibrującą powierzchnię roboczą licznika nasion typ: LN – S – 50 (Sadkiewicz® Instruments). Odliczone przez licznik 250 ziaren zważono na wadze z dokładnością do $\pm 0,01$ g. Uzyskany wynik pomnożono przez 4, aby uzyskać masę 1000 ziaren. Oznaczenie wykonano w pięciu równoległych próbach, a wyniki wyrażono g s.m. (Sadkiewicz i in., 2004).

4.2.4. Oznaczenie gęstości ziarna w stanie zsypanym

Oznaczenie wykonano wg *PN – ISO 7971 – 2. Ziarno zbóż. Oznaczenie gęstości w stanie zsypanym, zwanej masą hektolitra*. Oznaczenie wykonano w pięciu równoległych próbach, a wyniki wyrażono w kg s.m./hl.

4.2.5. Oznaczenie wyrównania ziarna

Wyrównanie ziarna oznaczono wg metody opisanej przez Habera i Horubałową (1992). Do oznaczenia odważono po 100 g ziarna z dokładnością do 0,01g i przesiano przy pomocy sit Vogla o określonych wymiarach oczek:

2,8 mm x 25 mm,

2,5 mm x 25 mm,

2,2 mm x 25 mm.

Następnie obliczono procentowy udział każdej frakcji ziarna uzyskanej po rozsortowaniu na sitach. Oznaczenie wykonano w pięciu równoległych próbach. Do późniejszej analizy statystycznej wykorzystano wyniki dotyczące udziału frakcji ziarna stanowiącej zlot z sita 2,5 x 2,5 mm.

4.2.6. Oznaczenie twardości ziarna

W celu określenia twardości ziarna przeprowadzono test jednoosiowego pojedynczego ściskania ziarniaków przy użyciu Uniwersalnej Maszyny Testującej Instron 4301 (USA) wg metodyki opisanej przez Majewską i Filipowicz (2002). Przed przystąpieniem do wykonania analizy przeprowadzono

miar grubości 20 losowo wybranych ziarniaków z każdej badanej próbki, w celu dobrania odpowiednich parametrów testu, pozwalających na uzyskanie 50% odkształcenia ziarniaka. Pomiar grubości ziarniaków wykonano za pomocą suwmiarki elektronicznej.

Parametry testu ściskania ziarniaków były następujące:

- ✓ próbka – ziarno ułożone bruzdką do dołu,
- ✓ zakres obciążeń głowicy $0 \div 1000$ N,
- ✓ element ściskający – trzpień cylindryczny płasko ścięty, o średnicy 9,5 mm,
- ✓ prędkość ściskania: 5 mm/min,
- ✓ odkształcenie: 50% (prowadzenie pomiaru do momentu osiągnięcia zakładanej deformacji ziarna).

Oznaczenie wykonano w trzydziestu równoległych próbach. Do analizy wykorzystano próbki ziarna doprowadzone przez kondycjonowanie do tej samej wilgotności 14,5%. Uzyskane wyniki analizowano za pomocą oprogramowania INSTRON IX SERIES Automated Materials Testing System version 8.04. Twardość ziarna wyrażono za pomocą średniej pracy potrzebnej do uzyskania założonej deformacji jednego ziarniaka (praca odkształcenia statycznego W_s). Wartość tego parametru otrzymano obliczając iloraz energii ściskania i średniej masy jednego ziarniaka.

4.2.7. Przemiał ziarna na mąkę wysokowyciągową

Jak już wcześniej wspomniano, ziarno orkiszu po zbiorze odplewiano za pomocą bukownika (typ BK 1100), a następnie poddano przemiałowi. Przemiał ciągły ziarna prowadzony był w młynie gospodarczym typu żarnowego (Denmark – typ FP - 950).

Młyn zasypywano ok. 20 kg oczyszczonego (na wialni) ziarna. Do późniejszych analiz, w celu zachowania czystości odmianowej, wykorzystywano ok. 3 kg wysokowyciągowej mąki, która została odsiana na sitach młyna, jako ostatnia (partia). Następnie obliczono wskaźniki efektywności przemiału.

4.2.8. Oznaczenie popiołu całkowitego w ziarnie i mące

Oznaczenie wykonano wg *PN – ISO 2171. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie popiołu całkowitego.*

4.2.9. Obliczenie współczynników efektywności przemiału ziarna

W celu określenia wskaźników efektywności przemiału oznaczono popiołowość mąki i na podstawie uzyskanych wyników, wykorzystując krzywą Mosha, określono wyciąg otrzymanej mąki (Jurga, 2006b).

Na tej podstawie obliczono następujące współczynniki przemiału (Jurga, 2006b):

- ✓ Współczynnik efektywności przemiałowej K obliczono wg wzoru:

$$K = W/P,$$

gdzie:

W – wyciąg mąki (%),

P – zawartość popiołu w uzyskanej mące [% s.m.].

✓ *Wskaźnik efektywności przemiału wg Brabanda:*

$$X = 0,5 (\text{wydajność mąki w \%}) / 82 (\text{popiołowość mąki w \% s.m.}),$$

✓ *Kryterium efektywności przemiału wg Jegorowa:*

$$E = I\Delta,$$

gdzie: I – wyciąg mąki,

Δ – względne obniżenie zawartości popiołu mąki Z_1 , w porównaniu z zawartością popiołu w ziarnie Z_0

gdzie:

$$\Delta = (Z_0 - Z_1) / Z_0,$$

gdzie: Z_0 – zawartość popiołu w mące [% s.m.]

Z_1 – zawartość popiołu w ziarnie [% s.m.]

✓ *Kompleksowe kryterium efektywności przemiału $E\%$:*

$$E\% = -1,48 + 81,0\Delta$$

Po wstępnym przeanalizowaniu wyników (Dąbkowska, 2009) do dalszej analizy statystycznej w pracy doktorskiej wykorzystano jedynie kompleksowe kryterium efektywności przemiału $E\%$, jako najbardziej różnicujące właściwości przemiałowe ziarna badanych odmian pszenicy.

4.2.10. Określenie barwy mąki

Pomiar barwy mąki wykonano metodą odbiciową przy pomocy spektrofotometru Mini ScanTM XE Plus firmy Hunter Lab sprzężonego z komputerem i wyposażonego w przystawkę do badania materiałów sypkich. Pomiarzy zostały wykonane wg procedury opisanej w opracowaniu metodycznym (MiniScanTM..., 1999) natomiast do analizy wyników wykorzystano oprogramowanie Uniwersal Software ver. 3.80. Pomiarzy wykonano w świetle odbitym. Parametry określono w układzie przestrzennym barw $L^*a^*b^*$ (system oceny CIE) dla obserwatora 10° i dla światła znormalizowanego o luminescencji D 65, gdzie:

- ✓ L^* – funkcja udziału zielonego światła spektralnego i miara jasności barwy [może przybierać wartości od 0 (ciało czarne) do 100 (ciało białe)],
- ✓ a^* – funkcja różnicy barwy czerwonej i zielonej, dodatnia wartość „ a ” wskazuje na stopień czerwieni, ujemna wartość na stopień zieleni,
- ✓ b^* – funkcja różnicy barwy zielonej i niebieskiej, dodatnia wartość „ b ” wskazuje na stopień żółci, ujemna wartość na stopień błękitu.

Dodatkowo obliczono całkowitą różnicę barwy ΔE , korzystając ze wzoru:

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

gdzie:

$$\Delta L^* = L^*_{\text{próbki}} - L^*_{\text{próbki kontrolnej}}$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{próbki}} - a^*_{\text{próbki kontrolnej}}$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{próbki}} - b^*_{\text{próbki kontrolnej}}$$

Dla barwy mąki na podstawie układu barw $L^*a^*b^*$ zostały wyliczone indeksy:

- ✓ Whiteness Index ASTM Method E313 – 98 (Indeks bieli),
- ✓ Yellowness Index ASTM Method E313 – 98 (Indeks żółtości),
- ✓ Paper Brightness Z% (Indeks jasności).

Pomiary wykonano w dwudziestu równoległych próbach.

4.2.11. Oznaczenie granulacji mąki (analiza sitowa)

Oznaczenie wykonano wg metodyki opisanej przez Horubałową i Habera (1994). Do oznaczenia odważono po 100 g mąki z dokładnością do 0,1g i przesiano przy pomocy odsiewacza (Sadkiewicz® Instruments), w którego zestawie są sita jedwabne o następujących wymiarach oczek:

- x > 256 μm ,
- 150 – 256 μm ,
- 120 – 150 μm ,
- 104 – 120 μm ,
- 95 – 104 μm ,
- 0 – 95 μm .

Następnie obliczono procentowy udział poszczególnych frakcji. Oznaczenie wykonano w dwóch równoległych próbach.

4.2.12. Oznaczenie kwasowości mąki

Oznaczenie kwasowości ogólnej wykonano wg metodyki opisanej przez Horubałową i Habera (1994), w dwóch równoległych próbach. Oznaczenie kwasowości tłuszczowej wykonano wg PN – ISO 7305. *Przetwory zbożowe. Oznaczenie kwasowości tłuszczowej.*

4.2.13. Oznaczenie zawartości tłuszczu ogółem w mące

Zawartość tłuszczu ogółem oznaczono metodą Soxhleta wg metodyki opisanej przez Krelowską – Kułas (1993). Analizę wykonano w trzech równoległych próbach, a wyniki wyrażono w g s.m.

4.2.14. Oznaczenie składu kwasów tłuszczowych w mące

W uzyskanym tłuszczu oznaczono skład kwasów tłuszczowych techniką chromatografii gazowej w oparciu o metodykę opisaną przez Zadernowskiego i Sosulskiego (1979) oraz normę PN – EN – ISO – 5508. Próbkę do oznaczenia kwasów tłuszczowych (ok. 10 μg) umieszczono w ampułce

i dodawano 2 cm³ mieszaniny metylującej (chloroform – metanol – kwas siarkowy w stosunku 100:100:1 v/v/v). Metylację przeprowadzono ogrzewając zatopione ampułki w suszarce w temperaturze 70°C przez 2 godziny. Po zakończeniu metylacji i otwarciu ampulek, dodawano niewielkiej ilości pyłu cynkowego (w celu neutralizacji kwasu siarkowego), odparowano rozpuszczalnik, a estry metylowe kwasów tłuszczowych (EMKT) rozpuszczono w heksanie. Tak przygotowany roztwór analizowano z zastosowaniem techniki chromatografii gazowej (GC) na kolumnie DB-225 (20 m x 0,25 mm x 0,15 µm) firmy J&W Scientific (USA) stosując hel jako gaz nośny. Parametry pracy chromatografu: temperatura iniekcji: 250°C, kolumny: 200°C, detektora: 300°C. Analizy dokonano przy użyciu chromatografu gazowego Fisons 800 firmy Carlo Erba (Włochy) sprzężonego z komputerem wyposażonym w oprogramowanie HP ChemStation. Oznaczenie wykonano w dwóch równoległych próbach.

4.2.15. Oznaczenie zawartości skrobi ogółem w mące

Oznaczenie wykonano metodą polarymetryczną – AOAC (1975) z własnymi modyfikacjami (Krełowska – Kułas, 1993).

Wykonanie oznaczenia:

2,5 g próbki mąki połączono z 10 cm³ wody i 20 cm³ stężonego HCl (c.wł. 1,19), dokładnie wymieszano i pozostawiono na pół godziny. Po tym czasie mieszaninę przeniesiono do kolby i popłukano 20 cm³ kwasu solnego (c.wł. 1,125). Następnie dodano 25 cm³ 4% roztworu fosforowolframanu sodowego (HNa₂O₄₀PW₁₂) (Fluka Chemika, cz.d.a), uzupełniono wodą do kreski, wymieszano i przesączono przez twardy sączonek. Otrzymany przesącz oznaczono polarymetrycznie w rurce o długości 190,1 mm, w polarymetrze (PGH Rundfunk – Fernsehen, Stollberg/Erzgeb., Typ G).

Wynik obliczono wg wzoru:

$$Z_s = 10^6 \alpha / \alpha_D L E (100 - w),$$

gdzie:

α_D – skręcalność właściwa: 203° dla skrobi,

L – długość rurki polarymetrycznej [mm],

E – naważka [g],

w – wilgotność [%],

α – skręcalność [°].

Oznaczenie wykonano w dwóch równoległych próbach.

4.2.16. Oznaczenie zawartości skrobi amylazoopornej w mące

Oznaczenie zawartości skrobi amylazoopornej wykonano wg metodyki opisanej przez Champ i in. (1999).

Skrobia amylazooporna jest frakcją skrobi, która ulega hydrolizie α – amylazą trzustkową. Powstałe po hydrolizie produkty, które są rozpuszczalne w 80% alkoholu etylowym, zostają odrzucone. Natomiast obecna w osadzie skrobię amylazooporną

rozpuszcza się w 2M KOH, a poddaje się hydrolizie do glukozy przy użyciu amyloglukozydazy. Powstałą glukozę oznacza się przy użyciu testu CORMAY GLUCOSE 120LTS (PZ CORMAY S.A.). Oznaczenie wykonano w czterech równoległych próbach.

4.2.17. Oznaczenie zawartości błonnika ogółem i jego frakcji w mące

Do oznaczenia błonnika ogółem i jego frakcji wykorzystano metodykę Asp'a i in. (1983) z własnymi modyfikacjami.

Wykonanie oznaczenia:

Do kolby stożkowej ze szlifem o pojemności 100 cm³ odważono 1 g próbki z dokładnością do 0,001 g i dodawano 25 cm³ 0,1 M buforu fosforanowego o pH = 6,0. Następnie dodawano 100 µl preparatu enzymatycznego α – Amylase solution type XII – A (Sigma). Zamkniętą próbkę przetrzymywano przez 15 minut we wrzącej łaźni wodnej, co pewien czas wstrząsając, a następnie schłodzono do temperatury pokojowej. Potem dodano 20 cm³ wody destylowanej i doprowadzono do pH 1,5 używając 4 M roztworu HCl. Następnie dodano 100 mg pepsyny (BLT Spółka z.o.o Zakład Enzymów i Peptonów) i zamkniętą kolbę inkubowano w temperaturze 40°C przez 60 minut w łaźni wodnej (ELPAN, typ 357). Po tym czasie dodawano 20 cm³ wody destylowanej i doprowadzono pH do 6,8 za pomocą 4 M roztworu NaOH. Następnie dodawano 100 mg pankreatyny (Pancreatin from hog pancreas – Sigma) i zamkniętą kolbę inkubowano w temperaturze 40°C przez kolejne 60 minut. Po wyjęciu z łaźni wodnej, odczyn próbki doprowadzano do pH 4,5 za pomocą 4 M roztworu HCl.

Upřednio przygotowane lejki (lejki Schota – porowatość G4) napełniono 0,5 g suchego Celitu. Zawartość kolby przenoszono na lejek i przemywano 20 cm³ wody. Uzyskany przesącz przenoszono do kolby miarowej o pojemności 100 cm³ i dopełniano wodą destylowaną do kreski. Lejki przemywano dodatkowo 20 cm³ 95% etanolu i 20 cm³ acetonu (stężony). Następnie lejki suszono w temperaturze 105 °C do stałej masy (komora do badań cieplnych KBC – 125W) i wyprażano w 550°C przez 5 godzin (piec muflowy Snol 8,2/1100).

Z kolei, przesącz z kolby miarowej o pojemności 100 cm³ przenoszono do zlewki o pojemności 500 cm³. Do przesączu dodawano 400 cm³ gorącego 95% etanolu i pozostawiono na 60 minut w temperaturze pokojowej w celu wytworzenia osadu. Zawartość zlewki przenoszono na lejek z Celitem. Osad przemywano kolejno 20 cm³ 78% etanolu, 20 cm³ 95% etanolu i 20 cm³ acetonu (stężony), a następnie suszono w temperaturze 105°C do stałej masy, po czym wyprażano w temperaturze 550°C przez 5 godzin. Oznaczenie wykonano w trzech równoległych próbach.

Wynik obliczono wg wzoru (błonnik ogółem jest sumą dwóch poniższych składników):

$$\% \text{ błonnika nierozpuszczalnego} = (D_1 - I_1) / W \times 100\%$$

gdzie: D_1 – masa lejka po suszeniu [g],

I_1 – masa lejka po wyprażeniu [g],

W – naważka [g],

$$\% \text{ błonnika rozpuszczalnego} = (D_2 - I_2) / W \times 100\%,$$

gdzie: D_2 – masa lejka po suszeniu [g],

I_2 – masa lejka po wyprażeniu [g],

W – naważka [g].

4.2.18. Oznaczenie liczby opadania w mące

Oznaczenie wykonano wg *PN – ISO 3093. Zboża. Oznaczenie liczby opadania* oraz wg *PN – EN – ISO 3093. 2007. Pszenic, żyto i mąki z nich uzyskane. Pszenica durum i semolina. Oznaczenie liczby opadania zgodnie metoda Hagberga – Pertena*. W tym celu użyto aparatu Falling Number 1400 firmy Perten Instruments (Falling Number 1400..., 1996).

4.2.19. Ocena amylograficzna mąki

Oznaczenie wykonano przy użyciu amylografu Brabendera (Mod. No. 800145) z elektroniczną kontrolą temperatury (ICC Standard No. 126. Brabender[®] OHG Duisburg 1992. Instrukcja obsługi amylografu Brabendera z elektroniczną kontrolą temperatury). Podczas wykonywania analizy korzystano z *PN – ISO 7973. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie lepkości mąki*. Oznaczenie wykonano w dwóch równoległych próbach.

4.2.20. Oznaczenie stopnia uszkodzenia skrobi w mące

Oznaczenie wykonano metodą jodometryczną przy użyciu aparatu RAPID FT firmy TRIPETTE – RENAUD zgodnie z instrukcją obsługi aparatu Rapid FT/ SDMATIC, 2004, Chopin, Tripette & Renaud, France. Oznaczenie wykonano w dwóch równoległych próbach. Wyniki podano w jednostkach UCD.

4.2.21. Oznaczenie zawartości białka ogółem w mące

Oznaczenie wykonano metodą Kjeldahla wg *PN – 75 – A – 04018. Produkty rolniczo – żywnościowe, Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko*. Zastosowano współczynnik przeliczeniowy azotu na białko 5,7.

4.2.22. Określenie wydajności glutenu mokrego w mące

Oznaczenie wykonano wg *PN – 93 – A – 74042/03. Oznaczenie glutenu mokrego. Mąka pszenna*. Badanie wykonano za pomocą zestawu, w skład którego wchodziła miesiarka typ: SZ – 1, glutownik mechaniczny typ: SŻ – 1 oraz wirówka typ: SŻ (Sadkiewicz[®] Instruments) (Sadkiewicz i in., 2004).

4.2.23. Oznaczenie liczby sedymentacji w mące

Oznaczenie liczby sedymentacji wykonano wg *PN – ISO 5529. Pszenica. Oznaczenie wskaźnika sedymentacyjnego, Test Zeleny’ego*. W tym celu wykorzystano zestaw urządzeń do badania liczby

sedymencie (wyrząsarka typ SWD – 89, pulpit pomiarowy typ SWD – 89) (Sadkiewicz[®] Instruments) (Sadkiewicz i in., 2004).

4.2.24. Badanie cech reologicznych ciasta

Badanie cech reologicznych ciasta przeprowadzono wykorzystując Uniwersalną Maszynę Testującą Instron 4301 (USA), wg metodyki opisanej przez Majewską i in. (2000). W analizie stosowano komorę ekstruzyjną OTMS (Ottawa Texture Measuring System) o powierzchni przekroju 50 cm² i dnie perforowanym (sitowym). Ciasto do badań (o wydajności 165%) przygotowano w młynarce laboratoryjnej typ GM – 2 (Sadkiewicz[®] Instruments) (Sadkiewicz i in., 2004). Temperatura ciasta, czas jego mieszenia (7 min) oraz prędkość obrotów miesideł były stałe. Z uzyskanego ciasta przygotowano dwie próbki, umieszczano je po kolei w komorze OTMS i przetłaczano przez dno sitowe. Temperatura pomiaru wynosiła 20°C, a wilgotność względna pomieszczenia, w którym znajdował się Instron wynosiła 60%.

Parametry testu były następujące:

- ✓ masa próbki: 250 g ciasta pszennego,
- ✓ komora ekstruzyjna OTMS (Ottawa Texture Measuring System),
- ✓ zakres obciążeń głowicy: 0 – 1000 N,
- ✓ prędkość wytłaczania ciasta: 50 mm / min.

Charakterystyczne parametry powstałych krzywych wytłaczania to:

- ✓ *wytrzymałość ciasta na ściskanie* F_w [N] – siła niezbędna do osiągnięcia przez ciasto granicy plastycznego odkształcenia (spoistość),
- ✓ *odkształcenie* (przesunięcie) d_w [mm] – odpowiadające wytrzymałości ciasta na ściskanie,
- ✓ *zwięzłość (ściśliwość) ciasta* F_z [N/mm] – iloraz siły F_w i odpowiadającego jej przesunięcia d_w ,
- ✓ *maksymalna siła wytłaczania ciasta* F_{max} [N] – maksymalna siła potrzebna do wytłoczenia próbki ciasta,
- ✓ *energia wytłaczania ciasta* E_{max} [J] – praca wytłaczania ciasta.

Oznaczenie wykonano w trzech równoległych próbach. Uzyskane wyniki badań analizowano za pomocą oprogramowania INSTRON IX SERIES Automated Materials Testing System, version 8.04.

Do późniejszej analizy w pracy wykorzystano jedynie wybrane mierzone parametry.

4.2.25. Próbny wypiek laboratoryjny

Próbny wypiek wykonano metodą bezpośrednią zróżnicowaną Zakładu Badawczego Przemysłu Piekarskiego opisaną przez Horubałową i Habera (1994). Został on przeprowadzony przy pomocy zestawu urządzeń do próbnych wypieków laboratoryjnych (Sadkiewicz[®] Instruments), tj.: młynarki typ GM – 2, laboratoryjnego pieca piekarskiego typ PL – 10, wyposażonego w komorę fermentacyjną i komorę wypiekową oraz aparatu Sa – Wy do oznaczania objętości pieczywa (Sadkiewicz i in., 2004).

Składniki ciasta pszennego:

- ✓ *Mąka* – naważkę mąki o oznaczonej wilgotności, odpowiadającą 350 g mąki o wilgotności 15% obliczono wg wzoru:

$$x = (S \times 100) / (100 - w),$$

gdzie:

x – szukana naważka badanej mąki o oznaczonej wilgotności [g],

s – zawartość suchej masy w 350 g mąki o wilgotności 15% (295 g) [g],

w – wilgotność mąki [%].

- ✓ *Woda* – ilość wody potrzebnej do uzyskania ciasta o wydajności 165%, zwiększono lub zmniejszono o tyle cm^3 , o ile gramów mąki zużyto mniej lub więcej w stosunku do 350 g mąki o wilgotności 15%,
- ✓ *Drożdże prasowane*: 3% w stosunku do ilości mąki, przygotowane w postaci zawiesiny w ok. 50 cm^3 wody (z ogólnej ilości wody),
- ✓ *Sól*: 1% w stosunku do ilości mąki, rozpuszczona w ok. 30 cm^3 wody (z ogólnej ilości wody).

Warunki przeprowadzania wypieku:

- ✓ Temperatura ciasta: $31 \pm 1^\circ\text{C}$ – żądaną temperaturę ciasta uzyskano przez dodanie wody o odpowiedniej temperaturze, którą obliczono ze wzoru:

$$t_w = t_c + n + [(t_c - t_m) \times m \times 0,4] / w,$$

gdzie:

t_w – szukana temperatura wody [$^\circ\text{C}$],

t_c – żądana temperatura ciasta [$^\circ\text{C}$],

t_m – temperatura mąki [$^\circ\text{C}$],

m – ilość mąki [g],

$0,4$ – ciepło właściwe mąki [kcal/kg],

w – ilość wody [cm^3],

n – współczynnik korekty (w okresie lata $n = 1$, w okresie wiosny i jesieni $n = 2$, w okresie zimy $n = 3$).

- ✓ Temperatura fermentacji ciasta: 32°C ,
- ✓ Wilgotność względna powietrza w komorze fermentacyjnej: 75 – 80%,
- ✓ Czas fermentacji ciasta: 120 min z ręcznym przebicciem ciasta po 80 min (1 min),
- ✓ Dzielenie i formowanie ciasta ręcznie,
- ✓ Masa uformowanego kęsa: 250 g
- ✓ Fermentacja końcowa ciasta i wypiek w foremkach,
- ✓ Temperatura fermentacji końcowej ciasta: 35°C ,
- ✓ Czas rozrostu końcowego ciasta: do uzyskania pełnej dojrzałości,
- ✓ Temperatura wypieku: 230°C ,
- ✓ Czas wypieku: 30 min.

Wykonanie próbnego wypieku laboratoryjnego z mąki pszennej

Ciasto do wypieku sporządzono metodą jednofazową przygotowując próbki o wydajności 165% w miksarce laboratoryjnej typu GM – 2 przy zachowaniu stałych warunków wyrabiania ciasta (temperatura, prędkość obrotów mieszadeł, czas mieszenia). Sporządzone ciasto wstawiono do komory fermentacyjnej (na 120 min), a po 80 minutach przerwano fermentację w celu dokonania przebiecia ciasta, po czym ponownie wstawiono do komory fermentacyjnej. Po zakończeniu fermentacji ciasto zważono, a z otrzymanej masy odważono dwa kęsy i uformowano z nich bochenki, które umieszczono w foremkach. Fermentację końcową kęsów w foremkach prowadzono do uzyskania pełnej dojrzałości ciasta. Następnie, wyrośnięte bochenki (uprzednio zwilżone wodą) wstawiono do nagrzanego pieca, a komorę wypiekową zaparowano. Po upieczeniu i wyjęciu chlebków z pieca i zwilżeniu ich powierzchni, zważono je na wadze technicznej. Pieczywo pozostawiano do wystygnięcia w temperaturze pokojowej. Wypiek wykonano w dwóch równoległych próbach.

Pieczywo ostudzone ponownie zważono, następnie na podstawie danych uzyskanych podczas wypieku obliczono następujące parametry:

✓ *Wydajność ciasta* [%]:

$$\text{Wydajność ciasta (w)} = (a \times 100) / m,$$

gdzie:

a – masa ciasta po fermentacji [g],

m – masa użytej do wypieku mąki o wilgotności 15% [g],

✓ *Stratę piecową (upiek)* [%]:

$$\text{Strata piecowa} = (a - b) \times 100 / a,$$

gdzie:

a – masa kęsa uformowanego do wypieku [g],

b – masa pieczywa gorącego [g],

✓ *Stratę piecową całkowitą* [%]:

$$\text{Strata piecowa całkowita} = (a - c) \times 100 / a,$$

gdzie:

a – masa ciasta uformowanego do wypieku [g],

c – masa pieczywa ostudzonego [g]

✓ *Wydajność pieczywa (przypiek)* [%]:

$$\text{Wydajność pieczywa} = c \times w / a,$$

gdzie:

a – masa ciasta uformowanego do wypieku [g],

c – masa pieczywa ostudzonego [g],

w – wydajność ciasta [%].

Do późniejszej analizy w pracy wykorzystano jedynie wybrane mierzone parametry.

4.2.26. Ocena organoleptyczna oraz fizykochemiczna uzyskanego pieczywa

Otrzymany chleb został poddany komisyjnej ocenie organoleptycznej wg normy PN – A – 74108. *Pieczywo. Metody badań*. Wykwalifikowany zespół oceniający (15 osób) miał za zadanie przeprowadzić ocenę punktową pieczywa, badając również wyróżniki jakości pieczywa, takie jak: wygląd zewnętrzny pieczywa, skórka (barwa, grubość oraz pozostałe cechy), miękisz (elastyczność, porowatość, porowatość wg Dallmana i pozostałe cechy) oraz smak i zapach. Poziomy jakości pieczywa zostały określone na podstawie naliczonej ilości punktów przyznanych zgodnie z właściwościami wyróżników jakości pieczywa. Sumaryczna liczba punktów (i odpowiadający jej poziom jakości pieczywa) została przedstawiona jako średnia arytmetyczna wyników poszczególnych (15) ocen.

Oznaczenie objętości pieczywa

Objętość pieczywa oznaczono za pomocą aparatu Sa – Wy wg PN – A – 74108. *Pieczywo. Metody badań*. Po wyzerowaniu aparatu umieszczono bochenek w pojemniku i po jego zamknięciu obrócono część pomiarową o 180°. Po pełnym przesypaniu nasion, przy użyciu suwaka odczytano na skali objętość pieczywa w cm³. Objętość pieczywa w cm³ przeliczono na 100 g mąki wg wzoru:

$$V_{100} = (v \times w) / a,$$

gdzie:

V_{100} – objętość pieczywa ze 100 g mąki [cm³],

v – objętość pieczywa [cm³],

w – wydajność ciasta [%],

a – masa ciasta uformowanego do wypieku [g].

Oznaczenie wykonano w czterech równoległych próbach dla każdego bochenka.

Oznaczenie wilgotności miękiszu pieczywa

Oznaczenie wilgotności miękiszu wykonano metodą suszarkową wg PN – A – 74108. *Pieczywo. Metody badań*.

Określenie ściśliwości miękiszu pieczywa

Ściśliwość miękiszu określono, stosując test jednoosiowego pojedynczego ściskania między płytkami (kowardło ściskające typ 2830 – 011), z wykorzystaniem Uniwersalnej Maszyny Testującej Instron 4301 (USA) z oprogramowaniem INSTRON IX SERIES Automated Materials Testing System, version 8.04., wg metodyki opracowanej przez Skibniewską i in. (2003). Podczas testu kowardło ściskające przesuwało się z prędkością 50 mm/min, a założone odkształcenie próbek miękiszu wynosiło 50%. Próbkę miękiszu (kostka o wymiarach 20 x 20 x 20 mm) wycinane były zawsze ze środkowej części chlebka, do każdego pomiaru używano nowego wycinka miękiszu. Pomiar wykonano w czterech próbach dla każdego bochenka. Rejestrowano wytrzymałość miękiszu na ściskanie F_s do założonego odkształcenia oraz maksymalną energię ściskania miękiszu chleba E_s . Na podstawie danych określono ściśliwość miękiszu, będącą ilorazem wytrzymałości miękiszu na

ściskanie F_s i przesunięcia d_s , tzn. drogi, jaką przebyło kowadło ściskające do momentu uzyskania przez próbkę 50% odkształcenia.

Do późniejszej analizy w pracy wykorzystano jedynie wybrane parametry charakteryzujące ściśliwość miększu badanego pieczywa.

4.3. Analiza statystyczna wyników

Analiza statystyczna wyników obejmowała metody wykorzystywane do porównywania kilku populacji (analiza wariancji), określono korelacje pomiędzy wybranymi parametrami oraz przeprowadzono analizę skupień. Jednak w pierwszej kolejności dla wszystkich otrzymanych wyników wyznaczono średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe.

ANOVA

W początkowym etapie analizy statystycznej danych zweryfikowano wcześniej zaprezentowane hipotezy zerowe. W tym celu przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ dla wszystkich wartości cząstkowych mierzonych parametrów dla poszczególnych odmian pszenic (odrębnie w latach).

Podczas przeprowadzania analizy ANOVA oblicza się następujące parametry: sumę kwadratów pomiędzy grupami, liczbę stopni swobody pomiędzy grupami, średnie kwadraty pomiędzy grupami, sumę kwadratów wewnątrzgrupową, liczbę stopni swobody wewnątrz grup, średnią sumę kwadratów wewnątrz grup, wartość testu F (Fishera – Scendecora) oraz poziom prawdopodobieństwa p .

W przypadku nie stwierdzenia istotnych różnic pomiędzy średnimi (poziom prawdopodobieństwa $p > 0,05$), podjęto decyzję o nieodrzuconiu hipotezy zerowej. Z kolei, w sytuacji, kiedy stwierdzono istotne różnice pomiędzy średnimi mierzonych parametrów (poziom prawdopodobieństwa $p < 0,05$), podjęto decyzję o odrzuceniu hipotezy zerowej i przyjęciu hipotezy alternatywnej. Następnie w celu określenia, która z porównywanych odmian (populacji) była odpowiedzialna za odrzucenie hipotezy zerowej, przeprowadzono dokładniejszą analizę różnic między poszczególnymi grupami, wykorzystując test post – hoc (test wielokrotnych porównań), tj. test oparty na studentyzowanym rozstępie, umożliwiający grupowanie średnich – test Tukey’a. Test Tukey’a został wybrany (spośród pozostałych podobnych testów) ze względu na optymalną czułość, dużą konserwatywność i niskie prawdopodobieństwo popełnienia błędu I rodzaju (Stanisz, 2006, 2007a).

Korelacje

Przeprowadzono również analizę związków korelacyjnych (korelacja cząstkowa) pomiędzy poszczególnymi wartościami średnimi badanych parametrów (scalono dane z dwóch lat dla poszczególnych odmian i rodów hodowlanych – formy ozime 2005 i 2006 oraz formy jare 2006 i 2007), dokonując wcześniej podziału na dwie grupy (parametry charakteryzujące wartość przemiałową i wartość wypiekową). Analizę wykonano dla parametrów ziarna pszenicy zwyczajnej i pszenicy orkisz oraz otrzymanej z niego mąki. Jednak, jak okazało się, niektóre wartości parametrów jakości dwóch pszenic zwyczajnych spowodowały zaburzenia w korelacji parametrów jakości orkiszu. Tym samym, w celu otrzymania rzetelnych wyników, zdecydowano się na przeprowadzenie

tej analizy jedynie dla ziarna orkiszu i mąki orkiszowej, z wyłączeniem wyników otrzymanych dla pszenic zwyczajnych. W analizie pominięto parametry określające wartość żywieniową mąki orkiszowej oraz jej kwasowość.

W pracy umieszczono jedynie wybrane, istotne współczynniki korelacji, które zdaniem autorki wносиły do pracy ważne informacje.

Ponadto, przy interpretacji wyników wykorzystano następujące kryteria wartości współczynnika korelacji r :

- $r_{xy} = 0$ zmienne nie są skorelowane,
- $0 < r_{xy} < 0,1$ korelacja nikła,
- $0,1 \leq r_{xy} < 0,3$ korelacja słaba,
- $0,3 \leq r_{xy} < 0,5$ korelacja przeciętna,
- $0,5 \leq r_{xy} < 0,7$ korelacja wysoka,
- $0,7 \leq r_{xy} < 0,9$ korelacja bardzo wysoka,
- $0,9 \leq r_{xy} < 1$ korelacja prawie pełna (Stanisz, 2006; Wątroba, 2008).

Analiza skupień

W ostatnim etapie analizy statystycznej przeprowadzono analizę skupień. Celem tej analizy jest podział obiektów na pewną liczbę grup (skupień), tak aby obiekty należące do jednej z grup były jak najbardziej podobne do siebie, pod względem przyjętych do opisu badanych zjawisk.

Podział przeprowadzono na podstawie podobieństwa obiektów. Przedmiotem klasyfikacji był zbiór obiektów, który można zapisać w sposób następujący:

$\Omega = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$, gdzie poszczególnymi elementami zbioru były wybrane parametry jakości.

Zbiór cech przejętych do opisu klasyfikowanych obiektów, został określony po przeanalizowaniu następujących kryteriów analizy skupień:

- przydatność badanych cech,
- zmienność – badane cechy powinny dostatecznie zróżnicować badane elementy,
- korelacja – zbyt silne powiązanie analizowanych cech, powoduje, że są one nośnikiem podobnych informacji, stąd przyjmuje się, że przy wartości współczynnika korelacji $r > 0,7$, dokonuje się wyboru reprezentanta.

Z tego powodu w pierwszej kolejności przeprowadzono analizę korelacji i wybrano cechy (do przeprowadzenia analizy skupień), które istotnie wpływały na badane zjawisko i nie były ze sobą silnie skorelowane. Na tej podstawie do analizy wybrano wartości średnie parametrów badanych pszenic ze zbiorów 2005 roku (formy ozime) i 2007 roku (formy jare) tworząc jeden zbiór danych (celowo pominięto zbiory z 2006 roku ze względu na niektóre próbki ziarna i mąki wykazujące cechy tzw. ukrytego porośnięcia). Poszczególne parametry sklasyfikowano do czterech zbiorów:

- zbiór I – wybrane cechy ziarna decydujące o wartości przemiałowej: masa 1000 ziaren, wyciąg mąki, kompleksowe kryterium efektywności przemiału E%,
- zbiór II – wybrane parametry barwy mąki: a^* , b^* , WI, Z%,
- zbiór III – wybrane pośrednie wyróżniki wartości wypiekowej: zawartość skrobi ogółem, stopień uszkodzenia skrobi, liczba opadania, początkowa temperatura kleikowania skrobi

T_p , zawartość białka ogółem, wydajność glutenu mokrego, liczba sedymentacji wg Zeleny'ego,

- zbiór IV – wybrane cechy reologiczne ciasta oraz parametry wypieku laboratoryjnego: zwięzłość ciasta, wydajność ciasta, czas rozrostu końcowego ciasta, całkowita strata piecowa, wydajność pieczywa, objętość pieczywa ze 100 g mąki, wilgotność miększu chleba, wytrzymałość miększu na ściskanie, maksymalna energia ściskania miększu chleba.
- zbiór V – łączył wszystkiej wyżej wymienione parametry.

Zgromadzone powyższe dane wejściowe wyrażone były w różnych jednostkach i miały różną zmienność. W celu ich ujednoczenia (w pierwszej kolejności) przeprowadzono normalizację analizowanych zmiennych. Standaryzacja danych powoduje wyrównanie dyspersji i poziomu wartości cechy. Tym samym, wariancje zmiennych są równe 1, a średnie arytmetyczne 0, co powoduje, że każda zmienna wpływa jednakowo na ostateczny wynik analizy.

Podczas przeprowadzania analizy skupień wykorzystano hierarchiczną technikę aglomeracji, korzystając z metody średnich połączeń. W metodzie tej odległość pomiędzy dwoma skupieniami oblicza się za pomocą średniej arytmetycznej wyznaczonej ze wszystkich odległości obiektów należących do dwóch różnych skupień. Metoda ta jest efektywna, gdy obiekty formują naturalne skupienia, jak również mają charakter „łańcucha”. Wykorzystaną w analizie funkcją odległości była odległość euklidesowa (Kunasz, 2006; Stanisław, 2006, 2007a,b; Wojnar, Cichońska, 2008; Chorkowy, Drymluch, 2008; Wątroba, 2008; Żemojtel, Boguszewski, 2009).

Analiza statystyczna danych została przeprowadzona przy użyciu programu STATISTICA 7.1.

5. Omówienie i dyskusja wyników badań

5.1. Warunki pogodowe podczas uprawy ziarna badanych odmian orkiszu

Analiza porównawcza wyników uzyskanych podczas prac laboratoryjnych wykazała, że wartości (szczególnie niektórych parametrów) otrzymane w 2006 roku, są znacząco różne od danych uzyskanych w 2005 i 2007 roku. Z tego względu podjęto decyzję o przeanalizowaniu warunków pogodowych w latach, w których były uprawiane badane pszenice (w rejonie ich uprawy).

Powszechnie wiadomo, że warunki pogodowe mają istotny wpływ na wzrost i ostateczny wygląd roślin. Okazuje się, że przy wyższej temperaturze powietrza wzrost roślin jest wzmożony, natomiast obniżenie temperatury powoduje spowolnienie wzrostu. Z kolei, woda potrzeba jest roślinie przez cały okres wegetacji, a głównym jej źródłem są opady atmosferyczne.

Jednak w pewnych fazach rozwojowych, do wzrostu potrzebne są większe ilości wody, a w innych, nadmierne opady są niewskazane. Niedobór wody w tzw. okresach krytycznych może istotnie wpłynąć na plonowanie. W polskich warunkach na brak wody w maju najbardziej wrażliwe są zboża ozime (szczególnie w fazach rozwoju rośliny: strzelenie w źdźbło do kwitnienia). Z kolei, zboża jare są najmniej odporne od połowy maja do połowy czerwca. Nadmiar wody również jest niekorzystny, tj., może zaburzać procesy fizjologiczne, być przyczyną chorób i utrudniać zbiory (Grzebisz, 2008).

Wśród pszenic wyróżnia się formę ozimą i jarą. Jak wiadomo, okres wegetacyjny pszenicy jarej odbywa się w jednym sezonie wegetacyjnym, natomiast pszenice ozime początkowe fazy rozwojowe przechodzą na jesieni, wchodząc w okres zimowy jeszcze przed rozkrzewieniem, w trakcie lub po rozkrzewieniu. W przypadku pszenic ozimych wysoka temperatura w okresie krzewienia powoduje nadmierny rozwój, ograniczając tworzenie nowych źdźbeł i obniżając plony. Wysoka temperatura w czasie strzelenia w źdźbło i kwitnienia powoduje, że roślina nie wyrasta za wysoko, natomiast nadmiar wody powoduje intensywny wzrost i w konsekwencji wyleganie. Gorący początek lata może powodować pogorszenie jakości ziarna. Dla korzystnego rozwoju i wzrostu ziarniaka czerwiec powinien dość wilgotny i chłodny. Tym samym suchy, gorący czerwiec i lipiec może powodować pogorszenie plonów, szczególnie pszenicy ozimej. Dochodzi wtedy do przedwczesnego żółknięcia źdźbeł, zasychania ziarna, co utrudnia zbiór ze względu na małe wymiary ziarniaków. Natomiast w czasie kłoszenia i dojrzewania ziarniaków nadmiar wody jest wskazany, niestety jednocześnie może powodować wyleganie.

W przypadku pszenic jarych niebezpieczeństwo pogorszenia plonów związane jest nadmiarem wody w czasie strzelenia w źdźbło i kłoszenia, choć okazuje się, że w latach mokrych pszenice te dają wysokie plony. Natomiast w okresie dojrzewania ziarniaków długotrwałe i wysokie temperatury powodują gorszy rozwój ziarniaka i ograniczają plonowanie (Gąsiorowski, 2004a).

Powyższy wstęp był niezbędny, w celu wyjaśnienia zależności, jakie zauważono w czasie analizowania danych uzyskanych podczas realizacji pracy badawczej.

Jak wynika z poniższej tabeli (**Tabela 18**), najbardziej niekorzystnymi warunkami pogodowymi cechował się rok 2006. Wiadomo, że dla pszenicy korzystny jest wilgotny maj, czerwiec

i lipiec (fazy: strzelenie w źdźbło, kłoszenie, kwitnienie), choć nadmiar opadów powoduje pogorszenie plonów.

Tabela 18. Dane agrometeorologiczne (Rolnictwo w 2006; 2007; 2008 roku; Rocznik statystyczny rolnictwa..., 2007; 2008).

Miasto	Parametr	Rok	Miesiąc												
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Olsztyn	Temperatura powietrza [°C]	2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,1	9,2	2,9	1,5
		2005	0,6	3,8	1,2	7,7	12,4	15,0	19,2	16,4	15,0	8,3	3,0	-1,0	
		2006	-8,3	3,2	1,7	7,4	12,8	16,2	21,1	17,3	15,3	10,1	5,2	4,4	
		2007	2,7	-2,5	6,0	7,7	14,0	17,7	17,4	18,1	12,9	7,8	1,3	0,6	
	Suma opadów [mm]	2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	73	42	50
		2005	43	31	40	21	30	26	90	42	61	26	37	72	
		2006	21	29	12	25	80	65	8	152	64	35	97	46	
		2007	122	23	29	23	93	117	122	68	-	-	-	-	
Toruń	Temperatura powietrza [°C]	2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,7	9,9	3,7	1,9
		2005	1,4	-2,0	0,3	8,1	13,1	15,7	20,4	17,3	15,8	9,5	3,4	0,0	
		2006	-8,1	-2,0	-0,8	8,3	13,5	17,4	23,0	17,5	16,3	10,7	6,2	4,6	
		2007	3,9	-0,6	6,2	9,0	14,8	18,8	18,4	18,6	-	-	-	-	
	Suma opadów [mm]	2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	50	32	45
		2005	28	27	29	51	73	22	51	34	17	9	27	93	
		2006	13	32	13	40	52	31	13	156	62	18	43	32	
		2007	83	36	43	19	67	57	165	72	-	-	-	-	

Temperatury powietrza dla większości miesięcy w poszczególnych latach były na podobnym poziomie. Jak okazało się lipiec w Toruniu w 2006 roku był bardzo suchy, w przeciwieństwie do bardzo mokrego sierpnia. Jak wcześniej wspomniano, gorący i suchy początek lata (czerwiec i lipiec) powoduje przedwczesne zasychanie pędów i ziarniaków i w konsekwencji zmniejszenie plonów, a szczególnie wrażliwe na to są pszenice ozime.

Z kolei, pszenice jare, w związku z tym, że nieco później zaczynają wegetację (z racji terminu siewu), nieco później wchodzi w fazę kwitnienia. Z tego powodu w badanym ziarnie mniejszy wpływ (na jego jakość) miał suchy lipiec 2006 roku.

W obydwu przypadkach zbiór w sierpniu był utrudniony (ze względu na deszczowy sierpień), co również wpłynęło na jakość ziarna i otrzymanej z niego mąki, szczególnie formy ozimej.

Ostatecznie, skrajne warunki pogodowe 2006 roku spowodowały pogorszenie niektórych parametrów fizycznych ziarna oraz wpłynęły (w wielu przypadkach) na koncentrację poszczególnych składników chemicznych w ziarnie i mące oraz jej przydatność technologiczną, co zostanie dokładnie omówione w dalszej części pracy.

Należy nadmienić, że rok 2005 (jeśli chodzi o opady i temperaturę) był raczej optymalny. Niska ilość opadów w czerwcu została zrekompensowana bardziej wilgotnym lipcem. Również rok 2007 cechował się dobrymi warunkami pogodowymi – wilgotny maj, czerwiec i lipiec oraz optymalny (do zbiorów) sierpień. Wpłynęło to na dobre wykształcenie ziarna i umożliwiło jego zbiór bez oznak tzw. ukrytego porośnięcia.

5.2. Wybrane składniki chemiczne i wartość odżywcza wysokowyciągowej mąki orkiszowej

Tłuszcz i skład kwasów tłuszczowych

Szeroką grupę związków chemicznych, które występują w niewielkiej ilości w ziarnie i mące, stanowią lipidy. W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się prawidłowemu żywieniu. Jak wiadomo, spożycie tłuszczów nasyconych zwiększa ryzyko zachorowalności na choroby serca, a włączenie do diety tłuszczów polinienasyconych, szczególnie kwasu linolowego oraz linolenowego obniża to ryzyko. Z tego też względu w materiale badawczym oznaczono zawartość tłuszczu ogółem oraz skład kwasów tłuszczowych.

Jak wynika z przeanalizowanych danych, średnia zawartość tłuszczu ogółem w mąkach z ziarna formy ozimej z roku 2005 wahała się w granicach od 1,42 do 2,04% s.m., a w roku 2006 od 1,37 do 2,11% s.m. (**Tabela 19**). Z kolei, w mąkach otrzymanych z ziarna jarego, zawartość tego składnika mieściła się w zakresie od 1,60 do 1,92% s.m. (zbiory 2006) oraz od 1,45 do 1,56% s.m. (zbiory 2007) (**Tabela 20**). Jak okazało się, w większości przypadków, mąka orkiszowa cechowała się wyższą zawartością tłuszczu w porównaniu do mąki otrzymanej z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka*. Najbardziej stabilną pod względem zawartości omawianego składnika okazała się odmiana orkiszowa *Ostro*. Z kolei, mąka z ziarna orkiszowego odmiany *Holstenkorn*, charakteryzowała się najwyższą (spośród wszystkich badanych mąk) zawartością tłuszczu, co mogło być związane z najwyższą popiołowością tej mąki.

W przypadku mąk z ziarna jarego widać wyraźny wpływ warunków uprawy na wartość omawianego parametru, tj. w 2007 roku zawartość tłuszczu ogółem w mąkach z ziarna jarego była znacznie niższa niż w roku poprzednim (2006). Jednak porównując wszystkie uzyskane wyniki dla mąki z ziarna form ozimych i jarych nie można jednoznacznie stwierdzić, że zawartość tłuszczu zwiększa się lub zmniejsza w zależności od warunków wegetacyjnych. Wydaje się raczej, że wartość tego parametru jest zależna od formy odmianowej, w przeciwieństwie do składu kwasów tłuszczowych.

Literatura podaje, że zawartość lipidów jest związana z twardością ziarna, tzn. z reguły pszenice twarde charakteryzują się wyższą zawartością tłuszczu ogółem w porównaniu do pszenic miękkich, niezależnie od użytego do przemiału młyna (Konopka, Rotkiewicz, 2000; Prabhasankar, Rao, 2001; Gąsiorowski, 2004a). Jednak w przypadku badanych odmian ziarna orkiszowego i pszenicy zwyczajnej nie zauważono powyższej zależności.

Nienasycone kwasy tłuszczowe obecne w ziarnie i mące, należą do związków chemicznych, które zawierają w łańcuchu węglowym przynajmniej jedno wiązanie podwójne. Analiza składu kwasów tłuszczowych w badanych mąkach wykazała, że dominującym kwasem tłuszczowym był kwas linolowy. Jednak we wszystkich badanych mąkach orkiszowych było go istotnie mniej (55,6 – 59,6% – zbiory 2005 – 2007) niż w mąkach uzyskanych z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka* (60,7 – 61,9%). Zawartość tego kwasu w mąkach wzorcowych (*Korweta* i *Torka*) oraz w mąkach orkiszowych otrzymanych z ziarna formy jarej była stabilna w dwóch latach zbiorów, w przeciwieństwie do mąki z ziarna ozimego (w drugim roku zbiorów, 2006), która charakteryzowała się niższą zawartością kwasu linolowego w porównaniu z rokiem poprzednim (zbiory 2005).

Tabela 19. Zawartość tłuszczu i skład kwasów tłuszczowych wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Zawartość tłuszczu ogółem		Zawartość kwasu palmitynowego C _{16:0}		Zawartość kwasu stearynowego C _{18:0}		Zawartość kwasu oleinowego C _{18:1}		Zawartość kwasu linolowego C _{18:2}		Zawartość kwasu linolenowego C _{18:3}	
	% s.m.		%		%		%		%		%	
	rok		rok		rok		rok		rok		rok	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<i>Korweta</i>	1,42 ^a	1,54 ^{a,b}	19,9 ^{a,b}	16,8 ^a	0,4 ^a	1,1 ^a	14,2 ^a	14,8 ^a	61,9 ^a	61,9 ^a	3,6 ^a	4,6 ^a
<i>Ceralio</i>	1,52 ^a	1,37 ^a	20,8 ^a	17,3 ^a	0,3 ^a	1,2 ^a	17,5 ^b	18,9 ^b	58,9 ^b	58,4 ^b	2,5 ^a	3,9 ^b
<i>Schwabenkorn</i>	1,79 ^b	1,64 ^{a,b}	19,0 ^a	16,7 ^a	0,4 ^a	1,3 ^a	20,6 ^c	21,4 ^c	57,3 ^b	56,4 ^{b,c}	2,7 ^a	3,3 ^c
<i>Frankenkorn</i>	1,71 ^b	1,67 ^{a,b}	18,3 ^{a,c}	16,5 ^a	0,4 ^a	1,1 ^a	19,9 ^c	21,1 ^c	59,4 ^{a,b}	57,1 ^{b,c}	2,0 ^a	3,4 ^c
<i>Holstenkorn</i>	2,04 ^c	2,11 ^c	17,2 ^{b,c}	13,6 ^b	0,4 ^a	1,1 ^a	20,3 ^c	23,1 ^c	59,6 ^{a,b}	57,7 ^{b,d}	2,6 ^a	3,5 ^c
<i>Schwabenspelz</i>	1,84 ^b	1,69 ^{a,b}	17,1 ^c	15,6 ^{a,b}	0,3 ^a	1,0 ^a	20,6 ^c	22,1 ^c	57,3 ^b	57,1 ^{b,e}	3,2 ^a	3,4 ^c
<i>Ostro</i>	1,84 ^b	1,84 ^{b,c}	17,3 ^{b,c}	16,4 ^a	0,3 ^a	1,1 ^a	21,1 ^c	22,5 ^c	58,3 ^b	55,6 ^{c,e}	3,1 ^a	3,4 ^c
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	1,77 ^b	1,87 ^{b,c}	16,8 ^c	16,5 ^a	0,4 ^a	1,3 ^a	21,2 ^c	22,0 ^c	59,1 ^{a,b}	56,6 ^{c,d,e}	2,5 ^a	3,2 ^c

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Tabela 20. Zawartość tłuszczu i skład kwasów tłuszczowych wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/ród hodowlany	Zawartość tłuszczu ogółem		Zawartość kwasu palmitynowego C _{16:0}		Zawartość kwasu stearynowego C _{18:0}		Zawartość kwasu oleinowego C _{18:1}		Zawartość kwasu linolowego C _{18:2}		Zawartość kwasu linolenowego C _{18:3}	
	% s.m.		%		%		%		%		%	
	rok		rok		rok		rok		rok		rok	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
<i>Torka</i>	1,60 ^a	1,48 ^a	16,5 ^a	17,6 ^a	1,2 ^a	0,8 ^a	15,9 ^a	16,5 ^a	60,7 ^a	60,8 ^a	4,8 ^a	4,4 ^a
<i>UWM – 10</i>	1,92 ^b	1,49 ^a	15,5 ^b	20,3 ^b	1,2 ^a	1,0 ^b	21,7 ^b	17,6 ^{a,b}	57,1 ^b	57,6 ^b	3,5 ^b	3,6 ^a
<i>UWM – 11</i>	1,92 ^b	1,45 ^a	16,7 ^a	19,4 ^c	0,9 ^a	0,9 ^c	20,2 ^c	18,5 ^b	57,6 ^c	57,6 ^b	3,4 ^c	3,7 ^a
<i>UWM – 12</i>	1,80 ^b	1,56 ^b	16,2 ^a	19,5 ^c	1,1 ^a	0,8 ^d	20,5 ^{b,c}	18,7 ^b	57,5 ^{b,c}	56,3 ^c	3,9 ^d	3,7 ^a

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Natomiast zawartość kwasu palmitynowego w badanych mąkach orkiszowych otrzymanych z ziarna ozimego była na poziomie od 17,1% do 20,8% (zbiory 2005), a w roku 2006 wartość tego parametru wahała się w granicach od 13,6% do 17,3% i była wyraźnie niższa w porównaniu do poprzedniego roku zbiorów. Z kolei, w przypadku mąki z ziarna form jarych zawartość kwasu palmitynowego była na poziomie od 15,5% do 16,7% (zbiory 2006) oraz od 17,6% do 20,3% (zbiory 2007) i w drugim roku zbiorów była wyraźnie wyższa. Mogło to być związane z warunkami pogodowymi w 2006 roku. W przypadku koncentracji kwasu palmitynowego widać wyraźny wpływ warunków wegetacyjnych na wartość tego parametru, tzn. stresy pogodowe spowodowały obniżenie zawartości tego składnika.

Z punktu żywieniowego istotna jest jak najwyższa zawartość kwasu oleinowego w mące. Jak okazało się badane mąki orkiszowe (w większości przypadków) charakteryzowały się istotnie wyższą (17,5 – 23,1%) zawartością kwasu oleinowego w porównaniu do mąki z ziarna odmian *Korweta* i *Torka* (14,2 – 16,5%) – zbiory 2005 – 2007. Trudne warunki pogodowe w 2006 roku, korzystnie wpłynęły na zawartość tego kwasu w mące, co najprawdopodobniej było związane ze stresami środowiskowymi.

Zawartość kwasu linolenowego w mąkach orkiszowych była (w większości przypadków) istotnie niższa w porównaniu do mąki otrzymanej z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka*. Dodatkowo, zauważono wyraźny wpływ warunków podczas wegetacji na koncentrację tego składnika w mąkach orkiszu ozimego i ozimej pszenicy zwyczajnej, w przeciwieństwie do form jarych orkiszu i pszenicy zwyczajnej.

W najmniejszej ilości w badanych mąkach występował kwas stearynowy. Nie mniej jednak, mąka uzyskana z ziarna ozimego ze zbiorów 2006 zawierała prawie trzykrotnie więcej tego kwasu (1,0 – 1,3%) w porównaniu do jego zawartości w mące z poprzedniego roku zbiorów (0,3 – 0,4%). W przypadku mąk z ziarna jarego zawartość kwasu stearynowego w roku 2006 również była na wyższym poziomie w porównaniu do koncentracji tego składnika w kolejnym roku zbiorów (2007), choć różnica w zawartości nie była tak duża, jak w przypadku badanych mąk z ziarna ozimego.

Na podstawie tych wyników stwierdzono, że warunki wegetacyjne w roku 2006 miały istotny wpływ na skład kwasów tłuszczowych mąki, ale dotyczy to szczególnie mąki z ziarna orkiszu ozimego, a w mniejszym stopniu mąki z pszenicy wzorcowej odmiany *Korweta*. Niekorzystne warunki pogodowe spowodowały obniżenie zawartości kwasu linolowego i palmitynowego, a zwiększenie zawartości kwasu oleinowego, linolenowego oraz stearynowego. Podobne zależności można zauważyć w przypadku mąki z ziarna jarego, przyjmując założenie, że rok 2007 charakteryzował się lepszymi warunkami pogodowymi. Należy jednak dodać, że różnice te są znacznie mniejsze, stąd można stwierdzić, że pszenice jare są mniej podatne na warunki pogodowe (podczas wegetacji) w porównaniu do pszenic ozimych, co w konsekwencji rzutuje na poziom zawartości kwasów tłuszczowych.

Niektórzy badacze podają, że zawartość tłuszczu w ziarnie oraz skład kwasów tłuszczowych w dużym stopniu zależy od gatunku i odmiany zboża, jak również od warunków klimatycznych i uprawowych, co potwierdzają wyniki niniejszej pracy. Wysoka temperatura i mała ilość opadów wpływa na obniżenie zawartości tłuszczu i stopnia nasycenia kwasów tłuszczowych w ziarnie

pszenicy zwyczajnej (Konopka, Rotkiewicz, 2000; Prabhasankar, Rao, 2001; Gąsiorowski, 2004a), co nie jest regułą w przypadku orkiszu.

Prabhasankar i Rao (1999; 2001) stwierdzili, że zawartość tłuszczu w mące, skład kwasów tłuszczowych oraz ich wzajemne proporcje w dużym stopniu są zależne od twardości ziarna, sposobu przemiału (rodzaj użytego młyna) oraz typu uzyskiwanej mąki. Z reguły miękkie pszenice zwyczajne (i otrzymana z nich mąka) cechują się niższą zawartością kwasu palmitynowego, oleinowego i linolenowego, a wyższą linolowego, co nie jest prawdą w przypadku badanych mąk orkiszowych.

Jak wynika z danych literaturowych, w większości przypadków jasna i ciemna mąka orkiszowa cechowały się wyższą zawartością tłuszczu w porównaniu do analogicznych mąk otrzymanych z ziarna pszenicy zwyczajnej. Może to wynikać z wyższego udziału zarodka lub/i warstwy aleuronowej w ziarnie orkiszu (Abdel – Aal i in., 1995; Marconi i in., 1999; Moudrý, Dvořáček, 1999; Ruibal – Mendieta i in., 2002; Ruibal – Mendieta i in., 2005; Čertík i in., 2006; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007). Otrzymane w niniejszej pracy wyniki, w porównaniu z danymi literaturowymi, są na podobnym poziomie.

Skład kwasów tłuszczowych w analizowanych mąkach jest również porównywalny z danymi podawanymi w literaturze (Grela, 1996; Ranhotra i in., 1996; Piergiovanni i in., 1996; Moudrý i Dvořáček, 1999; Gąsiorowski, 2004a; Ruibal – Mendieta i in., 2004a, 2004b, 2005; Čertík i in., 2006; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007).

Błonnik pokarmowy i skrobia oporna

Zboża i otrzymana z ziarna mąka stanowiąc podstawę jadłospisu przeciętnego konsumenta, są cennym źródłem błonnika pokarmowego. Literatura jednak podaje różne zakresy tego składnika w mące orkiszowej, stąd w niniejszej pracy oznaczono również zawartość błonnika ogółem oraz jego frakcje.

Analiza porównawcza badanej mąki wykazała, że zawartość błonnika ogółem w mąkach otrzymanych z ziarna ozimego mieściła się w zakresie od 9,1 do 11,8% s.m. (zbiory 2005) oraz od 7,0 do 8,7% s.m. (zbiory 2006) (**Tabele 21 i 22**). Z kolei, w mąkach uzyskanych z ziarna jarego zawartość tego składnika była na poziomie od 8,1 do 9,1% s.m. (zbiory 2006), a w 2007 roku było go więcej (10,1 – 12,0% s.m.).

Badane mąki otrzymane z ziarna ozimego ze zbiorów 2005 i 2006 cechowały się w większości przypadków wyższą zawartością frakcji rozpuszczalnej (błonnika pokarmowego) w porównaniu do mąki otrzymanej z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta*. Z kolei, zawartości frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej w mące otrzymanej z jarego ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* były na zbliżonym poziomie. Warto dodać, że mąki otrzymane z ziarna form jarych w porównaniu do mąk otrzymanych z ziarna ozimego charakteryzowały się niższą zawartością błonnika ogółem, ale jednocześnie wyższym udziałem frakcji rozpuszczalnej.

Tabela 21. Zawartość błonnika ogółem i jego frakcji (rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej) oraz skrobi amylazoopornej w wysokowyciągowej mące otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Błonnik						Skrobia amylazooporna	
	Ogółem		Rozpuszczalny		Nierozpuszczalny		% s.m.	
	% s.m.		% s.m.		% s.m.		% s.m.	
	rok		rok		rok		rok	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<i>Korweta</i>	10,2 ^a ± 0,1	8,3 ^a ± 0,1	1,9 ^{ab} ± 0,0	1,9 ^{ab,c} ± 0,0	8,2 ^a ± 0,1	6,4 ^{ab,d} ± 0,1	17,8 ^a ± 1,1	16,6 ^a ± 1,2
<i>Ceralio</i>	10,5 ^{ab} ± 0,1	7,0 ^b ± 0,0	2,1 ^{b,c} ± 0,1	2,2 ^c ± 0,1	8,4 ^a ± 0,2	4,9 ^c ± 0,1	28,8 ^{b,c} ± 1,0	23,8 ^b ± 2,5
<i>Schwabenkorn</i>	10,1 ^a ± 0,0	7,2 ^b ± 0,0	1,8 ^a ± 0,0	2,1 ^c ± 0,0	8,3 ^a ± 0,0	5,1 ^c ± 0,0	28,7 ^b ± 1,0	29,1 ^c ± 2,0
<i>Frankenkorn</i>	9,1 ^c ± 0,1	7,3 ^b ± 0,1	1,9 ^a ± 0,1	1,8 ^d ± 0,0	7,3 ^b ± 0,1	5,4 ^d ± 0,2	29,8 ^{b,c} ± 1,6	15,0 ^a ± 0,3
<i>Holstenkorn</i>	10,7 ^{b,d} ± 0,1	8,4 ^a ± 0,0	1,8 ^a ± 0,1	1,7 ^e ± 0,1	8,9 ^c ± 0,0	6,7 ^e ± 0,1	25,1 ^d ± 1,0	36,7 ^d ± 1,3
<i>Schwabenspelz</i>	11,8 ^e ± 0,1	7,5 ^b ± 0,0	1,9 ^a ± 0,5	2,0 ^b ± 0,0	9,8 ^d ± 0,1	5,5 ^b ± 0,0	31,9 ^e ± 1,6	34,8 ^d ± 0,5
<i>Ostro</i>	11,8 ^e ± 0,2	8,4 ^a ± 0,0	2,3 ^d ± 0,0	2,0 ^{ab} ± 0,0	9,6 ^d ± 0,0	6,5 ^{ab} ± 0,0	20,8 ^e ± 0,7	25,1 ^b ± 1,7
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	11,0 ^d ± 0,1	8,7 ^a ± 0,2	2,2 ^{c,d} ± 0,0	1,9 ^{a,d} ± 0,0	8,8 ^c ± 0,1	6,8 ^{a,d} ± 0,2	20,8 ^e ± 0,9	29,7 ^c ± 1,2

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Tabela 22. Zawartość błonnika ogółem jego i frakcji (rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej) oraz skrobi amylazoopornej w wysokowyciągowej mące otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/ród hodowlany	Błonnik						Skrobia amylazooporna	
	Ogółem		Rozpuszczalny		Nierozpuszczalny		% s.m.	
	% s.m.		% s.m.		% s.m.		% s.m.	
	rok		rok		rok		rok	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
<i>Torka</i>	9,1 ^a ± 0,1	11,9 ^a ± 0,0	2,1 ^a ± 0,0	3,1 ^a ± 0,0	7,0 ^a ± 0,1	8,8 ^a ± 0,0	34,6 ^a ± 1,3	18,5 ^a ± 0,4
<i>UWM – 10</i>	8,5 ^{ab} ± 0,1	11,1 ^b ± 0,0	2,3 ^a ± 0,0	3,1 ^a ± 0,0	6,2 ^{b,c} ± 0,2	8,0 ^a ± 0,0	28,7 ^b ± 1,4	19,5 ^a ± 1,7
<i>UWM – 11</i>	9,1 ^a ± 0,1	10,1 ^c ± 0,1	2,3 ^a ± 0,1	2,5 ^b ± 0,0	6,9 ^{ab} ± 0,1	7,6 ^b ± 0,1	23,8 ^c ± 0,5	24,0 ^b ± 1,5
<i>UWM – 12</i>	8,1 ^b ± 0,2	12,0 ^a ± 0,0	2,1 ^a ± 0,1	3,1 ^a ± 0,1	6,0 ^c ± 0,1	8,9 ^b ± 0,1	20,1 ^d ± 0,7	23,7 ^b ± 1,8

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Analizując wyniki zauważono również, że niekorzystne warunki pogodowe panujące w roku 2006 spowodowały obniżenie zawartości błonnika ogółem i frakcji nierozpuszczalnej w badanych mąkach. Natomiast obniżenie zawartości frakcji rozpuszczalnej wykazano jedynie w mąkach otrzymanych z ziarna jarego (zbiory 2006).

Do błonnika pokarmowego w niniejszej pracy zaliczono również skrobię oporną. Powstaje ona przy braku odpowiedniej ilości wody podczas ogrzewania mąki. Skrobia taka w związku z tym, że nie jest trawiona, pełni taką samą funkcję jak błonnik pokarmowy.

Zawartość tego składnika w mące otrzymanej z ozimego ziarna pszenicy orkisz wahała się w granicach od 25,1 do 29,8% s.m. (zbiory 2005) oraz od 15,0 do 36,7% s.m. (2006) i w większości przypadków była wyższa niż w mące z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* (odpowiednio: 17,8 i 16,6% s.m.) (**Tabele 21 i 22**). Z kolei, w przypadku mąki otrzymanej z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* (zbiory 2006) zawartość skrobi amylozopornej była na wyższym poziomie (34,6% s.m.) niż w jarej mące orkiszowej (20,1 – 28,7% s.m.), co mogło być związane z najwyższą zawartością skrobi ogółem (**Tabele 37 i 38**). W kolejnym roku zbiorów (2007), mąki orkiszowe z ziarna jarego charakteryzowały się wyższą zawartością skrobi opornej (19,5 – 24,0% s.m.), niż mąka z pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* (18,5% s.m.).

Zawartość błonnika i jego frakcji prezentowane w niniejszej pracy są zgodne z tymi spotykanymi w literaturze. Niektórzy badacze podają, że mąka orkiszowa jest lepszym źródłem błonnika ogółem, frakcji nierozpuszczalnej, bądź rozpuszczalnej (Ranhotra i in., 1996; Marconi i in., 1999; Moudry, Dvořáček, 1999; Bonafaccia i in. 2000; Marques i in., 2007). Nie można jednak jednoznacznie tego stwierdzić na podstawie wyników prezentowanych w niniejszej pracy. Jest to raczej zależne od odmiany, formy odmianowej, warunków pogodowych, sposobu uprawy i przemiału pszenicy na mąkę.

5.3. Wartość technologiczna ziarna orkiszu oraz otrzymanej z niego mąki

5.3.1. Właściwości fizyczne i wartość przemiałowa ziarna orkiszu

Uzysk ziarna

Pszenica orkisz, jak już wcześniej wspomniano, należy do zbóż niewymłacalnych. Tym samym, pierwszym badanym parametrem było określenie udziału plew i plewek w ziarnie, tj. uzysku ziarna orkiszu z omłotu materiału oplewionego.

Z prezentowanych poniżej danych wynika (**Tabele 23 i 24**), że najniższym uzyskiem ziarna w pierwszym roku zbiorów cechowały się odmiany orkiszu *Oberkulmer Rotkorn* i *Ceralio*, a w drugim odmiana *Ceralio* (wynik różnił się istotnie statystycznie od pozostałych). Z kolei, najwyższą wartość tego parametru uzyskało ziarno orkiszu odmian *Frankenkorn* i *Schwabenspelz* (zbiory 2005) oraz *Schwabenspelz* i *Holstenkorn* (zbiory 2006). Spośród ziarna jarego najwyższym uzyskiem ziarna w dwóch latach zbiorów cechował się ród hodowlany *UWM – 12*.

Stwierdzono również, że rok zbiorów ma zasadniczy wpływ na wartość tego parametru, tj. uzysk ziarna orkiszu ozimego w 2006 roku (ziarno było drobne i słabo wykształcone) był niższy niż

w roku 2005. Powszechnie wiadomo, że plewy i plewki w dorodnym ziarnie zazwyczaj luźniej do niego przylegają i tym samym odplewienie jest ułatwione (Tyburski, Babalski, 2006).

Tabela 23. Uzysk ziarna orkiszu z omlotu materiału oplewionego (forma ozima).

Odmiana orkiszu	Uzysk ziarna [%]	
	rok	rok
	2005	2006
<i>Ceralio</i>	71,49 ^{a,c} ± 0,21	69,81 ^a ± 0,52
<i>Schwabenkorn</i>	72,72 ^{c,d} ± 0,10	72,10 ^b ± 0,72
<i>Frankenkorn</i>	76,43 ^e ± 0,45	73,84 ^c ± 0,51
<i>Holstenkorn</i>	74,32 ^b ± 0,34	74,36 ^d ± 0,54
<i>Schwabenspelz</i>	75,00 ^{b,c} ± 0,41	74,38 ^d ± 0,53
<i>Ostro</i>	73,90 ^{b,d} ± 0,10	71,02 ^{b,c} ± 0,03
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	71,03 ^a ± 1,70	72,67 ^{c,e} ± 1,63

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Tabela 24. Uzysk ziarna orkiszu z omlotu materiału oplewionego (forma jara).

Rody hodowlane orkiszu jarego	Uzysk ziarna [%]	
	rok	rok
	2006	2007
<i>UWM – 10</i>	71,12 ^a ± 0,20	74,05 ^a ± 0,72
<i>UWM – 11</i>	73,65 ^b ± 0,20	69,55 ^b ± 0,42
<i>UWM – 12</i>	75,97 ^c ± 0,86	75,52 ^c ± 0,61

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Prezentowane w niniejszej pracy wyniki są zgodne z danymi spotykanymi w literaturze (Huel i in., 1995; Abdel – Aal i in., 1996; Abdel – Aal i in., 1998b; Lacko – Bartošová i in., 2007). Lacko – Bartošová i in. (2007) dodatkowo zauważyli, że uzysk ziarna zwiększa się wraz ze wzrostem wydajności z hektara, co jest również zależne od wielkości ziarniaków (im wyższa masa 1000 ziaren, tym wyższa wydajność i wyższy uzysk ziarna). Markowski i in. (2007) badali te same ozime odmiany orkiszu, co w niniejszej pracy (próbki pochodziły z certyfikowanego ekologicznego gospodarstwa z Niemiec). Jak okazało się najlepiej odplewianiu poddawał się orkisz odmiany *Frankenkorn* (76,4%), a najslabiej ziarno orkiszu odmiany *Oberkulmer Rotkorn* (70,7%).

Wartość przemiałowa ziarna

Analiza właściwości fizycznych ziarna, daje obraz przydatności ziarna do przemiału. Wiadomo, że im dorodniejsze ziarniaki, tym wyższa wydajność mąki podczas przemiału. Wyrównanie ziarna, tj. % udział ziarna o grubości większej od 2,5 mm, to parametr, który określono w pierwszej kolejności.

Jak wynika z prezentowanych w tabelach danych (**Tabele 25 i 26**), najwyższym udziałem dorodnego ziarna (zbiory 2005 i 2006) charakteryzował się orkisz odmiany *Ostro* (odpowiednio: 96,4% i 93,3%) i ziarno pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* (94,0% – zbiory 2006). W obydwu latach (2005 i 2006) ziarno orkiszu odmiany *Ceralio* cechowało się najniższym udziałem ziarna

o grubości powyżej 2,5 mm. Z kolei, orkisze odmian *Frankenkorn*, *Holstenkorn* oraz *Oberkulmer Rotkorn* okazały się najbardziej stabilne pod względem wartości tego parametru. Zauważono również, że ziarno orkiszu formy jarej, w porównaniu z formą ozimą, cechowało się zdecydowanie niższym udziałem ziarna >2,5 mm, co sugeruje, że ziarniaki te były drobniejsze. Wśród formy jarej najkorzystniejszym wyrównaniem ziarna w 2006 roku cechował się orkisz rodu hodowlanego *UWM – 11* (64,2%), a w 2007 *UWM – 10* (75,8%). Ten ostatni uzyskał dodatkowo wyższą wartość tego parametru w porównaniu z ziarnem pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* (53,4%).

Tabela 25. Charakterystyka ziarna użytego do otrzymania wysokowyciągowej mąki (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Wyrównanie ziarna [%]	
	X >2,5 mm	
	rok	rok
	2005	2006
<i>Korweta</i>	94,0 ^a ± 0,7	86,8 ^a ± 1,1
<i>Ceralio</i>	81,4 ^b ± 0,7	67,4 ^b ± 1,3
<i>Schwabenkorn</i>	82,6 ^b ± 0,9	78,6 ^c ± 0,3
<i>Frankenkorn</i>	89,7 ^{c,d} ± 0,8	89,9 ^d ± 0,8
<i>Holstenkorn</i>	90,3 ^c ± 0,4	90,2 ^d ± 0,4
<i>Schwabenspelz</i>	79,2 ^c ± 0,8	89,1 ^{a,d} ± 0,9
<i>Ostro</i>	96,4 ^t ± 0,7	93,2 ^e ± 1,6
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	87,9 ^d ± 0,5	88,3 ^{a,d} ± 0,8

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Tabela 26. Charakterystyka ziarna użytego do otrzymania wysokowyciągowej mąki (forma jara).

Odmiana pszenicy	Wyrównanie ziarna [%]	
	X >2,5 mm	
	rok	rok
	2006	2007
<i>Torka</i>	79,8 ^a ± 0,6	53,4 ^a ± 0,5
<i>UWM – 10</i>	29,4 ^b ± 0,8	75,8 ^b ± 0,2
<i>UWM – 11</i>	64,2 ^c ± 2,4	53,5 ^a ± 0,5
<i>UWM – 12</i>	29,9 ^b ± 1,4	39,0 ^c ± 0,7

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Analiza porównawcza masy 1000 ziaren oraz gęstości w stanie zsypanym (zbiory 2005 i 2006) badanego ziarna wykazała, że najwyższymi wartościami tych parametrów cechowało się ziarno orkiszu odmiany *Oberkulmer Rotkorn* (wyjątek stanowią zbiory 2005 – gęstość ziarna w stanie zsypanym) oraz *Ostro* (**Tabele 27 i 28**). Zauważono również, że ziarno tej drugiej odmiany (spośród ziarna orkiszu ozimego) uzyskało dodatkowo najwyższe wartości średniej pracy W_s potrzebnej do deformacji jednego ziarniaka (odpowiednio w badanych latach: 1,16 kJ/g; 1,66 kJ/g), podczas gdy dla ziarna pszenicy wzorcowej odmiany *Korweta* odnotowano wartości na poziomie: 1,92 kJ/g i 0,94 kJ/g.

Z kolei, analizując właściwości fizyczne ziarna form jarych nie wyłoniono najlepszej odmiany. Zauważono jedynie, że cechowało się ono istotnie mniejszą masą 1000 ziaren oraz gęstością ziarna w stanie zsypanym w porównaniu z formami ozimymi. Dodatkowo, w większości przypadków, średnia praca W_s potrzebna do odkształcenia jednego ziarniaka orkiszu była na niższym poziomie niż

dla ziarna pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka*. Daje to tym samym możliwość sklasyfikowania ziarna orkiszowego jako bardziej miękkiego niż ziarno pszenicy zwyczajnej. Należy jednak podkreślić, że w przypadku ziarna orkiszowego największy wpływ na wartość tego parametru miał rok uprawy. Trudne warunki pogodowe w 2006 roku spowodowały znaczne obniżenie twardości ziarna, w porównaniu z rezultatami otrzymanymi w następnym roku analiz.

Prezentowane w niniejszej pracy wartości parametrów cech fizycznych ziarna w większości przypadków były zgodne z danymi literaturowymi (Huel i in., 1995; Abdel – Aal i in., 1996; Pałys, Łabuda, 1997; Capouchová, 2001; Lacko – Bartošová, Otepka, 2001; Marconi i in., 2002; Sulewska, 2004; Lacko – Bartošová i in., 2007; Krawczyk i in., 2008a; Zieliński i in., 2008). Z kolei, wszelkie różnice mogły wynikać z różnych warunków glebowych i pogodowych, systemu uprawy oraz doboru badanych odmian, form odmianowych i hybryd. Mimo to, cytowani autorzy zauważyli, że ziarno orkiszowe w większości przypadków było drobniejsze i trudniej poddawało się przemiałowi w porównaniu do innych odmian i gatunków pszenic (pszenicy zwyczajnej, pszenicy durum). Marconi i in. (2002) zauważyli dodatkowo, że orkisz o wyższej zawartości białka ogółem cechowały się bardziej miękkim ziarnem i gorzej poddawały się przemiałowi, niż ziarniaki orkiszowe o mniejszej koncentracji tego składnika.

Tabela 27. Wybrane właściwości fizyczne ziarna badanych odmian pszenicy zwyczajnej i orkisz, z których otrzymano wysokowyciągową mąkę (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Masa 1000 ziaren		Gęstość ziarna w stanie zsypanym		Twardość ziarna W_s	
	g		kg /hl		kJ/g	
	rok		rok		rok	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<i>Korweta</i>	41,2 ^a ± 0,3	36,7 ^a ± 0,7	72,0 ^a ± 0,2	61,7 ^{a,c} ± 0,1	1,92 ^{a,c} ± 0,56	0,94 ^{a,b} ± 0,49
<i>Ceralio</i>	42,1 ^a ± 0,7	35,2 ^{b,c} ± 0,7	66,5 ^b ± 0,1	60,9 ^b ± 0,2	0,68 ^b ± 0,48	0,60 ^{a,b} ± 0,58
<i>Schwabenkorn</i>	44,5 ^b ± 0,8	35,4 ^{a,b,c} ± 0,7	67,7 ^c ± 0,3	61,8 ^{a,c} ± 0,3	0,96 ^{a,b,d} ± 0,36	0,52 ^c ± 0,49
<i>Frankenkorn</i>	42,5 ^a ± 1,1	39,5 ^d ± 0,6	67,0 ^b ± 0,5	61,4 ^a ± 0,2	1,04 ^c ± 0,42	0,62 ^{a,c} ± 0,37
<i>Holstenkorn</i>	41,9 ^a ± 0,8	36,0 ^{a,b,e} ± 0,9	66,6 ^b ± 0,2	59,6 ^d ± 0,1	0,99 ^{a,c} ± 0,41	1,10 ^b ± 0,64
<i>Schwabenspelz</i>	41,0 ^a ± 0,6	38,7 ^d ± 0,4	66,8 ^b ± 0,2	62,5 ^e ± 0,4	0,79 ^{b,d} ± 0,40	0,86 ^{a,b,c} ± 0,55
<i>Ostro</i>	45,8 ^b ± 0,7	35,3 ^{c,e} ± 0,7	68,6 ^d ± 0,2	60,9 ^b ± 0,2	1,16 ^{a,c,d} ± 0,52	1,66 ^d ± 0,71
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	50,0 ^c ± 1,0	42,9 ^f ± 0,9	68,1 ^{c,d} ± 0,2	62,0 ^{a,c} ± 0,5	1,06 ^{a,c,d} ± 0,42	0,48 ^c ± 0,37

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Tabela 28. Wybrane właściwości fizyczne ziarna badanych odmian pszenicy zwyczajnej i orkisz, z których otrzymano wysokowyciągową mąkę (forma jara).

Odmiana pszenicy/ ród hodowlany	Masa 1000 ziaren		Gęstość ziarna w stanie zsypanym		Twardość ziarna W_s	
	g		kg /hl		J/g	
	rok		rok		rok	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
<i>Torka</i>	31,4 ^a ± 0,5	26,0 ^a ± 0,7	61,4 ^a ± 0,1	70,0 ^a ± 0,2	0,61 ^a ± 0,37	1,97 ^a ± 0,79
<i>UWM – 10</i>	28,5 ^b ± 1,0	34,7 ^b ± 0,7	63,4 ^b ± 0,1	62,2 ^b ± 0,5	0,87 ^b ± 0,41	2,06 ^a ± 0,78
<i>UWM – 11</i>	32,9 ^c ± 0,7	26,7 ^{a,c} ± 0,5	64,9 ^c ± 0,3	61,5 ^c ± 0,4	0,43 ^c ± 0,28	1,83 ^a ± 0,80
<i>UWM – 12</i>	26,9 ^d ± 0,4	27,2 ^c ± 0,5	65,8 ^d ± 0,3	60,6 ^d ± 0,1	0,32 ^d ± 0,33	2,92 ^b ± 0,62

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Kompleksowe kryterium przemiału E% precyzuje wartość przemiałową ziarna. Na wartość tego parametru wpływ mają zawartość popiołu w ziarnie oraz w otrzymanej z ziarna mące. Analiza porównawcza wyników wykazała, że w 2005 roku najwyższe wartości tego parametru uzyskano w przypadku orkiszu odmiany *Frankenkorn* oraz pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* (Tabela 29 i 30). Z kolei, w kolejnym roku zbiorów najwyższą wartością cechowały się orkisze odmian *Ostro*, *Schwabenspelz* oraz *Holstenkorn*. W przypadku orkiszu form jarych, ród hodowlany *UWM – 10* (2006) i *UWM – 11* (2007) uzyskiwały najwyższą wartość kompleksowego kryterium efektywności przemiału E%, podczas gdy wartość tego parametru dla pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* była na poziomie: odpowiednio 40,69 i 27,39. Dodatkowo zauważono, że na wartość kompleksowego kryterium efektywności przemiału E% duży wpływ mają warunki pogodowe podczas wegetacji (rok uprawy). Mimo to, ród hodowlany *UWM – 11* był stabilny na przestrzeni dwóch lat. W związku z tym, że w literaturze nie spotkano wartości współczynnika efektywności przemiału, obliczonego dla ziarna orkiszu, nie przeprowadzono porównania z innymi danymi.

Tabela 29. Wyróżniki wartości przemiałowej ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Kompleksowe kryterium efektywności przemiału E%	
	rok	
	2005	2006
<i>Korweta</i>	26,13 ^a ± 0,22	31,32 ^a ± 1,56
<i>Ceralio</i>	22,59 ^b ± 0,79	33,87 ^{a,b,c} ± 0,07
<i>Schwabenkorn</i>	19,61 ^c ± 1,15	35,49 ^{b,d} ± 0,78
<i>Frankenkorn</i>	27,62 ^a ± 0,12	32,54 ^{a,c,d} ± 1,19
<i>Holstenkorn</i>	10,77 ^d ± 0,37	41,35 ^e ± 0,26
<i>Schwabenspelz</i>	9,92 ^d ± 0,09	41,43 ^e ± 0,30
<i>Ostro</i>	13,96 ^e ± 0,23	41,69 ^e ± 1,24
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	13,70 ^e ± 0,74	37,31 ^b ± 0,15

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Tabela 30. Wyróżniki wartości przemiałowej ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/ ród hodowlany	Kompleksowe kryterium efektywności przemiału E%	
	rok	
	2006	2007
<i>Torka</i>	40,69 ^a ± 0,11	27,39 ^a ± 0,12
<i>UWM – 10</i>	38,84 ^b ± 0,36	34,10 ^b ± 0,90
<i>UWM – 11</i>	33,26 ^c ± 0,57	35,85 ^b ± 0,18
<i>UWM – 12</i>	35,32 ^d ± 0,07	25,35 ^a ± 0,98

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

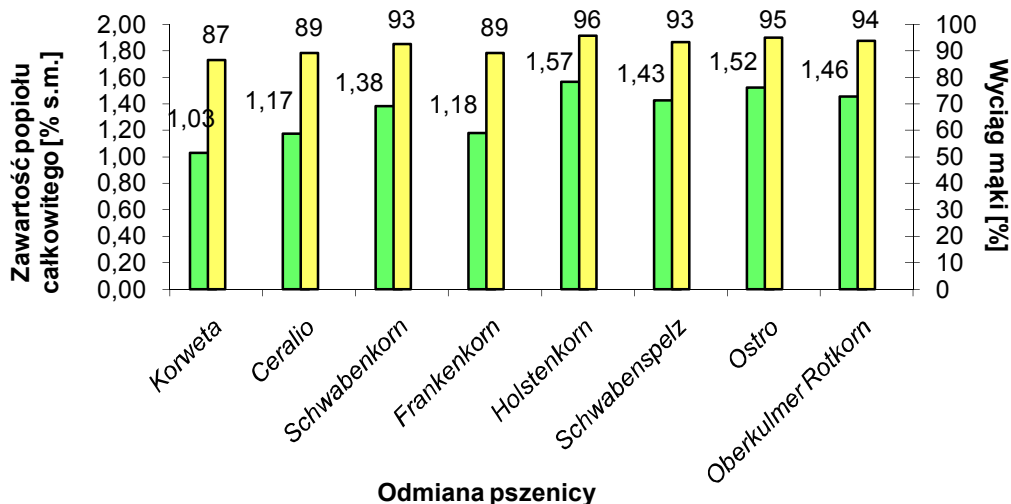
Jak wynika z danych literaturowych im wyższa twardość ziarna poddawanego przemiałowi, tym większa wydajność przemiału (Ceglińska, 2003; Jurga, 2006a,c; Zieliński i in., 2008), choć Marconi i in. (2002) w przypadku orkiszu tego nie potwierdzili. Przeprowadzona dodatkowo przez autorkę analiza związków korelacyjnych, jedynie w przypadku orkiszu ziarna jarego wykazała

istotną ujemną korelację ($r = -0,60$; $p < 0,05$) pomiędzy wytrzymałością ziarna na ściskanie a wartością kompleksowego kryterium efektywności przemiału E%. Natomiast w ziarnie orkiszowego nie potwierdzono takiej zależności. Zauważono również, że wartość tego parametru zależy od twardości ziarna. W 2006 roku ziarno orkiszowe było bardziej miękkie, co spowodowało obniżenie wyciągu mąki i jednocześnie wzrost kompleksowego kryterium efektywności przemiału E% względem wyników z 2005 roku. Jednak ten ostatni parametr nie jest wykazuje ścisłej korelacji z wyciągiem mąki (Jurga, 2006b). Dodatkowo, przeprowadzona analiza związków pomiędzy zawartością popiołu w ziarnie i mące orkiszowej oraz wartością kompleksowego kryterium efektywności przemiału, nie wykazała istotnej korelacji liniowej.

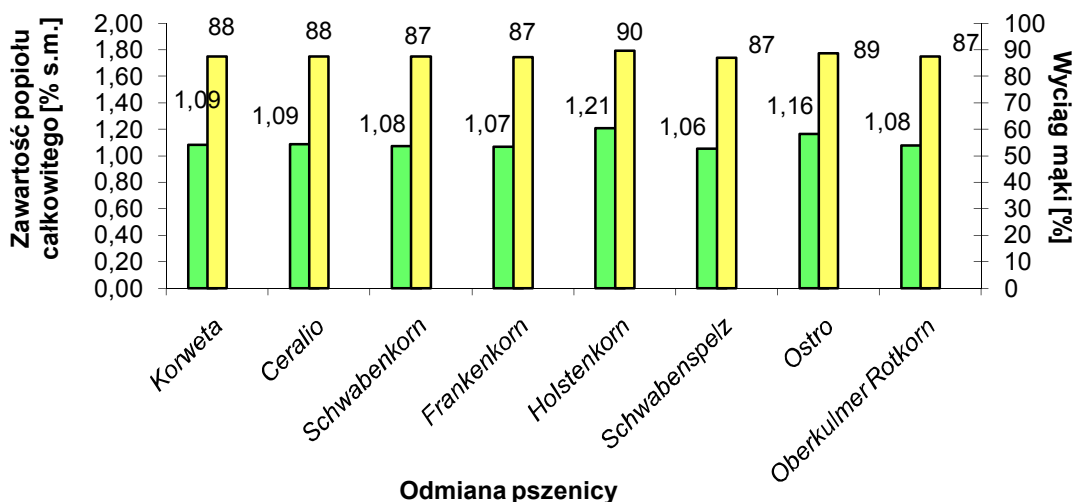
Wyciąg mąki a zawartość popiołu całkowitego

Średnia zawartość popiołu w mąkach orkiszowych otrzymanych z ziarna orkiszowego mieściła się w zakresie od 1,17 do 1,57% s.m. w roku 2005, a od 1,06 do 1,21% s.m. w drugim roku zbiorów (*Wykresy 4, 5, 6 i 7; Załącznik 1*). Mąki orkiszowe otrzymane z ziarna jarego cechowały się popiołowością w granicach od 1,15 do 1,35% s.m. Odpowiadało to wyciągowi mąki powyżej 87%. W większości przypadków mąki orkiszowe cechowały się wyższą zawartością popiołu w porównaniu do mąk otrzymanych z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka*, co jest zgodne z tendencją spotykaną w literaturze (Grela, 1996; Piergiovanni i in., 1996; Pałys, Łabuda, 1997; Moudry, Dvořáček, 1999; Bonafaccia i in., 2000; Capouchová 2001; Marconi i in. 2002; Ruibal – Mendieta i in., 2005; Krawczyk i in., 2008a; Zieliński i in., 2008). Uzyskane wartości popiołowości świadczyły o tym, że były to mąki ciemne, odpowiadające typowi 1050 i 1400 (PN – A – 74022) i były one zróżnicowane w zależności od odmiany/rodu hodowlanego ziarna pszenicy oraz roku zbiorów. Z kolei, wyższa zawartość popiołu ogółem w mąkach orkiszowych może wynikać z wyższej koncentracji związków mineralnych w ziarnie orkiszowego w porównaniu do pszenicy zwyczajnej (Capouchová, 2001; Zieliński i in., 2008).

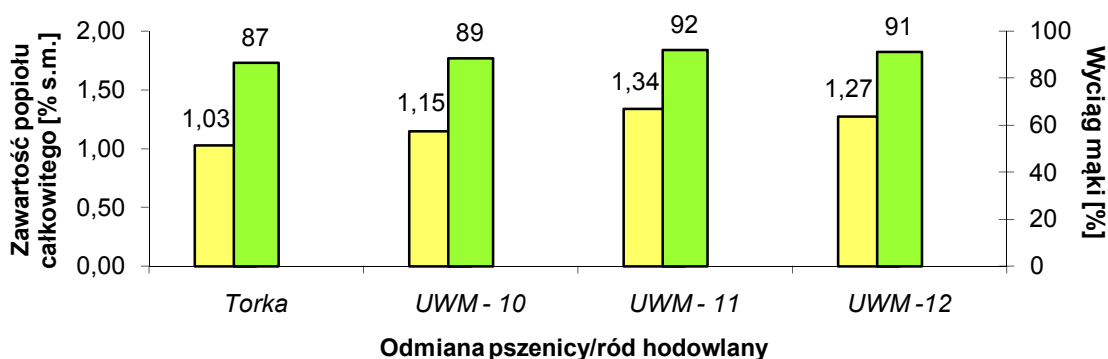
Wykres 4. Zależność zawartości popiołu całkowitego w badanych mąkach od stopnia ich wyciągu (zbiory 2005).



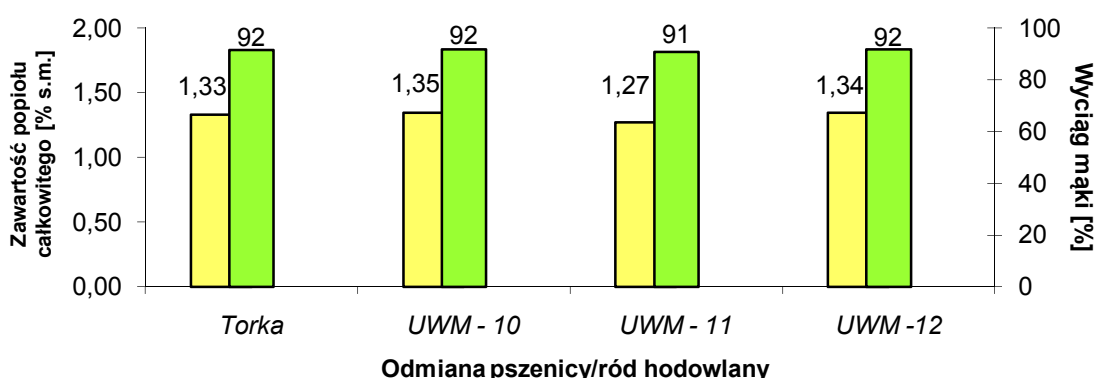
Wykres 5. Zależność zawartości popiołu całkowitego w badanych mąkach od stopnia ich wyciągu (zbiory 2006).



Wykres 6. Zależność zawartości popiołu całkowitego w badanych mąkach od stopnia ich wyciągu (zbiory 2006).



Wykres 7. Zależność zawartości popiołu całkowitego w badanych mąkach od stopnia ich wyciągu (zbiory 2007).



Zauważono również wyraźnie niższą zawartość popiołu w mąkach otrzymanych z ziarna orkiszowego pochodzącego ze zbiorów z 2006 roku. Podobną zależność stwierdzono w mąkach z ziarna jarego. Ziarno to było mniej dorodne, procentowy udział bielma w stosunku do okrywy owocowo – nasiennej był mniejszy niż w przypadku ziarna dobrze wykształconego, co sugeruje, że mąki te powinny raczej cechować się wyższym udziałem składników mineralnych. Nie mniej

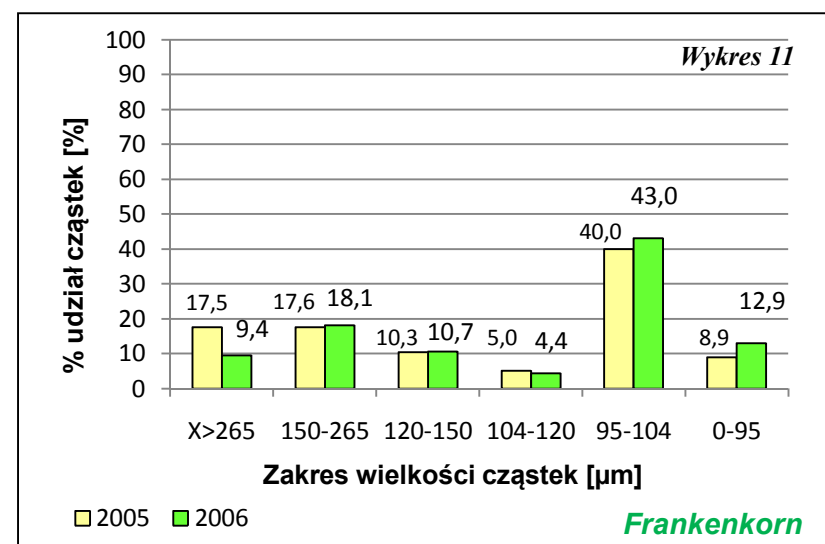
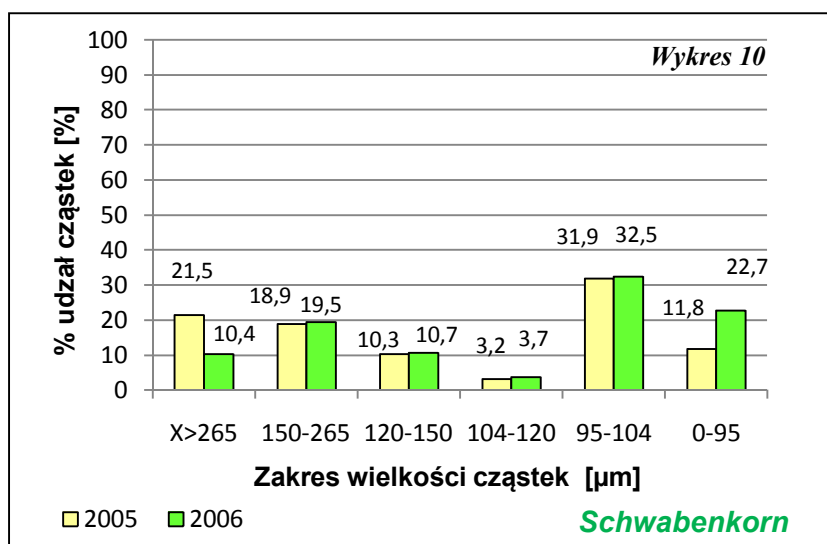
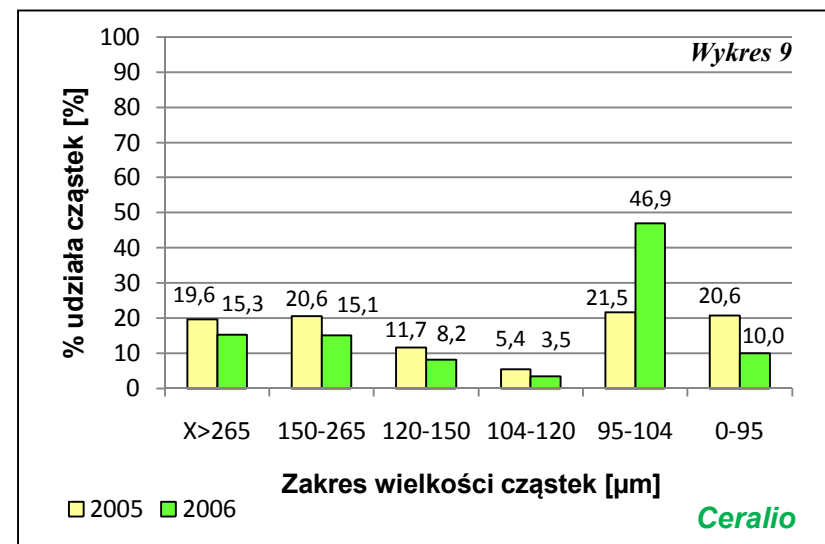
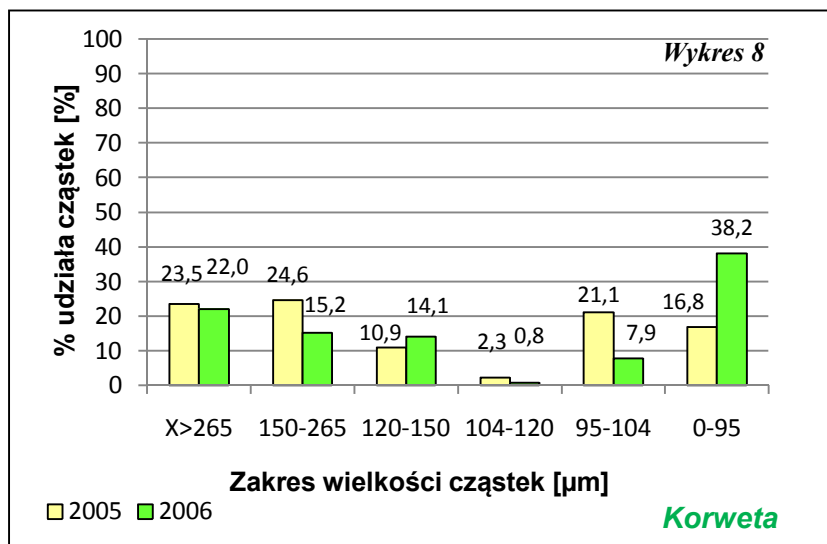
jednak, ziarno z 2006 roku było bardzo miękkie (w porównaniu z rokiem 2005 i 2007 – *Tabele 27 i 28*). Logicznym jest więc, że zachowywało się inaczej podczas przemiału. Ziarniaki były bardzo elastyczne, bielmo przemiałało się na mniejsze cząstki, podczas gdy okrywa owocowo – nasienna dzieliła się na większe fragmenty (cząstki). Mąka na sicie odsiewacza młyną trudnej poddawała się oddzielaniu, stąd mniej cząstek otrębiastych przeszło do mąki, czego efektem był jednocześnie niższy wyciąg mąki i udział większych cząstek ($x > 265 \mu\text{m}$) w mące (rozkład granulometryczny mąki – porównanie z *Wykresami 8 – 19*).

Z kolei, Bojňanská, Frančáková (2002) oraz Jankiewicz (2008a) podali, że w przypadku lat słonecznych i upalnych, otrzymuje się ziarno o lepszych cechach jakościowych, ale jednocześnie o wyższej popiołowości w porównaniu do lat chłodnych i deszczowych. Autorka jednak sugeruje, że jest to raczej zależne od miesiąca (dana faza rozwojowa zboża), w którym panują upały i susza.

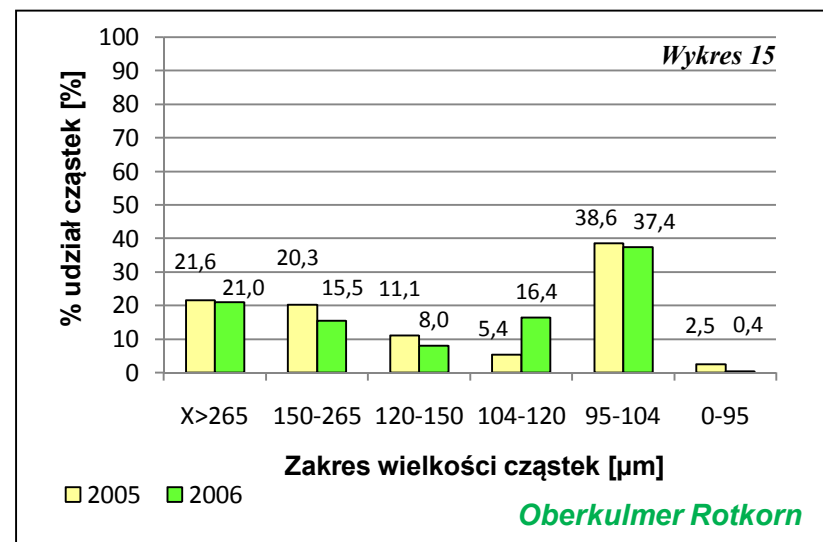
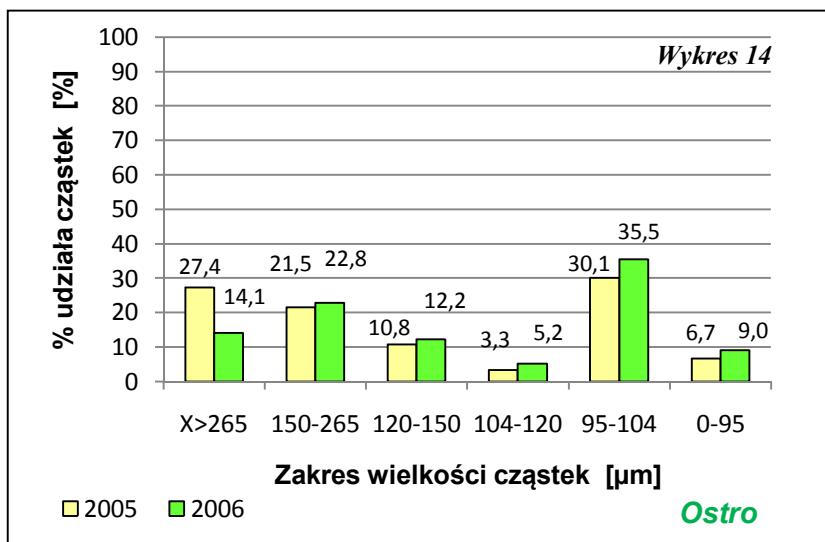
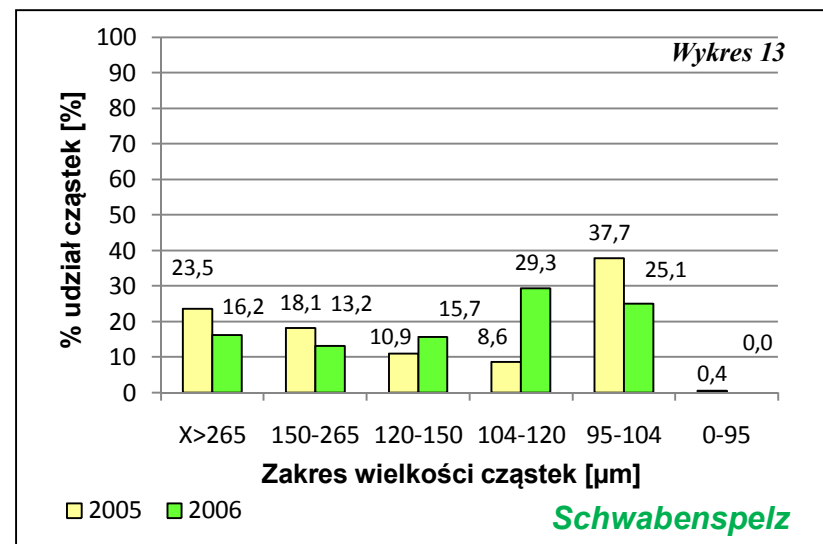
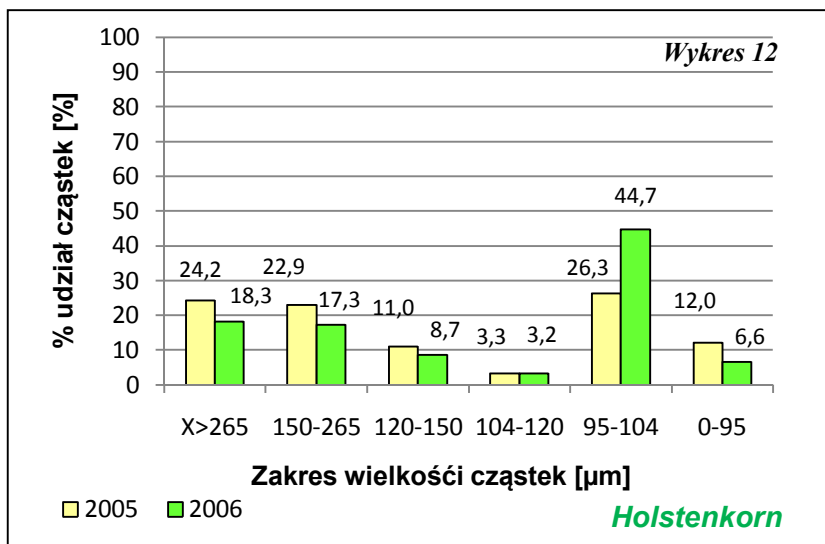
Granulacja mąki

Kolejnym parametrem, który oznaczono była granulacja mąki. Rozkład granulometryczny w sposób pośredni może wpływać na wartość wypiekową mąki. Jak okazuje się najlepszymi właściwościami wypiekowymi i użytkowymi cechuje się mąka o najbardziej wyrównanych cząstkach (wyrównana granulacja). Wskazaniem jest tym samym przeprowadzanie analizy sitowej mąki (Jurga, 2005). Spośród sześciu analizowanych frakcji mąki, dominującą w większości badanych mąk orkiszowych, otrzymanych z ziarna ozimego i jarego (z dwóch lat zbiorów), okazała się frakcja o wielkości cząstek z zakresu $95 - 104 \mu\text{m}$ (*Wykresy 8 – 19, Załącznik 2*). W mąkach z ziarna ozimego, w drugiej kolejności dominowała frakcja $> 265 \mu\text{m}$ i w zakresie $150 - 265 \mu\text{m}$, co było zależne od odmiany ziarna, z którego otrzymano mąkę. W najmniejszej ilości występowała frakcja o wielkości cząstek w zakresie $104 - 120 \mu\text{m}$. Wyjątek jednak stanowiły mąki z ziarna orkiszu odmian *Oberkulmer Rotkorn* i *Schwabenspelz*, w których udział frakcji najdrobniejszej był najmniejszy. Z kolei, w mąkach otrzymanych z ziarna jarego rodów hodowlanych orkiszu cząstki z zakresu $104 - 120 \mu\text{m}$ stanowiły najmniejszy udział. Dodatkowo zauważono, że mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka* oraz orkiszu odmiany *Ceralio* wykazały dużą zmienność (ponad 10% różnicy pomiędzy pierwszym a drugim rokiem zbiorów) w procentowym udziale cząstek z przedziałów $95 - 104$ i $0 - 95 \mu\text{m}$. Z kolei frakcja $150 - 265 \mu\text{m}$ była najbardziej stabilna w większości badanych mąk.

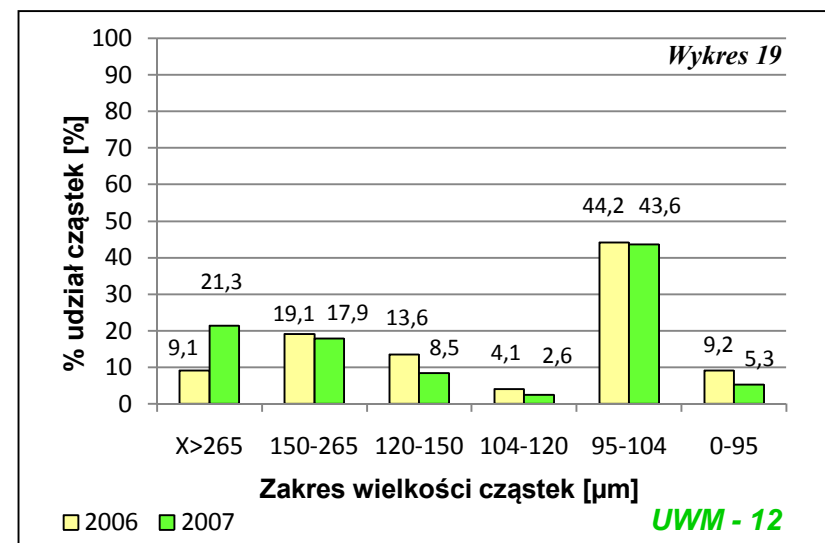
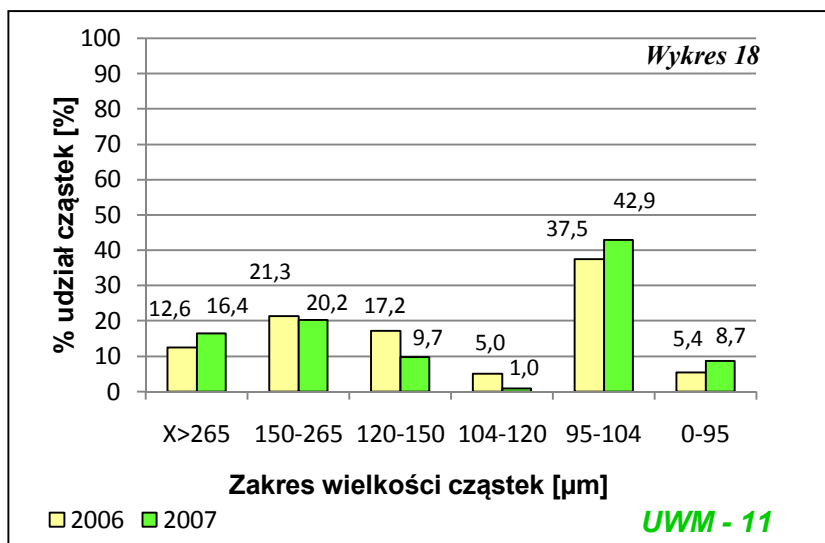
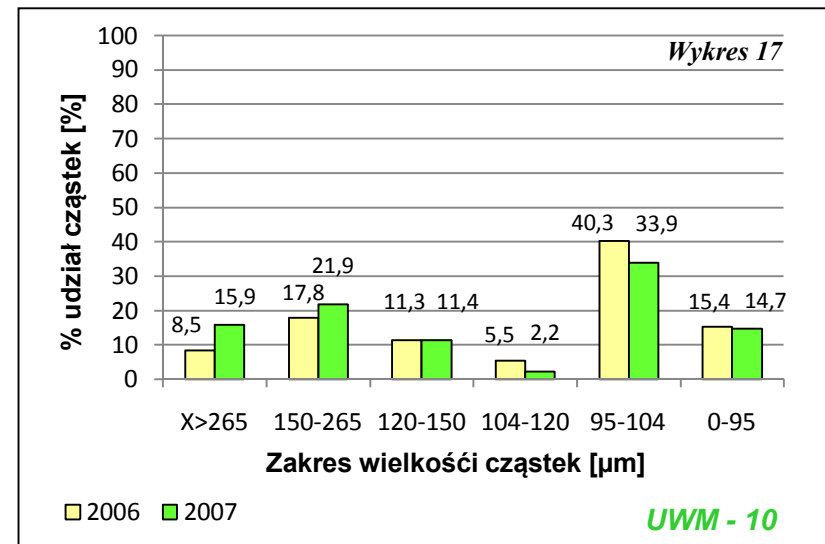
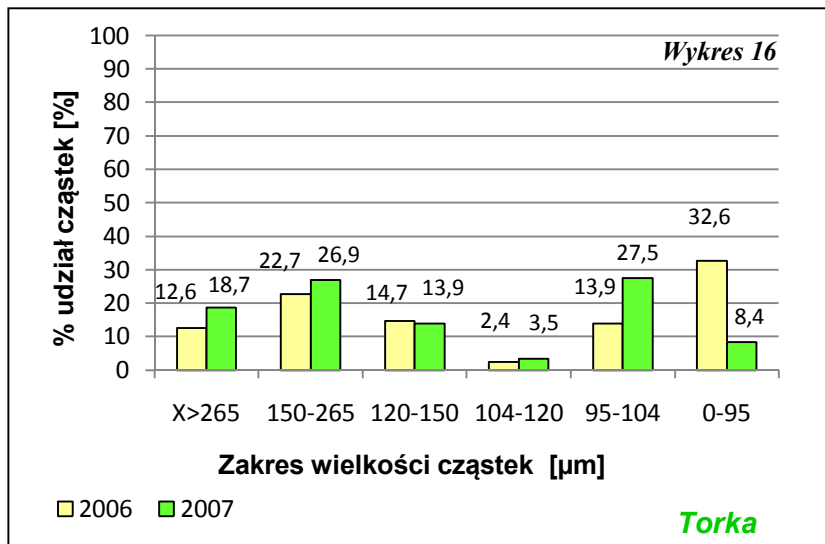
Wykresy 8 – 11. Rozkład granulometryczny wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian pszenicy.



Wykresy 12 – 15. Rozkład granulometryczny wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian pszenicy.



Wykresy 16 – 19. Rozkład granulometryczny wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian/rodów hodowlanych pszenicy.



Barwa mąki

Następnym oznaczeniem, które wykonano było określenie parametrów barwy wysokowyciągowej mąki. Oznaczenie barwy mąki pozwala w przybliżony sposób określić w niej pozostałość okrywy owocowo – nasiennej, co pośrednio wiąże się z zawartością w niej popiołu i błonnika ogółem oraz jego frakcji. Wiadomo, że barwa mąki zależy od jej wyciągu (im wyższy wyciąg mąki, tym mąka jest ciemniejsza), barwy samego ziarna, stopnia zanieczyszczenia użytego surowca, wilgotności i stopnia rozdrobnienia mąki. Mąka uzyskana z twardego ziarna, podczas przemiału rozdrabnia się na większe cząstki, natomiast ziarno pszenic miękkich daje mąkę o drobniejszej granulacji (Oliver i in., 1992; Jurga, 2005; Jurga 2006b,c). Ma to istotny wpływ na późniejszą barwę mąki. Mąka o grubszej granulacji jest ciemniejsza w porównaniu z mąką o drobnej granulacji, co jest bezpośrednio związane z innym kątem odbicia światła na powierzchni mąki. Z tego względu parametrem służącym w ocenie ziarna oraz efektywności jego przemiału jest barwa uzyskiwanej z niego mąki.

Pierwszym oznaczonym parametrem była jasność mąki L^* . Jak już wcześniej wspomniano miarą jasności L^* jest skala od 0 (powierzchnia czarna) do 100 (powierzchnia biała). Analiza porównawcza wyników wykazała, że najwyższym stopniem jasności (spośród badanych mąk) cechowały się mąki otrzymane z ziarna orkiszu odmian *Frankenkorn*, *Ceralio* i *Oberkulmer Rotkorn* (zbiory 2005) oraz *Ceralio* i *Schwabenspelz* (zbiory 2006) (**Tabele 31 i 32**). Najbardziej stabilnymi pod względem stopnia jasności (na przestrzeni dwóch lat) okazały się mąki z ziarna orkiszu odmiany *Oberkulmer Rotkorn* (89,4 i 89,7) oraz pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* (87,7 i 87,6). Warto podkreślić, że mąka orkiszowa uzyskana zarówno z ziarna form ozimych jak i jarych, w porównaniu do mąk z ziarna pszenic wzorcowych, cechowała się wyższymi wartościami jasności L^* .

Kolejnymi parametrami składającymi się na barwę mąki są dwa współczynniki chromatyczności a^* i b^* . Najwyższym stopniem czerwoności a^* (odpowiednio: 1,2 i 1,0) oraz żółtości b^* (odpowiednio: 9,1 i 9,2) spośród mąk orkiszowych w dwóch latach zbiorów (2005 i 2006) cechowała się mąka z ziarna odmiany *Ostro*, choć wartość parametru b^* dla mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* była na wyższym poziomie (**Tabele 31 i 32**). Z kolei, w przypadku mąki z ziarna jarego najwyższy stopień czerwoności a^* uzyskała mąka z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* (odpowiednio: 0,9 i 1,6), która również cechowała się najwyższą wartością współczynnika b^* (odpowiednio: 9,6 i 12,6). Należy jednak dodać, że mąka z ziarna orkiszu rodu hodowlanego *UWM – 11* (w 2006 roku) wartość parametru a^* miała na tym samym poziomie, co mąka z pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka*.

Określając barwę mąki obliczono również całkowitą różnicę barwy ΔE^* , przyjmując za wzorzec mąkę z ziarna pszenicy zwyczajnej. Obliczając bezwzględną różnicę barwy przyjmuje się, że wartość ΔE^* między 0 – 1 jest różnicą normalnie niezauważalną. Wartość od 1 do 2 może być zauważona przez doświadczonego obserwatora, a powyżej 2 jest to różnica zauważalna nawet przez niedoświadczonego obserwatora (Barwa...,1999).

Tabela 31. Składowe L^* a^* b^* oraz ΔE^* barwy wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Jasność L^*		Współczynniki chromatyczności				Całkowita różnica barwy ΔE^*	
	rok		a^*		b^*		rok	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
	<i>Korweta</i>	87,7 ^a ± 0,2	87,6 ^a ± 0,2	0,9 ^a ± 0,1	1,0 ^a ± 0,1	9,7 ^a ± 0,2	10,0 ^a ± 0,3	-
<i>Ceralio</i>	89,4 ^{b,c} ± 0,2	91,4 ^b ± 0,3	1,0 ^{a,b} ± 0,1	0,7 ^{b,c} ± 0,1	7,9 ^b ± 0,2	7,9 ^b ± 0,1	2,5 ^a ± 0,2	4,4 ^a ± 0,2
<i>Schwabenkorn</i>	89,2 ^{b,c} ± 0,3	90,0 ^c ± 0,2	1,0 ^b ± 0,1	0,8 ^d ± 0,1	8,6 ^c ± 0,1	8,7 ^c ± 0,2	1,9 ^b ± 0,3	2,7 ^b ± 0,2
<i>Frankenkorn</i>	90,1 ^d ± 0,2	90,8 ^d ± 0,2	0,8 ^c ± 0,1	0,7 ^b ± 0,1	8,0 ^b ± 0,2	8,2 ^d ± 0,2	3,0 ^c ± 0,2	3,6 ^c ± 0,3
<i>Holstenkorn</i>	88,4 ^e ± 0,2	89,1 ^e ± 0,2	1,0 ^{a,b} ± 0,1	0,9 ^{d,c} ± 0,1	8,9 ^d ± 0,2	9,1 ^e ± 0,2	1,1 ^d ± 0,2	1,7 ^d ± 0,2
<i>Schwabenspelz</i>	89,1 ^b ± 0,4	91,0 ^b ± 0,2	0,9 ^a ± 0,1	0,6 ^c ± 0,1	7,9 ^b ± 0,3	7,6 ^f ± 0,2	2,3 ^a ± 0,3	4,2 ^a ± 0,2
<i>Ostro</i>	88,1 ^f ± 0,4	89,7 ^g ± 0,3	1,2 ^d ± 0,1	1,0 ^f ± 0,1	9,1 ^e ± 0,3	9,2 ^e ± 0,2	0,9 ^d ± 0,2	2,2 ^e ± 0,3
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	89,4 ^{b,c} ± 0,3	89,7 ^g ± 0,4	1,0 ^a ± 0,1	0,9 ^e ± 0,1	8,5 ^c ± 0,1	8,7 ^c ± 0,2	2,1 ^e ± 0,2	2,5 ^b ± 0,4

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Tabela 32. Składowe L^* a^* b^* oraz ΔE^* barwy wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/ród hodowlany	Jasność L^*		Współczynniki chromatyczności				Całkowita różnica barwy ΔE^*	
	rok		a^*		b^*		rok	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
	<i>Torka</i>	86,2 ^a ± 0,4	85,9 ^a ± 0,2	0,9 ^a ± 0,1	1,6 ^a ± 0,1	9,6 ^a ± 0,2	12,6 ^a ± 0,2	-
<i>UWM – 10</i>	89,1 ^b ± 0,2	89,2 ^b ± 0,2	0,7 ^b ± 0,1	1,0 ^b ± 0,1	7,9 ^b ± 0,2	9,7 ^b ± 0,2	3,3 ^a ± 0,2	4,5 ^a ± 0,2
<i>UWM – 11</i>	88,9 ^b ± 0,2	89,4 ^b ± 0,4	0,9 ^a ± 0,1	1,0 ^b ± 0,1	8,6 ^c ± 0,1	9,7 ^b ± 0,3	2,9 ^b ± 0,2	4,6 ^b ± 0,3
<i>UWM – 12</i>	88,9 ^b ± 0,2	88,2 ^c ± 0,3	0,8 ^b ± 0,1	1,1 ^c ± 0,1	8,5 ^c ± 0,2	9,9 ^c ± 0,2	2,9 ^b ± 0,3	3,6 ^b ± 0,2

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Tabela 33. Indeksy WI, Z% i YI barwy wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Indeks bieli WI		Indeks jasności Z%		Indeks żółtości YI	
	rok		rok		rok	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<i>Korweta</i>	24,5 ^a ± 1,4	22,8 ^a ± 1,6	60,4 ^a ± 0,6	60,0 ^a ± 0,6	19,8 ^a ± 0,4	20,5 ^a ± 0,6
<i>Ceralio</i>	37,4 ^{b,c} ± 1,2	42,5 ^b ± 0,9	65,6 ^b ± 0,5	69,7 ^b ± 0,6	16,2 ^b ± 0,4	15,6 ^b ± 0,3
<i>Schwabenkorn</i>	33,6 ^d ± 1,2	35,1 ^c ± 1,1	64,5 ^c ± 0,6	65,9 ^c ± 0,5	17,5 ^c ± 0,3	17,4 ^c ± 0,4
<i>Frankenkorn</i>	38,7 ^b ± 1,1	39,3 ^d ± 1,3	66,9 ^d ± 0,5	68,0 ^d ± 0,6	16,1 ^b ± 0,3	16,4 ^d ± 0,4
<i>Holstenkorn</i>	30,2 ^e ± 1,2	30,7 ^e ± 1,2	62,6 ^e ± 1,2	63,7 ^e ± 0,5	18,2 ^d ± 0,4	18,5 ^e ± 0,4
<i>Schwabenspelz</i>	36,9 ^c ± 1,8	42,8 ^b ± 0,9	65,1 ^b ± 0,9	69,2 ^b ± 0,4	16,1 ^b ± 0,6	15,1 ^f ± 0,3
<i>Ostro</i>	28,6 ^f ± 2,0	31,9 ^f ± 1,5	61,9 ^f ± 0,9	64,7 ^f ± 0,7	18,8 ^e ± 0,6	18,6 ^e ± 0,5
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	34,6 ^d ± 1,1	34,6 ^{c,e} ± 1,7	65,0 ^{b,c} ± 0,6	65,5 ^c ± 0,9	17,3 ^c ± 0,6	17,5 ^c ± 0,5

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Tabela 34. Indeksy WI, Z% i YI barwy wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/ród hodowlany	Indeks bieli WI		Indeks jasności Z%		Indeks żółtości YI	
	rok		rok		rok	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
<i>Torka</i>	21,4 ^a ± 1,5	20,6 ^a ± 1,2	57,9 ^a ± 0,8	54,1 ^a ± 0,5	19,9 ^a ± 0,4	26,1 ^a ± 0,4
<i>UWM – 10</i>	36,3 ^b ± 1,2	28,3 ^b ± 1,0	65,0 ^b ± 0,5	63,2 ^b ± 0,4	16,1 ^b ± 0,4	19,5 ^b ± 0,3
<i>UWM – 11</i>	33,0 ^c ± 1,1	28,9 ^b ± 1,4	64,0 ^c ± 0,5	63,6 ^c ± 0,7	17,5 ^c ± 0,3	19,5 ^b ± 0,5
<i>UWM – 12</i>	33,4 ^c ± 1,4	24,7 ^c ± 1,2	64,0 ^c ± 0,6	61,1 ^d ± 0,5	17,2 ^c ± 0,5	20,2 ^c ± 0,4

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Jak okazało się, najwyższą różnicę w barwie zanotowano dla mąki z ziarna orkiszu ozimego odmian *Frankenkorn* (3,0 – zbiory 2005) oraz *Ceralio* i *Schwabenspelz* (odpowiednio: 4,4 i 4,2 – zbiory 2006). Największą różnicę w barwie mąki z ziarna orkiszu jarego oznaczono w przypadku mąki z rodów hodowlanych *UWM – 11* i *UWM – 10* (odpowiednio: 4,6 i 4,5 – zbiory 2007). Jest to bezpośrednio związane z wyższymi wartościami jasności oraz niższymi wartościami współczynników chromatyczności a^* i b^* .

W celu uzyskania dodatkowych informacji o chromatyczności i odcieniu barwy mąki obliczano również indeksy WI , YI i $Z\%$. Analiza porównawcza wyników wykazała, że mąki otrzymane z ziarna pszenic wzorcowych, tj. pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka* uzyskały najniższe wartości indeksu bieli WI (**Tabele 33 i 34**). Z kolei, najwyższymi wartościami tego parametru w 2005 roku cechowała się mąka orkiszowa otrzymana z ziarna odmian *Frankenkorn* i *Ceralio*, w kolejnym roku analiz mąka orkiszowa z ziarna odmian *Schwabenspelz* i *Ceralio* oraz rodu hodowlanego *UWM – 10*, natomiast w 2007 roku mąka z rodu hodowlanego *UWM – 10* i *UWM – 11*. Ponadto, wszystkie badane mąki orkiszowe uzyskały wyższe wartości indeksu jasności ($Z\%$) i równocześnie niższe wartości indeksu żółtości (YI) w porównaniu do mąki otrzymanej z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka*.

Uogólniając, mąki orkiszowe cechowały się wyższymi wartościami jasności (L^*), indeksu bieli (WI), indeksu jasności ($Z\%$) i jednocześnie niższymi (w większości przypadków) wartościami współczynników chromatyczności i indeksu żółtości. Dodatkowo zauważono, że mąka ozimego orkiszu ze zbiorów z 2006 roku cechowała się wyższymi wartościami jasności barwy L^* i indeksu bieli WI oraz niższymi wartościami współczynnika a^* , w porównaniu do poziomu wartości tych parametrów dla analogicznych mąk w 2005 roku. Powyższe prawidłowości były związane z mniejszą twardością i jednocześnie większą elastycznością ziarna orkiszu. Bielmo tego ziarna przemiałało się na mniejsze cząstki, podczas gdy okrywa owocowo – nasienna miała postać większych cząstek. Tym samym, mniej okrywy owocowo – nasiennej przechodziło do mąki (w czasie odsiewania po przemiale), co spowodowało, że nie nastąpiło pociemnienie mąki. Choć ziarno orkiszu trudniej przemiałało się, to otrzymano jaśniejszą mąkę, przy jej wyższej popiołowości, w porównaniu do mąki z ziarna pszenic wzorcowych (z nieprezentowanych w niniejszej pracy danych wynika, że ziarno orkiszu cechowało się wyższą zawartością popiołu niż ziarno pszenicy zwyczajnej). Jest to również związane z kątem odbicia światła. Mąka o drobniejszej granulacji, odbija więcej światła, dając wrażenie jaśniejszej (Jurga, 2006a). Stanowi to tym samym możliwość wykorzystania wysokowyciągowej mąki orkiszowej w piekarstwie, do otrzymywania pieczywa o jaśniejszym miększu, przy jednoczesnym zachowaniu jego dobrej wartości odżywczej (wysoka koncentracja składników mineralnych). Cząstki otrąb w takim pieczywie stanowią przeważnie osłonki porów miększu, nie powodując pociemnienia miększu chleba (Jurga, 2003c; Jurga 2006; Oliver i in., 1992).

Należy podkreślić, że jedynie Marconi i in. (2002), analizowali barwę mąki wysokowyciągowej z orkiszu. Wartości jasności L^* i parametru b^* były na niższym poziomie niż wyniki prezentowane w niniejszej pracy. Z kolei, współczynnik chromatyczności a^* , w porównaniu z wartościami podanymi w **tabelach 31 i 32**, była na wyższym poziomie. Abdel – Aal i in. (1997) analizując mąkę jasną uzyskali wartość jasności L^* na porównywalnym poziomie, co w badanej mące wysokowyciągowej.

Natomiast dwa współczynniki chromatyczności uzyskały inne wartości (parametr b^* była na wyższym, a a^* na niższym poziomie). Jak już podkreślano, wszelkie różnice, mogły wynikać z różnej popiołowości i granulacji mąki.

Kwasowość mąki

Jak wspomniano we wcześniejszej części pracy, wyróżnikiem określającym jakość mąki jest jej kwasowość. Najczęściej spotykanymi metodami określającymi przydatność mąki do spożycia jest oznaczenie kwasowości ogólnej wyrażonej w stopniach oraz kwasowości tłuszczowej mąki. Szczególnie ta ostatnia jest bardzo istotna, ponieważ rozkład substancji tłuszczowych rozpoczyna się najwcześniej, co pozwala rozpoznać początkową fazę psucia się produktu. Należy jednak dodać, że kwasowość tłuszczowa określa ilość niezestryfikowanych kwasów tłuszczowych, uwolnionych w wyniku działania lipazy (Szafrńska, 2007).

Kwasowość ogólna (miareczkowa) badanej mąki orkiszowej (formy ozime) wahała się w granicach od 3,7° do 5,4° (zbiory 2005) i od 2,7° do 4,6° (zbiory 2006), podczas gdy w mące z ziarna formy jarej wartość tego parametru była na poziomie od 3,3° do 4,0° (zbiory 2006) oraz od 4,2° do 5,0° (zbiory 2007) (**Tabela 35 i 36**). Mąka z orkiszu odmiany *Schwabenspelz* (zbiory 2006), jako jedyna uzyskała niższą kwasowość niż przyjęta mąka wzorcowa. W pozostałych przypadkach mąka orkiszowa cechowała się wyższą wartością kwasowości ogólnej niż mąka z pszenicy zwyczajnej. Dopuszczalny poziom kwasowości w zawiesinie wodnej dla mąki jasnej o typie 850 nie powinien przekroczyć wartości 5°, a dla mąki ciemnej o typie 1400 – nie powinien wynosić więcej niż 7° (Horubałowa, Haber, 1994). Wynika z tego, że kwasowość ogólna wszystkich badanych mąk z dwóch lat zbiorów nie przekroczyła dopuszczalnego poziomu (nie więcej niż 7°).

Tabela 35. Kwasowość ogólna i kwasowość tłuszczowa wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Kwasowość ogólna		Kwasowość tłuszczowa KOH A _K	
	°		mg KOH na 100g s.m.	
	rok		rok	
	2005	2006	2005	2006
<i>Korweta</i>	3,6 ^a ± 0,0	2,9 ^a ± 0,1	54,6 ^{a,b} ± 1,3	53,3 ^{a,b} ± 2,5
<i>Ceralio</i>	3,7 ^{a,b} ± 0,1	3,3 ^b ± 0,1	60,5 ^c ± 1,3	77,1 ^c ± 2,8
<i>Schwabenkorn</i>	3,9 ^{a,b} ± 0,1	4,0 ^c ± 0,0	51,3 ^{a,d} ± 1,1	79,1 ^c ± 2,8
<i>Frankenkorn</i>	5,1 ^c ± 0,1	4,6 ^d ± 0,0	52,9 ^{a,e,f} ± 1,3	49,6 ^a ± 0,0
<i>Holstenkorn</i>	5,0 ^c ± 0,0	4,0 ^c ± 0,0	54,8 ^{b,c} ± 0,9	66,2 ^d ± 1,2
<i>Schwabenspelz</i>	4,1 ^{b,d} ± 0,1	2,7 ^a ± 0,1	49,8 ^{d,f} ± 0,1	61,3 ^{b,d} ± 2,8
<i>Ostro</i>	5,4 ^c ± 0,0	4,6 ^d ± 0,0	60,8 ^c ± 1,1	99,6 ^c ± 2,2
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	4,5 ^d ± 0,1	3,8 ^c ± 0,0	66,3 ^g ± 1,2	132,1 ^f ± 2,7

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Tabela 36. Kwasowość ogólna i kwasowość tłuszczowa w wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/ród hodowlany	Kwasowość ogólna		Kwasowość tłuszczowa KOH A _K	
	°		mg KOH na 100g s.m.	
	rok		rok	
	2006	2007	2006	2007
<i>Torka</i>	2,9 ^a ± 0,1	3,4 ^a ± 0,0	156,5 ^a ± 2,84	38,8 ^a ± 0,0
<i>UWM – 10</i>	3,3 ^{a,b} ± 0,1	5,0 ^b ± 0,0	128,1 ^b ± 2,6	73,6 ^b ± 0,0
<i>UWM – 11</i>	4,0 ^c ± 0,1	5,4 ^c ± 0,0	72,9 ^c ± 2,7	77,5 ^c ± 0,0
<i>UWM – 12</i>	3,5 ^b ± 0,1	4,2 ^d ± 0,0	53,4 ^d ± 2,5	56,0 ^d ± 0,0

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Z kolei, wartość kwasowości tłuszczowej mąki otrzymanej z ziarna ozimego orkiszu mieściła się w granicach od 49,8 mg KOH/100 g s.m. do 66,3 mg KOH/100 g s.m. (zbiory 2006) oraz od 49,6 mg KOH/100 g s.m. do 132,1 mg KOH/100 g s.m., podczas gdy kwasowość mąki otrzymanej z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* była na niższym poziomie (odpowiednio: 54,6 i 53,3 mg KOH/100 g s.m.) (*Tabele 35 i 36*). Wyjątek stanowiła mąka z ziarna odmiany *Franknkorn* (ze zbiorów 2006). Z kolei, w przypadku mąki z ziarna formy jarej, najwyższą wartość tego parametru oznaczono dla mąki z pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* (156,5 mg KOH/100 g s.m. – zbiory 2006) oraz rodu hodowlanego *UWM – 10* (128,1 mg KOH/100 g s.m. – zbiory 2006). Wg PN – A – 74022 dopuszczalny poziom kwasowości tłuszczowej nie powinien przekroczyć wartości 50 w przeliczeniu na mg KOH/100 g s.m. dla wszystkich typów mąki. Na tej podstawie stwierdzono, że kwasowość tłuszczowa większości badanych mąk orkiszowych oraz z pszenicy zwyczajnej (z trzech lat zbiorów) przekraczała określony w normie poziom. Jak wcześniej wspomniano, mąka orkiszowa charakteryzowała się wyższą od mąki z pszenicy zwyczajnej popiołowością i związaną z tym zawartością tłuszczu (*Tabele 19 i 20, Wykresy 4, 5, 6 i 7*), który mógł szybko ulec częściowemu utlenieniu. Nie mniej jednak Szafrńska (2007) podała, że zaraz po opublikowaniu ww. normy, polskie jednostki kontrolne, w przeprowadzonych przez siebie analizach kwasowości tłuszczowej wykazały, że nawet w próbkach mąki pobieranej zaraz po przemiale, obserwowano wielokrotne przekroczenie dopuszczalnej przez normę wartości, a dotyczyło to przeważnie mąki o popiołowości powyżej 0,75% s.m. Sugeruje to tym samym konieczność zmodyfikowania zalecanych w normie dopuszczalnych wartości granicznych tego parametru jakości.

5.3.2. Wartość wypiekowa wysokowyciągowej mąki orkiszowej

Właściwości skrobi

Analiza porównawcza otrzymanych wyników wykazała, że zawartość skrobi ogółem w badanych mąkach orkiszowych była zróżnicowana w zależności od odmiany i formy odmianowej ziarna, z którego otrzymywano mąkę. Wartość tego parametru w mące z ziarna orkiszu ozimego ze zbiorów 2005 mieściła się w granicach od 52,6% s.m. (*Ostro*) do 61,2% s.m. (*Schwabenkorn*), a w roku następnym najwięcej skrobi było w mące z ziarna orkiszu odmiany *Ceralio* (69,4% s.m.), a najmniej w mące z ziarna odmiany *Holstenkorn* (57,1% s.m.) (*Tabele 37 i 38*).

Tabela 37. Ilość i jakość skrobi wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Zawartość skrobi w mące		Stopień uszkodzenia skrobi		Liczba opadania w mące		Ocena amylograficzna					
	% s.m.		UCD		s		Początkowa temperatura kleikowania T _{pk}		Końcowa temperatura kleikowania T _{kk}		Maksymalna lepkość kleiku skrobiowego η _{max}	
	rok		rok		rok		°C		°C		j.B.	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<i>Korweta</i>	55,9 ^a ± 0,1	60,9 ^a ± 0,2	1,5 ^a ± 0,0	0,6 ^a ± 0,0	285 ^a ± 3	262 ^a ± 4	61,3 ^a ± 0,4	64,5 ^a ± 0,0	85,6 ^a ± 0,9	82,5 ^a ± 1,1	495 ^a ± 7	323 ^a ± 4
<i>Ceralio</i>	55,6 ^b ± 0,0	69,4 ^b ± 0,1	4,3 ^b ± 0,0	4,5 ^b ± 0,0	228 ^b ± 10	130 ^b ± 1	61,0 ^a ± 1,4	64,9 ^a ± 1,6	73,4 ^b ± 0,2	69,0 ^b ± 1,1	218 ^b ± 4	90 ^b ± 0
<i>Schwabenkorn</i>	61,2 ^c ± 0,0	59,3 ^c ± 0,1	0,0 ^c ± 0,0	3,4 ^c ± 0,0	323 ^c ± 16	111 ^c ± 2	61,3 ^a ± 1,1	63,8 ^a ± 1,1	87,9 ^c ± 0,5	68,3 ^b ± 0,0	640 ^c ± 14	60 ^c ± 0
<i>Frankenkorn</i>	60,0 ^d ± 0,1	58,3 ^d ± 0,1	2,2 ^d ± 0,0	4,9 ^d ± 0,0	337 ^{c,d} ± 14	87 ^d ± 1	62,1 ^a ± 0,2	63,0 ^a ± 0,0	88,4 ^d ± 0,9	67,1 ^b ± 0,5	1000 ^d ± 0	50 ^c ± 0
<i>Holstenkorn</i>	57,7 ^e ± 0,0	57,1 ^e ± 0,2	0,0 ^e ± 0,0	1,3 ^e ± 0,0	354 ^d ± 10	209 ^e ± 4	66,8 ^a ± 4,2	65,3 ^a ± 1,1	89,6 ^e ± 0,5	72,8 ^c ± 1,1	840 ^e ± 14	138 ^d ± 4
<i>Schwabenspelz</i>	59,3 ^f ± 0,1	58,2 ^d ± 0,0	3,1 ^f ± 0,0	0,0 ^f ± 0,0	256 ^e ± 6	194 ^f ± 4	64,1 ^a ± 0,5	64,5 ^a ± 0,0	84,0 ^f ± 0,0	72,8 ^c ± 1,1	275 ^f ± 7	190 ^e ± 14
<i>Ostro</i>	52,6 ^g ± 0,1	59,4 ^c ± 0,1	0,0 ^e ± 0,0	2,7 ^g ± 0,0	281 ^a ± 14	106 ^c ± 1	64,9 ^a ± 3,7	65,5 ^a ± 2,7	87,8 ^g ± 0,0	68,6 ^b ± 2,7	375 ^g ± 7	45 ^c ± 7
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	55,0 ^h ± 0,1	61,8 ^f ± 0,0	2,2 ^d ± 0,0	3,0 ^h ± 0,0	292 ^a ± 4	91 ^d ± 1	64,5 ^a ± 0,0	63,8 ^a ± 1,1	88,0 ^f ± 0,4	67,5 ^b ± 0,0	290 ^f ± 14	43 ^c ± 4

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Tabela 38. Ilość i jakość skrobi wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkisz i pszenicy zwyczajne (forma jara).

Odmiana pszenicy/ród hodowlany	Zawartość skrobi w mące		Stopień uszkodzenia skrobi		Liczba opadania w mące		Ocena amylograficzna					
	% s.m.		UCD		s		Początkowa temperatura kleikowania T _{pk}		Końcowa temperatura kleikowania T _{kk}		Maksymalna lepkość kleiku skrobiowego η _{max}	
	rok		rok		rok		°C		°C		j.B.	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
<i>Torka</i>	66,3 ^a ± 0,2	56,4 ^a ± 0,4	3,8 ^a ± 0,0	4,7 ^a ± 0,0	170 ^a ± 2	342 ^a ± 4	62,6 ^a ± 0,5	60,4 ^a ± 0,5	69,7 ^a ± 0,0	87,8 ^a ± 1,1	208 ^a ± 3,2	1638 ^a ± 3,5
<i>UWM-10</i>	52,4 ^b ± 0,0	61,1 ^b ± 0,1	4,2 ^b ± 0,0	4,6 ^b ± 0,0	244 ^b ± 5	341 ^a ± 8	64,5 ^a ± 0,0	59,6 ^a ± 0,5	81,8 ^b ± 1,1	88,1 ^a ± 2,7	365 ^b ± 0,0	853 ^b ± 3,5
<i>UWM-11</i>	55,5 ^c ± 0,1	56,0 ^a ± 0,0	2,5 ^c ± 0,0	4,6 ^b ± 0,0	265 ^c ± 2	369 ^a ± 10	63,8 ^a ± 2,1	61,1 ^a ± 0,5	85,5 ^c ± 0,0	90,0 ^a ± 1,1	650 ^c ± 0,0	1665 ^a ± 7,1
<i>UWM-12</i>	62,9 ^d ± 0,1	63,7 ^c ± 0,0	4,2 ^b ± 0,0	4,7 ^a ± 0,0	110 ^d ± 4	348 ^a ± 12	61,9 ^a ± 1,6	63,0 ^b ± 0,0	68,6 ^a ± 0,5	90,8 ^a ± 1,1	123 ^d ± 3,5	1740 ^c ± 4,1

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Natomiast, najwyższą koncentracją skrobi w próbkach z 2006 stwierdzono w w mące orkiszowej odmiany *Ceralio*, a w roku 2007 w mące z orkiszu jarego rodu hodowlanego *UWM – 12*. Z kolei, mąki z ziarna orkiszu odmiany *Holstenkorn* oraz rodu hodowlanego *UWM – 11*, na przestrzeni dwóch lat, cechowały się zbliżoną zawartością skrobi. Porównując otrzymane wartości z danymi literaturowymi okazało się, że wyniki są na zbliżonym poziomie. Choć niektórzy badacze zauważyli wpływ warunków podczas wegetacji rośliny na wartość tego parametru, to w niniejszej pracy nie zauważono jednoznacznej tendencji (Marconi i in., 1999; 2002; Bojňanská, Frančáková, 2002; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007; Zieliński i in., 2008).

Stopień uszkodzenia skrobi badanych mąk był niski i również zróżnicowany w zależności od odmiany ziarna pszenicy, które przemielano na mąkę. W przypadku mąki z orkiszu ozimego odmian *Ostro*, *Holstenkorn* i *Schwabenkorn* (zbiory 2005) oraz odmiany *Schwabenspelz* (zbiory 2006) nie stwierdzono uszkodzonych ziarenek skrobiowych. Z kolei, najwyższą wartość tego parametru otrzymano dla mąki z ziarna odmiany *Ceralio* (zbiory 2005 i 2006) oraz *Frankenkorn* (zbiory 2006). Mąka z ziarna orkiszu rodów hodowlanych *UWM – 10* i *UWM – 12* uzyskała zbliżoną wartość badanego parametru w dwóch latach zbiorów. Otrzymane wartości są jednak zdecydowanie niższe od tych podanych przez Krawczyka i in. (2008b). Nie mniej jednak, stopień uszkodzenia skrobi mąki orkiszowej z ziarna jarego był na nieco wyższym poziomie, niż w mące orkiszu ozimego, mimo zachowania tych samych warunków przemiału. Należy podkreślić, że stopień uszkodzenia skrobi zależy nie tylko od sposobu przemiału, ale i od twardości ziarna.

Zauważono jednak, że nie można jednoznacznie stwierdzić, że stopień uszkodzenia skrobi jest skorelowany z twardością ziarna. Przeprowadzona dodatkowo analiza związków korelacyjnych (na arkuszu scalonym) wykazała, że stopień uszkodzenia skrobi w mące ozimych odmian orkiszu jest istotnie, ujemnie skorelowany z wyrównaniem ziarna ($r = -0,50$), gęstością ziarna w stanie zsypanym ($r = -0,41$) i twardością ziarna W_s ($r = -0,44$). W przypadku stopnia uszkodzenia skrobi mąki z ziarna odmian jarych, stwierdzono istotną ujemną korelację jedynie z gęstością ziarna w stanie zsypanym ($r = -0,65$).

Niezależnie od tego Górniak (2006) stwierdził wysoką korelację stopnia uszkodzenia skrobi z granulacją mąki. Jednak cytowana zależność, była wykazana dla mąki handlowej z ziarna pszenicy zwyczajnej przemielanego w młynie przemysłowym. Nikt jak dotąd nie sprawdził tego dla mąki orkiszowej. Stąd, autorka w niniejszej pracy przeprowadziła podobną analizę. Jak okazało się, zawartość frakcji: $x > 265 \mu\text{m}$ oraz $95 - 104 \mu\text{m}$ mąk orkiszowych otrzymanych z ziarna ozimego była istotnie ujemnie skorelowane ze stopniem uszkodzenia skrobi (współczynniki korelacji r odpowiednio: $-0,57$ i $-0,41$). Z kolei, stopień uszkodzenia skrobi mąk orkiszowych otrzymanych z ziarna jarego wykazywał istotną ujemną korelację z frakcją mąki $120 - 150 \mu\text{m}$ oraz $104 - 120 \mu\text{m}$ ($r = -0,74$ i $r = -0,60$).

Liczba opadania jest parametrem wskazującym na aktywność enzymów amylolitycznych w mące i w pośredni sposób mówi o jej przydatności do wypieku. Wyniki liczby opadania mieściły się w granicach od 228 s w przypadku mąki z orkiszu odmiany *Ceralio* do 354 s dla mąki z orkiszu odmiany *Holstenkorn* (zbiory 2005), a w kolejnym roku wartość tego parametru wahała się w zakresie od 87 s (*Frankenkorn*) do 262 s (*Korweta*) (**Tabele 37 i 38**). Z kolei, w przypadku mąk z ziarna jarego

liczba opadania w pierwszym roku zbiorów była na poziomie od 110 s do 265 s oraz od 341 do 369 s w drugim roku badań. Według PN – A – 74022 wartość tego parametru dla mąki pszennej o typie 1050 powinna być wyższa od 220 s, natomiast w przypadku mąki sitkowej (typ 1400), wartość ta powinna uzyskać wynik nie mniejszy niż 180 s. Nie mniej jednak Ambroziak (1988) jako prawidłowy poziom wartości tego parametru podaje zakres 200 – 400 s. Na tej podstawie stwierdzono, że (w większości przypadków) badane mąki z ziarna ozimego i jarego uzyskały optymalny poziom aktywności amyloリティcznej. Wyjątek stanowią mąki ze zbiorów 2006 otrzymane z ziarna orkiszowego odmian *Ceralio*, *Schwabenkorn*, *Frankenkorn* oraz *Ostro* i *Oberkulmer*, *Rotkorn* oraz jarego ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* i orkiszowego rodzaju hodowlanego *UWM – 12*, dla których wartości liczby opadania były poniżej zalecanego poziomu.

Aktywność enzymów amyloリティcznych zawartych w mące oraz zdolność do kleikowania zawartej w mące skrobi można również określić przy pomocy amylografu. Mąki o podwyższonej aktywności amyloリティcznej dają niskie amylogramy, a ciasto z takiej mąki jest kłopotliwe w obróbce ze względu na nadmierną lepkość, a w pieczywie mogą wystąpić wady (odstawanie skórki, zakalec). Jednak zdarza się w przypadku mąki pszennej, że mimo niskich wykresów amylograficznych wypieczone z niej pieczywo jest dobrej jakości, choć z nieco wilgotnym miększem i ciemniejszą skórką. Wynika to z tego, że struktura ciasta pszennego (pieczywa) uzależniona jest przede wszystkim od właściwości frakcji glutenowej (Rothkaehl, 2003). Według danych literaturowych skrobia pszenna zaczyna kleikować w przedziale temperatur od 59 do 61°C, natomiast końcowa temperatura kleikowania powinna mieścić się w granicach od 80 do 98°C (Horubałowa, Haber, 1994).

Początkowa temperatura kleikowania skrobi w badanych mąkach otrzymanych z ziarna ozimego ze zbiorów 2005 wahała się w granicach od 61,0 do 66,8 °C, podczas gdy w kolejnym roku zbiorów temperatura ta uzyskała nieco wyższe wartości (63,0 – 65,5 °C) (**Tabela 37 i 38**). Natomiast w mąkach otrzymanych z ziarna jarego początkowa temperatura kleikowania skrobi mieściła się w zakresie od 61,9 do 64,5 °C (zbiory 2006), a w roku 2007 była na nieco niższym poziomie (59,6 – 63,0 °C). W większości przypadków uzyskane wyniki nie różniły się istotnie statystycznie, a wartości tego parametru były nieco wyższe od podawanych w literaturze.

Końcowa temperatura kleikowania oznacza spadek lepkości kleiku po rozłożeniu całej ilości skrobi (Horubałowa, Haber 1994). W badanych mąkach wartość tego parametru była bardziej zróżnicowana i zależała w dużym stopniu od odmiany ziarna, z którego otrzymano mąkę. Najniższą wartość końcowej temperatury kleikowania skrobi (zbiory 2005) oznaczono w mące z ziarna orkiszowego odmiany *Ceralio* (73,4 °C), a najwyższą w mące z ziarna orkiszowego odmiany *Holstenkorn* (89,6 °C). Natomiast w kolejnym roku zbiorów (2006) końcowa temperatura kleikowania mieściła się w zakresie od 67,1 °C (*Frankenkorn*) do 82,5 °C (*Korweta*). Z kolei, w mące otrzymanej z ziarna orkiszowego rodzaju hodowlanego *UWM – 12* oznaczono najniższą temperaturę kleikowania skrobi, a dla *UWM – 11* najwyższą (zbiory 2006), podczas gdy w kolejnym sezonie wartość tego parametru była na wyższym poziomie (87,8 – 90,8 °C). Jednocześnie zauważono, że niższej wartości liczby opadania odpowiadały niższe wartości końcowej temperatury kleikowania skrobi. Otrzymane dane były zgodne z tymi podawanymi w literaturze.

Maksymalna lepkość kleiku skrobiowego była wielkością najbardziej różnicującą właściwości skrobi. Najwyższą wartość tego parametru oznaczono w mące z ziarna orkiszu odmiany *Frankenkorn* (1000 j.B. – zbiory z 2005 roku), a najniższą w mące z ziarna orkiszu odmiany *Ceralio* (123 j.B.), podczas gdy w mące z roku 2006 wartość tego parametru dla mąk z ziarna ozimego była na znacznie niższym poziomie (43 – 323 j.B.). W mąkach otrzymanych z ziarna jarego maksymalna lepkość mieściła się w zakresie: 208 – 650 j.B. (zbiory 2006) oraz 853 – 1740 j.B. (zbiory 2007). Mąki z ziarna jarego uzyskały zdecydowanie wyższe wartości maksymalnej lepkości kleiku skrobiowego w porównaniu do mąki z ziarna ozimego. Niskie wartości maksymalnej lepkości zawiesiny wskazywały na częściowy rozkład skrobi. Chleb z takiej mąki z reguły ma wilgotny i zbity miękisz. Natomiast w przypadku, gdy wartość tego parametru przekracza 500 j.B., mąka zawiera trudno rozkładającą się skrobię i cechuje się niską aktywnością amylolytyczną. Pieczywo z takiej mąki z reguły ma nieodpowiednią porowatość – zbity miękisz, małą objętość, odstającą i popękaną skórkę (Haber, Horubałowa, 1992).

Analizując wyniki z oceny amylograficznej stwierdzono istotny wpływ warunków podczas wegetacji na wartość poszczególnych parametrów. Dla próbek mąki ze zbiorów z 2006 roku zauważono wzrost początkowej temperatury kleikowania skrobi, a obniżenie końcowej temperatury kleikowania i maksymalnej lepkości kleiku skrobiowego. Było to szczególnie zauważalne w formach ozimych. Odmiany jare (orkiszu i pszenicy zwyczajnej) wykazywały zdecydowanie większą stabilność tych parametrów i tym samym odporność na niesprzyjające warunki pogodowe.

Zauważono również, że mąka z ziarna orkiszu ozimego (zbiory 2005) odmiany *Holstenkorn*, która nie miała uszkodzonej skrobi, uzyskała jednocześnie wysoką wartość liczby opadania, początkowej i końcowej temperatury kleikowania skrobi oraz wysoką wartość maksymalnej lepkości kleiku skrobiowego. Natomiast mąka z ziarna orkiszu odmiany *Ceralio* cechowała się najwyższym stopniem uszkodzenia skrobi i jednocześnie najniższą liczbą opadania, początkową i końcową temperaturą kleikowania oraz maksymalną lepkością kleiku skrobiowego. Podobną zależność stwierdzono w przypadku mąki z ziarna orkiszu ze zbiorów z 2006 dla odmiany *Frankenkorn* i rodu hodowlanego *UWM – II*. Wiadomo, że istnieje zależność pomiędzy stopniem uszkodzenia skrobi, a natężeniem procesów fermentacyjnych, a w sytuacji nadmiernie uszkodzonej skrobi, ciasto otrzymane z takiej mąki, zachowuje się podobnie jak z mąki z ziarna porośniętego (Jurga, 2000; Gąsiorowski, 2004a; Ceglińska i in., 2007).

Ponadto, przeprowadzona analiza związków korelacyjnych dla mąki z ziarna orkiszu ozimego i jarego wykazała bardzo wysokie istotne dodatnie korelacje między wartością liczby opadania, a temperaturą końcową kleikowania i maksymalną lepkością kleiku skrobiowego (**Tabele 51 i 56**), co jest zgodne z danymi spotykanymi w literaturze dla mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej (Ambroziak, 1988; Reński, 1998).

Ilość i jakość białka

Zawartość białka ogółem w badanych mąkach ze zbiorów 2005 mieściła się w granicach od 12,1% s.m. dla mąki z orkiszu odmiany *Frankenkorn* do 13,8% s.m. dla mąki z orkiszu odmiany *Ostro*, natomiast w kolejnym roku zbiorów wartość tego parametru w mąkach orkiszowych mieściła

się w zakresie od 11,7 % s.m. (*Ceralio*) do 14,8% s.m. (*Oberkulmer Rotkorn*) (**Tabela 39**). Z kolei, w przypadku mąk z ziarna jarego najwyższą zawartością białka ogółem charakteryzowała się mąka z ziarna orkiszu rodu hodowlanego *UWM – 10*, a w roku następnym *UWM – 12* (**Tabela 40**). We wszystkich przypadkach zawartość białka ogółem w mąkach orkiszowych była istotnie wyższa niż w mące uzyskanej z ziarna pszenicy zwyczajnej, co jest zgodne z danymi prezentowanymi w literaturze (Abdel – Aal i in., 1996; Marconi i in., 1999; Moudrý, Dvořáček, 1999; Bonafaccia i in., 2000; Chrenková i in., 2000; Capouchová, 2001; Gálová, Knoblochová, 2001; Skrabanja i in., 2001; Waga, 2002; Ceglińska, 2003; Waga, 2003; Kohajdová i Korovičová, 2007; Majewska i in., 2007b; Marques i in., 2007; Radomski i in., 2007; Pruska – Kędzior i in. 2008; Dąbkowska i in., 2008; Krawczyk i in. 2008b; Zieliński i in., 2008).

Tabela 39. Charakterystyka ilości i jakości białka wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Zawartość białka ogółem w mące		Wydajność glutenu mokrego w mące		Liczba sedimentacji wg Zeleny'ego**	
	% s.m.		%		cm ³	
	rok		rok		rok	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<i>Korweta</i>	11,5 ^a ± 0,1	11,1 ^a ± 0,01	23,2 ^a ± 0,1	24,1 ^a ± 0,4	37 ^a ± 1	44 ^a ± 0
<i>Ceralio</i>	12,5 ^{b,c} ± 0,1	11,7 ^b ± 0,01	32,5 ^b ± 0,4	30,7 ^b ± 0,4	23 ^{b,c} ± 1	14 ^b ± 1
<i>Schwabenkorn</i>	13,6 ^{d,e} ± 0,1	14,0 ^c ± 0,01	32,6 ^b ± 0,4	35,0 ^c ± 0,2	26 ^b ± 1	24 ^c ± 1
<i>Frankenkorn</i>	12,1 ^b ± 0,1	14,2 ^{c,d} ± 0,01	29,7 ^c ± 0,2	30,6 ^b ± 0,0	23 ^{b,c} ± 1	23 ^{c,d} ± 1
<i>Holstenkorn</i>	13,2 ^d ± 0,1	14,3 ^{c,d} ± 0,01	31,6 ^{b,d} ± 0,2	32,4 ^d ± 0,2	19 ^{c,d} ± 0	17 ^{b,e} ± 1
<i>Schwabenspelz</i>	12,7 ^c ± 0,1	14,1 ^{c,d} ± 0,01	31,2 ^d ± 0,3	26,2 ^e ± 0,3	40 ^a ± 0	27 ^f ± 1
<i>Ostro</i>	13,8 ^e ± 0,1	14,5 ^{d,e} ± 0,01	36,3 ^e ± 0,4	30,0 ^b ± 0,3	26 ^b ± 0	17 ^{b,g} ± 1
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	13,7 ^e ± 0,1	14,8 ^e ± 0,01	33,8 ^f ± 0,3	33,9 ^f ± 0,1	22 ^{b,d} ± 1	20 ^{d,e,g} ± 1

** Analiza przeprowadzona dla mąki typ 500/550, uzyskanej z tego samego ziarna.

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Tabela 40. Charakterystyka ilości i jakości białka wysokowyciągowej mąki otrzymanej ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/rod hodowlany	Zawartość białka ogółem w mące		Wydajność glutenu mokrego w mące		Liczba sedimentacji wg Zeleny'ego**	
	% s.m.		%		cm ³	
	rok		rok		rok	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
<i>Torka</i>	9,7 ^a ± 0,01	13,3 ^a ± 0,1	13,5 ^a ± 0,35	20,7 ^a ± 0,2	35 ^a ± 0	44 ^a ± 1
<i>UWM – 10</i>	14,0 ^b ± 0,01	15,4 ^b ± 0,1	32,3 ^b ± 0,35	36,9 ^b ± 0,1	20 ^b ± 0	42 ^{a,b} ± 1
<i>UWM – 11</i>	13,7 ^c ± 0,01	15,2 ^b ± 0,1	34,1 ^c ± 0,14	37,5 ^c ± 0,1	27 ^c ± 1	38 ^{b,c} ± 0
<i>UWM – 12</i>	12,3 ^d ± 0,01	15,8 ^c ± 0,1	29,6 ^d ± 0,35	31,9 ^d ± 0,1	29 ^c ± 1	37 ^c ± 1

** Analiza przeprowadzona dla mąki typ 500/550, uzyskanej z tego samego ziarna.

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Zauważono, że na zawartość białka ogółem w mące ziarna orkiszu ozimego w dużym stopniu zależy od warunków pogodowych, o czym świadczy wyższa zawartość białka ogółem w mące ze zbiorach 2006 (w porównaniu do wcześniejszego roku zbiorów). Najprawdopodobniej gorący i suchy lipiec w 2006 roku wpłynął na zwiększenie koncentracji białka w mące, co potwierdza wcześniejsze spostrzeżenia Bojňanskiej i Frančákovéj (2002). Dodatkowo zauważono, że mąka trzech rodów hodowlanych orkiszu z 2007 roku, cechowała się najwyższą koncentracją tego składnika,

(15,2 – 15,8% s.m.), spośród wszystkich badanych próbek, co z punktu żywieniowego można uznać za cechę korzystną.

Wydajność glutenu mokrego jest wskaźnikiem silnie związanym z wartością wypiekową (Bojňanská, Frančáková, 2002). Gluten mokry odgrywa decydującą rolę w tworzeniu ciasta i procesie wypieku chleba, stanowiąc szkielet ciasta pszennego, który łączy pozostałe składniki mąki oraz substancje dodawane do ciasta (Gąsiorowski, 2004a). Dla wszystkich badanych mąk orkiszowych wartość tego parametru była istotnie wyższa od wydajności glutenu mokrego z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej (**Tabele 39 i 40**). Powyższa prawidłowość jest zgodna z danymi podawanymi w literaturze (Abdel – Aal i in., 1996; Jurga, 1996; Chrenková i in., 2000; Capouchová 2001; Gálová, Knoblochová, 2001; Skrabanja i in., 2001; Bojňanská, Frančáková, 2002; Ceglińska, 2003; Tyburcy, 2005; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007; Majewska i in., 2007b; Marques i in., 2007; Dąbkowska i in., 2008; Krawczyk i in. 2008b; Zieliński i in., 2008). Najbardziej stabilna okazała się odmiana *Oberkulmer Rotkorn*. Z kolei, stresy środowiskowe w 2006 roku, w przypadku mąki z rodów hodowlanych orkiszu, spowodowały obniżenie wydajności glutenu mokrego, czego nie można jednoznacznie stwierdzić w przypadku mąk orkiszowych z ziarna ozimego.

Według PN – A – 74022, w przypadku mąki o typie 1400, wydajność glutenu mokrego powinna wynosić nie mniej niż 24%, natomiast dla mąki o typie 1050, uzyskana wartość powinna być równa lub wyższa od 25%, co stanowi minimum w przypadku mąki o dobrej wartości wypiekowej. Na tej podstawie można stwierdzić, że wydajność glutenu mokrego dla mąk otrzymanych z ziarna pszenicy zwyczajnej (odmiany *Korweta* i *Torka*) była niższa (szczególnie dla mąki z odmiany *Torka*) od kryteriów podanych w ww. normie. Natomiast w przypadku wszystkich mąk orkiszowych wartość ta była znacznie wyższa od stawianych wymagań jakościowych w powyższej normie (dotyczącej pszenicy zwyczajnej).

Liczba sedymentacji jest miernikiem jakości i ilości substancji strukturotwórczych pieczywa. Wynik analizy jest tym wyższy, im wyższa jest zawartość białek glutenowych w mące, szczególnie wysokocząsteczkowej gluteniny, odznaczającej się dobrą zdolnością pęcznienia i warunkującej dobrą wartość wypiekową mąki (Jurga, 1994; Janiak, Laskowski, 1994).

Liczba sedymentacji we Zeleny’ego oznaczona w mące jasnej (typ 500 – 550) otrzymanej z ziarna orkiszu ozimego (tych samych odmian) ze zbiorów 2005, 2006 oraz 2007, w większości przypadków (wyjątek stanowi mąka z ziarna odmiany *Schwabenspelz* – zbiory 2005), była niższa niż w mąkach otrzymanych z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka* (**Tabele 39 i 40**). Tym samym, mąka ta cechowała się niską zdolnością pęcznienia układu białkowego. Najbardziej stabilna okazała się mąka z ziarna orkiszu odmian *Frankenkorn*, *Holstenkorn* i *Oberkulmer Rotkorn*. Zadawalające wyniki liczby sedymentacji wg Zeleny’ego otrzymano w mące jasnej uzyskanej z jarego ziarna orkiszu trzech rodów hodowlanych ze zbiorów 2007 (37 – 42 cm³). Literatura również podaje podobne spostrzeżenia (Piergiovanni i in., 1996; Capouchová, 2001; Bojňanská, Frančáková, 2002; Ceglińska, 2003; Lacko – Bartošová, Rédlová, 2007; Majewska i in., 2007b; Dąbkowska i in., 2008; Pruska – Kędzior i in., 2008; Krawczyk i in., 2008b).

Należy jednak podkreślić, że kryteria jakościowe podawane we wcześniej cytowanej normie opracowano dla mąki z pszenicy zwyczajnej. Przyjęte w normie graniczne wartości parametrów nie

do końca trafnie określają przydatność mąki orkiszowej do wypieku. Mimo wyższej wydajności glutenu mokrego i zawartości białka ogółem dla mąki orkiszowej, zdolność jej układu białkowego do pęcznienia (z wyjątkiem mąki z orkiszu odmiany *Schwabenspelz* – zbiory 2006) była mniejsza. Świadczy to o tym, że gluten mąki z pszenicy zwyczajnej cechował się lepszą jakością niż gluten większości mąk orkiszowych. Nie znaczy to jednak, że z mąk orkiszowych nie można otrzymać pieczywa dobrej jakości, co będzie przedstawione w dalszej części pracy.

Bojňanská i Frančáková (2002) stwierdziły, że w mące orkiszowej w roku ekstremalnie suchym nastąpił wzrost zawartości białka ogółem, wydajności glutenu mokrego i wartości liczby sedymentacji SDS, w porównaniu do lat umiarkowanych temperaturach. Natomiast inni badacze zauważyli, że wraz ze wzrostem zawartości białka i glutenu mokrego obserwuje się pogorszenie jego jakości, co ma wpływ na późniejsze wykorzystanie mąki (Peterson i in., 1998; Reński, 1998; Capouchová 2001; Cepak – Pietrzak i in., 2004). Nadmierna aktywność proteolityczna, do której może dojść w czasie porostania ziarna, prowadzi do dezagregacji białek, w tym glutenowych, pogorszając właściwości reologiczne ciasta. Wzrasta tym samym zawartość azotu niskobiałkowego, zwiększa się rozpuszczalność prolamin i glutenin. Następstwem tego jest ta sama zawartość białka ogółem (przy oznaczaniu faktycznie określa się zawartość azotu), przy jednoczesnym pogorszeniu cech reologicznych ciasta (Dojczew i in., 2004).

Cechy reologiczne ciasta

Badania cech reologicznych ciasta za pomocą metod instrumentalnych, pozwalają na określenie zachowania ciasta podczas wyrabiania oraz fermentacji, jak również umożliwiają ocenę wodochłonności mąki (Walker, Hazelton, 1996; Sadkiewicz, 1999, Konopka i in., 2000). Jednym ze sposobów jest wykorzystanie Uniwersalnej Maszyny Testującej Instron 4301 z zainstalowaną komorą ekstruzyjną OTMS (Ottawa Texture Measuring System), w której określa się siłę i energię z jaką deformowane jest ciasto po wpływie wytlaczania w komorze (Walker, Hazelton; 1996; Konopka i in., 2000; Majewska i in., 2000; Dobraszczyk, Morgenstern, 2003; Jurga, 2003b; Zawadzki, 2003).

Cechy reologiczne ciasta otrzymanego z mąki orkiszowej oraz porównawczo ciasta uzyskanego z mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka* zostały przedstawione w **tabelach 41 i 42**. Do badania cech reologicznych ciasta przygotowano próbki o zakładanej wydajności 165%.

Wytrzymałość ciasta na ściskanie (odmiany ozime orkiszu i pszenicy zwyczajnej) wahała się w granicach od 26,6 N (*Frankenkorn*) do 65,4 N (*Oberkulmer Rotkorn*) (zbiory 2005), a w kolejnym roku zbiorów wartość tego parametru mieściła się w zakresie od 35,3 N (*Schwabenkorn*) do 54,4 N (*Oberkulmer Rotkorn*) (zbiory 2006). Z kolei, w przypadku ciasta otrzymanego z mąki z ziarna jarego, wartość tego parametru była na poziomie: 39,6 – 92,2 N (na przestrzeni dwóch lat). Najniższą wartość zwięzłości uzyskało ciasto z mąki orkiszu odmiany *Frankenkorn* (zbiory 2005), a w kolejnym roku zbiorów ciasto z mąki odmiany *Schwabenkorn* oraz ciasto z mąki pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka*. Z kolei, w roku 2007 najniższą wartością tego parametru cechowało się ciasto z mąki rodu hodowlanego *UWM – 11*. Najlepszymi cechami reologicznymi charakteryzowało się ciasto z orkiszu odmiany *Oberkulmer Rotkorn*.

Analizując wyniki stwierdzono również, że wartości poszczególnych parametrów były zróżnicowane w zależności od odmiany lub rodzaju hodowlanego. Ciasto otrzymane z mąki z ziarna ozimego z 2006 roku, w większości przypadków, cechowało się większą wytrzymałością na ściskanie i zwięzłością w porównaniu do wartości tych parametrów w 2005 roku. Ponadto, ciasto uzyskane z mąki orkiszu jarego uzyskało (w większości przypadków) wyższe wartości poszczególnych parametrów cech reologicznych w porównaniu z ciastem z mąki orkiszu ozimego. Największe różnice wartości wytrzymałości ciasta na ściskanie, zwięzłości ciasta i maksymalnej siły wytłaczania (na przestrzeni dwóch lat) zauważono w przypadku ciasta z mąki z ziarna rodzaju hodowlanego *UWM – 11*. Natomiast, najbardziej stabilne pod względem wartości maksymalnej siły wytłaczania ciasta i energii wytłaczania okazało się ciasto z odmian *Holstenkorn* i *Oberkulmer Rotkorn*, co jest pośrednio odzwierciedleniem poziomu liczby sedymentacji wg Zeleny'ego (**Tabele 39 i 40**).

Literatura podaje, że ciasto orkiszowe jest wrażliwe na intensywną obróbkę mechaniczną podczas mieszenia (gluten o słabych cechach reologicznych). Jednak, na podstawie wyżej omówionych wyników cech reologicznych ciasta z ciemnej mąki orkiszowej, nie można jednoznacznie tego stwierdzić, bo istnieją wyjątki. Jest to raczej bardziej zależne od odmiany oraz formy odmianowej badanego orkiszu (Abdel – Aal i in., 1997; Schober i in., 2002; Bonafácia i in., 2000; Schober i in., 2006; Kohajdová, Korovičová; 2007; Majewska i in., 2007b; Pruska – Kędzior i in., 2008).

Należy jednak podkreślić, że badanie cech reologicznych ciasta z wykorzystaniem wysokowyciągowej mąki orkiszowej nie było jak dotąd przeprowadzone, szczególnie stosowaną w pracy metodą instrumentalną (komora ekstruzyjna OTMS) . Jedyne dostępne dane dotyczyły jasnej mąki orkiszowej, ale ciasto przygotowane do analizy miało niższą wydajność (150%) (Majewska i in., 2007a).Warto jednak dodać, że ciasto z ciemnej mąki niektórych badanych odmian orkiszu ma optymalne cechy reologiczne. Takie ciasto uzyskano z mąki orkiszu odmian *Oberkulmer Rotkorn* i *Holstenkorn* oraz rodów hodowlanych *UWM – 10* i *UWM – 11*.

Tabela 41. Cechy reologiczne ciasta z wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Wytrzymałość ciasta na ściskanie F _w		Zwięzłość ciasta F _w /d _w		Maksymalna siła wytlączania ciasta F _{max}		Energia wytlączania ciasta E _{max}	
	N		N/mm		N		J	
	rok		rok		rok		rok	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Korweta	37,4 ^a ± 4,7	51,2 ^{a,c} ± 10,2	1,72 ^{a,b} ± 0,04	2,53 ^a ± 0,47	47,5 ^a ± 3,8	72,7 ^a ± 7,4	1,36 ^a ± 0,00	2,11 ^{a,b} ± 0,25
<i>Ceralio</i>	34,8 ^a ± 2,1	38,4 ^{a,b} ± 3,1	1,62 ^a ± 0,20	1,91 ^{a,b} ± 0,18	59,8 ^{a,b} ± 6,2	63,1 ^{a,b} ± 6,0	1,63 ^{a,b} ± 0,03	1,88 ^{a,c} ± 0,08
<i>Schwabenkorn</i>	40,2 ^{a,b} ± 11,9	35,3 ^b ± 3,6	1,99 ^{a,b} ± 0,59	1,45 ^b ± 0,06	67,7 ^{a,b} ± 16,6	47,6 ^b ± 2,3	1,95 ^{a,b} ± 0,50	1,40 ^{d,e} ± 0,07
<i>Frankenkorn</i>	26,6 ^a ± 4,4	48,6 ^{a,b,c} ± 2,1	1,28 ^a ± 0,19	2,28 ^{a,b} ± 0,11	41,5 ^a ± 4,9	74,5 ^a ± 13,4	1,25 ^a ± 0,17	2,14 ^{a,c} ± 0,23
<i>Holstenkorn</i>	42,8 ^{a,b} ± 1,6	51,5 ^c ± 11,6	2,23 ^{a,b} ± 0,23	2,42 ^a ± 0,45	67,3 ^{a,b} ± 5,5	67,1 ^a ± 2,9	1,91 ^{a,b} ± 0,24	1,96 ^{a,c} ± 0,09
<i>Schwabenspelz</i>	40,6 ^{a,b} ± 11,8	31,4 ^b ± 1,7	2,00 ^{a,b} ± 0,57	1,46 ^b ± 0,14	54,3 ^{a,b} ± 6,4	43,8 ^b ± 0,4	1,68 ^{a,b} ± 0,24	1,23 ^d ± 0,05
<i>Ostro</i>	29,4 ^a ± 5,7	36,9 ^b ± 2,5	1,46 ^a ± 0,30	1,74 ^b ± 0,21	59,8 ^a ± 5,7	58,6 ^{a,b} ± 1,0	1,55 ^{a,b} ± 0,25	1,69 ^{c,e} ± 0,20
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	65,4 ^b ± 0,0	54,4 ^{a,c} ± 7,8	3,05 ^b ± 0,19	2,63 ^a ± 0,47	90,8 ^b ± 7,4	103,1 ^c ± 3,3	2,57 ^b ± 0,04	2,56 ^b ± 0,22

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Tabela 42. Cechy reologiczne ciasta z wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/ród hodowlany	Wytrzymałość ciasta na ściskanie F _w		Zwięzłość ciasta F _w /d _w		Maksymalna siła wytlączania ciasta F _{max}		Energia wytlączania ciasta E _{max}	
	N		N/mm		N		J	
	rok		rok		rok		rok	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Torka	49,9 ^a ± 4,6	59,9 ^a ± 3,0	2,44 ^a ± 0,22	3,12 ^a ± 0,22	67,2 ^a ± 6,3	78,1 ^a ± 1,7	1,94 ^a ± 0,11	2,47 ^a ± 0,10
<i>UWM – 10</i>	89,5 ^b ± 13,3	54,2 ^b ± 1,6	3,99 ^a ± 0,73	2,66 ^{a,b} ± 0,12	120,2 ^b ± 9,9	73,5 ^{a,b} ± 3,2	3,43 ^b ± 0,37	2,24 ^{a,b} ± 0,12
<i>UWM – 11</i>	92,2 ^b ± 33,0	39,6 ^{a,b} ± 5,79	4,12 ^a ± 1,56	1,88 ^c ± 0,33	127,8 ^b ± 32,2	57,6 ^a ± 7,8	3,21 ^b ± 0,44	1,70 ^a ± 0,17
<i>UWM – 12</i>	66,3 ^{a,b} ± 2,0	49,1 ^b ± 5,5	2,95 ^a ± 0,40	2,38 ^{b,c} ± 0,06	94,8 ^{a,b} ± 4,2	64,6 ^{b,c} ± 2,1	2,79 ^b ± 0,08	1,95 ^{b,c} ± 0,01

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

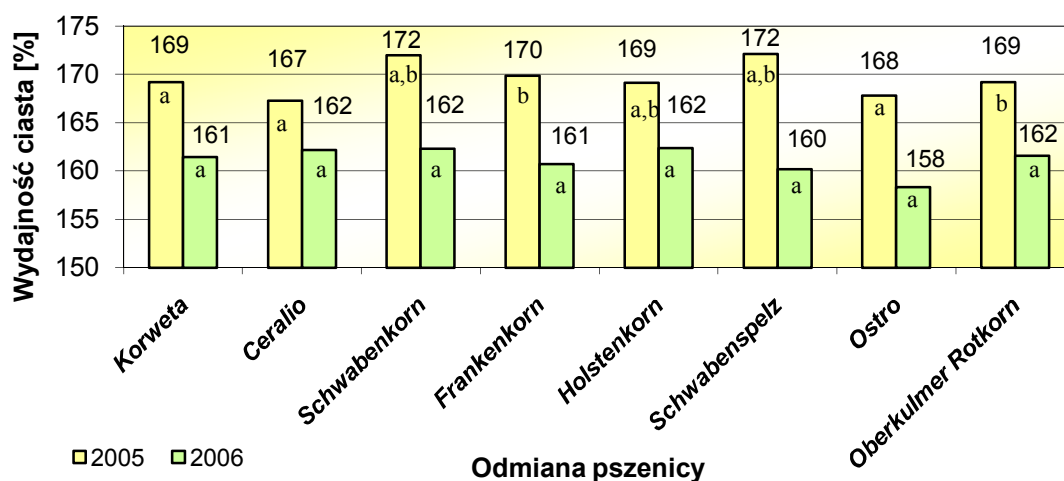
Próbnny wypiek laboratoryjny

Charakterystyka cech fizycznych ciasta pozwala na wyciągnięcie wniosków o jakości mąki i jej potencjalnej wartości wypiekowej. Zdarzają się jednak próbki mąki, które wykazują dobre właściwości fizykochemiczne, a sama mąka okazuje się słabym surowcem piekarskim. Dlatego pełny obraz wartości wypiekowej mąki uzyskuje się zwykle dopiero po przeprowadzeniu próbnego wypieku laboratoryjnego (Jakubczyk, Haber, 1981; Ambroziak, 1988; Haber, Horubałowa, 1992).

Powszechnie wiadomo, że ciasto z wyższym udziałem wody, czyli o wyższej wydajności ma luźniejszą konsystencję. W produkcji jednak, nie zawsze ta zależność jest zachowana, ponieważ decyduje o tym jakość glutenu. Mąka zawierająca tzw. gluten „mocny” może wchłonąć więcej wody. Ciasto przygotowane z takiego surowca jest tym samym gęstsze i cechuje się wysoką wydajnością (Reński, 1998).

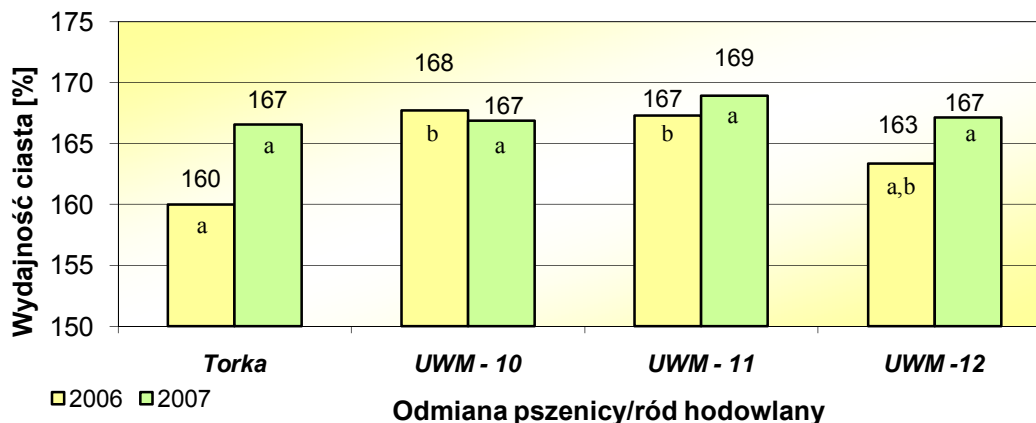
Zakładana wydajność ciasta, podczas przeprowadzania laboratoryjnego wypieku pieczywa, wynosiła 165%. Jak wynika z poniższych wykresów w większości przypadków rzeczywista wydajność ciasta była wyższa (*Wykresy 20 i 21*). Jednak na wartość tego parametru, szczególnie w przypadku ciasta z orkiszu ozimego, istotny wpływ miał rok uprawy, tzn. ciasto otrzymane z mąki z ziarna ozimego (ze zbiorów z 2006 roku) uzyskało niższą wydajność od założonej. Wiadomo, że obecne w mące glutenina i gliadyna w zetknięciu z wodą pochłaniają ją i pęcznią, tworząc strukturę glutenu. Niestety zarówno gluten z ziarna miękkiej pszenicy, jak i z porośniętej (ukryty porost) wchłania mniej wody niż gluten z pszenicy dobrej jakości (Reński, 1998).

Wykres 20. Wybrane rezultaty laboratoryjnego wypieku pieczywa z wysokowyciągowej mąki – wydajność ciasta (pszenice ozime).



*Wartości powyżej słupków (na wykresie) oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Wykres 21. Wybrane rezultaty laboratoryjnego wypieku pieczywa z wysokowyciągowej mąki – wydajność ciasta (pszenice jare).



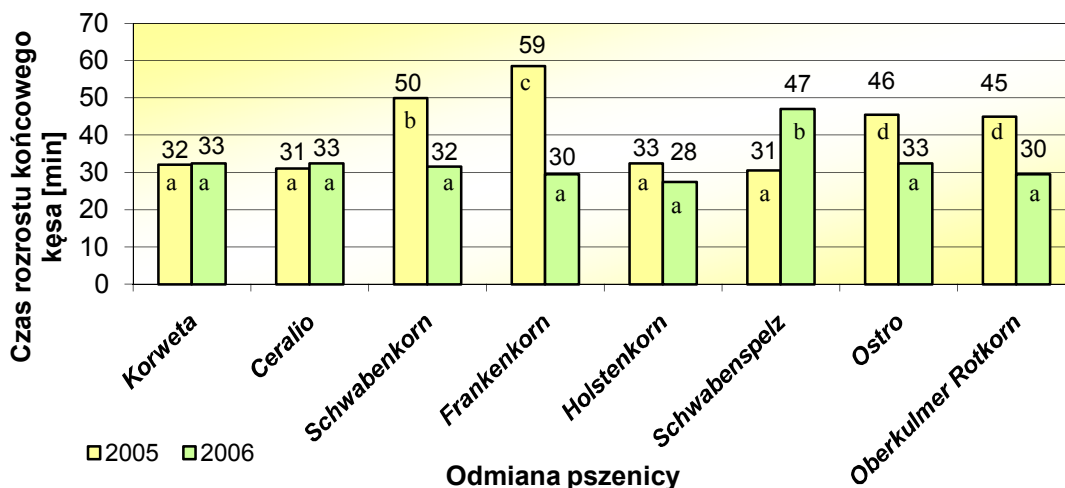
*Wartości powyżej słupków (na wykresie) oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Ciasto z orkiszu odmian *Schwabenspelz* i *Schwabenkorn* (zbiory 2005) uzyskało najwyższe wartości wydajności (spośród wszystkich badanych próbek), co mogło być związane z wysoką liczbą sedymentacji wg. Zeleny'ego. Z kolei, w następnym roku badań ciasto przygotowane z mąki orkiszu odmiany *Ostro* uzyskało najniższą wartość tego parametru (158%). Mogło to być związane z niską wartością liczby opadania oraz ze słabą zdolnością pęcznienia białek glutenowych, na co wskazuje niska liczba sedymentacji wg. Zeleny'ego. Z kolei, w przypadku orkiszu jarego najwyższą wartością badanego parametru cechowało się ciasto rodu hodowlanego *UWM - 11* (zbiory 2007).

W trakcie przeprowadzania laboratoryjnego wypieku pieczywa określono również czas rozrostu końcowego kęsa. Jest to etap prowadzący do spulchnienia ciasta. Jak okazało się, w przypadku kęsów przygotowanych z mąki orkiszu odmian *Schwabenkorn*, *Schwabenspelz*, *Ostro* i *Oberkulmer Rotkorn* oraz trzech rodów hodowlanych (w poszczególnych latach), czas ten był dłuższy niż dla kęsów ciasta otrzymanych z pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka* (Wykresy 22 i 23). Najlepszą stabilnością tego parametru cechowało się ciasto z pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka* oraz orkiszu odmian *Ceralio* i *Holstenkorn*. Najbardziej podatnymi na zmienne warunki wegetacyjne okazały się odmiany *Schwabenkorn* i *Frankenkorn* oraz rody hodowlane *UWM - 10* i *UWM - 12*, co również potwierdza analiza cech reologicznych ciasta. Również Majewska i in. (2007b) zauważyli, że ciasto orkiszowe w większości przypadków wymaga dłuższego rozrostu końcowego niż ciasto z pszenicy zwyczajnej.

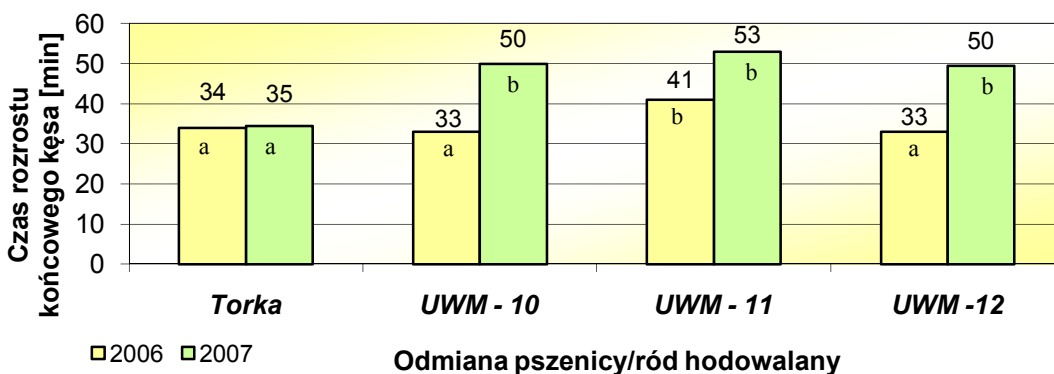
Wiadomo jednak, że zdolność fermentacyjna w cieście zależy przede wszystkim od ilości cukrów prostych, czyli tych rozkładających się na dwutlenek węgla i alkohol. W mące otrzymanej z ziarna o niższej liczbie opadania, ilość cukrów redukujących jest wyższa. Tym samym fermentacja ciasta zachodzi znacznie szybciej, co tłumaczy skrócenie czasu rozrostu końcowego kęsów ciasta otrzymanego z niektórych odmian orkiszu z 2006 roku.

Wykres 22. Wybrane rezultaty laboratoryjnego wypieku pieczywa z wysokowyciągowej mąki – czas rozrostu końcowego kęsa (pszenice ozime).



*Wartości powyżej słupków (na wykresie) oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Wykres 23. Wybrane rezultaty laboratoryjnego wypieku pieczywa z wysokowyciągowej mąki – czas rozrostu końcowego kęsa (pszenice jare).



*Wartości powyżej słupków (na wykresie) oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Upiek jest różnicą między masą kęsa ciasta a masą otrzymanego pieczywa po ostudzeniu. Wielkość tego parametru zależy od rodzaju, kształtu, masy kęsa i parametrów wypieku. Jest to jedna z podstawowych strat technologicznych i dąży się do jej zmniejszenia. Nie mniej jednak, bez odpowiedniego ubytku, niemożliwe jest dobre wypieczenie i wykształcenie skórki. Wiadomo, że przy tej samej wielkości kęsów całkowita strata piecowa wzrasta wraz ze wzrostem powierzchni właściwej pieczywa (Ambroziak, 1999).

Uzyskane wartości całkowitej straty piecowej chlebków (zbiory 2005) mieściły się w granicach od 13,9% (*Schwabenspelz*) do 17,1% (*Ceralio*) oraz od 12,2% (*Schwabenspelz*) do 18,1% (*Frankenkorn*) dla kolejnego roku badań. Wypieczone chleby z mąki pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* uzyskały wartość tego parametru na poziomie odpowiednio: 17,0 i 17,3% (**Tabele 43 i 44**). Z kolei, chleby otrzymane z mąki pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* (mąki z ziarna jarego), cechowały się najwyższą stratą piecową (w dwóch kolejnych latach badań). Wartość tego parametru jest jednak zależna od powierzchni parowania. Chleby z 2006 roku były bardziej kuliste

w porównaniu do chlebów z poprzedniego roku. Powierzchnia parowania tym samym była większa, co tłumaczy wyższą stratę piecową. Nie mniej jednak, chleby orkiszowe (w większości przypadków) cechowały niższą całkowitą stratą piecową niż pieczywo z mąki pszenicy zwyczajnej, co jest zgodne z literaturą (Ranhotra i in., 1995; Abdel – Aal i in., 1997; Bojňanská, Frančáková, 2002; Bonafaccia i in., 2000; Krawczyk i in., 2008b; Pruska – Kędzior i in., 2008; Zieliński i in., 2008). Dało to tym samym wrażenie większej wilgotności miększu i tym samym świeżości pieczywa.

Wydajność badanego pieczywa otrzymanego z mąki z pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* (zbiory 2005) wyniosła 140,6%, natomiast chleby orkiszowe uzyskały wyższe wartości tego parametru (139,1% – 147,9%). Wyjątek stanowił chleb mąki orkiszu odmiany *Ceralio* (139,1%). W 2006 roku najniższą wydajność pieczywa uzyskał chleb z mąki orkiszu z odmiany *Oberkulmer Rotkorn*, a najwyższą z odmiany *Schwabenspelz*. W przypadku chlebów wypieczonych z mąki ziarna ozimego, wyraźnie widać istotny wpływ warunków uprawy na wartość tego parametru. Wydajność pieczywa otrzymanego w drugim roku zbiorów była niższa (130,8 – 134,6%), podczas gdy rok wcześniej parametry te były na poziomie od 139,1 do 147,9%.

Z kolei, pieczywo z trzech rodów hodowlanych cechowało się wyższą wydajnością niż chleb z mąki wzorcowej, a w przypadku próbek z orkiszu jarego *UWM – 10* i *UWM – 11* (w dwóch kolejnych latach analiz) wartość tego parametru była na zbliżonym poziomie.

Wiadomo jednak, że do określenia wydajności pieczywa bierze się pod uwagę masę pieczywa ostudzonego, wydajność ciasta oraz masę kęsa. W związku z tym, że wydajność ciasta w 2006 roku była niższa, uzyskano zdecydowanie niższą wydajność pieczywa.

Wskaźnikiem wartości wypiekowej o szczególnym znaczeniu jest objętość bochenka, która jest ważna szczególnie z punktu widzenia konsumenta. W większości przypadków chleby orkiszowe uzyskały istotnie niższą objętość pieczywa ze 100 g mąki niż chleby z pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka*, co jest zgodne z danymi spotykanymi w literaturze (Ranhotra i in., 1995; Abdel – Aal i in., 1997; Bojňanská, Frančáková, 2002; Bonafaccia i in., 2000; Krawczyk i in., 2008b; Pruska – Kędzior i in., 2008; Zieliński i in., 2008; Krawczyk i in., 2009). Wyjątek stanowi pieczywo z mąki orkiszu odmian *Schwabenkorn*, *Frankenkorn* i *Ceralio* (zbiory 2006) oraz rodu hodowlanego *UWM – 12* (zbiory 2006).

Ponadto zauważono, że pieczywo otrzymane w 2006 roku w większości przypadków uzyskało wyższą objętość w przeliczeniu na 100 g mąki, niż chleby z 2005 i 2007 roku. Mąka orkiszowa w 2006 roku cechowała się podwyższoną aktywnością amylolityczną, tym samym fermentacja w cieście (z takiego surowca) przebiegała szybciej. Z reguły ciasto otrzymane z takiej mąki, ma mniejszą zdolność do zatrzymania gazu, a pieczywo mniej wyrasta. Nie mniej jednak, w przypadku orkiszu, zwiększona zdolność fermentacyjna mąki wpłynęła na skrócenie czasu fermentacji końcowej kęsa ciasta oraz zwiększenie objętości pieczywa, co można uznać za cechę korzystną. Poza tym mąka otrzymana w 2006 roku cechowała się niższą popiołowością, a wiadomo, że wraz ze spadkiem zawartości otrąb w mące zwiększa się objętość chlebów.

Tabela 43. Rezultaty próbnego wypieku pieczywa z wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Całkowita strata piecowa		Wydajność pieczywa		Objętość pieczywa ze 100g mąki	
	%		%		cm ³	
	rok		rok		rok	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<i>Korweta</i>	17,0 ^a ± 1,5	17,3 ^{a,b} ± 1,2	140,6 ^a ± 2,2	133,5 ^{a,b} ± 1,4	475 ^a ± 5	426 ^{a,b} ± 14
<i>Ceralio</i>	17,1 ^a ± 1,6	17,6 ^{a,b} ± 0,5	139,1 ^a ± 3,7	133,6 ^{a,b} ± 0,8	408 ^b ± 32	451 ^b ± 13
<i>Schwabenkorn</i>	16,6 ^{a,b} ± 2,7	14,5 ^{a,b} ± 4,4	143,4 ^{a,b} ± 3,0	131,8 ^{a,b} ± 2,7	387 ^c ± 22	496 ^c ± 48
<i>Frankenkorn</i>	15,6 ^{a,b} ± 2,7	18,1 ^b ± 0,6	143,4 ^{a,b} ± 4,1	131,6 ^{a,b} ± 1,8	380 ^{d,e} ± 15	484 ^c ± 14
<i>Holstenkorn</i>	15,1 ^{a,b} ± 1,7	14,5 ^{a,b} ± 4,6	143,7 ^{a,b} ± 2,6	133,2 ^a ± 1,4	358 ^f ± 43	408 ^{a,d} ± 23
<i>Schwabenspelz</i>	13,9 ^{a,b} ± 1,1	12,2 ^a ± 4,9	147,9 ^b ± 2,3	134,6 ^b ± 2,8	398 ^d ± 20	383 ^d ± 31
<i>Ostro</i>	14,4 ^{a,b} ± 0,8	14,9 ^{a,b} ± 3,3	142,9 ^{a,b} ± 0,8	134,3 ^{a,b} ± 3,2	353 ^g ± 15	400 ^{a,d} ± 22
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	15,4 ^{a,b} ± 1,6	14,3 ^{a,b} ± 4,2	143,2 ^{a,b} ± 2,7	130,8 ^{a,b} ± 2,9	364 ^e ± 13	420 ^a ± 44

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Tabela 44. Rezultaty próbnego wypieku pieczywa z wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/ród hodowlany	Całkowita strata piecowa		Wydajność pieczywa		Objętość pieczywa ze 100g mąki	
	%		%		cm ³	
	rok		rok		rok	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
<i>Torka</i>	18,1 ^a ± 0,5	16,2 ^a ± 1,9	131,0 ^a ± 0,7	138,9 ^{a,b} ± 2,8	372 ^a ± 13	399 ^a ± 31
<i>UWM – 10</i>	15,8 ^b ± 1,3	15,3 ^{a,b} ± 0,9	141,3 ^b ± 1,9	141,5 ^{a,c} ± 1,5	372 ^a ± 9	369 ^a ± 12
<i>UWM – 11</i>	13,4 ^c ± 0,1	13,9 ^b ± 0,8	144,9 ^b ± 2,1	145,3 ^c ± 1,5	349 ^a ± 9	320 ^b ± 32
<i>UWM – 12</i>	16,0 ^b ± 0,9	14,4 ^{a,b} ± 0,7	137,0 ^c ± 1,8	143,2 ^{b,c} ± 2,1	436 ^b ± 42	305 ^b ± 6

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

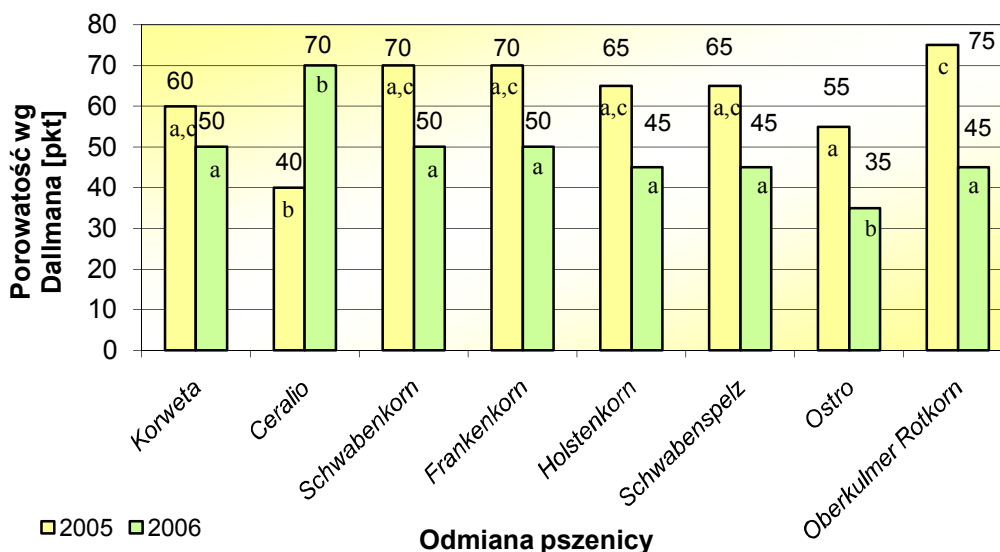
Porowatość pieczywa jest stosunkiem objętości zajmowanej przez pory do ogólnej objętości pieczywa. Porowatość wskazuje na przebieg fermentacji ciasta oraz na właściwości wypiekowe mąki, w tym na jakość glutenu. Idealna porowatość powinna być równomierna, o drobnych cienkościennych porach, które nadają miększowi pulchność (Horubałowa, Haber, 1994).

Najwyższą porowatością wg Dallmana, spośród badanych w 2005 roku próbek, cechował się miększ chleba z orkiszu odmian *Oberkulmer Rotkorn*, *Schwabenkorn* i *Frankenkorn*, a w roku 2006 – miększ chleba z orkiszu odmian *Ceralio* (**Wykresy 24 i 25**). W przypadku mąki z ziarna jarego najwyższe wartości porowatości uzyskały miększe chlebów z orkiszu rodów hodowlanych *UWM – 10* i *UWM – 11*, a największe różnice na przestrzeni dwóch lat stwierdzono w przypadku miększu chleba odmian *Ceralio* i *Oberkulmer Rotkorn* oraz rodu hodowlanego *UWM – 12*. Z kolei miększ chleba z pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* cechował się najlepszą stabilnością (poziom porowatości był porównywalny na przestrzeni dwóch lat).

Nie mniej jednak, miększe chlebów (z 2006 roku) z mąki z ozimego ziarna cechowały się zdecydowanie niższymi wartościami tego parametru. Widać wyraźnie, że nadmierna aktywność amylolityczna i proteolityczna, choć korzystnie wpłynęła na ostateczną objętość i wygląd pieczywa, to niestety pogorszyła jego porowatość.

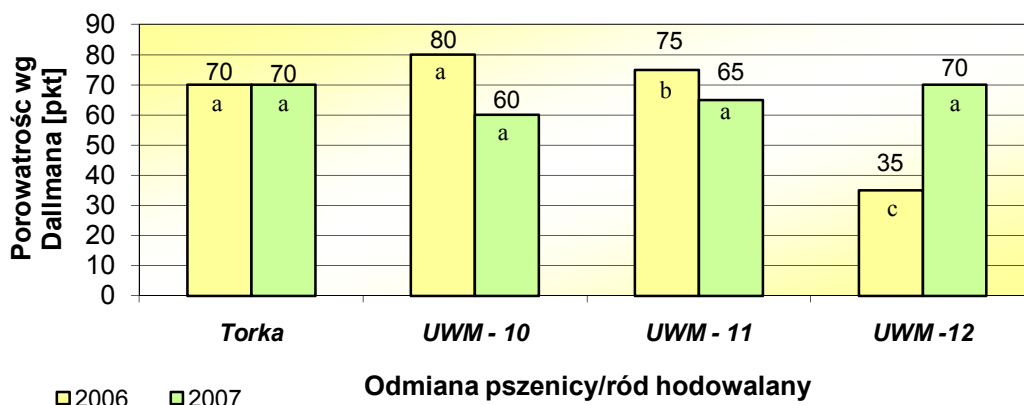
Warto dodać, że objętość chlebów orkiszowych jest zdecydowanie mniejsza w porównaniu do chlebów z mąki z pszenicy zwyczajnej. Ponadto, miększ pieczywa orkiszowego jest bardziej zbity i często cechuje go nieregularność porów. Niestety, konieczność porównywania wartości tych parametrów z kryteriami przeznaczonymi dla chlebów z mąki z pszenicy zwyczajnej, wpływa na obniżenie wyników oceny punktowej pieczywa orkiszowego. Tym samym, w przyszłości należałoby się zastanowić nad określeniem optymalnych zakresów objętości i porowatości dla chlebów uzyskanych z mąki orkiszowej, w celu przeprowadzenia obiektywnej analizy.

Wykres 24. Wybrane rezultaty laboratoryjnego wypieku pieczywa z wysokowyciągowej mąki – porowatość wg Dallmana (pszenice ozime).



*Wartości powyżej słupków (na wykresie) oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Wykres 25. Wybrane rezultaty laboratoryjnego wypieku pieczywa z wysokowyciągowej mąki – porowatość wg Dallmana (pszenice jare).



*Wartości powyżej słupków (na wykresie) oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$).

Wilgotność miększu chlebów orkiszowych ze zbiorów 2005, z wyjątkiem chleba z odmian *Ceralio* i *Frankenkorn* była wyższa niż wilgotność miększu chleba z pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta*, ale nie były to różnice istotne statystycznie (**Tabele 45 i 46**). Jedynie w przypadku chleba z orkiszu odmian *Ceralio* i *Schwabenkorn* z kolejnego roku zbiorów, wartość tego parametru była istotnie wyższa niż dla chleba z pszenicy wzorcowej. W pozostałych przypadkach wilgotność miększu była na tym samym (odmiana *Schwabenspelz*) lub nieco niższym poziomie. Wilgotność miększu chleba z pszenicy odmiany *Torka* i orkiszu rodów hodowlanych *UWM – 10* i *UWM – 11*, była na zbliżonym poziomie, który był jednak wyższy od wartości tego parametru uzyskanych dla miększu chlebów z ziarna ozimego. Zgodnie z PN – A – 74108 wilgotność miększu nie powinna być wyższa od 50%, co oznacza, że we wszystkich przypadkach wartość tego parametru nie przekroczyła optymalnego poziomu. Majewska i in. (2007b) uzyskali niższe wyniki wilgotności miększu jasnych chlebów orkiszowych niż prezentowane w niniejszej pracy. Różnica oczywiście wynikają z innej popiołowości mąki i ustalonej wydajności ciasta.

Najniższą wytrzymałością miększu na ściskanie charakteryzował się chleb z pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* (zbiory 2005) (**Tabele 45 i 46**). Z kolei, w roku 2006 wartość tego parametru, z wyjątkiem miększu chleba z odmiany *Schwabenspelz* (9,0 N), była na niższym poziomie (1,5 – 6,2 N) niż w przypadku miększu chleba z pszenicy zwyczajnej (6,7 N). Miększe chlebów otrzymanych z mąki rodów hodowlanych orkiszu jarego (z wyjątkiem chleba z rodu hodowlanego *UWM – 12* – zbiory 2005), charakteryzowały się w dwóch sezonach zbiorów, istotnie wyższą wytrzymałością miększu na ściskanie i maksymalną energią jego ściskania w porównaniu do wartości tych parametrów uzyskanych dla odmiany *Torka* (odpowiednio: 5,9 i 5,9 N oraz 29,3 i 27,7 x 10⁻³ J). Ponadto stwierdzono, że niższymi wartościami wytrzymałości miększu na ściskanie odpowiadały niższe wartości maksymalnej energii ściskania.

Dodatkowo zauważono, że warunki wegetacyjne w 2006 roku miały wpływ na obniżenie wytrzymałości miększu chleba na ściskanie i maksymalną energię ściskania, szczególnie w przypadku odmian orkiszu ozimego, w przeciwieństwie do odmian jarych. Warto dodać, że pszenice zwyczajne (*Korweta* i *Torka*) cechowały się dużą stabilnością powyższych parametrów w dwóch latach analiz.

Tabela 45. Rezultaty próbnego wypieku z wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Wilgotność miększu chleba		Wytrzymałość miększu chleba na ściskanie		Maksymalna energia ściskania miększu chleba	
	%		N		10 ⁻³ J	
	rok		rok		rok	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<i>Korweta</i>	45,9 ^a ± 0,9	47,2 ^a ± 0,5	6,2 ^a ± 1,5	6,7 ^a ± 1,9	27,7 ^a ± 8,7	31,3 ^a ± 6,9
<i>Ceralio</i>	45,6 ^a ± 0,4	48,0 ^b ± 0,1	8,1 ^{a,b} ± 1,7	3,7 ^b ± 0,6	41,6 ^{a,b} ± 7,3	18,4 ^b ± 4,4
<i>Schwabenkorn</i>	46,5 ^a ± 0,7	47,9 ^b ± 0,2	11,1 ^{c,d} ± 2,1	4,1 ^b ± 1,9	56,0 ^c ± 8,8	17,0 ^b ± 5,0
<i>Frankenkorn</i>	45,9 ^a ± 1,0	45,8 ^b ± 1,4	13,7 ^e ± 1,7	3,5 ^b ± 0,7	61,0 ^c ± 13,4	16,8 ^b ± 4,6
<i>Holstenkorn</i>	46,4 ^a ± 0,5	46,6 ^{a,c} ± 0,5	14,8 ^e ± 3,2	6,2 ^{a,c} ± 1,7	73,2 ^c ± 21,1	30,6 ^a ± 8,6
<i>Schwabenspelz</i>	46,8 ^a ± 0,3	47,2 ^d ± 0,2	12,5 ^{d,e} ± 2,9	9,0 ^d ± 2,2	58,3 ^{b,c} ± 12,8	46,5 ^c ± 11,1
<i>Ostro</i>	46,4 ^a ± 0,3	45,8 ^{b,c} ± 1,0	9,6 ^{b,c} ± 3,9	1,5 ^{b,c} ± 0,9	55,6 ^{b,c} ± 10,4	23,9 ^{a,b} ± 4,9
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	46,1 ^a ± 0,2	46,3 ^{a,b} ± 0,9	9,6 ^{b,c} ± 1,7	1,9 ^{a,b} ± 1,0	52,3 ^{b,c} ± 10,3	23,6 ^{a,b} ± 7,9

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Tabela 46. Rezultaty próbnego wypieku z wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/ród hodowlany	Wilgotność miększu chleba		Wytrzymałość miększu chleba na ściskanie		Maksymalna energia ściskania miększu chleba	
	%		N		10 ⁻³ J	
	rok		rok		rok	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007
<i>Torka</i>	47,8 ^{a,b} ± 0,5	47,9 ^a ± 0,5	5,9 ^a ± 1,2	5,9 ^a ± 1,0	29,3 ^a ± 6,5	27,7 ^b ± 5,6
<i>UWM – 10</i>	48,2 ^b ± 0,4	48,5 ^b ± 0,3	10,8 ^b ± 1,3	9,2 ^b ± 2,2	53,8 ^b ± 9,5	43,6 ^c ± 9,0
<i>UWM – 11</i>	48,1 ^b ± 0,4	48,4 ^b ± 0,1	15,7 ^c ± 2,0	13,1 ^c ± 1,3	61,4 ^b ± 11,0	66,9 ^a ± 7,0
<i>UWM – 12</i>	46,9 ^a ± 0,7	47,7 ^a ± 0,3	2,8 ^d ± 0,3	12,1 ^c ± 2,4	14,9 ^c ± 5,5	59,1 ^a ± 13,2

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

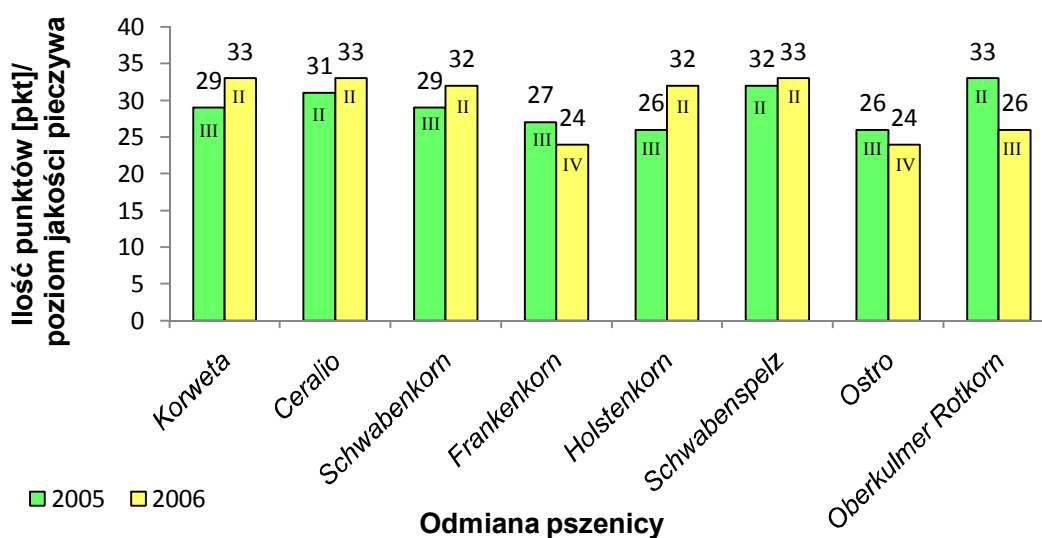
Wytrzymałość miększu na ściskanie oraz maksymalna energia ściskania są bezpośrednio związane z porowatością pieczywa. Z reguły pieczywo o drobnych, regularnych porach stawia większy opór, a miększ jest bardziej elastyczny. Natomiast miększ pieczywa o gorszej porowatości, jest bardziej podatny na trwałe odkształcenia, co spowodowało obniżenie wartości ww. parametrów.

Jedynie nieliczni autorzy analizowali powyższe zależności. Jak wynika z badań Krawczyka i in. (2009) twardość miększu chlebów z jasnej mąki z ziarna hybryd orkiszu była wyższa niż dla chlebów otrzymanych z mąki pszenicy zwyczajnej. Inne wyniki otrzymali Majewska i in. (2007b), badając jasne pieczywo orkiszowe. W ich badaniach wartości ściśliwości miększu pieczywa orkiszowego były istotnie wyższe lub pozostawały na tym samym poziomie, co ściśliwość miększu chleba z pszenicy zwyczajnej.

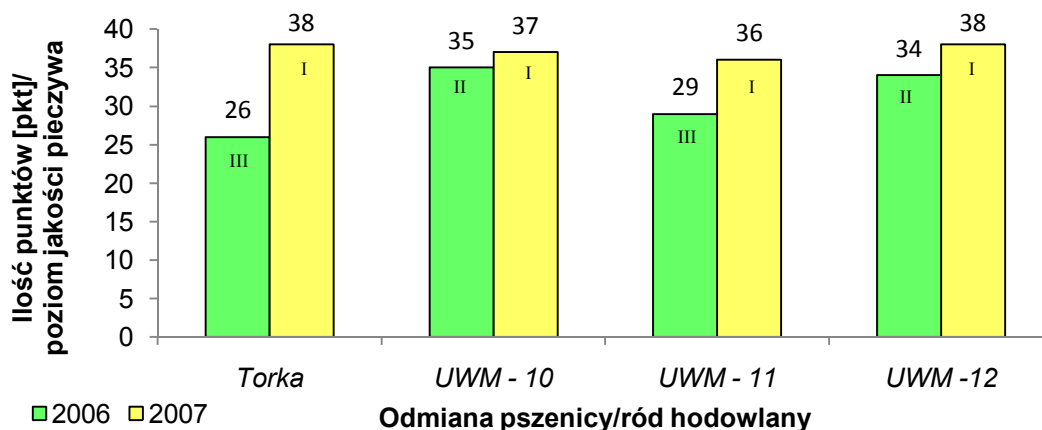
Biorąc pod uwagę sumaryczną ocenę punktową za cechy organoleptyczne i badane wyróżniki fizykochemiczne najlepszą jakością cechowało się pieczywo z orkiszu odmian *Ceralio* i *Schwabenspelz* (II poziom jakości pieczywa) oraz *Schwabenkorn* (III i II poziom jakości pieczywa) (Wykresy 26 i 27; Załącznik 4a,b). Ponadto, obiecującym surowcem okazała się mąka z orkiszu odmiany *Holstenkorn*. Biorąc pod uwagę rody hodowlane orkiszu, najkorzystniejszymi cechami charakteryzował się chleb z mąki z ziarna rodów hodowlanych *UWM – 10* i *UWM – 12*, a w następnej kolejności *UWM – 11*.

Autorka podkreśla jednak, że przydatność ziarna do produkcji mąki chlebowej o pożądanej jakości, choć związana jest z warunkami pogodowymi panującymi w danym roku wegetacyjnym, to wydaje się być bardziej zależna od odmiany orkiszu.

Wykres 26. Wybrane rezultaty laboratoryjnego wypieku pieczywa z wysokowyciągowej mąki – ilość punktów/poziom jakości pieczywa (pszenice ozime).



Wykres 27. Wybrane rezultaty laboratoryjnego wypieku pieczywa z wysokowyciągowej mąki – ilość punktów/poziom jakości pieczywa (pszenice jare).



W związku z tym, że pieczywo uzyskane w 2006 roku wykazywało specyficzne właściwości, trudne do sprecyzowania za pomocą określeń ze standardowej oceny organoleptycznej, podjęto decyzję o pokazaniu tych cech. Poniższe tabele (*Tabele 47 i 48, Załącznik 4a i b*) prezentują wybrane wyróżniki jakości, ważne zdaniem autorki.

Powszechnie wiadomo, że pieczywo pszenne otrzymane z mąki z porośniętego ziarna jest płaskie i ma mocno skoloryzowaną skórkę. Ponadto, miękisz takiego chleba jest lepki i cechują go duże, nierównomierne pory, a skórka (często) odstaje od miękiszu (Haber, Horubałowa, 1994; Ambroziak, 1999).

Porównując przedstawione w *tabelach 47 i 48* spostrzeżenia uzupełniające ocenę organoleptyczną badanego pieczywa (z 2006 roku) z wartościami liczby opadania i rezultatami oceny amylograficznej mąk użytych do wypieku tego pieczywa, okazało się, że miały one podwyższoną aktywność amylolytyczną, która istotnie wpłynęła na cechy jego jakości.

Tabela 47. Zestawienie rezultatów oceny organoleptycznej pieczywa z wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (zbiory 2006).

Wyróżnik jakości pieczywa	Właściwości	<i>Korweta</i>	<i>Ceralio</i>	<i>Schwabenkorn</i>	<i>Frankenkorn</i>	<i>Holstenkorn</i>	<i>Schwabenspelz</i>	<i>Ostro</i>	<i>Oberkulmer Rotkorn</i>
		2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006
Wygląd zewnętrzny (kształt)	Kulisty		+	+					+
	Płaski					+	+		
	Kulisto – płaski	+							
	Płasko - kulisty							+	
Barwa skórki	Złocisto - brązowa			+	+		+		
	Jasno brązowa		+			+			+
	Błada, beżowa	+							
Miękkiz	Pory drobne, dosyć równomierne, cienkościenne		+						+
	Pory duże, nierównomierne, grubościenne	+		+	+	+	+	+	
	Barwa					miękkiz o najciemniejszej barwie			
	Pozostałe cechy			miękkiz lekko odstaje od skórki, przykleja się do noża podczas krojenia	miękkiz sprawia wrażenie miękkiego i wilgotnego		miękkiz lekko odstaje od skórki	miękkiz sprawia wrażenie wilgotnego, przykleja się do noża podczas krojenia	miękkiz klei się do noża
	Słabo krojący się, gumowaty	+		+	+			+	
Smak	Obecność posmaku orzechowego	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pozostałe	wrażenie drapania w gardle przy przełykaniu	smak lekko słodkawy, przyjemny	smak mało wyraźny, obojętny	wrażenie największej świeżości	wrażenie drapania w gardle przy przełykaniu		wrażenie świeżości	wrażenie świeżości

* „+” - pojawienie się danej cechy w pieczywie; „-” – brak danej cechy w pieczywie.

Tabela 48. Zestawienie rezultatów oceny organoleptycznej pieczywa z wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (zbiory 2006).

Wyróżnik jakości pieczywa	Właściwości	Torka	UMW - 10	UWM - 11	UWM - 12
		2006	2006	2006	2006
Wygląd Zewnętrzny (kształt)	Kulisty			+	
	Płaski	+			
	Kulisto – płaski				
	Płasko - kulisty		+		
	Pozostałe cechy	-	pieczywo słabo wyrośnięte	pieczywo słabo wyrośnięte	pieczywo dobrze wyrośnięte
Barwa skórki	Złocisto - brązowa	+			
	Jasno brązowa			+	+
	Jasno - złocista		+		
	Połysek	-	+	+	+
Porowatość miękiszu	Pory drobne, równomierne, cienkościenne	+	+	+	-
	Pory duże, nierównomierne, grubościenne				+
Miękisz	O równomiernym zabarwieniu, suchy w dotyku, bardzo dobrze krojący się	+	+	+	+
	Pozostałe cechy miękiszu	-	-	miękisz zbity, sprawia wrażenie wilgotnego	miękisz sprawia wrażenie wilgotnego
Smak	Obecność posmaku orzechowego	-	-	-	-
	Pozostałe cechy	wrażenie suchości miękiszu podczas przełykania	wrażenie suchości miękiszu podczas przełykania	wrażenie największej świeżości, smak lekko kwaskowaty, posmak razowego pieczywa	najsmaczniejszy spośród chlebów z mąki z orkiszu jarego

* „+” - pojawienie się danej cechy w pieczywie; „-” – brak danej cechy w pieczywie.

Warto się również zastanowić, czy chleb orkiszowy, z miękiszem o dużych, nierównomiernych porach powinien uzyskiwać w ocenie porowatości niższą notę punktową sugerującą wadę tego miękiszu. W trakcie przeprowadzania oceny organoleptycznej okazało się, że właśnie chleby orkiszowe o najniższej porowatości miękiszu wg Dallmana (40 punktów) były jednocześnie najlepiej ocenione pod względem smaku i zapachu.

Warto dodać jeszcze jedno stwierdzenie. Jak wynika z badań Flaczyk i in. (2007) najważniejszymi czynnikami decydującymi o wyborze pieczywa przez konsumentów jest smak i zapach, chrupkość skórki oraz dopiero w następnej kolejności porowatość i elastyczność miękiszu. Istotny jest również termin przydatności do spożycia. Z kolei, wielkość jednostkowa i kształt chleba mają drugorzędne znaczenie. Powyższe wyniki sugerują, że to odczucia smakowo – zapachowe i wygląd zewnętrzny pieczywa (kolor skórki) decydują o wyborze chleba i są ważniejsze od jego objętości i wyglądu miękiszu w opinii konsumenta.

5.4. Rezultaty analizy statystycznej wybranych parametrów

5.4.1. Analiza związków korelacyjnych

W pracy określono również siłę związków pomiędzy poszczególnymi parametrami. Ponieważ, w założonym układzie badawczym na jedną zmienną oddziałuje więcej niż jedna zmienna, w celu wyeliminowania wpływu pozostałych czynników wyliczono współczynniki korelacji cząstkowej. Innymi słowy, przeprowadzając analizę, zdefiniowano współczynnik korelacji liniowej, przy wyłączeniu wpływu pozostałych zmiennych. Współczynnik korelacji cząstkowej przyjmuje wartości od -1 do 1 i interpretuje się go podobnie jak współczynnik korelacji liniowej Pearsona (Stanisz, 2006a,b).

Przy interpretacji otrzymanych wyników posłużono się kryteriami opisanymi w części dotyczącej obróbki statystycznej danych. W tabelach umieszczono jedynie istotne korelacje (nawet wysoka korelacja nie jest ważna, jeśli nie jest ona istotna) (Stanisz, 2006a,b). Ponadto, w pracy zostały umieszczone te wartości współczynników korelacji, które zdaniem autorki były ciekawe i ważne przy interpretacji wyników.

Ozime pszenice orkisz

W pierwszej kolejności przeprowadzono analizę związków korelacyjnych wybranych cech fizycznych ziarna orkiszowego z parametrami określającymi wartość przemiałową. Analiza wykazała wysoką dodatnią korelację między masą 1000 ziaren i gęstością ziarna w stanie zsypanym a zawartością popiołu w mące i jednocześnie wysoką ujemną korelację tych dwóch parametrów z kompleksowym kryterium efektywności przemiału E% (**Tabela 49**). Z kolei, twardość ziarna była istotnie przeciętnie skorelowana z wyrównaniem ziarna ($r = 0,47$).

Tabela 49. Wybrane istotne współczynniki korelacji otrzymane dla analizowanych parametrów jakości ziarna orkiszowego i uzyskanej z niego mąki (zbiory 2005 i 2006).

Parametr jakości	Wyrównanie ziarna	Zawartość popiołu całkowitego w mące	Kompleksowe kryterium efektywności przemiału E%
Masa 1000 ziaren	-	0,62	-0,69
Gęstość ziarna w stanie zsypanym	-	0,77	-0,89
Twardość ziarna	0,47	-	-

*korelacje istotne przy $p < 0,05$.

Wysokie lub bardzo wysokie ujemne korelacje zauważono pomiędzy zawartością popiołu całkowitego w mące a parametrami barwy mąki (jasnością L^* , indeksem bieli WI , żółtości YI i jasności $Z\%$) (**Tabela 50**). Stwierdzono również, że frakcja mąki o wielkości cząstek z zakresu 150 – 265 μm była silniej skorelowana z parametrami barwy mąki niż frakcja drobniejsza (104 – 120 μm). Jak się okazało im wyższy udział frakcji z zakresu 150 – 265 μm , tym mąka ciemniejsza (bardzo wysoka korelacja ujemna), natomiast zwiększenie w mące zawartości frakcji o wielkości cząstek z zakresu 104 – 120 μm , wpłynęło na pojaśnienie mąki (przeciętna korelacja dodatnia).

Tabela 50. Wybrane istotne współczynniki korelacji otrzymane dla analizowanych parametrów jakości mąki z ziarna ozimego orkiszu (zbiory 2005 i 2006).

Parametr jakości	Gęstość ziarna w stanie zsypanym	Zawartość popiołu całkowitego w mące	Granulacja mąki – zakres wielkości cząstek			
			X > 265 μm	150 – 265 μm	104 – 120 μm	95 – 104 μm
<i>L*</i>	-0,63	-0,84	-0,76	-0,73	0,42	0,38
<i>a*</i>	0,57	0,63	0,68	0,67	-0,41	-0,46
<i>b*</i>	-	-	-	0,60	-0,51	-
<i>WI</i>	-	-0,80	-0,54	-0,75	0,53	-
<i>Z%</i>	-0,51	-0,65	-0,68	-0,76	0,49	-
<i>YI</i>	-	-0,78	-	0,68	-0,53	-

*korelacje istotne przy $p < 0,05$.

Następnie analizowano związki korelacyjne pomiędzy parametrami określającymi wartość wypiekową mąki orkiszowej. Analiza właściwości skrobi wykazała, że temperatura końcowa kleikowania i maksymalna lepkość kleiku skrobiowego były wysoko ujemnie skorelowane ze stopniem uszkodzenia skrobi oraz bardzo wysoko dodatnio skorelowane z liczbą opadania w mące (**Tabela 51**).

Tabela 51. Wybrane istotne współczynniki korelacji otrzymane dla analizowanych parametrów jakości mąki z ziarna ozimego orkiszu (zbiory 2005 i 2006).

Parametr jakości	Stopień uszkodzenia skrobi	Temperatura końcowa kleikowania T_{kk}	Maksymalna lepkość kleiku skrobiowego η_{max}
Stopień uszkodzenia skrobi	-	-0,61	-0,52
Zawartość skrobi ogółem	0,37	-	-
Liczba opadania	-0,63	0,95	0,87

*korelacje istotne przy $p < 0,05$.

Szczególnie ważne jest jednak poniższe stwierdzenie, które zostało sformułowane na podstawie **tabeli 52**. Okazało się, że analiza zależności między właściwościami białka mąki orkiszowej oraz wybranymi parametrami cech reologicznych ciasta i laboratoryjnego wypieku pieczywa, wykazała istotne korelacje pomiędzy tymi czynnikami, ale zależności te nie przyjęły wysokich wartości. Tym samym, na podstawie jedynie pośrednich wyróżników wartości wypiekowej mąki nie można jednoznacznie wnioskować o potencjalnej przydatności mąki z ziarna orkiszu ozimego do wypieku.

Tabela 52. Wybrane istotne współczynniki korelacji otrzymane dla analizowanych parametrów jakości mąki z ziarna ozimego orkiszu (zbiory 2005 i 2006).

Parametr jakości	Maksymalna siła wytłaczania ciasta	Energia wytłaczania ciasta	Wydajność ciasta	Całkowita strata piecowa
Wydajność glutenu mokrego	0,43	0,38	-	-
Zawartość białka ogółem	0,39	-	-0,49	-0,62
Liczba sedymentacji	-	-	0,52	-

*korelacje istotne przy $p < 0,05$.

Z kolei, na podstawie wydajności ciasta obliczonej podczas wykonywania laboratoryjnego wypieku pieczywa, można wnioskować o wydajności pieczywa i wytrzymałości jego miększu na ściskanie (bardzo wysoka dodatnia korelacja) (*Tabela 53*).

Tabela 53. Wybrane istotne współczynniki korelacji otrzymane dla analizowanych parametrów jakości mąki z ziarna ozimego orkiszu (zbiory 2005 i 2006).

Parametr jakości	Wydajność pieczywa	Objętość pieczywa ze 100 g mąki	Porowatość miększu wg Dallmana	Wytrzymałość miększu na ściskanie
Wydajność ciasta	0,73	-0,39	0,52	0,73

*korelacje istotne przy $p < 0,05$.

Jare pszenice orkisz

Z kolei, analiza związków korelacyjnych badanych parametrów przeprowadzona dla ziarna jarego orkiszu i otrzymanej z niego mąki wykazała, że w niektórych przypadkach występują inne zależności niż dla orkiszu ozimego, co prezentują poniższe tabele.

Jak należało się spodziewać, masa 1000 ziaren była silnie dodatnio skorelowana z wyrównaniem ziarna. Natomiast, wraz ze wzrostem twardości ziarna zmniejszała się wartość kompleksowego kryterium efektywności przemiału E% ($r = -0,60$) (*Tabela 54*).

Tabela 54. Wybrane istotne współczynniki korelacji otrzymane dla analizowanych parametrów jakości mąki z ziarna jarego orkiszu i uzyskanej z niego mąki (zbiory 2006 i 2007).

Parametr jakości	Wyrównanie ziarna	Kompleksowe kryterium efektywności przemiału E%
Masa 1000 ziaren	0,81	-
Wytrzymałość ziarniaków na ściskanie	-	-0,60

*korelacje istotne przy $p < 0,05$.

Analiza związków korelacyjnych parametrów barwy mąki wykazała bardzo wysoką zależność z gęstością ziarna w stanie zsypanym, co prezentuje *Tabela 55*.

Tabela 55. Wybrane istotne współczynniki korelacji otrzymane dla analizowanych parametrów jakości mąki z ziarna jarego orkiszu (zbiory 2006 i 2007).

Parametr jakości	Gęstość ziarna w stanie zsypanym	Zawartość popiołu całkowitego w mące	Granulacja mąki – zakres wielkości cząstek	
			X > 265 μm	95 – 104 μm
<i>L*</i>	-	-	-	-
<i>a*</i>	-0,83	-	0,96	-0,74
<i>b*</i>	-0,71	0,66	0,89	-0,81
<i>WI</i>	0,76	-0,62	-0,92	0,74
<i>Z%</i>	0,72	-	-0,83	-
<i>YI</i>	-0,74	0,65	0,92	-

*korelacje istotne przy $p < 0,05$.

Ponadto, wraz ze wzrostem wielkości ziarniaków zwiększała się wartość indeksu bieli *WI* i jasności *Z%*, a obniżały stopień czerwoności *a** i żółtości *b**. Tym samym, w celu otrzymania wysokowyciągowej mąki o jaśniejszej barwie, do przemiału powinno przeznaczać się ziarno

dorodniejsze, ponieważ zmniejsza się w niej udział okrywy owocowo – nasiennej. Nie mniej jednak, nie wyklucza to wykorzystania drobniejszego ziarna do otrzymania tego typu mąki.

Stwierdzono również bardzo wysokie (dodatnie i ujemne) istotne zależności pomiędzy parametrami barwy, a wybranymi frakcjami analizy sitowej mąki, tj. o wielkości cząstek > 265 μm i 95 – 104 μm . Wyższy udział frakcji o grubszej granulacji powoduje ciemnienie mąki (zwiększona zawartość okrywy owocowo – nasiennej), w przeciwieństwie do frakcji drobniejszej (rozdrobione bielmo). Pozostałe frakcje analizy sitowej mąki nie wykazywały istotnych korelacji z parametrami barwy mąki.

Jak sygnalizowano we wcześniejszej części pracy, również w przypadku mąki z orkiszu jarego, zauważono bardzo wysokie dodatnie istotne korelacje między wartością liczby opadania, a temperaturą końcową kleikowania i maksymalną lepkością kleiku skrobiowego, co jest zgodne z danymi spotykanymi w literaturze dla mąki z pszenicy zwyczajnej (**Tabela 56**) (Ambroziak, 1988; Reński, 1998).

Tabela 56. Wybrane istotne współczynniki korelacji otrzymane dla analizowanych parametrów jakości mąki z ziarna jarego orkiszu (zbiory 2006 i 2007).

Parametr jakości	Stopień uszkodzenia skrobi	Temperatura końcowa kleikowania T_{kk}	Maksymalna siła kleiku skrobiowego η_{max}
Liczba opadania	-	0,97	0,86

*korelacje istotne przy $p < 0,05$.

Analiza zależności między wybranymi parametrami opisującymi cechy reologiczne ciasta orkiszowego a pośrednimi wyróżnikami wartości wypiekowej wykazała, że wytrzymałość ciasta na ściskanie zwiększa się wraz ze wzrostem zawartości białka ogółem w mące i wartości liczby sedimentacji wg Zeleny’ego (Tabela 57). Jednak wyższej wydajności glutenu mokrego towarzyszy obniżenie wartości tej cechy reologicznej ciasta ($r = -0,87$).

Tabela 57. Wybrane istotne współczynniki korelacji otrzymane dla analizowanych parametrów jakości mąki z ziarna jarego orkiszu (zbiory 2006 i 2007).

Parametr jakości	Wydajność glutenu mokrego	Zawartość białka ogółem	Liczba sedimentacji
Wytrzymałość ciasta na ściskanie	-0,87	0,93	0,82

*korelacje istotne przy $p < 0,05$.

Zauważono również, że wzrost wydajności ciasta (zwiększenie uwodnienia ciasta), wpływa na obniżenie objętości pieczywa, ale polepsza porowatość i wytrzymałość miększu na ściskanie (**Tabela 58**). To znaczy, że pieczywo, choć jest mniej wyrośnięte, ma miększ cechujący się regularnymi, cienkościennymi porami, bardziej odpornymi na odkształcenia. Stwierdzoną zależność potwierdziły wyniki punktowej oceny organoleptycznej pieczywa. Chleby orkiszowe o większej objętości cechowały się miększem o mniej regularnych porach, niżej punktowanym w skali Dallmana.

Tabela 58. Wybrane istotne współczynniki korelacji otrzymane dla analizowanych parametrów jakości mąki z ziarna jarego orkisz (zbiory 2006 i 2007).

Parametr jakości	Objętość pieczywa ze 100 g mąki	Porowatość wg Dallmana	Wytrzymałość miększu na ściskanie
Wydajność ciasta	-0,72	0,75	0,71

*korelacje istotne przy $p < 0,05$.

Jak wynika z kompleksowej analizy związków korelacyjnych między badanymi parametrami jakości, nie wszystkie zależności wykazane dla ziarna ozimego orkisz i otrzymanej z niego mąki, stwierdzono w przypadku próbek z orkisz jarego. Ponadto, forma odmianowa orkisz miała wpływ na siłę analizowanych związków korelacyjnych. Wskazuje to na fakt, że przy przeprowadzaniu w przyszłości podobnej analizy z wykorzystaniem dużej liczby odmian orkisz, należy dokonać wcześniej podziału pod względem formy odmianowej. Jedynie wtedy będzie można rzetelnie analizować zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami. Każdorazowo jednak należy z tej analizy wyłączyć pszenicę zwyczajną, jeśli jest ona brana, jako wzorzec. Często wyniki otrzymane dla parametrów jakości pszenicy zwyczajnej wpływają na zmianę poziomu związków korelacyjnych typowych dla parametrów jakości orkisz, co uniemożliwia właściwą interpretację wyników.

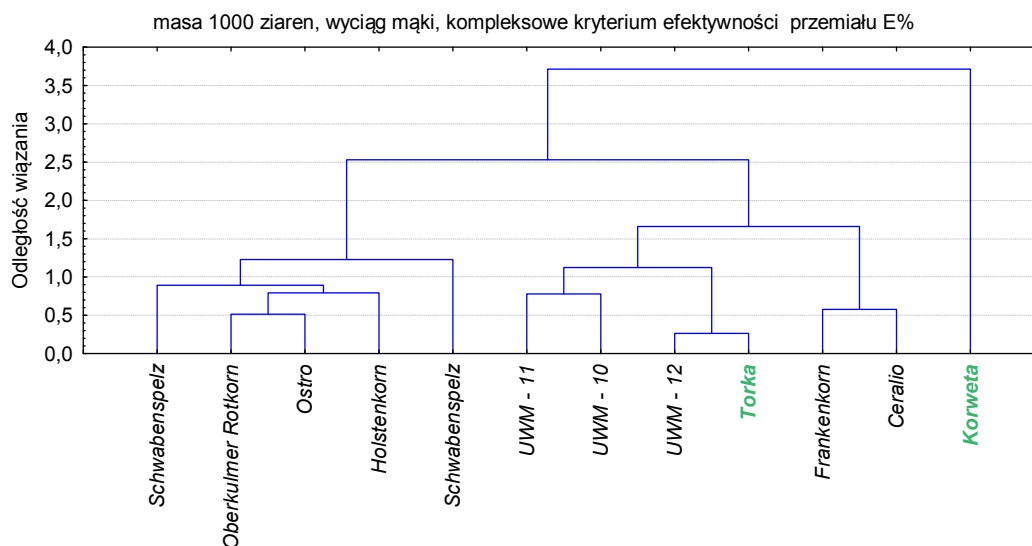
5.4.2. Analiza skupień

Jak wcześniej sygnalizowano celem analizy skupień jest podział obiektów na pewną liczbę grup (skupień), tak aby obiekty należące do jednej z grup były jak najbardziej podobne do siebie, pod względem przyjętych do opisu badanych zjawisk. Innymi słowy, celem było pogrupowanie odmian badanych pszenic w jednorodne podzbiory pod względem przydatności ziarna do przemiału, a mąki do wypieku.

W związku z tym, że w 2006 roku część parametrów określających przydatność ziarna do przemiału oraz wykorzystanie mąki do wypieku nie była na optymalnym poziomie (co wcześniej wielokrotnie sygnalizowano), do przeprowadzenia tej analizy wybrano jedynie wartości średnie poszczególnych parametrów otrzymane dla ziarna i mąki ciemnej z 2005 roku (formy ozime) oraz 2007 roku (formy jare) tworząc jeden zbiór danych. Dodatkowo poszczególne parametry sklasyfikowano do czterech grup, co wcześniej zostało już dokładniej opisane (fragment dotyczący analizy statystycznej danych). Oczywiście analiza skupień była poprzedzona analizą związków korelacyjnych pomiędzy wartościami średnimi poszczególnych parametrów. Na tej podstawie wybrano parametry, które istotnie wpływały na daną cechę (przydatność ziarna do przemiału, przydatność mąki do wypieku), ale nie były ze sobą silnie skorelowane.

Zbiór pierwszy obejmował cechy ziarna, które w pośredni sposób mówiły o wartości przemiałowej, tj. masę 1000 ziaren, wyciąg mąki i kompleksowe kryterium efektywności przemiału E%. Otrzymane w analizie drzewko połączeń (dendrogram) ilustruje kolejne połączenia skupień coraz wyższego rzędu, co ilustruje **wykres 28**.

Wykres 28. Wyniki analizy skupień metodą średnich połączeń dla odległości euklidesowej (zbiór I).



Analizując wartości średnie w poszczególnych grupach, można zauważyć, że pszenica zwyczajna odmiany *Korweta* wyraźnie odbiega od pozostałych pszenic, szczególnie pod względem niższego wyciągu mąki, ale jednocześnie wyższego kryterium efektywności przemiału E%, stanowiąc tym samym punkt odstający.

Z kolei, pozostałe odmiany pszenic można podzielić na następujące grupy:

Grupa 1: pszenica zwyczajna odmiany *Torka* i rodów hodowlanych *UWM - 12*,

Grupa 2: pszenica zwyczajna odmian *Ceralio* i *Frankenkorn*,

Grupa 3: pszenice orkisz rodów hodowlanych *UWM - 10* i *UWM - 11*,

Grupa 4: pszenice orkisz odmian *Ostro*, *Oberkulmer Rotkorn*, *Holstenkorn*, *Schwabenspelz* i *Schwabenkorn*.

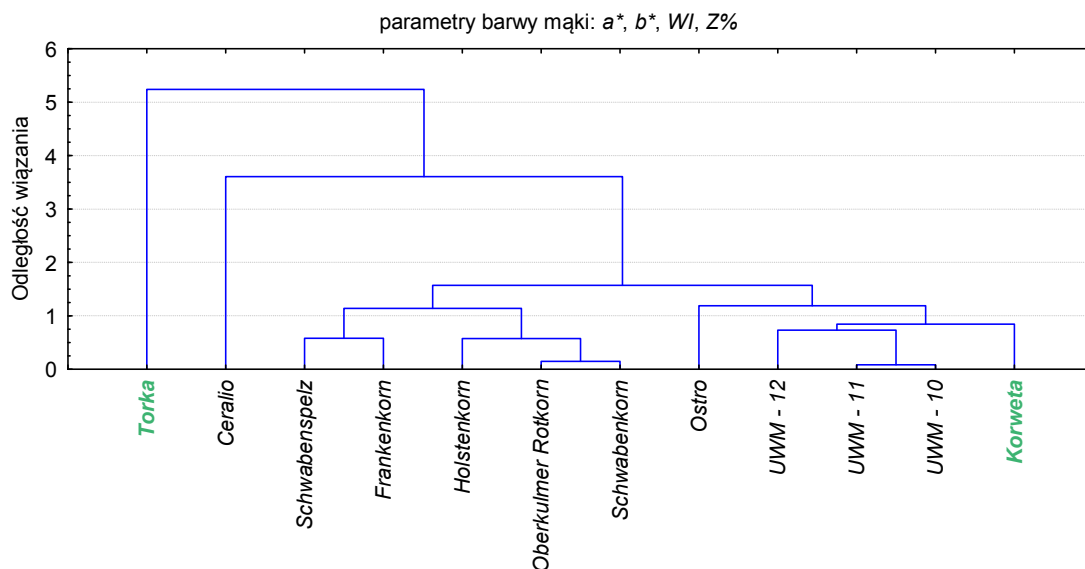
Istotnym jest jednak fakt, że bardziej ogólny podział wyznacza jedynie dwa skupienia:

- skupienie 1: pszenice odmian *Ostro*, *Oberkulmer Rotkorn*, *Holstenkorn*, *Schwabenspelz* i *Schwabenkorn*,
- skupienie 2: pszenice odmian *Ceralio*, *Frankenkorn*, *Torka* oraz rodów hodowlanych *UWM - 12*, *UWM - 10* i *UWM - 11*.

Kolejny zbiór (zbiór II) dotyczył parametrów barwy mąki: a^* , b^* , WI , $Z\%$. Analiza wartości średnich w poszczególnych grupach wykazała, że w przypadku parametrów barwy wystąpiły dwa punkty odstające (**Wykres 29**)

Pod względem parametrów barwy najbardziej odróżniającą się mąką była ta otrzymana z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* oraz orkiszu odmiany *Ceralio*. Natomiast mąki z ziarna odmian *Schwabenkorn*, *Oberkulmer Rotkorn*, *Holstenkorn*, *Frankenkorn* i *Schwabenspelz* utworzyły jedno skupienie. Z kolei, do drugiej grupy zaklasyfikowano mąkę z ziarna orkiszu rodów hodowlanych *UWM - 10* i *UWM - 11* i *UWM - 12* oraz odmiany *Ostro* i pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta*.

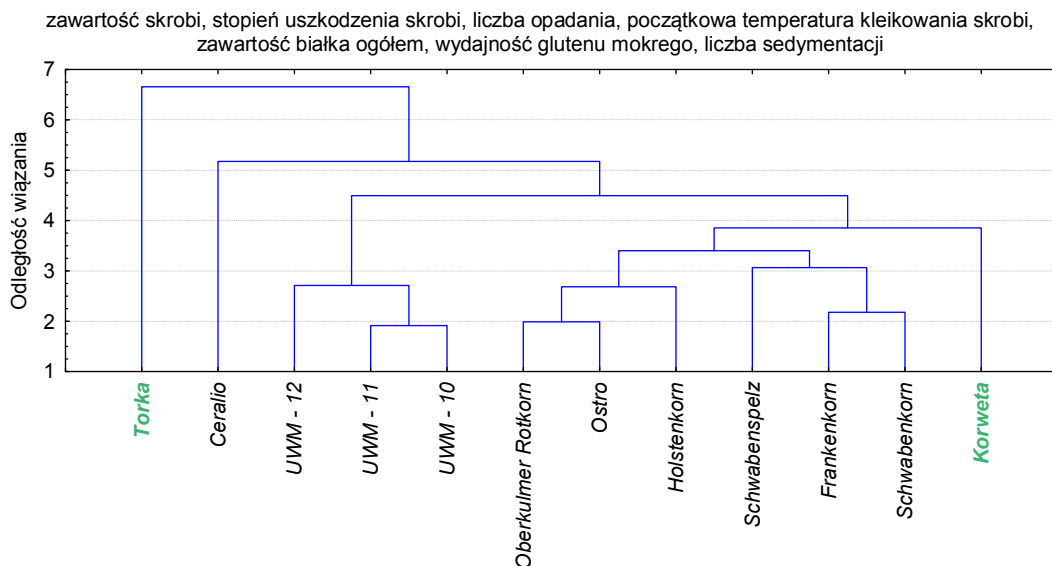
Wykres 29. Wyniki analizy skupień metodą średnich połączeń dla odległości euklidesowej (zbiór II).



Jak okazało się, mąka z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* cechowała się wyższą wartością parametrów a^* i b^* (najwyższy stopień czerwoności i żółtości) oraz wyraźnie niższymi wartościami indeksów bieli (WI) i jasności (Z%). Z kolei, mąka z ziarna orkiszu odmiany *Ceralio* charakteryzowała się niższą wartością współczynnika chromatyczności b^* oraz wyższym stopniem bieli (WI) i jasności (Z%), w porównaniu do pozostałych badanych mąk, co spowodowało odrębność od pozostałych skupień.

Zbiór III analizy skupień uwzględniał pośrednie wyróżniki wartości wypiekowej mąki i obejmował takie parametry, jak: zawartość skrobi ogółem, stopień uszkodzenia skrobi, liczbę opadania, początkową temperaturę kleikowania skrobi T_{pk} , zawartość białka ogółem, wydajność glutenu mokrego oraz liczbę sedymentacji wg Zeleny’ego. Wyniki analiz skupień prezentuje **wykres 30**.

Wykres 30. Wyniki analizy skupień metodą średnich połączeń dla odległości euklidesowej (zbiór III).

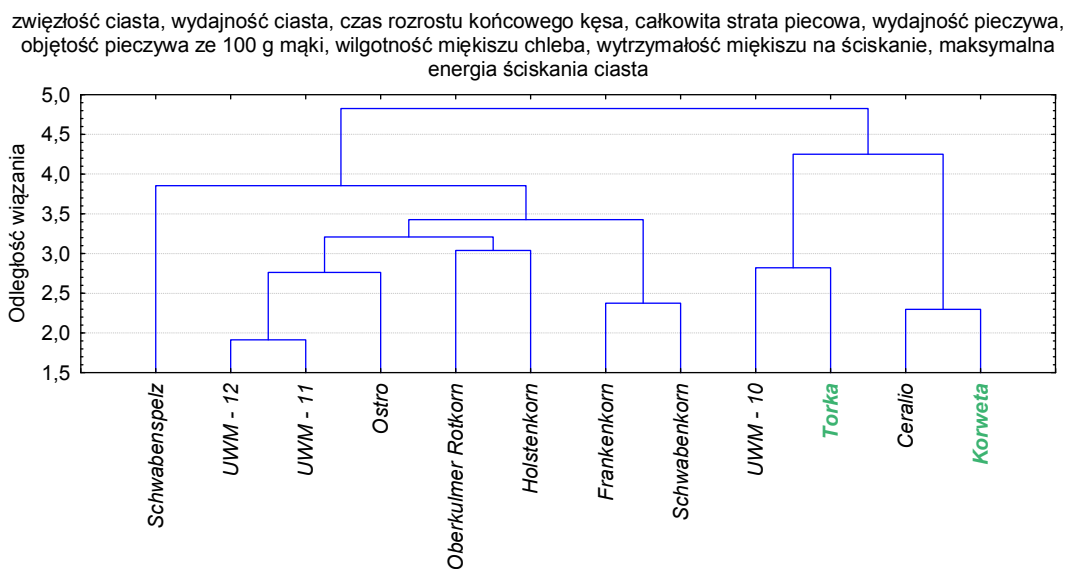


Jak okazało się analiza wartości średnich pośrednich wyróżników wartości wypiekowej mąki wskazała dwa punkty odstające. Były nimi mąka z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* i pszenicy orkisz odmiany *Ceralio*. Pierwsze skupienie łączyło trzy rody hodowlane, natomiast do drugiej większej grupy (skupienie silne) zaliczono mąkę z ziarna orkiszu odmiany *Oberkulmer Rotkorn*, *Ostro*, *Holstenkorn*, *Schwabenspelz*, *Frankenkorn*, *Schwabenkorn* oraz mąkę z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta*.

Mąka z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* cechowała się najniższą wydajnością glutenu mokrego, przy najwyższej wartości liczby sedymentacji wg Zeleny'ego w porównaniu do wartości tych parametrów w pozostałych mąkach. Natomiast mąka z ziarna orkiszu odmiany *Ceralio*, uzyskała najniższą wartość liczby opadania oraz cechowała się niską zawartością białka ogółem, co tłumaczy utworzenie odrębnego skupienia.

Z kolei, zbiór IV wielowymiarowej analizy porównawczej zawierał wybrane średnie wartości charakteryzujące cechy reologiczne ciasta oraz parametry wypieku laboratoryjnego, takie jak: zwięzłość ciasta, wydajność ciasta, czas rozrostu końcowego ciasta, całkowitą stratę piecową, wydajność pieczywa, objętość pieczywa ze 100 g mąki, wilgotność miększu chleba, wytrzymałość miększu na ściskanie oraz maksymalną energię ściskania miększu chleba. Wyniki tej analizy prezentuje *wykres 31*.

Wykres 31. Wyniki analizy skupień metodą średnich połączeń dla odległości euklidesowej (zbiór IV).

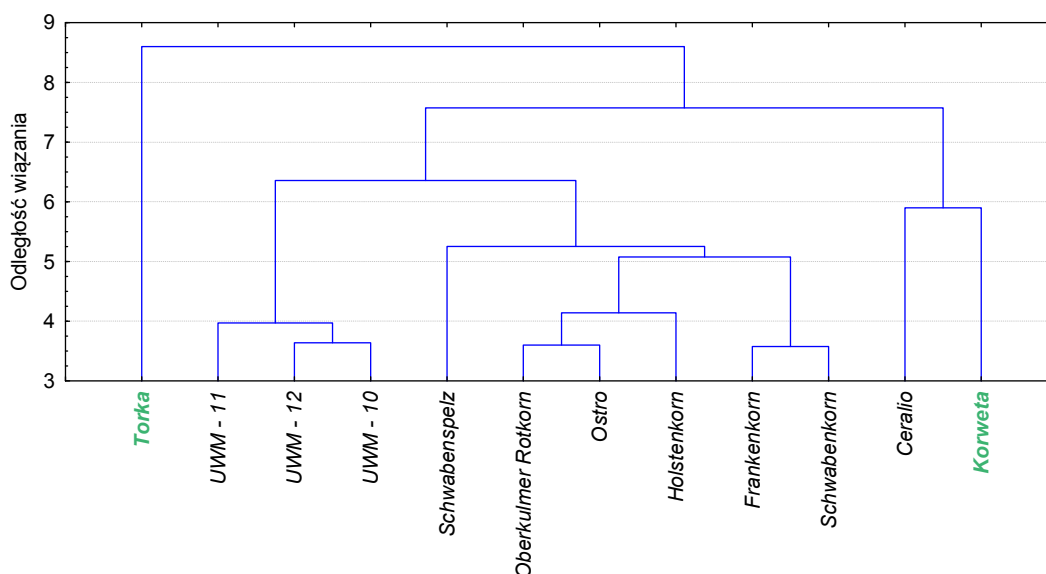


W pierwszym skupieniu wyodrębniono mąkę z ziarna rodu hodowlanego *UWM – 12* i *UWM – 11*, następnie mąkę z ziarna odmian *Frankenkorn* i *Schwabenspelz*, *Oberkulmer Rotkorn* i *Holstenkorn* oraz *Ostro*. Analiza powyższego wykresu wykazała, że mąkę z ziarna odmiany *Schwabenspelz* można uznać za punkt odstający, choć można ją również zaliczyć do powyższego skupienia. Natomiast kolejną grupę stanowią mąki otrzymane z ziarna pszenicy zwyczajnej odmian *Korweta* i *Torka*, pszenicy orkisz odmiany *Ceralio* i rodu hodowlanego *UWM – 10*.

Jak wynika z powyższych wykresów, pod względem parametrów opisujących potencjalną wartość przemiałową najbardziej oddaloną próbką jest pszenica zwyczajna odmiany *Korweta*. Z kolei, w przypadku parametrów opisujących barwę mąki i jej wartość wypiekową, mąki otrzymane z ziarna pszenicy odmian *Torka* i *Ceralio* były najdalej położone na wykresach.

Dodatkowo wykonano kompleksową analizę skupień. W tym celu wykorzystano wszystkie powyższe parametry, nie dokonując podziału na poszczególne grupy pod względem określonej przydatności ziarna i mąki. Analizę tę prezentuje **wykres 32**.

Wykres 32. Wyniki kompleksowej analizy skupień metodą średnich połączeń dla odległości euklidesowej.



Jak wynika z wykresu, pszenica odmiany *Torka* najbardziej różni się od pozostałych. Jednocześnie, osobne skupienie tworzy pszenica zwyczajna odmiany *Korweta* i orkisz odmiany *Ceralio*. Pozostałe ozime pszenice orkisz oraz jare rody hodowlane utworzyły kolejne dwa osobne skupienia.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że w zależności od wybranych parametrów poszczególne odmiany są grupowane w odmienny sposób. Taki rezultat grupowania zależy wyraźnie od gatunku pszenicy (pszenica zwyczajna i orkisz). Wynika to m.in. z tego, że wzorcowe odmiany pszenicy zwyczajnej (*Korweta*, *Torka*) w klasyfikacji COBORU (Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych) należały lub należą do grupy pszenic jakościowych i elitarnych. Z kolei, badane odmiany orkisz z reguły (choć nie zawsze) charakteryzują się nieco gorszą jakością technologiczną, biorąc pod uwagę wartość przemiałową ziarna i potencjalną wartość wypiekową mąki. Warto zwrócić również uwagę na pszenicę orkisz odmiany *Ceralio*, która z reguły tworzy skupienie razem z pszenicą zwyczajną odmiany *Korweta*. Badane parametry jakości ziarna i mąki tych dwóch pszenic są

porównywalne i to właśnie dlatego pojawia się przypuszczenie, że orkisz odmiany *Ceralio* nie jest w 100% czysty gatunkowo.

Ponadto, analiza porównawcza na poziomie wyodrębnionych grup danych wskazuje na spore zróżnicowanie badanych odmian orkiszu pod względem przydatności ziarna do przemiału i przydatności wypiekowej mąki. Wielowymiarowa analiza porównawcza umożliwia wybranie najbardziej zbliżonych pod względem jakości grup odmian/rodów hodowlanych orkiszu, z uwzględnieniem podziału na wartość przemiałową ziarna i przydatność mąki do wypieku.

6. Spostrzeżenia

Szeroka analiza wszystkich danych liczbowych wykazała, że warunki wegetacyjne szczególnie w 2006 roku miały istotny wpływ na parametry odpowiedzialne za wartość wypiekową mąki, najbardziej tej z ziarna orkiszu ozimego. Ziarniaki, zarówno orkiszu ozimego jak i jarego, ze zbiorów 2006, były drobniejsze, cechowały się zdecydowanie wyższą koncentracją białka i glutenu mokrego. Nie mniej jednak, najprawdopodobniej deszczowy sierpień zapoczątkował w ziarnie orkiszu wzrost aktywności amyloolitycznej oraz proteolitycznej, co w konsekwencji spowodowało w niektórych badanych próbkach częściowe rozłożenie skrobi oraz białka i mimo wyższej zawartości tego ostatniego składnika – pogorszenie jego jakości.

Jak wiadomo, że wzrost aktywności amyloolitycznej ziarna ma istotny wpływ na zachowanie się ciasta podczas obróbki. Choć powszechnie uważa się, że ziarno, w którym nadmiernie zadziałała α – amylaza nie nadaje się produkcji mąki piekarskiej, to w przypadku orkiszu należy rozważyć możliwość wykorzystania właśnie tego zjawiska. Rezultaty wypieku laboratoryjnego wskazują, że mimo pogorszenia wyglądu miękiszu chleba orkiszowego, jednocześnie nastąpiło skrócenie czasu rozrostu końcowego kęsa ciasta oraz zwiększenie objętości pieczywa. Dodatkowo, z powodu wyższej zawartości cukrów prostych skórka otrzymanych chlebów była ładniej zabarwiona. Biorąc pod uwagę fakt, że chleb orkiszowy jest pieczywem specjalnym, zdaniem autorki poziom porowatości jego miękiszu nie powinien mieć decydującego znaczenia przy sumarycznej ocenie jego jakości. Chleby orkiszowe otrzymane z mąki o lekko podwyższonej aktywności amyloolitycznej cechowały się słodkawym posmakiem, dawały wrażenie, że ich miękisz był wilgotny (przy prawidłowym poziomie zawartości wody w miękiszu) i długo zachowywały świeżość.

Po przeanalizowaniu wszystkich danych dotyczących wartości wypiekowej mąki orkiszowej stwierdzono, że przyjęte dla mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej kryteria jakościowe, nie do końca trafnie określają przydatność mąki orkiszowej do wypieku. Dotyczy to w szczególności wartości liczby opadania, wydajności glutenu mokrego, zawartości białka ogółem i liczby sedymentacji (wg Zeleny'ego i SDS).

7. Wnioski

1. Parametry charakteryzujące wartość odżywczą, przemiałową i wypiekową badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej, w większości przypadków istotnie różnią się między sobą.
2. Wykazane istotne różnice wartości średnich poszczególnych parametrów jakości badanych pszenic zależą od: gatunku pszenicy, jej formy odmianowej, odmiany oraz od warunków pogodowych w roku uprawy.
3. Mąka z ziarna pszenicy orkisz w porównaniu z mąką z ziarna pszenicy zwyczajnej cechuje się wyższą popiołowością (więcej związków mineralnych), koncentracją białka i tłuszczu ogółem, kwasu oleinowego oraz (w większości przypadków) wyższą zawartością skrobi amylazoopornej.
4. Twardość ziarna orkiszu determinują warunki wegetacyjne w danym roku uprawy, a zdecydowanie mniejszy wpływ na wartość tego parametru mają odmiana i forma odmianowa. Jednak, pszenica orkisz cechuje się mniejszą twardością ziarna w porównaniu do pszenicy zwyczajnej.
5. Ziarno badanych odmian orkiszu ma gorszą wartość przemiałową niż ziarno wzorcowych odmian pszenicy zwyczajnej, co może pośrednio wynikać z niskiej twardości ziarniaków orkiszu. Spośród ozimych orkiszów najlepszą wartość przemiałową ma ziarno odmian *Holstenkorn* i *Ostro*. Natomiast ziarno orkiszu jarego cechuje większa stabilność współczynnika efektywności przemiałowej E% w dwóch badanych latach.
6. Analiza sitowa mąki wykazała, że w przeważającej większości próbek badanych pszenic, dominującą frakcją była ta o wielkości cząstek z zakresu 95 – 104 μm , a w najmniejszej ilości występowała frakcja o wielkości cząstek z zakresu 104 – 120 μm . Mąki orkiszowe mają większy udział tej drobniejszej frakcji, co może być spowodowane niską twardością ziarna i ma wpływ na jaśniejszą barwę mąki orkiszowej.
7. Zmienne warunki pogodowe w danym roku uprawy mają wpływ na wartość parametrów opisujących przydatność mąki orkiszowej do wypieku. Jednak wartości tych parametrów uzyskane dla jarych orkiszów są bardziej stabilne w latach w porównaniu z orkiszem ozimym. Stanowi to argument do rozpowszechniania tej pierwszej formy odmianowej orkiszu w uprawach w Polsce.
8. Wysokowyciągowa mąka orkiszowa stanowi dobry surowiec do produkcji pieczywa, ale jest to ściśle związane z odmianą i formą odmianową ziarna orkiszu, które wykorzystuje się do jej produkcji.
9. Najlepszą wartością wypiekową cechują się mąki z ziarna orkiszu odmian: *Schwabenspelz*, *Schwabenkorn* i *Ceralio* oraz rodów hodowlanych *UWM – 10* i *UWM – 12*. Jednak, lepsze właściwości wypiekowe ma mąka orkiszowa otrzymana z ziarna formy jarej.
10. Przeprowadzona analiza skupień umożliwia pogrupowanie odmian badanych pszenic pod względem podobnych właściwości fizycznych ziarna, parametrów barwy oraz wartości wypiekowej mąki. Powyższa analiza może okazać się przydatna w poszukiwaniu odmian/rodów hodowlanych o podobnych właściwościach (przemiałowych i wypiekowych).

11. Mąka z orkiszu odmiany *Ceralio* ma wartość wypiekową najbardziej zbliżoną do mąki z pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta*, z kolei mąka orkiszowa z rodu hodowlanego *UWM – 10*, ma cechy wypiekowe zbliżone do tych, którymi charakteryzuje się mąka z pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka*.
12. Nie występuje ścisła korelacja pomiędzy pośrednimi i bezpośrednimi wyróżnikami wartości wypiekowej mąki orkiszowej, co stwarza konieczność przeprowadzania każdorazowo próbnego wypieku laboratoryjnego lub ustalenia odrębnych kryteriów jakościowych dla mąki orkiszowej, z uwzględnieniem podziału na formę odmianową.

8. Literatura

1. Abdel – Aal E.-S. M., Hucl P., Sosulski F. W. 1995. Compositional and nutritional characteristics of spring einkorn and spelt wheats. *Cereal Chemistry*. 72: 621 – 624.
2. Abdel – Aal E.-S. M., Salama D.A., Hucl P., Sosulski F.W., Cao W. 1996. Electrophoretic characterization of spring spelt wheat gliadins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 44: 2117 – 2123.
3. Abdel – Aal E.-S. M., Hucl P., Sosulski F. W. Bhirud P.R. 1997. Kernel, milling and baking properties of spring – type spelt and einkorn wheats. *Journal of Cereal Science*, 26: 363 – 370.
4. Abdel – Aal E.-S. M., Sosulski F., Hucl P. 1998a. Origins, characteristics, and potentials of ancient wheat. *Cereal Foods World*. 43: 708 – 715.
5. Abdel – Aal E.-S. M., Hucl P., Sosulski F.W. 1998b. Food uses for ancient wheats. *Cereal Foods World*. 43: 763 – 766.
6. Abdel – Aal E.-S. M., Hucl P. 2002. Amino acid composition and in vitro protein digestibility of selected ancient wheats and their products. *Journal of Food Composition and Analysis*. 15: 737 – 747.
7. Abramczyk D. 2003. Ocena alweograficzna wartości wypiekowej ziarna pszenicy i mąki pszennej. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 8:19-20.
8. Achremowicz B., Kulpa D., Mazurkiewicz J. 1999. Technologiczna ocena ziarna pszenic orkiszowych. *Zeszyty Naukowe AR Kraków*. 360(11): 11 – 17.
9. Akeret Ö. 2005. Plants from a Bell Brecks site in Switzerland, and the beginnings of *Triticum spelta* (spelt) cultivation in Europe. *Vegetation History and Archaeobotany*. 14: 279 – 286.
10. Ambroziak Z. 1988. *Piekarstwo i ciastkarstwo*. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa, 1988.
11. Ambroziak Z. 1998. *Produkcja piekarsko – ciastkarska*. Cz. 1. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1998.
12. Ambroziak Z. 1999. *Produkcja piekarsko – ciastkarska*. Cz. 2. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1999.
13. An X., Li Q., Yan Y., Xiao Y., Hsam S.L.K., Zeller F.J. 2005. Genetic diversity of European spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. em. Thell.) revealed by glutenin subunits variations at the Glu – 1 and Glu – 3 loci. *Euphytica*. 146: 193 – 201.
14. Andrews A.C. 1964. The genetic origin of spelt and related wheats. *Der Züchetr*. 34: 17 – 22.
15. Asp N.G., Johansson G.G., Hallmer H., Slljeston M. 1983. Rapid Enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 31: 476 – 482.
16. Babalski M. 2008. Jak zachować stare odmiany nasion na przykładzie orkiszu i pszenicy płaskurki. <http://icppc.pl/nasiona/pliki/belweder-mieczyslawbabalski.doc>
17. Babalski M. 2009. Kontakt bezpośredni. Wytwórnia Makaronu „Bio”. Aleksandra i Mieczysław Babalscy. Pokrzydowo 99, 87 – 312 Pokrzydowo.
18. Bank genów – “Fragment Skarbnicy” polskiej wsi. 2008. Dostatny D. <http://icppc.pl/nasiona/pliki/belweder-denisefudostatny.pdf>.
19. Batifoulier F., Verny M.A., Chanliaud E., Rémesy C., Demigné C. 2006. Variability of B vitamin concentrations in wheat grain, milling fractions and bread products. *European Journal of Agronomy*. 25: 163 – 16 .
20. Bawół 2009. Rolnictwo integrowane (zrównoważone) – wystąpienie ustne. Studia podyplomowe w zakresie polityki rolnej Unii Europejskiej „Agro – Unia”. Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie, 01.03.2009 r. (Autorka pracy była słuchaczem i ukończyła ww. studia podyplomowe).
21. Barwa i jakość. 1999. Wersja polska. Wydawnictwo Heidelberg Polska Sp. z o.o.

22. Beck A.H. 1996. Znaczenie pszenicy orkiszu (*Triticum aestivum spelta*) w żywieniu człowieka oraz badania nad białkiem i glutenem pszenicy orkiszu, pochodzącej z uprawy biologicznej. Rozprawa doktorska (w j. niemieckim). Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Warszawa, 1996.
23. Belitz H – D., Seilmeier W., Wieser H. 1998. Die Proteine des Dinkels (*Triticum spelta*). European Food Research and Food Technology. 189: 1 – 5.
24. Biohof – lex. 2008.
<http://www.biohof-lex.de/index.php?section=verarbeitung>.
25. Blatter R. H. E., Jakomet S., Schlumbaum A. 2002. Spelt – specific alleles in HMW glutenin genes from modern and historical spelt (*Triticum spelta* L.). Theoretical and Applied Genetics. 104: 360 – 367.
26. Blatter R. H. E., Jakomet S., Schlumbaum A. 2004. About the origin of European spelt (*Triticum spelta* L): allelic differentiation of HMW B1 – 1 and A1 – 2 subunits genes. Theoretical and Applied Genetics. 108: 360 – 367.
27. Bojňanská T., Frančáková H. 2002. The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications. Rostlinná Výroba. 48(4): 141 – 147.
28. Bonafaccia G., Galli V., Francisci R., Mair V., Skrabanja V., Kreft I. 2000. Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat – based bread. Food Chemistry. 68: 437 – 441.
29. Bouby L., Billaud Y. 2001. Économie agraire à la fin d'âge du Bronze sur les bords du lac du Bourget (Savoie, France). Préhistoire. 333: 749-756.
30. Buerli M. 2006. Farro In Italy. A desk – study. The Global Facilitation Unit for Underutilized Species.
<http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/1266.pdf>.
31. Burgos M. St., Messmer M. M., Stamp P., Schmid J. E. 2001. Flooding tolerance of spelt (*Triticum spelta* L.) compared to wheat (*Triticum aestivum* L.) – a physiological and genetic approach. Euphytica. 122: 287 – 295.
32. Caballero L., Martín L. M., Alvarez J. B. 2007. Agrobiodiversity of hulled wheat in Asturia (North of Spain). Genetic Resource and Crop Evolution. 54 (2): 267 – 277.
33. Campbell K.G. 1997. Spelt: Agronomy, genetics and breeding. Plant Breeding Review. 15: 187 – 213.
34. Cao W., Scoles G.J., Hucl P. 1997. The genetics of rachis fragility and glumes tenacity in semi – wild wheat. Euphytica. 94: 119-124.
35. Capouchová I. 2001. Technological quality of spelt (*Triticum spelta* L.) from ecological growing system. Scientia Agriculturae Bohemica. 32(4): 307 – 322.
36. Cacak – Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., Lisicki M., Podleśna A. 2004. Wpływ różnych poziomów nawożenia azotem i siarką na parametry jakościowe ziarna pszenicy. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 5: 28 – 30.
37. Ceglińska A. 2003. Technological value of spelt and common wheat hybrid. Food Science and Technology. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 6(1): 1 – 7.
38. Ceglińska A. Haber T., Cacak – Pietrzak G., Zmysłowska A. 2006. Dojrzewanie mąki pszennej a jakość pieczywa. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 4: 20 – 21.
39. Ceglińska A. 2006. Zmiany jakości mąki pszennej w czasie przechowywania. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 10: 14 – 15.
40. Ceglińska A., Szajewska A., Haber T. 2007. Mechaniczne uszkodzenie skrobi a wartość wypiekowa mąki. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 10: 13 – 14.
41. Čertík M., Sláviková L., Masrnová S., Šajbidor J. 2006. Enhancement of nutritional value of cereals with γ – linolenic acid by fungal solid – state fermentation. Food Technology Biotechnology 44(1): 75 – 82.

42. Champ M., Martin L., Noah L., Gratas M. 1999. Analytical methods for resistant starch. In: Sungsoo Cho S., Prosky L., Dreher M., editors. *Complex Carbohydrates in Food*, New York: Marcel Dekker, inc., p. 184-187.
43. Charles M., Bogaard A., Jones G., Hodgson J., Halstead P. 2002. Towards the archaeobotanical identification of intensive cereal cultivation: present – day ecological investigation in the mountains of Asturias, northwest Spain. *Vegetation History and Archaeobotany*. 11: 133 – 142.
44. Chen Q.-F. 2001. Inheritance of disarticulation derived from some hexaploid brittle rachis wheat. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 48: 21 – 25.
45. Chleby Biosielskie. 2006. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 5: 20.
46. Chorkowy B., Drymluch M. 2008. Wielowymiarowa analiza porównawcza banków notowanych na giełdzie papierów wartościowych w Warszawie. *Konkurencyjność podmiotów rynkowych*. Wydawnictwo: Katedra Mikroekonomii Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2008, str. 54 – 64.
47. Chrenková M., Čerešňáková Z., Sommer A., Gálová Z., Králová V. 2000. Assessment of nutritional value in spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by chemical and biological methods. *Czech Journal of Animal Science*. 45: 133 – 137.
48. Cyrkler – Degulis M., Bulińska – Radomska Z. 2006. Plonowanie i zdrowotność odmian i populacji czterech gatunków pszenicy ozimej w warunkach gospodarstw ekologicznych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 51(2): 17 – 21.
49. Dąbkowska E., Majewska K., Tyburski J. 2008. Ocena wartości wypiekowej wysokowyciągowej mąki uzyskanej z ziarna orkisz uprawianego w Polsce w warunkach produkcji ekologicznej. *Towaroznawcze Problemy Jakości*. *Polish Journal of Commodity Science*. 3: 88 – 100.
50. Dąbkowska E. 2009. Ocena wartości przemiałowej ziarna wybranych odmian orkisz z wykorzystaniem różnych kryteriów efektywności przemiał – doniesienie. XIV Sesja Naukowa SMKN PTTŻ, Akademia Morska w Gdyni. Gdynia, 21 - 22 maja 2009. *Materiały Konferencyjne – „Jakość i bezpieczeństwo żywności – wyzwanie XXI wieku”*. Str.78.
51. Demibras A. 2005. β -Glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey. *Food Chemistry*. 90: 773 – 777.
52. Diowksz A. 2008. Nasz chleb powszedni źródłem zdrowia. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 1: 10 – 13.
53. Dobraszczyk B.J., Morgenstern M.P. 2003. Rheology and breadmaking process. *Journal of Cereal Science*. 38: 229 – 245.
54. Dojczew D., Sobczyk M., Grodzicki K., Haber T. 2004. Wpływ porostu ziarna na wartość wypiekową mąki pszennej, pszenżyt niej i żytniej. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*. 3(2):127 – 136.
55. Dotlacil L., Stehno Z., Michalova A., Faberova I. 2001. Plant Genetic Resources and Agri – Biodiversity in Czech Republic. *OECD Expert Meeting on Agri – Biodiversity Indicators*. 5 – 8 November 2001. Zürich, Switzerland.
56. Dziki D., Laskowski J. 2004. Wpływ wielkości ziarna na proces mielenia pszenicy na poszczególnych pasażach przemiałowych. *Polish Journal of Food Nutrition Science*. 13/54(1): 29 – 33.
57. Flaczyk E., Górecka D., Kobus J., Korczak J., Kaczmarek W. 2007. Ocena preferencji konsumenckich względem spożywanego pieczywa. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*. 1/2: 715 – 720.
58. Forssel F., Wieser H. 1995. Dinkel und Zöliakie. *Lebensmittel – Untersuchung und – Forschung*. 201: 35 – 39.
59. Gálová Z., Knoblochová H. 2001. Biochemical characteristics of five spelt wheat cultivars (*Triticum spelta* L.). *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 4 (special number): 85 – 87.
60. Gąsiorowski H., Kołodziejczyk P., Obuchowski W. 1999. Twardość ziarna pszenicy. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 7: 6 – 8.

61. Gąsiorowski H. 2003. Aspekty żywieniowe pszenicy i jej przetworów. Część 2. Wartość odżywcza przetworów zbożowych. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 7: 10 – 11, 15.
62. Gąsiorowski H. 2004a. Pszenica – chemia i technologia. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, 2004.
63. Gąsiorowski H. 2004b. Niektóre aspekty żywieniowe pieczywa. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 2: 2 – 4.
64. Gąsiorowski H. 2004c. Pszenica orkisz – zboże ekologiczne. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 5: 13 – 14.
65. Gierałtowska U., Sobczak M., Chudy S. 2007. Produkty rolnictwa ekologicznego i ich konsumenci. Towaroznawcze Problemy Jakości. 4: 36 – 41.
66. Główny Urząd Statystyczny. 2009. Spożycie pieczywa i przetworów zbożowych w Polsce; <http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xchg/gus>.
67. Górniak W. 2006. Określenie korelacji między stopniem rozdrobnienia mąki pszennej a stopniem uszkodzenia skrobi. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 12: 24 – 26.
68. Górską – Warsewicz H. 2001. Zachowania konsumenckie na rynku pieczywa w Polsce. Przegląd Piekarski i Cukierniczy. 7: 8 – 10.
69. Granstedt A., Tyburski J. 2006. Współczesne europejskie systemy rolnicze. Fragmenta Agronomica. 2: 72 – 95.
70. Grela E.R. 1996. Nutrient composition and content of antinutritional factors in spelt (*Triticum spelta* L.) cultivars. Science of Food and Agriculture. 71: 399 – 404.
71. Grzebisz W. 2008. Produkcja roślinna. Środowisko i podstawy agrotechniki. Część 1. Wydawnictwo Hortpress Sp. o. o. Warszawa, 2008.
72. Gujska E., Majewska K., Dąbkowska E., Czarnowska M. 2008. „Spelt wheat (*Triticum spelta*) as a source of phenolic and folate compounds”. AACC International Annual Meeting. Honolulu, Hawaii, U.S.A., 21 – 24 September 2008. „Diversity of Grain”. Cereal Foods World. Supplement, 2008, vol. 53, No. 4.
73. Haber T., Horubałowa A. 1992, Analiza techniczna w przetwórstwie zbóż. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1992.
74. Hauterive – Champréveyres J.C. 1989. Les plantes de l'âge du Bronze. Contribution à l'histoire de l'environnement et de l'alimentation. Archéologie Neuchâteloise. 8: 1 – 112.
75. Horubała A., Haber T. 1994. Analiza techniczna w piekarstwie. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1994.
76. Hucl P., Abdel – Aal E.S.M., Sosulski F. 1995. Specialty wheats. P 40 – 47. In: Proc. Crop Oportunities III Conf., Extension Division, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, 1995.
77. Informator Rynku Produktów Ekologicznych InfoBio. 2008. <http://forum.infobio.pl/>
78. Jakubczyk T., Haber T. 1981. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Skrypt SGGW AR, Warszawa, 1981.
79. Janiak G, Laskowski J. 1994. Wskaźniki wartości technologicznej pszenicy. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 2: 19 – 21.
80. Janiak G, Laskowski J. 1996. Metodyka określania cech wytrzymałościowych ziarna dla potrzeb procesów przetwórczych. Biuletyn Naukowy Przemysłu Paszowego. 1: 45 – 58.
81. Jankiewicz M. 2005. Chleb i produkty zbożowe jako pożywienie Polaków w XXI wieku. Przegląd Piekarski i Cukierniczy. 3: 2 – 5.
82. Jankiewicz M. 2008a. Anachronizmy w koncepcji oceny jakościowej ziarna i przetworów zbożowych. Kwasowość. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 3: 8 – 9.

83. Jankiewicz M. 2008b. Dylematy polskiego piekarstwa. Pamiętajmy! Każde pogorszenie jakości pieczywa powoduje obniżenie jego spożycia. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 7: 4 – 10.
84. Jankowski K. 2009. Technologia produkcji roślinnej – wystąpienie ustne. Studia podyplomowe w zakresie polityki rolnej Unii Europejskiej „Agro – Unia”, Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie, 21.12.2008. (Autorka pracy była słuchaczem i ukończyła ww. studia podyplomowe).
85. Jurga R. 1994. Wartość technologiczna ziarna pszenicy. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 2: 19 – 21.
86. Jurga R. 1996a. Mąka dla potrzeb specjalnych. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 7: 11.
87. Jurga R. 1996b. Oznaczanie stopnia uszkodzenia skrobi w mące. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 12: 34.
88. Jurga R. 1998. Zmiany zachodzące w mące w czasie przechowywania – dojrzewanie mąki. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 5: 20.
89. Jurga R. 2000. Uszkodzenie skrobi i jego wpływ na wartość wypiekową mąki. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 4: 12 – 13.
90. Jurga R. 2003a. Oznaczanie wodochłonności mąki i właściwości reologicznych ciasta za pomocą farinografu. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 8: 16 – 17.
91. Jurga R. 2003b. Wartość wypiekowa mąki pszennej oceniona za pomocą właściwości reologicznych ciasta. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 8: 15.
92. Jurga R. 2003c. Przemiał ziarna pszenicy. Część 24. Produkcja mąk specjalnych. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 1: 43 – 44.
93. Jurga R. 2004. Prawie wszystko o uszkodzeniu skrobi w mące. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 9: 23 – 25.
94. Jurga R. 2005. Wpływ stopnia rozdrobnienia (granulacji) mąki na jej właściwości wypiekowe. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 12: 13.
95. Jurga R. 2006a. Ocena efektywności przemiału ziarna na podstawie zależności zawartości popiołu i barwy mąki. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 3: 19 – 21.
96. Jurga R. 2006b. Ocena efektywności przemiału ziarna. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 4: 37 – 39.
97. Jurga R. 2006c. Wpływ twardości ziarna pszenicy na jakość technologiczną mąki. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 5: 16-17.
98. Jurga R. 2007. Aktualna sytuacja w sektorze piekarniczym. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 2: 5.
99. Jurga R. 2008. Wybrane informacje o pszenicy orkisz i wartości wypiekowej. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 7: 8 – 9.
100. Kalinowska – Zdun M. 2005. Renesans pszenicy orkisz. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 2:4 – 5.
101. Kania – Lentas P. 2006. IBA pod znakiem bio. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 12: 34 – 39.
102. Kania – Lentas P. 2008. Rynek żywności luksusowej w Polsce. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 8: 26.
103. Kasarda D., D'Ovidio. 1999. Deduced amino acid sequence of an α – gliadin gene from spelt wheat (*Triticum spelta*) includes sequences active in celiac disease. *Cereal Chemistry*. 4(76): 548 – 551.
104. Katina K., Arendt E., Liukkonen K.H., Autio K., Flander F., Poutanen K. 2005. Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trend in Food Science & Technology*. 16: 104 – 112.
105. Kihlberg I., Johansson L., Kohler A., Risvik E. 2004. Sensory quality of whole wheat pan bread – influence of farming system, milling and baking technique. *Journal of Cereal Science*. 39: 67 – 84.
106. Knysak K. 2006. Chleby Biosielskie. Sielskie smaki chleba bio. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 9: 46.
107. Kohajdová Z., Korovičová J. 2007. Effect of incorporation of spelt flour on the dough properties and wheats bread quality. *Žywnosť Nauka Technológia Jakość*. 4(53): 36 – 45.

108. Kohajdová Z, Karovicová J. 2008. Nutritional value and baking applications of spelt wheat. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. 3: 5-14.
109. Kohler – Schneider M. 2003. Contents of a storage pit from late Bronze Age Stillfried, Austria: another record of the “new” glume wheat. *Vegetation History Archaeobotany*. 12: 105 – 111.
110. Konopka I., Abramczyk D., Rothkaehl J., Fornal Ł., Madej M. 2000. Porównanie cech reologicznych ciasta pszennego przy użyciu różnych aparatów pomiarowych. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 44.06: 23 – 26.
111. Konopka I., Rotkiewicz D. 2000. Charakterystyka lipidów ziarna pszenicy oraz wpływ ich przemian na jakość i wartość wypiekową mąki. *Przegląd Zbożowo – Młynarski* 6: 26 – 28.
112. Konopka I., Kozirok W., Tańska M. 2005. Wheat endosperm hardness. Part I. Relationships to colour of kernel cross – section. *European Food Research and Technology*. 220: 11 – 19.
113. Konopka I., Fornal Ł. 2007. Możliwość eliminacji głównych pokarmowych zagrożeń zdrowotnych związanych ze strukturą białek i peptydów ziarniaków pszenicy – referat. II Krajowa Konferencja Naukowo – Szkoleniowa pt. „Alergeny i składniki powodujące nietolerancje pokarmowe występujące w surowcach roślinnych i żywności”. Olsztyn, 19 września 2007. Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauki o Żywności.
114. Kostecki Z. 2005. Jakość orkiszu upraw ekologicznych ze zbiorów 2004 r. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 6: 14.
115. Kot M. 2007. Produkty piekarskie i ciastkarskie wg wymagań polskich konsumentów i norm na gotowe wyroby. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 3: 30 – 32.
116. Kowalewska W. 2006. Przemiał ziarna na mąki razowe. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 2: 27 – 29.
117. Kownacki J. 2005. Prawdy i mity o jakości i wartości żywieniowej polskiego pieczywa. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 10: 16 – 17.
118. Krawczyk P., Ceglińska A., Izdebska K. 2008a. Porównanie właściwości reologicznych ciasta i jakości pieczywa otrzymanego z mąki orkiszu i pszenicy zwyczajnej. *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 4:141 – 151.
119. Krawczyk P., Ceglińska A., Kordialik J. 2008b. Porównanie wartości technologicznej ziarna orkiszu z pszenica zwyczajną. *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 5: 43 – 51.
120. Krawczyk P., Ceglińska A., Gromulska W. 2009. Tekstura pieczywa otrzymanego z orkiszu i pszenicy zwyczajnej. XIV Sesja Naukowa SMKN PTTŻ, Gdynia, 21 – 22 maja 2009. Materiały konferencyjne – „Jakość i bezpieczeństwo żywności – wyzwania XXI wieku”. str.71; Poster.
121. Krelowska – Kułas M. 1993. Badanie jakości produktów spożywczych. Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 1993.
122. Kryztoforski M. 2006. Ekologia szansą dla wsi. *Farmer*. 23: 10 – 12.
123. Kunasz M. 2006. Przykład zastosowania metod WAP do analizy procesów gospodarowania zasobami ludzkimi w przedsiębiorstwie. *Kapitał ludzki w gospodarce opartej na wiedzy*, Wydawnictwo: Katedra Mikroekonomii Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2006, str. 131 – 139.
124. Kunz P. 2008. Breeding of cereal varieties for bio - /ecological agriculture.
http://www.peter-kunz.ch/gzpk_story.htm.
125. Lacko – Bartošová M., Otepka M.P. 2001. Evolution of choosen yield components of spelt wheat cultivars (Hodnotenie vybraných urodotvorných prvkov odrôd pšenice špaldovej). *Journal of Central European Agriculture*. 3 – 4: 279 – 284.
126. Lacko – Bartošová M., Rédlová M. 2007. The significance of spelt wheat cultivated in ecological farming in Slovak Republic. *Proceeding of conference “Organic Farming 2007”* 6 – 7.2. 2007. pp. 79 – 81.
http://organicfarming.agrobiology.eu/organicfarming/proceedings_pdf/27_lacko-bartosova_redlova_s79-81.pdf.
127. Lange E. 2007. Pieczywo w diecie odchudzającej. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 9: 8 – 10.

128. Legzina L., Skarbule I. 2005. Priekuli Plant Breeding Station. Plant Breeding for Organic Farming: Current Status and Problems in Europe. 6th Framework Program, May 31 – June 3, 2005, Tasli, Latvia.
129. Leitzmann C., Waltzl B. 2003. Dlaczego pieczywo pełnoziarniste jest zdrowe? *Medycyna Biologiczna*. 4 – 6: 60 – 62.
130. Leszczyński W. 2004. Skrobia oporna i jej znaczenie. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 7: 2 – 5.
131. Løje H., Møller B., Laustsen A.M., Hansen Å. 2003. Chemical composition, functional properties and sensory profile of einkorn (*Triticum monococcum* L.). *Journal of Cereal Science*. 37: 231 – 240.
132. Long discarded cereal shows future promise. 2008.
http://ec.europa.eu/research/agriculture/projects_showcase05_en.htm
133. Luo M.C., Yang Z.L., Dvorak J. 2000. The Q locus of Iranian and European spelt wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 100: 602 – 606.
134. Łazarowicz A. 2006a. Biopieczywo – obiecującą niszą rynkową. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 6: 94.
135. Łazarowicz A. 2006b. Zdecydowanie przychylne stanowisko władz wobec żywności ekologicznej. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo – Warzywny*. 10: 37.
136. Łazarowicz A. 2006c. Jakość pieczywa w ocenie GIJHARS – przewaga piekarni nad hipermarketami. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 11: 12 – 13.
137. Łazarowicz A. 2007a. Produkty ekologiczne – najszybciej rozwijający się segment żywności. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo – Warzywny*. 1: 14.
138. Łazarowicz A. 2007b. Nowy trend – produkty o niskim GI. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 2: 18 – 19.
139. Łazarowicz A. 2007c. Pomysł na tani i efektywny marketing. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 2: 30 – 31.
140. Maier U. 1999. Agricultural activities and land use in a Neolithic village around 3900 BC: Hornstaad Hörnle I A, Lake Constance, Germany. *Vegetation History and Archaeobotany*. 8: 87 – 94.
141. Majewska K. 1999. Podstawy klasyfikacji i syntezy białek glutenowych ziarna pszenicy. *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 2: 15 – 25.
142. Majewska, Gudaczewski W., Fornal Ł. 2000. Wielkość ziarniaków pszenicy a cechy reologiczne ciasta. *Inżynieria Rolnicza*. 5: 153 – 162.
143. Majewska K., Filipowicz A. 2002 r. Wpływ wielkości ziarna na zmiany wartości przemiałowej pszenicy. *Inżynieria Rolnicza*. 9: 177 – 185.
144. Majewska K.M. 2004. Badania wyróżników jakości technologicznej ziarna pszenicy w aspekcie jego cech geometrycznych. *Rozprawy i monografie 98*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko – Mazurskiego. Olsztyn, 2004.
145. Majewska K.M. 2005. Wykład habilitacyjny pt. „Pszenica orkisz – starożytne zboże w XXI wieku” wygłoszony na Wydziale Nauki o Żywności UWM w Olsztynie. 14.11.2005.
146. Majewska K., Tyburski J., Żuk – Gołaszewska K., Dąbkowska E., Wiwart M. 2007a. „Milling properties of spelt grain and baking value of the flour” – referat. Polsko – niemieckie seminarium naukowe pt.: “Recent Advances in Cultivation and Utilization of Spelt in Poland and Germany” (Osiągnięcia w uprawie i wykorzystaniu orkisz w Polsce i Niemczech). Olsztyn, 16 lutego 2007. University of Warmia & Mazury in Olsztyn, Faculty of Food Science, Poland; Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel – BFEL, Detmold, Germany.
147. Majewska K., Dąbkowska E., Żuk – Gołaszewska K., Tyburski J. 2007b. Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkisz (*Triticum spelta* L.). *Żywność Nauka Technologia Jakość*. 2: 60 – 71.
148. Maklakiewicz M. 1996 (tłum). Wpływ granulacji i uszkodzenia skrobi na właściwości mąki chlebowej. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 4: 14 – 15.

149. Marciniak A., Obuchowski W. 2007. Prozdrowotne właściwości produktów zbożowych. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 2: 12 – 15.
150. Marconi E., Carcea M., Graziano M., Cubadda R. 1999. Kernel properties and pasta – making quality of five European spelta wheats (*Triticum spelta* L.) cultivars. *Cereal Chemistry*. 76(1): 25 – 29.
151. Marconi E., Carcea M., Schiavone M., Cubadda R. 2002. Spelt (*Triticum spelta* L.) pasta – quality: combined effort of flour properties and drying conditions. *Cereal Chemistry*. 5: 634 – 639.
152. Markowski K., Majewska K., Tyburski J., Zadernowski R. 2007. Minerals content in grain of 7 varieties of spelt – referat. Polsko – niemieckie seminarium naukowe pt.: “Recent Advances in Cultivation and Utilization of Spelt in Poland and Germany” (Osiągnięcia w uprawie i wykorzystaniu orkisz w Polsce i Niemczech). Olsztyn, 16 lutego 2007. University of Warmia & Mazury in Olsztyn, Faculty of Food Science, Poland; Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel –BFEL, Detmold, Germany.
153. Marques C., D’auria L., Cani P.D., Baccelli C., Rozenberg R., Ruibal-Mendieta N.L., Petitjean G., Delacroix D.L., Quentin – Leclercq J., Habib – Jiwan J., Meurens M., Delzenne N.M. 2007. Comparison of glycemic index of spelt and wheat bread in human volunteers. *Food Chemistry*. 100: 1265 – 1271.
154. McFadden E.S., Sears E.R. 1946. The origin of *Triticum spelta* and its free – threshing hexaploid relatives. *Journal of Heredity*. 37: 81 – 116.
155. Minor cereals and pseudocereals in Europe. 2008. Michalová A. Report of a network coordinating group on minor crops. p. 56 – 66.
http://www.underutilizedspecies.org/Documents/PUBLICATIONS/Article_Michalova_buckwheat.pdf.
156. Mielcarz M. 2004. Wartość odżywcza pieczywa i jego przeznaczenie dla konsumentów wymagających określonych diet (cz. II). *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 12: 12 – 14.
157. Mierzecki A., Bukowska H., Krzystalik A. 2006. Kwas foliowy. Co lekarz rodzinny wiedzieć powinien? *Lekarz Rodzinny*. 12: 1292 – 1295.
158. Moudrý J., Dvořáček V. 1999. Chemical composition of grain of different spelt (*Triticum spelta* L.) varieties. *Rostliná Výroba*. 45: 533 – 538.
159. Mruk H., Mruk J. 2007. Trendy w zachowaniach konsumentów a działalność zakładów piekarsko – ciastkarskich. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 1: 27 – 28.
160. Mruk H. 2008. Nisze na rynku piekarskim. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 8: 30 – 31.
161. Muhamad I.I., Campbell G.M. 2004. Effect of kernel hardness and moisture content on wheat breakage in the single kernel characterization system. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 5: 119 – 125.
162. Neeson R., Luckett D. 2005. Spelt – selections for organic production underway. *Organic News*. 2: 4 – 7.
http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0006/111759/organic-news-vol-2-issue-9.pdf.
163. Neeson R., Evans J., Burnet V., Luckett D., Welings C., Taylor H., Raman H., Van Meeuwen E. Bowden P. 2008. Optimizing the quality and yield of spelt under organic production in Australia. *Proceeding of the 14th Australian Agronomy Conference*. September 2008. Adelaide South Australia.
164. Nowacki I. 2008. Standaryzacja mąki pszennej. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 56(1): 16 – 22.
165. Nowakowski G. 2006. Branża piekarnicza w Polsce – stan i wyzwania. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 9: 13 – 15.
166. NordGen. 2009.
www.nordgen.org; <http://www.nordgen.org/sesto/index.php?scp=ngb&thm=sesto&lev=tax&rec=42660>.
167. Oliver J.R., Blakeney A.B., Allen H.M. 1992. Measurement of flour color in color space parameters. *Cereal Chemistry*. 69(5): 546 – 551.
168. Onishi I., Hongo A., Sasakuma T., Kawahara T., Kato K., Miura H. 2006. Variation and segregation for rachis fragility in spelt wheats, *Triticum spelta* L. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 53: 985 – 992.

169. Oplinger E.S., Oelke E.A., Kaminski A.R., Kelling K.A., Doll J.D., Durgan B.R., Schuler R.T. 1990. Spelt. Alternative Field Crops Manual. University of Wisconsin, Madison, WI, University of, ST, Paul, MN, USA.
<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/spelt.html>.
170. Ostrowska D. 1993. Orkisz pszenny cennym surowcem piekarskim. *Agrochemia*. 8: 11.
171. Pałys E., Łabuda S. 1997. Yielding and elemental composition of spelt wheat grain and straw. *Rachis*. 16 (1/2): 67 – 70.
172. Panazzo J.F., Hannah M.C., O'Brien L., Bekes F. 1993. The relationship of free lipids and flour protein to breadmaking quality. *Journal of Cereal Science*. 17: 47 – 62.
173. Peterson C.J., Graybosch R.A., Shelton D.R., Baenziger P.S. 1998. Baking quality of hard winter wheat: response of cultivars. *Euphytica*. 100: 157 – 162.
174. Piekut M. 2007. Wybrane aspekty zachowań studentów ekonomii na rynku produktów zbożowych. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 10: 4 – 8.
175. Piergiovanni A.R., Laghetti G., Perrino P. 1996. Characteristic of meal from hulled wheat (*Triticum dicoccon* Schrank and *T. spelta* L.): an evolution of selected accession. *Cereal Chemistry*. 73(6): 732 – 735.
176. Piesiewicz H., 1997. Biel mąki. Definicje. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 11: 19 – 20.
177. Piesiewicz H. 2007. Ewolucja znaczenia chleba w żywieniu człowieka. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 9: 4 – 6.
178. Piesiewicz H. 2008. Czy piekarstwo rzemieślnicze ma szansę przetrwać? *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 9: 23 – 25.
179. Prabhasankar P., Rao P.H. 1999. Lipids in wheat flour streams. *Journal of Cereal Science*. 30: 315 – 322.
180. Prabhasankar P., Rao P.H. 2001. Effect of different milling methods on chemical composition of whole wheat flour. *European Food Research and Technology*. 213: 465 – 469.
181. Pruska – Kędzior A., Kędzior Z., Klockiewicz – Kamińska E. 2008. Comparison of viscoelastic properties of gluten from spelt and common wheat. *European Food Research and Food Technology*. 227: 199 – 207.
182. Przegalińska M.J. 2008. Światowe targi żywności ekologicznej BioFach 2008 w Norymberdze. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo – Warzywny*. 5: 31 – 32, 34.
183. Puto A. 2004. Zachowania konsumentów na rynku piekarskim w świetle badań ankietowych (na przykładzie powiatu częstochowskiego); (w) Łaguna M., Rudziewicz A. Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie. Olsztyn.
184. Radomski G., Bać A., Mierzejewska S. 2007. Ocena porównawcza wartości wypiekowej mąki pszennej i orkiszowej. *Inżynieria Rolnicza*. 5(93): 369 – 374.
185. Ranhotra G.S., Gelroth J.A., Glaser B.K., Lorenz K.J. 1995. Baking and nutritional qualities of a spelt wheats samples. *Lebensmittel – Wissenschaft und Technologie*. 28: 118 – 122.
186. Ranhotra G. S., Gelroth J. A., Glaser B. K., Lorentz K. J. 1996. Nutrient composition of spelt wheat. *Journal of Food Composition and Analysis*. 9: 81 – 84.
187. Raszkowski P. 2008. Wykorzystaj modę na zdrowe żywienie. *Rzeczpospolita*. 8 maja 2008 r., nr 107 – sekcja D: 6.
188. Reński A., 1998. *Piekarstwo. Technologia dla szkół zasadniczych*. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1998.
189. *Rocznik statystyczny rolnictwa i obszarów wiejskich. Roczniki branżowe*. 2007. Główny Urząd Statystyczny. Zakład Wydawnictw Statystycznych. Warszawa, 2007.
190. *Rocznik statystyczny rolnictwa i obszarów wiejskich. Roczniki branżowe*. 2008. Główny Urząd Statystyczny. Zakład Wydawnictw Statystycznych. Warszawa, 2008.

191. Rolnictwo w 2005 roku. Główny Urząd Statystyczny. Zakład Wydawnictw Statystycznych. Warszawa, 2006.
192. Rolnictwo w 2006 roku. Główny Urząd Statystyczny. Zakład Wydawnictw Statystycznych. Warszawa, 2007.
193. Rolnictwo w 2007 roku. Główny Urząd Statystyczny. Zakład Wydawnictw Statystycznych. Warszawa, 2008.
194. Rolnictwo ekologiczne. 2009.
http://www.rolnictwoekologiczne.org.pl/13_148.html.
195. Rothkaehl J. 2003. Ocena stopnia aktywności alfa – amylazy przy zastosowaniu amylografu. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 8:20, 25 – 26.
196. Rothkaehl J. 2009. Produkcja całoziarnowych produktów na świecie i w Polsce. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 2: 20 – 21.
197. Rudzińska M., Uchman W., Wąsowicz E. 2005. Plant sterols in food technology. Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria. 4: 147 – 156.
198. Rügger A., Winzeler H. 1993. Performance of spelt (*Triticum spelta* L.) and wheats (*Triticum spelta* L.) at two different seeding rates and nitrogen levels under contrasting environmental conditions. Journal of Agronomy and Crop Science. 170: 289 – 295.
199. Ruibal – Mendieta N.L., Delacroix D.L., Meurens M. 2002. A comparative analysis of free, bound and total lipid content on spelt and winter wheat wholemeal. Journal of Cereal Science. 35: 337 – 342.
200. Ruibal – Mendieta N.L., Dekeyser A., Delacroix D.L., Mignolet E., Larondelle Y., Meurens M. 2004a. The oleate/palmitate ratio allows the distinction between wholemeals of spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*T. aestivum* L.). Journal of Cereal Science. 39: 413 – 415.
201. Ruibal – Mendieta N., Rozenberg R., Delacroix D.L., Petitjean G., Dekeyser A., Baccelli C., Marques C., Delzenne N.M., Meurens M., Habib – Jiwan J.-L., Quetin – Leclercq J. 2004b. Spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) wholemeals have similar sterol profiles, as determined by quantitative liquid chromatography and mass spectrometry analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52: 4802 – 4807.
202. Ruibal – Mendieta N., Delacroix D.L., Mignolet E., Pycke J.-M., Marques C., Rozenberg R., Petitjean G., Habib – Jiwan J.-L., Meurens M., Quetin – Leclercq J., Delzenne N.M., Larondelle Y. 2005. Spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) as source of breadmaking flour and bran naturally enriched in oleic acid and minerals but not phytic acid. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53: 2751 – 2759.
203. Rybka J. 2008. Perspektywy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce. Bieżące Informacje. 11: 31 – 31.
204. Rynek Zbóż. Stan i perspektywy. 2008 (październik). Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy, Agencja Rynku Rolnego, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi; Analizy rynkowe. Nr 35.
205. Sadkiewicz K. 1999. Trzeba zacząć określać wodochłonność mąki. Przegląd Zbożowo – Młynarski. 9: 78 – 80.
206. Schäfer W. 2001. Spelt – a pilot crop to strengthen co – operation between farmers, food processors, distributors and consumers. MTT Agrifood Research Finland, Agricultural Engineering Research, Vakolantie 55, 03400 Vihti, Finland. Pp. 1 – 6.
207. Schmidl A., Jacomet S., Oeggl K. 2007. Distribution patterns of cultivated plants in the Eastern Alps (Central Europe) during Iron Age. Journal of Archeological Science. 34: 243 – 254.
208. Schober T.J., Clark C.I., Kuhn M. 2002. Characterization of functional properties of gluten proteins in spelt cultivars using rheological and quality factor measurements. Cereal Chemistry. 79: 408 – 417.
209. Schober T.I., Scott R. B., Kuhn M. 2006. Gluten proteins from spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) cultivars: A rheological and size – exclusion high-performance liquid chromatography study. Journal of Cereal Science. 44: 161 – 173.

210. Seilmeier W., Voldez I., Mendez E., Wieser H. 2001. Comparative investigation of gluten proteins from different wheat species. II. Characterization of ω – gliadins. *European Food Research and Technology*. 212: 255 – 263.
211. SESA: Spelt, a recover crop for the future of sustainable agriculture in Europe. 2008. <http://www.biomatnet.org/secure/Fair/S660.htm>.
212. Simonetti M.C., Bellomo M.P., Laghetti G., Perrino P., Simeone R., Blanco A. 1999. Quantitative trait loci influencing free – threshing habit in tetraploid wheat. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 46: 267 – 271.
213. Skibniewska K., Majewska K., Chwalisz K., Bieniaszewski T. 2003. Zastosowanie mąki różnych odmian łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) do wypieku chleba. *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych*. 495: 415 – 423.
214. Skierkowski K. 1990. Indeks glutenowy – nowy sposób wyrażania jakości glutenu pszennego. *Przemysł Spożywczy*. 8: 190 – 191.
215. Skrabanja V., Kovac B., Golob T., Liljeberg Elmståhl H.G.M., Björck I.M.E., Kreft I. 2001. Effect of spelt wheat flour and kernel on bread composition and nutritional characteristics. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 49: 497 – 500.
216. Smolková H., Gálová Z., Gregová E. 1998. The biochemistry analysis of the technological quality of *Triticum spelta* L. wheat grain (Biochemická analýza technologickej kvality zrna pšenice *Triticum spelta* L.). *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 4: 99 – 103.
217. Sołtysiak U. 2008. Żywność ekologiczna – zasady produkcji i kontroli. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo – Warzywny*. 1: 2.
218. Stallknecht G. F., Gilbertson K.M., Ranney J.E. 1996. Alternative wheat cereals as food grains: einkorn, emmer, spelt, and triticale. p. 156 – 170. In: Janick J. (ed.), *Progress in New Crops*. ASHS Press, Alexandria, VA.
219. Stan i tendencje rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce. 2005, 2006, 2007, 2008, 2009. <http://www.ijhar-s.gov.pl>.
220. Stanisław A. 2006. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem *STATISTICA PL* na przykładach z medycyny. Tom 1. Statystyki podstawowe. Wydawnictwo StatSoft Polska Sp. z o. o., Kraków, 2006.
221. Stanisław A. 2007a. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem *STATISTICA PL* na przykładach z medycyny. Tom 2. Modele liniowe i nieliniowe. Wydawnictwo StatSoft Polska Sp. z o. o., Kraków, 2007.
222. Stanisław A. 2007b. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem *STATISTICA PL* na przykładach z medycyny. Tom 3. Analizy wielowymiarowe. Wydawnictwo StatSoft Polska Sp. z o. o., Kraków, 2007.
223. Stus M. 2007a. Chleb coraz droższy. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 10: 14 – 15.
224. Stus M. 2007b. Żywność ekologiczna – ruszyła kampania informacyjna. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 1: 25.
225. Stus M. 2007c. Żywność bliska naturze. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 4: 12 – 13.
226. Stus M. 2007d. Produkty tradycyjne i regionalne – kampania zakończona. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 10: 44.
227. Stus M. 2008. Organic Marketing Forum – ciekawe spotkanie. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 8: 40 – 41.
228. Stus M. 2009. Pieczywo ekologiczne – nisza z (odległą?) perspektywą. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 2: 34 – 37.
229. Sulewska H. 2004. Wpływ wybranych zabiegów agrotechnicznych na plonowanie i skład chemiczny ziarna formy ozimej orkiszki pszennej (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*). *Pamiętnik Puławski*. 135: 285 – 293.

230. Sun Q., Ni Z., Liu Z., Gao J., Huang T. 1998. Genetic relationship and diversity among Tibetan wheat, common wheat and European spelt wheat revealed by RAPD markers. *Euphytica*. 99: 205 – 211.
231. Swiss National Database. 2009. Conservation of plant genetic resources. <http://www.bdn.ch/search?SearchableText=spelt>.
232. Szafrńska A. 2007. Metody oznaczania kwasowości przetworów zbożowych. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 10: 15 – 16.
233. Szafuła W. 2007. Produkcja, kontrola i znakowanie pieczywa wytworzonego metodami ekologicznymi. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 4: 3037.
234. Szczypski J. 2005. Orkisz wraca do łask. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 3: 14 – 15.
235. Szeremeta A., Jastrzębska D. 2006. Przetwórstwo produktów ekologicznych. *Przemysł Spożywczy*. 6: 14 – 16.
236. Szymona J. 1996. Ekologiczna uprawa orkiszu (*Triticum aestivum* var. *spelta*). *Wojewódzki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Olsztynie*. 11: 1 – 20.
237. Ślęzak M. 2007. Produkcja pieczywa ekologicznego w spółdzielni piekarsko – ciastkarskiej „Fawor” w Poznaniu. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy*. 4: 14 – 15.
238. Śmiechowska M. 2007. Organic food in the opinion of Polish consumer on the background of European trends. *Towaroznawcze Problemy Jakości*. 4: 44 – 53.
239. Teklu Y., Hammer K., Röder M.S. 2006. Simple sequence repeats marker polymorphism in emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank): Analysis diversity and differentiation. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 54 : 543 – 554.
240. Troccoli A., Codianni P. 2005. Appropriate seeding rate for einkorn, emmer, and spelt grown under rainfed condition in southern Italy. *European Journal of Agronomy*. 22: 293 – 300.
241. Turnbull K.M., Rahman S. 2002. Endosperm texture in wheat. *Journal of Cereal Science*. 36: 327 – 337.
242. Tyburcy A. 2001. Zwiększenie wodochłonności mąki przez jej rozdrobnienie w urządzeniu uderzeniowym. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 8: 9.
243. Tyburcy A. 2005. (tłum) Wzrost znaczenia orkiszu w przetwórstwie zbożowym. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 07: 32 – 33.
244. Tyburcy A. 2007. (tłum). Nowe urządzenia do różnych zastosowań. *Przegląd zbożowo – Młynarski*. 5: 12 – 13.
245. Tyburski J., Żuk – Gołaszewska K. 2005. Orkisz – zboże naszych przodków. *Postępy Nauk Rolniczych*. 4: 1 – 13.
246. Tyburski J., Babalski M. 2006. Uprawa pszenicy orkisz. *Poradnik dla rolników*. Centrum Dworactwa Rolniczego w Brwinowie. Oddział w Radomiu. Radom, 2006.
247. Tyburski J., Żakowska – Biemans S. 2007. *Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2007.
248. Von Büren M., Stadler M., Lüthy J. 2001. Detection of wheat adulteration of spelt flour and products by PCR. *European Food Research and Technology*. 212: 234 – 239.
249. Waga J. 2001. Charakterystyka białek gliadynowych i glutenin u orkiszu. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 217: 39 – 59.
250. Waga J., Węgrzyn S., Boros D., Cygankiewicz A. 2002. Wykorzystanie orkiszu (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) do poprawy właściwości odżywczych pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*). *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*. 221: 3 – 16.
251. Walker C.E., Hazelton I.L. 1996. Dough rheology tests. *Cereal Foods World*. 41: 23 – 28.

252. Wątroba J. 2008. Analiza wariancji. Kurs zrealizowany przez StatSoft Polska Sp. z o.o. Kraków 24 – 25 lutego 2008 r. (Autorka pracy uczestniczyła w kursie).
253. Wieser H. 2000. Comparative investigation of gluten proteins from different wheat species. I. Qualitative and quantitative composition of gluten protein types. *European Food Research and Technology*. 211: 262 – 268.
254. Wikipedia. 2009.
http://pl.wikipedia.org/wiki/Pszenica_orkisz
255. Wiwart M., Perkowski J. 2005. Dawniej uprawiane pszenice stają się znowu atrakcyjne. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 10: 5 – 7.
256. Wiwart M., Kandler W., Perkowski J., Berthiller F., Preinerstorfer B., Suchowilska E., Buśko M., Laskowska M., Krska R. 2009. Concentrations of some metabolites produced by fungi of the genus *Fusarium* and selected elements in spring spelt grain. *Cereal Chemistry*. 86: 52 – 60.
257. Wiwart M. 2009. Kontakt bezpośredni. Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Uniwersytet Warmińsko – Mazurski, Plac Łódzki 3, 10 – 724 Olsztyn – Kortowo).
258. Wojnar J., Cichocka I. 2008. Klasyfikacja województw według ich konkurencyjności przy wykorzystaniu wybranych narzędzi analizy skupień. *Roczniki Naukowe*. Tom X, zeszyt 2: 278 – 284.
259. Zadernowski R., Sosulski F. 1979. Composition of fatty acids and structure of triglycerides in medium and low erucic acid rapeseed. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 56(12): 1004 – 1007.
260. Zawadzki R. 2003. Ocena jakości wypiekowej mąki za pomocą ekstensografu. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*. 8: 17 – 19.
261. Zieliński H., Ceglińska A., Michalska A. 2008. Bioactive compounds in spelt bread. *European Food Research and Technology*. 226: 537 – 544.
262. Ziemiański S., Wartanowicz M. 2001. Rola folianów w żywieniu kobiet i dzieci. *Pediatrica Współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywnienie Dziecka*. 2: 119 – 125.
263. Żakowska – Biemans. 2006. Rynek żywności ekologicznej w Polsce – szanse i możliwości rozwoju. Radom 2006. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie. Oddział w Radomiu.
264. Żemojtel A., Boguszewski L. 2009. Analiza wielowymiarowa sytuacji ekonomicznej Polski oraz krajów Azji i Europy Wschodniej, Koło Naukowe Metod Ilościowych przy Katedrze Statystyki Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Gdańskiego.
http://knmi.wzr.pl/docs/wlasne_programy/Analiza_wielowymiarowa_sytuacji_ekonomicznej.pdf.
265. Żuk – Gołaszewska K., Tyburski J., Majewska K., Wiwart M., 2008. Sprawozdanie końcowe z realizacji projektu badawczego nr 2 PO6R 031 27, pt.: „Agrotechnika, jakość technologiczna oraz walory żywieniowe ozimej pszenicy orkisz (*Triticum spelta*)”.

Normy i opracowania metodyczne:

1. Falling Number 1400, For single determination of alpha – amylase activity in wheats and cereal products. Operations manual Falling Number 1400. July 1996. Perten Instruments, Sweden.
2. MiniScan™ XE Plus User's Guide. HanterLab. Firmware Version 6.0 and Above. Manual Version 1.2. October 1999. A60 – 1010 – 352. ISO 9001 Certified
3. PN – A – 74108. 1996. Pieczywo. Metody badań.
4. PN – A – 74022. 2003. Przetwory zbożowe. Mąka pszenna.
5. PN – EN – ISO – 5508. 1996. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.

6. PN – EN – ISO 3093. 2007. Pszenic, żyto i mąki z nich uzyskane. Pszenica durum i semolina. Oznaczenie liczby opadania zgodnie metoda Hagberga – Pertena.
7. PN – ISO 2171. 1994. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie popiołu całkowitego.
8. PN – ISO 3039. 1996. Zboża. Oznaczenie liczby opadania.
9. PN – ISO 5529. 1998. Pszenica. Oznaczenie wskaźnika sedymentacyjnego. Test Zeleny'ego.
10. PN – ISO 7971 – 2. 1998. Ziarno zbóż. Oznaczenie gęstości w stanie zsypanym, zwanej masą hektolitrami.
11. PN – ISO 7305. 2001. Przetwory zbożowe. Oznaczenie kwasowości tłuszczowej.
12. PN – ISO 7973. 2001. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie lepkości mąki (metoda wykorzystująca amylograf).
13. PN – ISO 712. 2002. Zboża i przetwory zbożowe. Oznaczenie wilgotności, rutynowa metoda odwoławcza.
14. PN – 75 – A – 04018. 1975. Produkty rolniczo – żywnościowe. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
15. PN – 93 – A – 74042/03. 1993. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie glutenu mokrego za pomocą urządzeń mechanicznych. Mąka pszenna.
16. Rapid FT/ SDMATIC, 2004, Chopin, Tripette & Renaud, France.(Instrukcja obsługi aparatu).
17. Sadkiewicz K., Sadkiewicz J., Sadkiewicz J. 2004. Bydgoska aparatura do badania zboża, mąki i pieczywa. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno – Rolniczej, Bydgoszcz, 2004.

10. Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu czynnika odmianowego (odmiany, formy odmianowej) na wybrane parametry jakości wysokowyciągowej mąki z orkiszu, uprawianego w krajowych warunkach vegetacyjnych.

Główny materiał badań stanowiła mąka wysokowyciągowa uzyskana z ziarna ozimej pszenicy orkisz odmian: *Ceralio*, *Schwabenkorn*, *Frankenkorn*, *Holstenkorn*, *Schwabenspelz*, *Ostro*, *Oberkulmer Rotkorn* i ozimej pszenicy zwyczajnej odmiany *Korweta* (wzorzec) oraz jarej pszenicy orkisz rodów hodowlanych: *UWM – 10*, *UWM – 11*, *UWM – 12* i jarej pszenicy zwyczajnej odmiany *Torka* (wzorzec). Materiał badań pochodził z trzech kolejnych lat zbiorów (pszenice ozime – zbiory z 2005 i 2006 roku i pszenice jare – zbiory z 2006 i 2007 roku). Ziarno badanych odmian pszenic oraz otrzymana z niego mąka pochodziły z produkcji ekologicznej. Ziarno orkiszu przed przemiałem zostało poddane odplewianiu z plew i plewek za pomocą bukownika, a wysokowyciągowa mąka uzyskiwana była z przemiału w młynie gospodarczym typu żarnowego. Zarówno proces odplewiania ziarna jak i jego przemiał były przeprowadzone w Wytwórni Makaronu BIO przy atestowanym gospodarstwie ekologicznym w Pokrzydowie, w pow. brodnickim (certyfikat AGRO BIO TESTU 90001 04194 – B).

Zakres badań obejmował ogólną charakterystykę ziarna przemiałanego na mąkę ciemną, analizę składu chemicznego uzyskanej wysokowyciągowej mąki, określenie barwy mąki oraz przeprowadzenie szerokiej analizy wartości wypiekowej mąki orkiszowej, z wykorzystaniem pośrednich i bezpośrednich parametrów mówiących o przydatności mąki do wypieku.

Z przeprowadzonych badań wynika, że parametry charakteryzujące wartość odżywczą, przemiałową i wypiekową badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (w większości przypadków) istotnie różniły się między sobą i były zależne od gatunku pszenicy, jej formy odmianowej, odmiany oraz od warunków pogodowych w roku uprawy. Ziarno badanych odmian orkiszu cechowało się gorszą wartością przemiałową niż ziarno wzorcowych odmian pszenicy zwyczajnej. Mimo to, spośród ozimych orkiszy najlepszą wartością przemiałową charakteryzowało się ziarno odmian *Holstenkorn* i *Ostro*. Z kolei, ziarno orkiszu jarego uzyskało większą stabilność współczynnika efektywności przemiałowej E% w dwóch badanych latach. Dodatkowo, zauważono wpływ zmiennych warunków pogodowych (w danym roku uprawy) na wartość parametrów opisujących przydatność mąki orkiszowej do wypieku. Jednak, wartości tych parametrów uzyskane dla jarych orkiszy, były bardziej stabilne w latach w porównaniu z orkiszem ozimym. Stwierdzono, że wysokowyciągowa mąka orkiszowa może stanowić dobry surowiec piekarski, ale jest to ściśle zależne od odmiany i formy odmianowej ziarna orkiszu, z którego uzyskuje się mąkę. Najlepszą wartością wypiekową cechowały się mąki z ziarna orkiszu odmian: *Schwabenspelz*, *Schwabenkorn* i *Ceralio* oraz rodów hodowlanych *UWM – 10* i *UWM – 12*. Jednak, lepsze właściwości wypiekowe miała mąka orkiszowa otrzymana z ziarna formy jarej.

11. Załączniki

Załącznik 1. Zależność zawartości popiołu całkowitego w badanych mąkach od stopnia ich wyciągu.

Odmiana pszenicy/ród hodowlany	Zbiory 2005		Zbiory 2006		Zbiory 2007	
	Zawartość popiołu całkowitego	Wyciąg mąki	Zawartość popiołu całkowitego	Wyciąg mąki	Zawartość popiołu całkowitego	Wyciąg mąki
	% s.m.	%	% s.m.	%	% s.m.	%
Mąka z ziarna ozimego						
<i>Korweta</i>	1,03^a ± 0,01	87^a ± 0	1,09^a ± 0,01	88^{a,b} ± 0	-	-
<i>Ceralio</i>	1,17^b ± 0,01	89^b ± 0	1,09^a ± 0,00	88^{a,b} ± 0	-	-
<i>Schwabenkorn</i>	1,38^c ± 0,02	93^c ± 0	1,08^a ± 0,02	87^a ± 0	-	-
<i>Frankenkorn</i>	1,18^b ± 0,01	89^b ± 0	1,07^a ± 0,01	87^a ± 0	-	-
<i>Holstenkorn</i>	1,57^d ± 0,00	96^d ± 1	1,21^b ± 0,01	90^c ± 0	-	-
<i>Schwabenspelz</i>	1,43^{c,e} ± 0,02	93^c ± 0	1,06^a ± 0,01	87^a ± 0	-	-
<i>Ostro</i>	1,52^d ± 0,02	95^{d,e} ± 0	1,16^b ± 0,02	89^{b,c} ± 1	-	-
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	1,56^e ± 0,02	94^{c,e} ± 0	1,08^a ± 0,00	87^a ± 0	-	-
Mąka z ziarna jarego						
<i>Torka</i>	-	-	1,03^a ± 0,01	87^a ± 0	1,33^a ± 0,00	92^a ± 0
<i>UWM – 10</i>	-	-	1,15^b ± 0,02	89^b ± 0	1,35^a ± 0,01	92^a ± 0
<i>UWM – 11</i>	-	-	1,34^c ± 0,01	92^c ± 0	1,27^b ± 0,01	91^b ± 0
<i>UWM – 12</i>	-	-	1,27^d ± 0,00	91^c ± 0	1,34^a ± 0,01	92^a ± 0

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Załącznik 2. Rozkład granulometryczny wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma ozima).

Odmiana pszenicy	Zakresy wielkości cząstek											
	> 265 µm		150 – 265 µm		120 – 150 µm		104 – 120 µm		95 – 104 µm		< 95 µm	
	rok		rok		rok		rok		rok		rok	rok
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<i>Korweta</i>	23,5 ^a ± 0,8	22,0 ^a ± 0,9	24,6 ^a ± 0,5	15,2 ^{ab} ± 3,7	10,9 ^a ± 0,0	14,1 ^{ab} ± 3,1	2,3 ^a ± 0,4	0,9 ^a ± 0,9	21,1 ^a ± 1,3	7,9 ^a ± 0,8	16,8 ^a ± 0,0	38,2 ^a ± 0,1
<i>Ceralio</i>	19,6 ^{bc} ± 1,3	15,3 ^{bc} ± 1,2	20,6 ^b ± 1,1	15,1 ^{ab} ± 0,2	11,7 ^a ± 0,2	8,2 ^c ± 0,8	5,4 ^b ± 0,5	3,5 ^{ab} ± 1,5	21,5 ^a ± 2,8	46,9 ^b ± 0,4	20,6 ^b ± 0,1	10,0 ^{bc} ± 0,6
<i>Schwabenkorn</i>	21,5 ^{ab} ± 0,9	10,4 ^d ± 0,1	18,9 ^c ± 0,8	19,5 ^{cd} ± 0,4	10,3 ^a ± 0,2	10,7 ^{cd} ± 0,1	3,2 ^a ± 0,7	3,7 ^{ab} ± 1,8	31,9 ^b ± 3,6	32,5 ^c ± 3,0	11,8 ^c ± 0,0	22,7 ^d ± 3,8
<i>Frankenkorn</i>	17,5 ^c ± 0,6	9,4 ^d ± 0,7	17,6 ^c ± 0,2	18,1 ^{ac} ± 0,4	10,3 ^a ± 0,4	10,7 ^{cd} ± 0,2	5,0 ^b ± 0,5	4,4 ^{ab} ± 0,1	40,0 ^c ± 1,4	43,0 ^{bd} ± 1,7	8,9 ^c ± 1,9	12,9 ^b ± 2,1
<i>Holstenkorn</i>	24,3 ^a ± 2,6	18,3 ^{bc} ± 1,2	22,9 ^d ± 0,1	17,3 ^{ac} ± 0,1	11,0 ^a ± 0,3	8,7 ^c ± 0,2	3,3 ^a ± 0,5	3,2 ^{ab} ± 0,0	26,3 ^d ± 1,3	44,7 ^b ± 1,4	12,1 ^c ± 0,3	6,6 ^{cd} ± 0,1
<i>Schwabenspelz</i>	23,5 ^a ± 1,4	16,2 ^{bf} ± 0,5	18,1 ^c ± 0,3	13,2 ^b ± 1,4	10,9 ^a ± 0,1	15,7 ^b ± 1,8	8,6 ^c ± 0,8	29,3 ^c ± 1,2	37,7 ^c ± 2,0	25,1 ^e ± 2,5	0,4 ^e ± 0,1	0,0 ^e ± 0,0
<i>Ostro</i>	27,4 ^d ± 0,3	14,1 ^{cf} ± 0,0	21,5 ^b ± 0,5	22,8 ^d ± 0,7	10,8 ^a ± 0,9	12,2 ^{ad} ± 0,4	3,3 ^a ± 1,0	5,2 ^b ± 0,4	30,1 ^{bd} ± 1,8	35,5 ^c ± 0,8	6,7 ^d ± 1,3	9,0 ^{bc} ± 0,8
<i>Oberkulmer Rotkorn</i>	21,6 ^{ab} ± 0,1	21,0 ^{ac} ± 0,7	20,3 ^b ± 0,3	15,5 ^{ab} ± 0,1	11,1 ^a ± 0,0	8,0 ^c ± 0,1	5,4 ^b ± 0,1	16,4 ^d ± 1,3	38,6 ^c ± 0,7	37,4 ^{cd} ± 1,0	2,5 ^e ± 0,1	0,4 ^{de} ± 0,4

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Załącznik 3. Rozkład granulometryczny wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (forma jara).

Odmiana pszenicy/ ród hodowlany	Zakresy wielkości cząstek											
	> 265 µm		150 – 265 µm		120 – 150 µm		104 – 120 µm		95 – 104 µm		< 95 µm	
	rok		rok		rok		rok		rok		rok	rok
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
<i>Torka</i>	12,6 ^a ± 0,9	18,7 ^a ± 0,8	22,7 ^a ± 1,0	26,9 ^a ± 0,9	14,7 ^a ± 0,3	13,9 ^a ± 0,2	2,4 ^a ± 0,8	3,5 ^a ± 0,4	13,9 ^b ± 2,4	27,5 ^a ± 0,2	32,6 ^a ± 2,5	8,4 ^a ± 0,2
<i>UWM – 10</i>	8,5 ^b ± 0,2	15,9 ^b ± 0,1	17,8 ^b ± 0,0	21,9 ^b ± 0,2	11,3 ^a ± 0,8	11,4 ^b ± 0,4	5,5 ^a ± 1,4	2,2 ^a ± 0,3	10,3 ^a ± 3,3	33,9 ^b ± 0,0	15,4 ^{ab} ± 6,2	14,7 ^b ± 0,2
<i>UWM – 11</i>	12,6 ^a ± 0,2	16,4 ^b ± 0,1	21,3 ^{ac} ± 1,0	20,3 ^b ± 0,1	17,2 ^a ± 7,1	9,7 ^c ± 0,0	5,0 ^a ± 0,6	1,0 ^b ± 0,1	37,5 ^a ± 1,5	42,9 ^c ± 0,4	5,4 ^b ± 5,2	8,7 ^a ± 0,0
<i>UWM – 12</i>	9,1 ^b ± 0,0	21,3 ^c ± 0,1	19,1 ^{bc} ± 1,0	17,1 ^c ± 0,1	13,6 ^a ± 1,1	8,5 ^d ± 0,1	4,1 ^a ± 0,7	2,6 ^a ± 0,2	44,2 ^a ± 0,4	43,6 ^c ± 0,4	9,2 ^b ± 3,3	5,3 ^c ± 0,8

*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami w poszczególnych latach nie różnią się statystycznie istotnie (p<0,05).

Załącznik 4a. Zdjęcia chlebów wypieczonych z wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkisz i pszenicy zwyczajnej (zbiory 2006).



Załącznik 4b. Zdjęcia chlebów wypieczonych z wysokowyciągowej mąki otrzymanej z ziarna badanych odmian orkiszu i pszenicy zwyczajnej (zbiory 2006).

