



Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie



Wydział
Nauk o Żywności
i Rybactwa

Dyscyplina: **technologia żywności i żywienia**

ROZPRAWA DOKTORSKA

Magdalena Sobolewska

**WPŁYW SYSTEMÓW UPRAWY NA
JAKOŚĆ ZIARNA I MĄKI ODMIAN
PSZENICY OZIMEJ**

*THE INFLUENCE OF CULTIVATION SYSTEMS ON QUALITY OF
GRAIN AND FLOUR OF WINTER WHEAT CULTIVARS*

*Praca wykonana pod kierunkiem
Prof. dr hab. inż. Sławomira Stankowskiego
w **Katedrze Agronomii***

Szczecin 2015

Sobolewska Magdalena

Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa

Dyscyplina: **technologia żywności i żywienia**

OŚWIADCZENIE

Świadomy/a odpowiedzialności karnej oświadczam, że przedłożona do obrony praca pod tytułem „**Wpływ systemów uprawy na jakość ziarna i mąki odmian pszenicy ozimej**” została napisana przeze mnie samodzielnie, przy wykorzystaniu wykazanej w pracy literatury przedmiotu i materiałów źródłowych. Wszystkie dane, treść i sformułowania pochodzą z własnych badań oraz opracowań opatrzonych odpowiednimi przepisami.

Oświadczam jednocześnie, że praca nie narusza praw autorskich w rozumieniu ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. O prawie autorskim i prawach pokrewnych (tekst jednolity Dz.U.z 2000 r., nr 80, poz. 904) oraz dóbr osobistych chronionych prawem cywilnym.

Oświadczam, że: pomysł, temat, cel, plan realizacji i wyniki mojej pracy doktorskiej są współwłasnością intelektualną mego promotora i innych pracowników Katedry Agronomii. Wszystkie rozdziały pracy były ustalone, analizowane i napisane zgodnie ze wskazówkami promotora. Praca była finansowana przez Katedrę Agronomii .

.....

(czytelny podpis studenta)

*Serdeczne podziękowania za zaangażowanie,
pomoc i cenne wskazówki udzielone
w trakcie pisania niniejszej pracy składam
Panu prof. dr hab. inż. Sławomirowi Stankowskiemu*

Pracę dedykuję mojemu Mężowi i Synkowi.

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

oraz

*Serdeczne podziękowania za
nieocenioną pomoc
w trakcie pisania niniejszej pracy składam
Pracownikom Katedry Agronomii*

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	6
2. CEL PRACY	17
3. METODYKA I ZAKRES BADAŃ	18
3.1. MIEJSCE I CZYNNIKI BADAWCZE DOŚWIADCZENIA POŁOWEGO	18
3.2. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH ODMIAN PSZENICY OZIMEJ	20
3.3. WARUNKI METEOROLOGICZNE W OKRESIE PROWADZENIA DOŚWIADCZEŃ POŁOWYCH	21
3.4. WARUNKI GLEBOWE	24
3.5. ANALIZY LABORATORYJNE	25
4. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ	31
4.1. CECHY FIZYCZNE ZIARNA	31
4.1.1. Masa tysiąca ziaren	31
4.1.2. Gęstość w stanie zsypnym	33
4.1.3. Frakcje ziarna	34
4.2. CECHY JAKOŚCIOWE ZIARNA I MĄKI	37
4.2.1. Liczba opadania	37
4.2.2. Zawartość białka	38
4.2.3. Zawartość glutenu	39
4.2.4. Rozpływalność glutenu	40
4.2.5. Gluten index	41
4.2.6. Wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego	41
4.3. CECHY FARINOGRAFICZNE MĄKI	43
4.3.1. Wodochłonność mąki	43
4.3.2. Czas rozwoju ciasta	44
4.3.3. Stabilność ciasta	45
4.3.4. Stopień rozmiękczenia ciasta po 10 min	46
4.4. OCENA JAKOŚCIOWA PIECZYWA	47
4.5. OCENA ORGANOLEPTYCZNA OTRZYMANEGO PIECZYWA	52
4.6. ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ BIAŁKA W ZIARNIE A CECHAMI JAKOŚCIOWYMI ZIARNA I MĄKI	54
5. DYSKUSJA	56
6. WNIOSKI	64
STRESZCZENIE	66
ABSTRACT	68
9. PIŚMIENNICTWO	70

1. WSTĘP

Od wieków ziarno zbóż stanowiło podstawowy składnik diety człowieka [Rachoń i Szumiało 2009]. Ze zbóż największe znaczenie gospodarcze ma pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) [Cacak-Pietrzak i in. 2013], która jest podstawowym zbożem przeznaczonym na cele konsumpcyjne. Wartość gospodarcza odmian pszenicy ozimej jest wyznaczana przez jakość i wielkość plonu. Parametry te pozwalają na ustalenie kierunku przeznaczenia ziarna pszenicy, która może być wykorzystywana w różnych kierunkach np. na paszę, na cele przetwórcze w młynarstwie czy na cele piekarskie (pieczywo, ciastka) a także na produkcję makaronów i kasz [Podolska 2007]. Pszenica jest najstarszym zbożem chlebowym uprawianym od około 6 tysięcy lat [Czubacka i Rachoń 2012]. Uprawa pszenicy na paszę wymaga od odmian głównie wysokiej plenności, natomiast w odmianach przeznaczonych na przerób w młynarstwie skupia się na ich cechach technologicznych.

Pszenica stanowi jedną z trzech głównych źródeł żywności na świecie obok ryżu i kukurydzy, która w porównaniu z innymi zbożami, posiada składniki odżywcze niezbędne w diecie człowieka [Kong i in. 2013, Shewry 2009, Kihlberg i in. 2004, Adams i in. 2002]. Ziarno pszenicy ozimej posiada również właściwości przeciwutleniające, które zależą od odmiany [Marciniak i Obuchowski 2007]. Jest bogate w błonnik pokarmowy, dzięki czemu odgrywa również nieocenioną rolę regulatora pracy przewodu pokarmowego [Jankiewicz 2005]. Warto zaznaczyć jego korzystne działanie w profilaktyce chorób cywilizacyjnych takich jak: otyłość, choroby jelita grubego, cukrzyca typu II, miażdżyca czy choroby układu krążenia [Rzedziecki i in. 2012, Kraujutiene i in. 2010, Diowski 2008].

Plon pszenicy stanowi ponad 700 milionów ton rocznie na świecie [FAO yearbook 2014], a w Polsce wynosi ponad 9 mln ton [GUS 2014]. Wynika to z dużego potencjału plonowania pszenicy [Suwara i in. 2007] oraz z możliwości jej wykorzystania w przemyśle młynarskim i piekarniczym, w którym zużywa się 50% rocznych zbiorów w Polsce i Europie [Podolska i in. 2005 a], natomiast w skali światowej udział ten wynosi ponad 70% [Psaroudaki 2007]. W porównaniu do areалу uprawy zbóż, w naszym kraju zajmuje pierwszą pozycję pod względem powierzchni uprawy [Mazurkiewicz i in. 2008]. Na przemiał zostaje przeznaczone średnio 4 mln ton pszenicy. Dzięki temu można wyprodukować około 3,6 mln ton mąki, z czego około 80% to mąka pszenna [Dziki i in. 2011].

O przydatności ziarna na przemiał, decyduje skład chemiczny oraz jego cechy fizyczne [Cacak-Pietrzak i Gondek 2010]. Ziarno pszenicy zawiera białko, składniki mineralne, witaminy z grupy B (B₁, B₂, B₃, B₆) a także błonnik pokarmowy [Kraujutiene i in.

2010, Kumar i in. 2001]. Stanowi również dobre źródło antyoksydantów wraz z warzywami i owocami [Marciniak i Obuchowski 2007]. Niestety pszenica stanowi jeden z głównych alergenów [Shewry 2009], co powoduje spadkową tendencję spożycia pszennego pieczywa na rzecz pozostałych rodzajów.

Do najważniejszych roślin zbożowych uprawianych w Polsce zalicza się pszenicę ozimą [Lenc i in. 2011]. Wraz z formą jara ma ona największe znaczenie gospodarcze w naszym kraju. W 2006 roku zajmowała około 21,5 % powierzchni uprawy zbóż, z czego pszenica jara zajmowała 27,2 % [Borówczak i in. 2007]. Jest to zboże, którego ziarno jest wykorzystywane na cele paszowe i do produkcji mąki. Niestety na przestrzeni lat odnotowuje się spadek areału jej uprawy. Działanie takie spowodowane jest pogorszeniem się opłacalności uprawy [Zalewski i in. 2005]. Zbiór plonów pszenicy ozimej z 1 ha w porównaniu z państwami Unii Europejskiej, jest znacząco niższy. Przyczyny tych różnic w plonach należy szukać w poziomie agrotechniki oraz gorszych warunkach klimatyczno-glebowych w Polsce. Największy wpływ na plony, spośród czynników pogodowych mają opady [Borówczak 2006]. Badania wykazały, iż poprawa warunków wilgotnościowych dla pszenicy wpływa korzystnie na jej plonowanie [Małecka 2003]. Pszenica ozima charakteryzuje się największymi wymaganiami glebowymi, co oznacza iż wraz z pogorszeniem się jakości gleby następuje systematyczna obniżka plonu [Podolska i in. 2005b].

Od 2004 roku – przystąpienia Polski do Unii Europejskiej, materiał siewny odmian pszenicy jest wpisany w CCA (Wspólnotowy Katalog Odmian Roślin Rolniczych). Znajdują się tam wszystkie rolnicze odmiany roślin (także zbóż), które są zarejestrowane w krajach Unii Europejskiej. W Krajowym Rejestrze prowadzonym przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, znajduje się szereg informacji na temat zarejestrowanych odmian poszczególnych zbóż, w tym również pszenicy. COBORU (Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych) wykonując kwalifikację różnych odmian pszenicy kieruje się oceną technologiczną oraz towaroznawczą. Wykonuje analizy ziarna takie jak: masa tysiąca ziaren (MTZ), gęstość ziarna w stanie zsypanym, szklistość oraz wyrównanie ziarna, wodochłonność i wyciąg mąki, rozmiękczenie i energia ciasta, liczba opadania, wskaźnik sedimentacji oraz zawartość białka [Kasprzak i Wirkijowska 2013].

Odmiany pszenicy można podzielić na grupy ze względu na jakość technologiczną ziarna: odmiany elitarne E (o bardzo dobrej wartości przemiałowej), jakościowe A (o dobrych cechach jakościowych), chlebowe B (o średniej jakości) [Klockiewicz-Kamińska i Brzeziński 1977]. Ponadto wyróżniamy także odmianę K przeznaczoną na produkcję ciastek oraz

odmianę C - paszową. Obecnie w Krajowym Rejestrze (2014/2015) znajdują się 94 odmiany pszenicy ozimej o różnej grupie wartości technologicznej. Bardzo ważna jest wiedza na temat jakości ziarna pszenicy zebranej w danym kraju w poszczególnych latach. Stanowi to podstawę przy podejmowaniu decyzji gospodarczych na rynku zbożowym [Stępniewska 2012].

Produkcja pieczywa uzależniona jest również od regionu i kultury w danym kraju [Desheva i in. 2014, Clark i Andy 2007]. Pieczywo jako produkt zbożowy, ze względu na powszechność spożycia, obejmuje jedną z pierwszych pozycji w naszej codziennej diecie [Al-Saleh i Brennan 2012, Lebedzińska i in. 2005]. Obok warzyw stanowi podstawowy artykuł żywnościowy w diecie człowieka [Marciniak i Obuchowski 2007, Górską-Warsewicz 2005], a także jest głównym źródłem węglowodanów. W piramidzie żywieniowej znajduje się na dole, co oznacza, że powinno być spożywane w największych ilościach [Piekut 2005]. Od początku ostatniej dekady XX wieku zauważono zwiększone spożycie ciemnych gatunków pieczywa. Sytuację taką tłumaczy wzrost świadomości konieczności zdrowego odżywiania, szczególnie w populacji miejskiej i u ludzi lepiej sytuowanych [Kowalewski 2006]. Niemniej jednak pieczywo z białej mąki nadal odgrywa ważną rolę w naszym jadłospisie.

Pieczywo o dobrej jakości powinno być zdrowym pokarmem o wysokich walorach smakowych i odżywczych. W swoim składzie zawiera tłuszcz, węglowodany, białko, składniki mineralne, witaminy i błonnik pokarmowy [Kowalska i in. 2012], które są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu [Murawska i in. 2014]. Mąka, która charakteryzuje się prawidłowymi parametrami jakościowymi, pozwala uzyskać pieczywo pulchne, dobrze wyrośnięte, o równomiernej porowatości miękiszu, a otrzymany z niej wypiek posiada cechy, które są przyjazne dla potencjalnego klienta.

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego w Polsce produkcja pszennej mąki kształtuje się na poziomie 2,2 mln ton rocznie [Szafrńska 2014]. Ziarno stosowane na cele młynarsko-piekarnicze powinno charakteryzować się wysoką wartością technologiczną, która określana jest przez wartość przemiałową ziarna i wartość wypiekową mąki.

W Polsce i innych krajach silnie rozwijających się, nastąpił postęp techniczno-technologiczny młynarstwa [Jankiewicz 2005]. Częściowa automatyzacja procesu wypieku spowodowała, iż zaczęto zwracać większą uwagę na jakość technologiczną mąki, z której wytwarzane jest pieczywo. Ziarno, które przeznaczone jest na cele konsumpcyjne powinno charakteryzować się wysoką wartością wypiekową i przemiałową (wartością technologiczną).

Wartość wypiekowa mąki pszennej jest oceniana przy pomocy metod pośrednich i bezpośrednich. Metodę bezpośrednią stanowi próbny wypiek laboratoryjny wraz z oceną

otrzymanego pieczywa. Jest on bardzo użytecznym testem, pozwalającym określić praktyczne właściwości poszczególnych próbek badanych mąk [Smatanová i Lacko-Bartošová 2012]. Natomiast ocenę pośrednią przeprowadza się za pomocą szeregu oznaczeń fizycznych i chemicznych [Podolska 2007]. Jedną z metod pośrednich określenia wartości mąki pszennej, jest oznaczenie liczby opadania [Stępniewska 2013]. Metoda ta jest powszechnie stosowana w przemyśle zbożowo-młynarskim, służący do określenia aktywności enzymów amylolitycznych ziarna [Rogozińska i Sadkiewicz 2009]. Gwarancją uzyskania mąki o dobrych wartościach wypiekowych, jest stosowanie do przemiału ziarna o liczbie opadania w granicach 200 – 300 s [Mazurkiewicz 2005]. Wypiekowa wartość mąki odpowiada za stabilność procesu technologicznego [Podolska 2007]. Na dobrą jakość uzyskanego pieczywa istotny wpływ mają odpowiednie parametry jakościowe mąki [Kihlberg i in. 2004]. O przydatności mąki do produkcji pieczywa świadczy jej poziom aktywności amylolitycznej, która decyduje o sile procesu fermentacji w cieście oraz właściwościach miękiszu chleba [Zarzycki i in. 2012]. Pieczywo otrzymane z mąki o wysokiej aktywności amylolitycznej charakteryzuje się lepkiem miękiszem oraz mocno zabarwioną skórką. Natomiast pieczywo powstałe z mąki o niskiej aktywności ma małą objętość, kruszący miękisz i bladą skórę.

Do oceny wartości wypiekowych mąki stosuje się proste wskaźniki jakości, których zaletą jest szybkość w oznaczaniu. Ważne jest, aby powyższe wskaźniki były wysoce skorelowane z objętością chleba i z cechami reologicznymi. Najczęściej stosowane parametry jakości ziarna pszenicy to liczba opadania, liczba sedimentacji Zeleny'ego, zawartość białka oraz poziom aktywności α -amylazy [Kocoń 2005, Jedyński i Zalewski 2004].

Przeprowadzane są próby uzyskania jak największego wyciągu z mąki, lecz w praktyce wynik ten mieści się w granicach 70 – 80% [Campbell i in. 2007]. Obok wyciągu mąki bardzo ważna przy ocenie właściwości przemiałowych jest zawartość popiołu [Sitkowski 2012, Stępniewska 2012]. Oba powyższe parametry pozwalają przeprowadzić prawidłową klasyfikację i ocenę ziarna przeznaczonego do przemiału.

Przez pojęcie „mąki”, w wielu krajach, rozumie się produkt o wielkości cząsteczek 0 – 150 μm , pochodzący z rozdrobnienia bielma ziarna [Jurga 2006]. Mąka o wielkości cząsteczek 60 – 72 μm , jest mąką o najlepszej jakości wypiekowej i użytkowej [Jurga 2014]. Wytyczne dla mąki pszennej zawarte są w normie PN-A-74022:2003 Przetwory zbożowe – Mąka pszenna [Szafrńska 2014]. Według Jurgi [2005], na właściwości technologiczne mąki ma wpływ przemiał i stopień rozdrobnienia ziarna.

Przy przemiale szczególnie ważną rolę odgrywa twardość bielma (endospermu). Ma ona istotny wpływ na właściwości przemiałowe, wypiekowe oraz na jakość końcowego

produktu (chleba i innych produktów zbożowych) [Piesiewicz 2014]. Twardość ziarna zależna jest również od rodowodu zboża, co wykazał w swoich badaniach Edwards [2010]. W początkowych etapach hodowli, w większości krajów europejskich oraz USA i Kanadzie, oprócz podstawowych wskaźników jakości, badana jest twardość ziarna. Rezultaty wielu przeprowadzonych badań, wskazują istotny wpływ twardości ziarna na jego cechy technologiczne [Adamski i in. 2011], w szczególności na wodochłonność wytwarzanego ciasta, podatność na działanie enzymów amylolitycznych, lepszą zdolność fermentacyjną, co w konsekwencji doprowadzi do lepszej wartości wypiekowej [Ceglińska i in. 2007, Gross i in. 2004].

W przemyśle piekarskim istotne znaczenie mają właściwości wypiekowe mąki. Zalicza się do nich: tworzenie struktury ciasta o określonych właściwościach fizycznych oraz zdolność do chłonięcia wody [Ceglińska i in. 2012]. W badaniach przeprowadzonych przez Ceglińską i in. [2006], wykazano iż mąka z przemiału ziarna bezpośrednio po zbiorze odznacza się gorszą zdolnością chłonięcia wody, a ciasto z niej uzyskane staje się lepkie i szybko rozpływa się podczas rozrostu. Z tego powodu do wypieku pieczywa nie zaleca się stosowania mąki bezpośrednio po przemiale. Zalecany czas dla mąki pszennej, po którym powinien być przeprowadzony wypiek wynosi od 2 do 6 tygodni [Ceglińska i in. 2006]. Ten czas oczekiwania określany jest dojrzewaniem mąki. Wówczas w mące zachodzą określone zmiany fizyczne i biochemiczne, które mają wpływ na poprawę wartości wypiekowej. Rozmiar owych zmian zależny jest od rodzaju użytego ziarna do przemiału, warunków przechowywania oraz wyciągu mąki.

Badania przeprowadzone przez Jurgę [2005], pokazują możliwość kształtowania właściwości technologicznych ziarna, takich cech jak: wartość wskaźnika sedymentacji, zawartość białka w tym glutenu, aktywność enzymatyczną, zawartość substancji mineralnych, granulację i barwę, poprzez mieszanie produktów przemiału. Cechy te wraz z liczbą opadania są wyróżnikami jakościowymi, które charakteryzują jakość pszenicy i mąki pszennej [Rothkaehl i Górniak 2012]. Przy ocenie jakości, ważny jest także współczynnik sedymentacji. Wskazuje on zarówno na ilość jak i jakość białka oraz jest ściśle związany z objętością chleba. Nie zawsze jednak informacje te są wystarczające przy określeniu technologicznej przydatności mąki, dlatego też zaleca się przeprowadzenie oceny cech reologicznych (farinograficznych). Zaletą owej metody jest badanie ciasta w zbliżonych warunkach do warunków przemysłowej produkcji pieczywa, co stwarza pełniejszą możliwość określenia wypiekowych właściwości mąki [Abramczyk i Miłosz 2005]. Właściwości reologiczne ciasta zależą w dużej mierze od struktury glutenu a dokładnie od odpowiedniego

stosunku gliadyny i gluteiny [Adamski i in. 2011, Krawczyk i in. 2008, Krejčířová in. 2007, Wieser 1999].

W literaturze znaleźć można badania, które zwracają szczególną uwagę na zbytne rozgrzanie ziarna podczas mielenia, nawet do 50 – 60 °C [Jurga 2014]. Skutkiem przegrzania się mąki jest częściowa denaturacja białka, która obniża wydajność czystego glutenu, co w konsekwencji doprowadzić może do zmniejszenia wodochłonności powstałej mąki.

Ceglińska i in. [2007] zbadali zależność pomiędzy właściwościami fizyko-chemicznymi skrobi zawartej w mące a jej wartością wypiekową. Na właściwości skrobi wpływa różnicowanie odmianowe pszenicy oraz warunki środowiska [Rosicka-Kaczmarek i in. 2013]. Przeprowadzone analizy wykazały istotny wpływ wzrostu poziomu uszkodzenia skrobi na zmniejszenie porowatości miękiszu oraz objętości bochenka [Dojczew i in. 2004]. Nadmierne rozdrobnienie skrobi, pomimo iż zwiększa wodochłonność (większa wydajność pieczywa), niekorzystnie oddziałuje na produkt końcowy.

Badania przeprowadzone przez Podolską [2007] wskazują, iż jakość technologiczną ziarna można kształtować poprzez odpowiednie zabiegi agrotechniczne, a w szczególności nawożenie azotem, dostarczanie niezbędnych mikro- i makroskładników, ochronę przed chorobami, chwastami i szkodnikami. Bardzo ważny jest również prawidłowo wykonany zbiór ziarna, a następnie odpowiednie jego przechowywanie. Nieprzestrzeganie dobrych praktyk może doprowadzić do porośnięcia ziarna oraz jego zgrzania bądź stęchnięcia, co ograniczy przydatność mąki do wypieku poprzez zwiększoną rozpływalność glutenu. Mąka taka składa się z częściowo zdenaturowanego glutenu, co prowadzi do pogorszenia się właściwości reologicznych ciasta [Dojczew i in. 2004]. Jego jakość poprawia się w okresie późniejszego dojrzewania i stabilizuje w czasie przechowywania [Weber 2013, Ceglińska i in. 2006]. Procesy zachodzące w trakcie dojrzewania ziarna mają wpływ na poprawę jego właściwości technologicznych [Zarzycki i in. 2012]. Ziarno zaraz po zbiorze charakteryzuje się niską wartością wypiekową i przemiałową. Taka mąka ma mniejszą wodochłonność, natomiast otrzymane ciasto jest lepkie i szybko rozpływa się podczas rośnięcia [Ceglińska 2006].

Według danych literaturowych, wilgotność ziarna magazynowanego powinna oscylować w granicach 14%. Przekroczenie tej granicy może spowodować niekorzystne w skutkach działanie mikroorganizmów czy toksyn, które są szkodliwe dla zdrowia człowieka. Takie ziarno nie może zostać dopuszczone do celów konsumpcyjnych. Przy zachowanie odpowiedniego poziomu wilgotności ziarna, można uzyskać wysokiej jakości ziarno i mąkę z pszenicy ozimej. W literaturze znaleźć można wiele badań łączących bardzo dobrą jakość

technologiczną z wysokim potencjałem plonowania [Weber 2013, Śmiałowski i Stachowicz 2007].

Duże znaczenie przy kształtowaniu się jakości ziarna pszenicy ma czynnik genetyczny. To właśnie w odmianie zakodowana jest potencjalna jego jakość [Al-Saleh i Brennan 2012, Podolska 2007]. Plon ziarna i jego jakość technologiczna zależą głównie od: czynników siedliska, cech odmianowych i stosowanej agrotechniki, a także zawartości białka [Harasim i Wesołowski 2013, Czubacka i Rachoń 2012, Al-Saleh i Brennan 2012, Smatanová i Lacko-Bartošová 2012, Woźniak 2006, Krejčířová in. 2006]. Na jakość ziarna i mąki pszenicy ozimej, przy zastosowaniu prawidłowej agrotechniki, ma wpływ przebieg warunków pogodowych [Piesiewicz 2014, Kong i in. 2013, Stankowski in. 2008].

Jednym z podstawowych czynników agrotechnicznych, który ma duże znaczenie przy kształtowaniu się plonu i jakościowych cech ziarna, jest nawożenie azotowe [Alley i in. 2009, Woźniak i Gontarz 2005, Budzyński i in. 2004, Chrzanowska-Drożdż i in. 2004]. Wiele badań pokazuje zależność wyróżników jakości od zastosowanej dawki nawożenia azotem. Wskazują, iż wraz ze zwiększeniem dawki azotu wzrasta wielkość plonu oraz parametry jakościowe ziarna i mąki (zawartość białka, glutenu, wartość wskaźnika sedymentacji) a także poprawę wartości farinograficznych [Podolska i in. 2005a, Kocoń 2005]. Natomiast wzrost ilości azotu podczas nawożenia, wedle przeprowadzonych analiz, nie miał większego wpływu na liczbę opadania, gęstość w stanie zsypanym i wodochłonność. Korzystne warunki dla formowania się białka, w tym glutenu w ziarnie, to mała ilość opadów i duże nasłonecznienie w trakcie dojrzewania ziarna.

Coraz większą uwagę zwraca się na możliwe zagrożenie ekologiczne przy konwencjonalnym sposobie uprawy. Zagrożenie pochodzi głównie ze strony azotu. Azot mineralny powinien być szybko i łatwo pobierany przez rośliny [Sztuder 2007] oraz nie powinien wychodzić poza układ gleba – roślina [Fotyma i Pecio 2000]. Stanowi najsilniej działający czynnik plonotwórczy, który powoduje największe zmiany w składzie chemicznym ziarna [Wacławowicz i in. 2005]. Należy pamiętać o różnych reakcjach odmian pszenicy ozimej na zastosowane nawożenie [Stankowski i in. 2008]. Bardzo ważne w nawożeniu azotem jest nie tylko zastosowana dawka, lecz sposób i termin jego aplikacji [Sulek i in. 2002, Stankowski i in. 1999]. Dane literaturowe dowodzą, że najkorzystniej i najlepiej jest podawać azot w 3 dawkach, dzielonych odpowiednio do potrzeb roślin oraz do ich rytmu wzrostu i rozwoju [Kocoń 2005, Podolska 2002].

Potrzeby nawozowe to taka ilość składnika, którą należy dostarczyć w formie nawozów, aby zapewnić roślinie zaspokojenie wymagań pokarmowych [Kocoń 2005]. Duża

część tych składników jest pokrywana częściowo z naturalnych zasobów glebowych, a w następnej kolejności z nawozów naturalnych czy mineralnych [Czuba 2000]. Obok dostarczania azotu równie ważne jest odpowiednie zbilansowanie pozostałych makro- i mikroskładników. Jednym z niezbędnych pierwiastków jest siarka [Cacak-Pietrzak i in. 2004]. Odpowiada ona za prawidłowy przebieg procesów fizjologicznych, które zachodzą w ziarnie pszenicy. Składniki mineralne takie jak: fosfor, azot czy potas zaliczane są do najważniejszych czynników warunkujących produkcję roślinną [Niu i in. 2013, Sztuder 2007]. Niestety istnieje z ich strony również zagrożenie dla środowiska, dotyczy to głównie takich obszarów jak gleba, woda i powietrze [Alley i in. 2009]. Należy podkreślić, ważność zrównoważonego odżywiania roślin poprzez wszystkie niezbędne składniki pokarmowe. Dopiero wówczas uzyskać można największe efekty plonotwórcze wraz z poprawą jakościowych wyróżników ziarna pszenicy [Kocoń 2005]. Niedostateczna ich ilość spowoduje obniżenie plonu ziarna, co w konsekwencji może doprowadzić do pogorszenia się jakości w rozumieniu wartości odżywczej i technologicznej.

Ważnym zabiegiem pielęgnacyjnym przy uprawie pszenicy ozimej jest zastosowanie takich środków ochronnych, które nie dopuszczają do rozwoju patogenów oraz szkodników. Traktować to należy jako jeden z ważniejszych elementów kompleksowej technologii produkcji zbóż [Szmigiel in. 2006]. Zaniedbanie ochrony zasiewów, może doprowadzić do obniżenia plonu o 20 - 45% [Nowak i in. 2005]. Prawidłowa pielęgnacja łąnu wpływa na poprawę niektórych parametrów jakości ziarna, takich jak: MTZ, gęstość w stanie zsypanym oraz wyróżniki technologiczne [Gooding i in. 2000].

Przy uprawie pszenicy ozimej należy szczególną uwagę zwrócić na: zimnotrwałość, wiosenne wznowienie wegetacji, ustawienie liści i długość słomy [Tyburski i in. 2010]. Ważnym czynnikiem agrotechnicznym jest również dobór odmian, które przy pożądanym cechach jakościowych, powinny być również odporne na choroby, zwłaszcza te grzybowe [Kuś i in. 2006, Sliesaravičius i in. 2006]. Powinny one charakteryzować się szybkim wzrostem, a co się z tym wiąże większą konkurencyjnością wobec chwastów [Feledyn-Szewczyk 2011, Stalenga i Jończyk 2007].

Pod koniec XX wieku w Europie i Polsce nastąpił dynamiczny rozwój rolnictwa ekologicznego [Golimowska 2013]. W Polsce szczególnie widoczny jest po wejściu na rynek Unii Europejskiej, co w konsekwencji przynosi dobre rezultaty dla całej gospodarki żywnościowej [Judziński 2006]. Po wprowadzeniu Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 20 lipca 2004 roku, na temat dopłat do produkcji ekologicznej, nastąpił wyraźny wzrost jej arealu

uprawy [Komorowska 2006]. Produkcja ta wymaga odpowiedniej praktyki rolniczej oraz dużej wiedzy [Golba i in. 2014].

Zasada gospodarowania ekologicznego polega na wykluczeniu stosowania syntetycznych, chemicznych środków ochrony roślin. Obawa przed zagrożeniem ze strony chwastów oraz brakiem ich skutecznego zwalczania, stanowi główną przeszkodę przy podjęciu decyzji co do przejścia na ekologiczny system gospodarowania [Feledyn-Szewczyk 2011]. Według Tyburskiego i in. [2010] to właśnie zachwaszczenie jest głównym czynnikiem limitującym plonowanie zbóż w tym systemie uprawy.

Ograniczenie ujemnego oddziaływania szkodliwych patogenów, polega głównie na kształtowaniu korzystnego stanu sanitarnego gleby i ładu poprzez całokształt agrotechniki (staranna uprawa roli, mechaniczna pielęgnacja, wielostronny płodozmian, nawożenie organiczne, odpowiednia gęstość i termin siewu) [Praca zbiorowa 2014a, Kuś i in. 2010, Jaczewska-Kalicka 2006].

Wykazano również, iż gleby nawożone organicznie w systemie ekologicznym posiadają wyższą aktywność mikrobiologiczną niż gleby w konwencjonalnym systemie [Frąc i in. 2011]. Inne badania wykazały, że w warunkach uprawy ekologicznej zwiększa się niebezpieczeństwo wystąpienia na ziarnie pszenicy grzybów z rodzaju *Fusarium* [Weber 2013, Solarska in. 2011, Lenc i in. 2011, Mazurkiewicz i in. 2008]. Zmniejszają one w znacznym stopniu masę tysiąca ziaren, wskaźnik sedymentacji, liczbę opadania oraz zawartość białka ogółem [Nitzsche i in. 2002].

Kolejnym niebezpieczeństwem przy systemie ekologicznym jest obawa większego występowania mszyc w porównaniu z konwencjonalnym [Lipa 2003]. Związane jest to z zakazem stosowania w uprawach ekologicznych chemicznych insektycydów. Budzi to również wątpliwości co do zaopatrzenia roślin w składniki pokarmowe. Największy problem stanowi zapewnienie niezbędnej ilości dostępnego azotu, który najłatwiej ulega wymywaniu, a także potasu i fosforu [Kelm i in. 2008, Martyniuk i in. 2007].

Wyniki badań pokazują, że w produkcji ekologicznej w porównaniu z konwencjonalną, uzyskuje się plony mniejsze o około 20 – 30 % [Nowogródzka 2012]. Dlatego też produkty określane mianem ekologicznych są stosunkowo droższe od pozostałych, aby móc osiągnąć dochody zbliżone do gospodarstw konwencjonalnych. Jednak nadal część polskich konsumentów uważa żywność ekologiczną za zbyt drogą.

W wielu krajach motywem zakupu produktów ekologicznych, oprócz walorów smakowych i zdrowotnych jest również świadomość ograniczenia zanieczyszczenia środowiska [Cesevičienė i in. 2009]. Badania przeprowadzone przez Kraujutienė i in. [2010]

wskazują na znacznie mniejszą ilość azotanów, pestycydów i metali ciężkich w tych produktach.

W konwencjonalnym systemie produkcji stosuje się łatwo rozpuszczalne nawozy sztuczne, natomiast w ekologicznym substancje pokarmowe są dostarczane z rozpuszczalnych składników z naturalnie występujących źródeł lub poprzez zielony nawóz [Mazurkiewicz 2005]. Dlatego też zasobność gleby w makro- i mikroskładniki odżywcze utrzymywana jest głównie poprzez stały dopływ materii organicznej do gleby w formie resztek roślinnych (w wyniku stosowania odpowiedniego zmianowania roślin z udziałem roślin bobowatych bądź ich mieszanek z trawami) oraz nawozów naturalnych (gnojowica, obornik) [Martyniuk i in. 2007].

Celem produkcji konwencjonalnej jest maksymalizacja plonów poprzez stosowanie pestycydów w celu chemicznej ochrony roślin oraz wysokie dawki nawozów mineralnych [Frąc i in. 2011]. Przyjęło się, że konwencjonalne gospodarowanie preferuje intensywne technologie produkcji, co ma ogromny wpływ na degradację środowiska przyrodniczego. Może prowadzić do niekorzystnych zmian w glebie, związanych z mniejszą różnorodnością mikrobiologiczną [Mina i in. 2008]. Działania te są częstą przyczyną pogorszenia cech fizykochemicznych i biologicznych gleby. Dlatego jako alternatywę gospodarowania proponuje się system ekologiczny bądź też integrowaną produkcję [Kuś i in. 2007], gdzie występuje wyższa aktywność mikrobiologiczna [Martyniuk i in. 2007].

Ziarno pszenicy pochodzące z uprawy ekologicznej różni się jakością technologiczną od uzyskanego w gospodarstwach konwencjonalnych [Krejčířová i in. 2006]. Pomimo wielu korzyści, istnieje również wiele barier i ograniczeń związanych z podniesieniem popytu na ekologiczne produkty [Bołtromiuk 2009, Łuczka-Bakuła 2007, Urban 2006]. Najważniejszym ograniczającym czynnikiem popytu jest dość wysoki koszt produktów ekologicznych w porównaniu z konwencjonalnymi oraz ich ubogi asortyment [Stus 2009]. Produkty ekologiczne są średnio o 20 – 30% droższe aniżeli konwencjonalne, lecz i tak zawsze znajdują swoich wiernych klientów [Praca zbiorowa 2014b]. Według Mazurkiewicza [2005] wartość wypiekowa mąki z pszenic ekologicznych jest niższa w porównaniu z konwencjonalną. Dlatego tak ważne jest ustalenie takich parametrów technologicznych mąki, które pozwolą uzyskać pieczywo o pożądanym cechach jakościowych.

Ziarno zbóż, w tym pszenicy pochodzącej z upraw ekologicznych, ma mniejszą zawartość białka nawet poniżej 9%. To właśnie zawartość białka i jakość glutenu w pszenicy stanowią główną różnicę w uzyskanym ziarnie pochodzącym z różnych systemów gospodarowania [Krejčířová i in. 2006]. Spowodowane jest to niestosowaniem azotowych

nawozów w jej uprawie. Ilość białka określana jest głównie poprzez zawartość azotu, który dostarczany jest w nawożeniu, a jego jakość zależna jest również od odmiany [Smatanová i Lacko-Bartošová 2012]. Uzyskana mąka charakteryzuje się wówczas glutenem o gorszej jakości, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia właściwości wypiekowych. Zawartość białka ma wpływ na wygląd i objętość bochenka [Mazurkiewicz 2005, Kihlberg i in. 2004]. Parametry określające białko są często wykorzystywane do określenia przydatności danej mąki na cele piekarskie [Szafrńska 2014, Smatanová i Lacko-Bartošová 2012]. Obniżona jego ilość w ziarnie nie ma większego znaczenia zdrowotnego, lecz istotnie wpływa na pogorszenie się przydatności technologicznej ziarna pszenicy. Dlatego bardzo ważne jest stosowanie właściwych warunków uprawy, zwłaszcza w systemie ekologicznym, gdzie występuje ograniczone nawożenie mineralne [Mijangos i in. 2006].

2. CEL PRACY

Celem pracy było określenie, w jakim stopniu analizowane systemy gospodarowania, ekologiczny i konwencjonalny, miały wpływ na wartość technologiczną ziarna pszenicy ozimej oraz czy zróżnicowanie odmian miało wpływ na wybór systemu gospodarowania i stosowanych zabiegów agrotechnicznych.

Hipoteza badawcza

Stosowanie różnych systemów gospodarowania (konwencjonalnego i ekologicznego), może spowodować zróżnicowanie przydatności technologicznej ziarna odmian pszenicy ozimej. Można założyć, że ziarno pszenicy uzyskane z odmian, zakwalifikowanych do różnych grup wartości technologicznej (E – elitarna, A – jakościowa, B – chlebowa, C – paszowa), będzie charakteryzowało się niejednakowymi zmianami wartości badanych cech technologicznych w zależności od zastosowanego systemu gospodarowania. Pogorszenie jakości ziarna pszenicy ozimej przy zastosowaniu systemu ekologicznego w porównaniu z systemem konwencjonalnym będzie większe w przypadku odmian charakteryzujących się lepszą jakością.

3. METODYKA I ZAKRES BADAŃ

3.1. MIEJSCE I CZYNNIKI BADAWCZE DOŚWIADCZENIA POLOWEGO

Doświadczenia polowe zostały przeprowadzone w latach 2006 – 2010, w Krajowym Ośrodku Badawczym Meklemburgii i Pomorza – Przedniego (LFA) w miejscowości Gülzow, natomiast materiał do badań stanowiło ziarno pochodzące z lat 2007 – 2010.



Ryc. 1. Położenie Instytutu LFA w Niemczech

W doświadczeniu porównano następujące czynniki:

I – system gospodarowania: konwencjonalny i ekologiczny,

II – odmiany pszenicy ozimej: Akteur, Adler, Discus, Schamane, Mulan i Hermann.

Powierzchnia poletka w doświadczeniu polowym wynosiła 25 m², a liczba replikacji n=4. W konwencjonalnym systemie uprawy stosowano nawożenie mineralne. Rodzaje i dawki nawozów przedstawione są w tabeli 1. Dodatkowo rośliny opryskiwano w trakcie wegetacji herbicydami (Maliku, Hoechst), fungicydami (Input, Juwel) oraz regulatorami wzrostu (CCC 720, Modus). Zastosowane dawki były zgodne z niemieckimi zaleceniami uprawy pszenicy ozimej. Przedplonem dla pszenicy ozimej w 2006 i 2007 roku był jęczmień ozimy, a w 2008 i 2009 roku – mieszanka traw.

Tabela 1. Zastosowane dawki nawozów mineralnych w konwencjonalnym systemie uprawy

Nawożenie (kg·ha⁻¹)	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
N	200	200	200	210
S	40	40	40	40
P₂O₅	80	80	80	50
K₂O	200	200	200	200
MgO	790	790	467	353
CaO	1120	1120	728	588

W systemie gospodarowania ekologicznego nie stosowano nawozów mineralnych, środków ochrony roślin (herbicydy, fungicydy) oraz retardantów wzrostu. Źródłem składników pokarmowych dla roślin, była mieszanka koniczyny z trawą stanowiąca przedplon we wszystkich latach prowadzenia doświadczenia.

Badania jakości ziarna i mąki, przeprowadzone w latach 2007-2010, podzielono na dwie serie po dwa lata ze względu na zróżnicowanie odmian w poszczególnych okresach badawczych. Głównym kryterium, przy wyborze poszczególnych odmian pszenicy ozimej, była ich przynależność do danej grupy wartości technologicznej. W każdej z nich występowały jednak odmiany zaliczane do różnych klas jakości – od elitarnej E do paszowej C. Do poszczególnych klas jakości, w kolejności od najwyższej do najniższej, zaliczone były następujące odmiany: elitarne (E) – Akteur i Adler; jakościowe (A) – Discus i Schamane; chlebowe (B) – Mulan; pastewne (C) – Hermann. W obu seriach powtarzały się jedynie dwie odmiany Akteur i Hermann. W latach 2007 - 2008 badania prowadzono na odmianach: Akteur, Mulan, Hermann i Schamane, a w latach 2009 - 2010 na odmianach: Akteur, Adler, Discus i Hermann.

3.2. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH ODMIAN PSZENICY OZIMEJ

Akteur (E - elitarna) – wg Saaten Union, jest pszenicą charakteryzującą się wysoką jakością technologiczną o dobrych cechach agronomicznych. Cechy wyróżniające odmianę Akteur to: bardzo dobra odporność na wyleganie, jakość ziarna o bardzo dobrej liczbie opadania, zimnotrwałość, tolerancja na okresowe susze i opóźnione terminy siewu a także bardzo dobra zdolność do regeneracji.

Adler (E - elitarna) – wg Instytutu Uprawy i Hodowli Roślin w Freising (Bawaria), jest to odmiana elitarna pszenicy ozimej o dobrej odporności na choroby i wyleganie. Charakteryzuje się bardzo dobrym wskaźnikiem sedymentacji i dobrą liczbą opadania a także wysoką zawartością białka w ziarnie.

Discus (A - jakościowa) – wg Saaten Union, to odmiana o wysokiej odporności na choroby. Nadaje się również na wcześniejsze siewy. Możliwość uzyskania wysokiego plonu w połączeniu z niewielkimi wymaganiami glebowymi i agrotechnicznymi.

Schamane (A - jakościowa) – wg Instytutu Uprawy i Hodowli Roślin w Freising (Bawaria), jest to odmiana jakościowa pszenicy ozimej o przeciętnej odporności na choroby i wyleganie. Charakteryzuje się dobrym wskaźnikiem sedymentacji i bardzo dobrą liczbą opadania.

Mulan (B - chlebowa) – wg Saaten Union, odmiana ta jest zimnotrwała, tolerancyjna na okresowe susze i o dobrej zdrowotności. Ponadto charakteryzuje się bardzo dobrą liczbą opadania oraz dobrym wskaźnikiem sedymentacji.

Hermann (C - paszowa) – wg Limagrain, odmiana średniopóźna pszenicy paszowej, która charakteryzuje się doskonałą odpornością na choroby, dobrą odpornością na wyleganie i porastanie ziarna. Dodatkowo posiada bardzo dobrą liczbą opadania i wskaźnik sedymentacji.

3.3. WARUNKI METEOROLOGICZNE W OKRESIE PROWADZENIA DOŚWIADCZEŃ POLOWYCH

Warunki meteorologiczne panujące w czasie przeprowadzonych doświadczeń polowych w Gülzow były mocno zróżnicowane w zależności od sezonu wegetacyjnego (Tab. 2).

Sezon 2006/2007 charakteryzował się ciepłą i bezśnieżną zimą o wysokich temperaturach zwłaszcza w grudniu 2006 i w styczniu, lutym oraz w marcu 2007, co przyczyniło się do dobrego przezimowania pszenicy. Wyższe temperatury powietrza występujące w miesiącu kwietniu, maju i czerwcu, przyczyniły się do dobrego rozwoju roślin pszenicy ozimej. Ogólnie rok był znacznie cieplejszy od średniej z wielolecia 1977 – 2014 o ok. 2,5 °C. Suma opadów atmosferycznych była w omawianym sezonie 2006/2007 wyższa niż w wieloleciu o ponad 260mm. Duże niedobory wody zanotowano w miesiącu kwietniu, który był bardzo suchy (tylko około 2 mm), natomiast maj, czerwiec, lipiec i sierpień charakteryzowały się dużo wyższymi sumami opadów niż w wieloleciu (Tab. 2). Duże opady deszczu w sierpniu utrudniały zbiór pszenicy.

Sezon 2007/2008 charakteryzował się łagodną zimą o wysokich temperaturach zwłaszcza w styczniu i lutym, co przyczyniło się do dobrego przezimowania pszenicy. Wyższe temperatury powietrza występujące w miesiącu maju i czerwcu, przyczyniły się do dobrego rozwoju roślin i dobrych parametrów technologicznych ziarna pszenicy ozimej. Ogólnie rok był cieplejszy o ponad 1 °C od średniej z wielolecia 1977 – 2014. Suma opadów atmosferycznych była w sezonie 2007/2008 niższa niż w wieloleciu o około 25 mm. Duże niedobory wody zanotowano w miesiącu maju, który był bardzo suchy (tylko około 13 mm) i w czerwcu (40 mm).

Sezon 2008/2009 charakteryzował się podobną średnią temperaturą roczną oraz suma opadów jak poprzedni sezon, przy czym w styczniu (-0,5°C) wystąpiły niskie temperatury o prawie 1°C niższa w porównaniu do wielolecia, ale mimo to nie wpłynęło to negatywnie na przezimowanie badanych odmian pszenicy ozimej. Miesiące marzec, kwiecień i maj 2009 roku były cieplejsze niż w wieloleciu (Tab. 2), co przyczyniło się do wcześniejszego rozpoczęcia wegetacji pszenicy oraz intensywnego jej wzrostu. Duże opady w maju w 2009 roku (ponad 30 mm większe niż w wieloleciu) miały pozytywny wpływ na fazę strzelania w źdźbło i intensywny rozwój pszenicy. Zanotowano również wyższe opady w lipcu (o około 17 mm niż w wieloleciu) w fazie nalewania ziarna oraz dużo niższe opady w sierpniu, co

umożliwiło zbiór ziarna o niskiej wilgotności. Taki przebieg wegetacji wpłynął pozytywnie na wzrost i rozwój pszenicy ozimej.

Sezon 2009/2010 charakteryzował się podobną średnią temperaturą jak w wieloleciu ($8,7^{\circ}\text{C}$), ale o bardzo mroźnej zimie z temperaturami dochodzącymi do -17°C , średnia dla tego miesiąca wynosiła aż $-4,4^{\circ}\text{C}$ (Tab. 2). Zanotowano również liczne opady śniegu, co uchroniło pszenicę ozimą przed wymarznięciem. Miesiące marzec i kwiecień kształtowały na podobnym poziomie temperaturowym jak w wieloleciu. Natomiast chłodniejszy maj (o ponad 2°C) z dużymi opadami deszczu ($75,4\text{ mm}$) przyczynił się do dobrego rozwoju pszenicy. Temperatury zanotowane w lipcu 2010 roku były o 4°C wyższe w porównaniu do wielolecia, dzięki czemu pszenica miała odpowiednie warunki do rozwoju ziarna. W okresie zbioru pszenicy ozimej stwierdzono bardzo duże opady deszczu przekraczające o ponad 100% normy z wielolecia. Spowodowało to utrudnienie podczas jej zbioru i wymagało dosuszania ziarna.

Tabela 2. Średnie miesięczne temperatury powietrza (°C) i sumy opadów (mm) w sezonach wegetacyjnych 2006 – 2010 i wielolecia dla Stacji Doświadczalnej LFA Gülzow

Miesiąc	Sezon wegetacyjny								Wielolecie	
	2006/2007		2007/2008		2008/2009		2009/2010		1977-2014	
	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)
IX	17,3	35,6	13,5	65,5	13,5	18,6	15,2	25,2	13,6	48,0
X	12,5	46,0	8,5	37,5	9,8	58,6	7,9	81,2	9,1	42,3
XI	7,3	50,4	4,5	35,7	6,0	47,9	7,4	84,4	4,3	42,5
XII	6,1	28,3	2,8	49,3	2,4	49,5	0,2	18,0	1,4	46,8
I	5,0	89,9	3,8	56,7	-0,5	18,9	-4,4	17,9	0,4	39,1
II	2,9	46,1	4,5	28,0	0,7	31,7	-0,7	31,8	0,9	29,1
III	6,9	37,5	4,5	76,8	5,0	48,5	4,6	38,2	3,7	35,2
IV	10,4	1,8	7,9	45,7	11,8	11,2	8,3	14,4	8,1	33,8
V	14,0	80,4	13,7	13,1	13,2	81,0	10,3	75,4	12,4	50,3
VI	17,3	154,2	17,0	40,0	14,7	64,4	16,3	33,1	15,3	71,9
VII	17,3	94,2	18,9	35,6	18,9	81,8	21,7	55,2	17,9	64,9
VIII	17,6	169,7	17,9	62,8	19,1	30,2	17,6	147,7	17,4	66,2
Średnia/ suma	11,2	834,1	9,8	546,7	9,6	542,3	8,7	622,5	8,7	570,1

źródło: opracowanie własne na podstawie danych meteorologicznych z LFA Gülzow

3.4. WARUNKI GLEBOWE

Doświadczenie zostało założone na glebie lekkiej o składzie piasek gliniasty lekki do piasek gliniasty mocny (11-20% części spławialnych) i zawartości próchnicy 1,4% oraz przy pH 6,0-6,5 (lekko kwaśny). Odczyn glebowy i zawartość fosforu i potasu oraz ilość azotu mineralnego w glebie (w warstwie ornej 0-30 cm) przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Odczyn gleby oraz zawartość fosforu i potasu oraz ilość azotu mineralnego w glebie (Gülzow)

Lata	pH	Składniki mineralne		N _{min} (0-30 cm) (kg·ha ⁻¹)
		P ₂ O ₅ (mg·100g ⁻¹)	K ₂ O (mg·100g ⁻¹)	
2006/2007	6,0	20	12	10
2007/2008	6,0	22	14	10
2008/2009	6,0	20	12	10
2009/2010	6,5	26	15	12

3.5. ANALIZY LABORATORYJNE

Próby ziarna zostały pobrane po zbiorze kombajnem z każdego poletka w ilości 2,5 kg. Próbkę do analiz została wydzielona w pierwszym etapie metodą usypywania stożków, po czym wybrano do dalszych analiz 3 kg ziarna. W następnym etapie z uzyskanych prób zbiorczych dla kombinacji pobierano próbki z zastosowaniem rozdzielacza dwunastokanalikowego. Wielkość próbki każdorazowo dopasowywano do ilości ziarna potrzebnej do danej analizy. Analizy wykonywano w dwóch replikacjach, w celu sprawdzenia powtarzalności wyników.

Ziarno odmian pszenicy ozimej z lat 2007 – 2010, zostało poddane analizie laboratoryjnej w celu oznaczenia cech technologicznych (fizycznych, jakościowych, reologicznych). Ponadto na próbach pochodzących z 2009 roku przeprowadzony został kontrolny wypiek laboratoryjny wraz z określeniem podstawowych wyróżników wypiekowych.

Przeprowadzono oznaczenia następujących cech:

Masa tysiąca ziaren

Oznaczenia masy tysiąca ziaren wykonano zgodnie z PN-R-65950. Przed pomiarem ziarno zostało dokładnie oczyszczone. Próbkę ziarna rozdzielono na rozdzielaczu do nasion, aż do uzyskania próbki wystarczającej do wykonania oznaczenia. Czysty materiał został umieszczony w automatycznym liczniku nasion i odliczono 4 x 250 nasion z dokładnością do +/- 0,1 g. Każde 250 nasion zostało zważone oddzielnie, wagi sumowano. Dla kontroli zostały zważone również wszystkie 4 próbki (1000 ziaren) łącznie.

Gęstość w stanie zsylnym

Oznaczenie przeprowadzono zgodnie z PN - ISO 7971 – 2. Ziarno zbóż. Oznaczenie gęstości w stanie zsylnym, zwanej masą hektolitra. Przed wykonaniem oznaczenia ziarno zostało dokładnie oczyszczone z zanieczyszczeń. Aparat do oznaczania ciężaru hektolitra składa się z trzech cylindrów (wagowego, pomocniczego i miarowego) oraz wagi. W szparę cylindra wagowego został wsunięty strychulec, na niego nałożono cylinder pomocniczy z wycięciami w odpowiednie występy na cylindrze wagowym. Cylinder miarowy napełniono ziarnem. Przesypano je równym strumieniem (zawsze z tej samej wysokości 4 cm nad górnym brzegiem miarki - 2 palce) do cylindra pomocniczego. Po napełnieniu wysunięto

ostrożnie strychulec, wskutek czego słup ziarna obsunął się równomiernie w dół nie napotykając oporu powietrza, które opadający tłoczek wypiera przez otworki w dnie cylindra wagowego. Ponownie wsunięto strychulec z szparę, by odciąć nadmiar ziarna. Wysypano nadmiar ziarna, usunięto cylinder pomocniczy i strychulec. Zważono próbkę z dokładnością do 0,1 g. Wartość gęstości w stanie zsypanym została odczytana z tablic redukcyjnych. Oznaczenie przeprowadzono w dwóch powtórzeniach.

Frakcje ziarna

Oznaczenie zostało wykonane zgodnie z *PN-R-65950* na aparacie Sortimat Pfeiffer Mess – und Prüfgeräte . Ziarno do badań zostało dokładnie oczyszczone. Z próby średniej pobrano 2 razy po 100 g ziarna i umieszczono na sitach wytrząsacza. Wytrząsano przez 3 minuty. Następnie zważono każdą frakcję z dokładnością do 0,1 g.

Liczba opadania

Oznaczenie przeprowadzone zostało zgodnie z *PN-ISO 3093*. Oczyszczone ziarno zostało zmielone na śrutowniku Pertena typu młotkowego LAB MILL typ 120. Do przeprowadzenia analizy aktywności α – amylazy, użyto aparat Sadkiewicza typu SWD –SŻ, gdzie pomiar liczby opadania wykonano przy wykorzystaniu metody według Hagberga -Pertena. Naważka próbki użyta do oznaczenia, została przeliczona w zależności od jej wilgotności. Śrutę wsypano do probówki reakcyjnej, dodano 25 ml wody destylowanej o temperaturze $20 \pm 5^{\circ} \text{C}$, następnie probówkę zamknięto korkiem i umieszczono ją w wytrząsarce na 30 sekund. Powstała mieszanina wraz z mieszadłem wiskozymetrycznym została umieszczona we wrzącej łaźni wodnej.

Przemiał ziarna na mąkę i odsiewanie

Przemiał ziarna został przeprowadzony na 6-walcowym młynie laboratoryjnym produkcji Zakładu Badawczego Przemysłu Piekarskiego w Bydgoszczy. Uzyskaną w ten sposób mąkę poddano przesianiu na odsiewaczu laboratoryjnym w celu uzyskania odpowiedniej frakcji do poszczególnych analiz.

Zawartość białka

Oznaczenie przeprowadzono zgodnie z *PN – 75 – A – 04018. Produkty rolniczo – żywnościowe, Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczenie na białko*. Zastosowano przelicznik azotu na białko 5,7.

Zawartość glutenu

Oznaczenie wykonano według *PN –EN ISO 21415-2:2008* na urządzeniu Gluten Index Pertena. Wykorzystano próbkę mąki przesianą przez sito 230 μm , do której dodano 2% solankę. Następnie zważono powstały gluten a wynik pomnożono razy 10, co daje łączną masę glutenu (%).

Rozpływalność glutenu

Analiza została wykonana według *PN-A-74043-3*. Odważono 2 g uzyskanego glutenu podczas oznaczania jego zawartości w mące. Gluten został formowany w kulkę, którą następnie ułożono na płytce szklanej w termostacie w temperaturze $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ na 60 minut.

Gluten index

Oznaczenie zostało przeprowadzone według *PN –EN ISO 21415-2:2008* na urządzeniu Gluten Index Pertena.

Wskaźnik sedymentacji Zeleny’ego

Wykonano analizę według *PN – ISO 5529. Pszenica. Oznaczenie wskaźnika sedymentacyjnego, Test Zeleny’ego*. Oznaczenie przeprowadzone zostało na aparacie składającym się z pulpitu pomiarowego oraz wytrząsarki typ SWD – 89 Sadkiewicza.

Cechy farinograficzne mąki

Oznaczenie właściwości farinograficznych mąki zostało wykonane na aparacie Farinograph Brabender z zastosowaniem głowicy typ 50. Określone parametry (wodochłonność mąki, czas rozwoju ciasta, stabilność, stopień rozmiękczenia po 10 min), zostały wyrażone w postaci graficznej jako Farinogram.

Kontrolny wypiek laboratoryjny

Ciasta zostało sporządzone w mieszarce Hobart Kitchen Aid (USA). Pieczywo pszenne wykonywano zgodnie z procedurą *ICC STANDARD No. 131*. Odważano 250g mąki o wilgotności 15%. Odmierzono ilość wody, drożdży (3% w stosunku do ilości mąki) oraz soli (1,5% w stosunku do ilości mąki) potrzebną do uzyskania ciasta. Wodę dozowano tak, aby temperatura ciasta wyniosła 32⁰C. Rozrost ciasta prowadzono w temperaturze 32⁰C przez 1 h w komorze Unox S.P.A., (typ XL, model XL 091, Włochy), w wilgotności względnej powietrza 75–80% po czym formowano kęsy ciasta. Uformowane kęsy umieszczono w foremkach, gdzie poddano fermentacji końcowej w temperaturze 35⁰C. Czas fermentacji końcowej ciasta do uzyskania jego pełnej dojrzałości wynosił 20 – 40 min. Proces wypieku pieczywa prowadzono w piecu elektrycznym Unox S.P.A., (typ XF, Włochy), w temperaturze 230 – 240⁰C przez 35 – 40 min, stosując parowanie pieca przez 3 s co 5 min w ciągu pierwszych 15 min wypieku. Oznaczono także parametry wypieku kontrolnego: wydajność ciasta, stratę piecową, wydajność pieczywa, stratę wypiekową całkowitą, wagę pieczywa po 30 min.

Wydajność ciasta oceniano według wzoru:

$$X = (a \cdot 100) / m \quad (\%)$$

gdzie: a – masa ciasta (g),

m – masa użytej mąki o wilgotności 15% (g).

Stratę piecową obliczano ze wzoru:

$$X = ((a - b) \cdot 100) / a \quad (\%)$$

gdzie: a – masa ciasta uformowanego do wypieku (g),

b – masa pieczywa gorącego po wyjęciu z pieca (g).

Wydajność pieczywa obliczono według wzoru:

$$X = (c \cdot w) / a \quad (\%)$$

gdzie: c – masa pieczywa ochłodzonego (g),

w – wydajność ciasta (%),

a – masa ciasta uformowanego do wypieku (g).

Stratę wypiekową całkowitą obliczono według wzoru:

$$X = ((a - c) \cdot 100) / a \quad (\%)$$

gdzie: a – masa ciasta uformowanego do wypieku (g),

c – masa pieczywa ochłodzonego (g).

Analiza profilu tekstury i właściwości reologicznych

Analizę profilu tekstury (TPA) dotyczącą miększu pieczywa wykonano za pomocą aparatu Texture Analyser TA-XT2/25[®] (Stable Micro Systems, Wielka Brytania), sprzężonego z komputerem za pomocą własnej karty rozszerzeń. Sterowanie przeprowadzano używając programu Texture Expert for Windows[®] v. 1.22. Prędkość trzpienia przed rozpoczęciem testu wynosiła 2 mm·s⁻¹, a w czasie testu i po jego wykonaniu, 5 mm·s⁻¹. Zastosowano trzpień cylindryczny o średnicy 0,5” (SMS P/0,5”) i dwukrotne odkształcenie próbki do 50% jej wysokości. Przebieg testu rejestrowano w postaci krzywych przedstawiających zmiany sił w czasie. Procedura pomiaru za pomocą testu podwójnego ściskania polegała na określeniu twardości wyrażanej jako siła (N) potrzebna do deformacji próbki na zadanym odcinku pomiarowym. W trakcie wykreślenia pierwszego pików może dojść do znaczącego przełomu, który jest określany mianem kruchości. W przypadku żywności o słabej elastyczności może wystąpić pik poniżej linii startu pomiaru tzw. zera. Pik ten jest określany mianem przylepności [N·s]. Stosunek pola powierzchni pierwszego i drugiego pików określana jest jako spoistość. Sprężystość reprezentuje odległość (mm) od końca pierwszego pików do początku pików drugiego. W teście podwójnego ściskania można określić jeszcze tzw. gumowatość (twardość • spoistość). Obróbkę otrzymanych wyników wykonano za pomocą programu liczącego *Tpafrac.mac*.

Ocena organoleptyczna

Ocenę pieczywa wykonano po 6 – 8 h od wypieku według PN-A-74108 oraz ICC Standard No.131. Ponieważ nie wykonywano badań fizykochemicznych, ogólną punktację cech organoleptycznych zwiększono o 8 punktów w celu uzyskania porównywalnej oceny generalnej, przyjmując jako zasadę, że wyróżniki fizykochemiczne pieczywa i jego masa są zgodne z normą. Wyniki zaokrąglono do liczb całkowitych, zgodnie z PN-A-74108. Badania

organoleptyczne wykonywała grupa odpowiednio przeszkolonych dziesięciu osób w pomieszczeniu laboratoryjnym przystosowanym do tego celu.

Analiza statystyczna

Uzyskane wyniki poddane zostały analizie statystycznej, przy pomocy analizy wariancji dwuczynnikowej, w układzie bloków kompletnie zrandomizowanych. Podstawą analizy były średnie dla kombinacji wyliczone jako średnie z dwóch wyników laboratoryjnych. Jako replikację w wykonanych obliczeniach statystycznych przyjęto lata doświadczeń. Do obliczeń wykorzystano program statystyczny Anal War 4.3. autorstwa prof. F. Rudnickiego. Półprzedziały ufności zostały wyliczone przy zastosowaniu testu Tukey'a na poziomie istotności 0,05. Wyliczona została również zależność pomiędzy zawartością białka w ziarnie a cechami jakościowymi ziarna i mąki, stosując współczynnik korelacji prostej Pearsona i prostej regresji. Obliczenia wykonano przy pomocy programu Statistica PL.

4. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

4.1. CECHY FIZYCZNE ZIARNA

4.1.1. Masa tysiąca ziaren

W pierwszej serii doświadczeń stwierdzono istotny wpływ systemu uprawy oraz różnice pomiędzy odmianami w masie tysiąca ziaren (Tab. 4). Zastosowanie konwencjonalnego systemu uprawy spowodowało uzyskanie wyższej masy tysiąca ziaren niż w przypadku systemu ekologicznego (Tab. 5). Różnica w wartości badanej cechy była istotna i wynosiła 3,4g. Spośród porównywanych odmian wyższą masą tysiąca ziaren charakteryzowała się odmiana Akteur niż odmiany Mulan i Hermann. Między pozostałymi odmianami nie stwierdzono istotnych różnic. Nie zaobserwowano zróżnicowanej reakcji odmian na zastosowane systemy uprawy. Pomimo braku istotnej interakcji można zaobserwować pewne tendencje do uzyskania znacznie większych różnic w przypadku odmiany Schamane i Mulan.

Podobne prawidłowości stwierdzono w drugiej serii badań wykonywanych w latach 2009-2010. W systemie konwencjonalnym stwierdzona została wyższa masa tysiąca ziaren w porównaniu z systemem ekologicznym (Tab. 5). Uzyskana różnica wynosiła 16 % w wartości badanej cechy i była dość znaczna. Odmiana Adler charakteryzowała się zdecydowanie najwyższą masą tysiąca ziaren. Była wyższa w porównaniu do pozostałych od 10,5 do 12,4. Podobnie jak w pierwszej serii doświadczeń nie zaobserwowano zróżnicowanej reakcji odmian na systemy uprawy.

W obu seriach doświadczeń pozytywnie wyróżniały się odmiany z lepszych klas jakościowych (E – elitarna i A – jakościowa). Jedynym wyjątkiem była odmiana Discus, która charakteryzowała się mniejszą masą tysiąca ziaren.

Tabela 4. Istotność efektów w analizie wariancji dla cech jakościowych ziarna i mąki w latach 2007-2008 i 2009-2010

Lata	Cechy	Istotność			Średnia	%
		S	O	SxO		
2007-2008	Masa 1000 ziaren (g)	*	*	-	46,5	7,1
	Gęstość w stanie zsypanym (kg·hl ⁻¹)	**	**	-	78,3	2,0
	Frakcje ziarna <2,2mm (%)	-	-	-	1,81	68,2
	Frakcje ziarna 2,2-2,5mm (%)	-	*	-	3,51	85,2
	Frakcje ziarna 2,5-2,8mm (%)	-	*	-	11,8	50,2
	Frakcje ziarna >2,8mm (%)	-	*	-	82,8	11,9
	Białko (%)	**	-	-	13,9	13,9
	Liczba opadania (s)	-	*	-	290	12,6
	Wskaźnik sedymentacji (ml)	**	**	-	29,2	14,5
	Zawartość glutenu (%)	**	-	-	24,8	13,2
	Rozpływalność glutenu (mm)	*	-	-	2,44	61,4
	Wodochłonność mąki (%)	**	**	-	61,6	2,3
	Czas rozwoju ciasta (min)	**	-	-	1,11	31,4
	Stabilność ciasta (min)	**	**	*	1,96	28,4
	Stopień rozmiękczenia po 10 min (FU)	**	**	-	89,6	19,6
2009-2010	Masa 1000 ziaren (g)	*	*	-	42,9	16,6
	Gęstość w stanie zsypanym (kg·hl ⁻¹)	-	*	-	77,0	3,9
	Frakcje ziarna <2,2mm (%)	-	*	-	2,60	29,0
	Frakcje ziarna 2,2-2,5mm (%)	-	*	-	8,32	23,5
	Frakcje ziarna 2,5-2,8mm (%)	-	*	-	28,4	17,9
	Frakcje ziarna >2,8mm (%)	-	*	-	60,8	12,3
	Białko (%)	**	-	-	12,6	4,1
	Liczba opadania (s)	-	*	-	244	26,3
	Wskaźnik sedymentacji (ml)	**	**	**	24,5	7,4
	Zawartość glutenu (%)	**	-	-	27,1	9,6
	Rozpływalność glutenu (mm)	*	-	-	0,93	62,4
	Wodochłonność mąki (%)	-	**	-	52,8	2,7
	Czas rozwoju ciasta (min)	*	-	-	2,11	31,1
	Stabilność ciasta (min)	**	**	*	3,76	25,9
	Stopień rozmiękczenia po 10 min (FU)	*	**	-	85,2	21,2
	Gluten index	-	*	-	93,6	6,0

- efekt nieistotny, * efekt istotny, ** efekt wysoce istotny,
W – współczynnik zmienności

Tabela 5. Wpływ systemu uprawy (S) na masę 1000 ziaren (g) odmian (O) pszenicy ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencyjnalny	
2007-2008	Akteur	48,4	49,9	49,2
	Schamane	41,8	51,5	46,6
	Mulan	42,7	48,3	45,5
	Hermann	46,3	43,0	44,6
	Średnia	44,8	48,2	46,5
	NIR _{0,05} dla:	S – 2,52 ; O – 3,61 ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	38,2	43,4	40,8
	Adler	42,4	60,3	51,3
	Discus	38,1	39,7	38,9
	Hermann	40,1	40,9	40,5
	Średnia	39,7	46,1	42,9
	NIR _{0,05} dla:	S – 3,12 ; O – 4,49 ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

4.1.2. Gęstość w stanie zsylnym

Wyniki przedstawione w tabeli 4 wskazują istotny wpływ systemów uprawy oraz zróżnicowanie odmianowe w latach 2007-2008 na gęstość w stanie zsylnym. Stosowanie konwencyjnalnego systemu spowodowało uzyskanie w tym systemie wyższej gęstości w stanie zsylnym (Tab. 6). Najwyższą wartością charakteryzowała się odmiana Akteur. Odmiany Schamane, Mulan i Hermann miały podobną gęstość ziarna w stanie zsylnym. Tendencja (różnica nieistotna) do uzyskania najniższej wartości tej cechy wystąpiła u odmiany Hermann. Różnica w wartości wynosiła 3,1g. Analiza wariancji nie wykazała istotnego zróżnicowania odmian na zastosowane sposoby uprawy.

W drugiej serii badań w latach 2009-2010, stwierdzono, iż gęstość w stanie zsylnym jest zbliżona w ekologicznym systemie uprawy w porównaniu z konwencyjnalnym. Różnica ta jest bardzo niewielka i wynosi 0,5 g, co stanowi około 0,65 %. Większą wartością gęstości w stanie zsylnym charakteryzowała się odmiana Discus niż Hermann. Różnica ta była znacznie większa niż w przypadku systemów uprawy i wynosiła średnio 10 %. Pomędzy pozostałymi odmianami nie stwierdzono istotnych różnic. Zastosowanie dwóch systemów uprawy nie powodowało zróżnicowanej zmiany badanej cechy. Potwierdzone zostało to brakiem interakcji pomiędzy wyżej wymienionymi cechami zarówno w pierwszym jak drugim cyklu badawczym.

Tabela 6. Wpływ systemu uprawy (S) na gęstość w stanie zsypanym ($\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$) odmian (O) pszenicy ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	81,1	83,3	82,1
	Schamane	76,7	80,0	78,3
	Mulan	75,4	80,5	78,0
	Hermann	73,6	75,6	74,6
	Średnia	76,7	79,8	78,3
	NIR _{0,05} dla:	S – 1,88 ; O – 3,72 ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	79,5	79,2	79,3
	Adler	77,4	76,2	76,8
	Discus	79,7	80,1	79,9
	Hermann	72,7	71,7	72,2
	Średnia	77,3	76,8	77,0
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O – 6,98 ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

4.1.3. Frakcje ziarna

Udział poszczególnych frakcji ziarna o średnicy od $< 2,0$ mm do $> 2,8$ mm był zróżnicowany w kolejnych seriach doświadczeń (Tab. 7, 8, 9, 10). Analiza wariancji przeprowadzona dla serii pierwszej (Tab. 4) wskazuje na brak wpływu systemu uprawy na stopień dorodności ziarna. Istotne różnice stwierdzono dla badanych odmian. Dotyczyły one frakcji 2,2-2,5, 2,5-2,8 i powyżej 2,8 mm.

W przypadku frakcji ziarna o średnicy mniejszej niż 2,2 mm nie zaobserwowano zróżnicowania międzyodmianowego. Największy udział w frakcji 2,2 – 2,5 mm stwierdzono u odmiany Hermann, gdzie różnica wynosiła około 5,3 % w stosunku do pozostałych. Podobnie jak w przypadku poprzedniej frakcji, odmiana Hermann charakteryzuje się największym udziałem ziarna o średnicy 2,5 – 2,8 mm. Dla pozostałych odmian udział pozostałych frakcji wynosił około 9 %. U odmiany Akteur, Schamane oraz Mulan, stwierdzono największy udział ziarna frakcji powyżej 2,8 mm w porównaniu do odmiany Herman. Udział tej frakcji wynosił do 90 %. W związku z czym miała ona największy wpływ na masę tysiąca ziaren.

Analiza wariancji wykonana dla serii drugiej pokazała również brak wpływu systemu uprawy na stopień dorodności ziarna (Tab. 4). Największy udział ziarna o średnicy poniżej 2,2 mm, zaobserwowano w odmianie Hermann. Różnica ta wynosiła około 2,19 % w

stosunku do najmniejszego. Dla następnych frakcji ziarna o średnicy 2,2 – 2,5 mm oraz 2,5 – 2,8 mm, stwierdzono największy udział również odmianie Hermann. Natomiast odmiana Adler (frakcja powyżej 2,8 mm), charakteryzowała się największym udziałem, który różnił się w stosunku do pozostałych średnio 23,6 %. W latach 2009 – 2010 udział frakcji o największej średnicy był mniejszy niż w poprzednich latach i kształtował się na poziomie 70 %.

Tabela 7. Wpływ systemu uprawy (S) na frakcje ziarna <2,2mm (%) odmian (O) pszenicy ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	0,94	0,43	0,69
	Schamane	1,98	1,14	1,56
	Mulan	3,07	0,82	1,94
	Hermann	2,78	3,33	3,05
	Średnia	2,19	1,43	1,81
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O – n.i. ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	2,58	1,15	1,86
	Adler	1,81	1,48	1,65
	Discus	2,75	3,37	3,06
	Hermann	4,00	3,68	3,84
	Średnia	2,78	2,42	2,60
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O – 1,76 ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 8. Wpływ systemu uprawy (S) na frakcje ziarna 2,2 – 2,5mm (%) odmian (O) pszenicy ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	2,06	1,49	1,77
	Schamane	3,74	0,76	2,25
	Mulan	3,01	2,10	2,55
	Hermann	5,17	9,81	7,49
	Średnia	3,49	3,54	3,51
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O – 2,21 ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	8,30	4,89	6,60
	Adler	7,44	6,81	7,13
	Discus	7,66	7,16	7,41
	Hermann	12,01	12,31	12,16
	Średnia	8,85	7,79	8,32
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O – 4,58 ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 9. Wpływ systemu uprawy (S) na frakcje ziarna 2,5 – 2,8mm (%) odmian (O) pszenicy ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencyjony	
2007-2008	Akteur	9,36	8,75	9,19
	Schamane	14,00	4,66	9,33
	Mulan	9,47	8,57	9,02
	Hermann	14,98	25,02	20,00
	Średnia	12,02	11,75	11,88
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - 3,65 ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	28,3	23,4	25,9
	Adler	25,4	23,6	24,5
	Discus	29,2	32,0	30,6
	Hermann	31,3	33,6	32,4
	Średnia	28,6	28,2	28,4
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O – 4,21 ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 10. Wpływ systemu uprawy (S) na frakcje ziarna >2,8mm (%) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencyjony	
2007-2008	Akteur	87,4	89,4	88,4
	Schamane	80,3	93,5	86,9
	Mulan	84,5	88,6	86,5
	Hermann	77,1	61,9	69,5
	Średnia	82,3	83,3	82,8
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - 8,43 ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	60,8	70,5	65,7
	Adler	65,4	68,1	66,7
	Discus	60,5	57,5	59,0
	Hermann	53,3	50,4	51,8
	Średnia	60,0	61,6	60,8
	NIR _{0,05} dla:	S - n.i. ; O - 7,96 ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

4.2. CECHY JAKOŚCIOWE ZIARNA I MĄKI

4.2.1. Liczba opadania

Wyniki dotyczące analizy wariancji pierwszej serii badań zostały przedstawione w tabeli 4. Wskazują one jednoznacznie na brak istotnego wpływu systemu uprawy na liczbę opadania. Stwierdzono natomiast różnice między odmianami. Liczba opadania dla odmian Akteur, Hermann i Schamane była zbliżona i kształtowała się na poziomie około 300 sekund (Tab. 11). Niższą wartością badanej cechy charakteryzowała się jedynie odmiana Mulan, której różnica w stosunku do pozostałych odmian wynosiła średnio 15 %. Nie stwierdzono, żeby badane odmiany miały zróżnicowane wymagania co do systemu uprawy.

Tabela 11. Wpływ systemu uprawy (S) na liczbę opadania (s) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	298	314	306
	Schamane	294	291	292
	Mulan	205	307	256
	Hermann	296	317	307
	Średnia	273	307	290
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O – 30,5 ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	322	282	302
	Adler	321	176	248
	Discus	261	240	250
	Hermann	197	158	177
	Średnia	275	214	244
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O – 29,7 ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Badania przeprowadzone w latach 2009 – 2010 (Tab. 4), wskazywały, że tak jak w poprzedniej serii, wystąpił brak istotnego wpływu systemu uprawy, natomiast stwierdzone zostały różnice między odmianami. Największą wartość liczby opadania wykazywała odmiana Akteur. Różnica pomiędzy największą wartością badanej cechy a najniższą wynosiła niewiele mniej niż 50 %. W obu przeprowadzonych seriach badań, wszystkie badane odmiany w poszczególnych systemach uprawy, wykazywały się zbliżonymi wartościami badanej cechy, które mieszczą się w granicach norm (dobra jakość ziarna). Jedynie odmiana Hermann w ekologicznym systemie posiadała najniższą wartość liczby opadania, co spowodowane było jej mniejszą tolerancją na niekorzystne warunki siedliskowe. Również i w tej serii nie stwierdzono interakcji pomiędzy odmianami a stosowanymi w badaniach systemami uprawy.

4.2.2. Zawartość białka

W pierwszej serii doświadczeń stwierdzono istotny wpływ systemu uprawy a różnice pomiędzy odmianami w zawartości białka były nieistotne (Tab.4). Zawartość białka dla badanych odmian kształtowała na poziomie od 13,0 do 13,9 % (Tab. 12). Pewną tendencją do większej zawartości białka w ziarnie charakteryzowała się odmiana Akteur niż odmiana Mulan. U pozostałych odmian badana cecha kształtowała się na zbliżonym poziomie (13,3-13,5 %).

W tabeli 4 przedstawione zostały wyniki dotyczące drugiej serii badań. Analiza wariancji wykazała brak istotnego wpływu różnych odmian, natomiast widoczny był istotny wpływ systemu uprawy. System konwencjonalny w porównaniu z ekologicznym charakteryzował się wyższymi wartościami zawartości białka. Najwyższą wartością charakteryzowała się odmiana Adler. Zbliżoną wartością charakteryzowała się również odmiana Akteur – aczkolwiek w tym przypadku możemy wskazać jedynie tendencje w zróżnicowaniu wyników, gdyż różnice były nieistotne dla tego efektu. Pozostałe wartości badanej cechy były zbliżone i wynoszą ponad 12 procent. Nie stwierdzono, aby któraś z odmian była bardziej tolerancyjna na ekologiczne warunki uprawy. Zawartość białka w omawianej serii była niższa od pierwszej serii o średnio 0,8 %.

Tabela 12. Wpływ systemu uprawy (S) na zawartość białka (%) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	13,3	14,6	13,9
	Schamane	12,8	13,7	13,3
	Mulan	11,7	14,2	13,0
	Hermann	12,7	14,3	13,5
	Średnia	12,6	14,2	13,4
	NIR _{0,05} dla:	S – 14,3 ; O - n.i. ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	11,6	14,0	12,8
	Adler	12,4	14,1	13,2
	Discus	11,4	13,4	12,4
	Hermann	11,2	13,1	12,2
	Średnia	11,6	13,6	12,6
	NIR _{0,05} dla:	S - 0,61 ; O - n.i. ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

4.2.3. Zawartość glutenu

Z badań przeprowadzonych w latach 2007 – 2008, wynikał brak istotnego wpływu różnych odmian a widoczny był istotny wpływ systemu uprawy na zawartość glutenu (Tab. 4). Ziarno uzyskane w systemie konwencjonalnym charakteryzowało się większymi wartościami badanej cechy w porównaniu z systemem ekologicznym. W obu systemach odmianą, która posiadała najwyższą zawartość glutenu, była odmiana Akteur.

Druga seria doświadczeń wskazywała także istotny wpływ systemów uprawy, natomiast brak znacznego wpływu różnych odmian (Tab. 4). Tak jak w poprzedniej serii, również i tu widoczna była znaczna przewaga wyższej zawartości glutenu w konwencjonalnym sposobie uprawy. Odmianami dla których zawartość glutenu była najwyższa to Akteur i Adler (Tab. 13). Zaś najniższa zawartość tego składnika ziarna charakteryzowała odmianę Hermann. Różnica była co prawda nieistotna, ale stanowiła około 18 % wartości średniej. Brak interakcji pomiędzy wyżej wymienionymi cechami zarówno w pierwszym jak drugim cyklu badawczym.

Tabela 13. Wpływ systemu uprawy (S) na zawartość glutenu (%) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	20,9	33,2	27,0
	Schamane	18,2	29,6	23,9
	Mulan	16,5	31,0	23,7
	Hermann	18,4	31,0	24,7
	Średnia	18,5	31,2	24,8
	NIR _{0,05} dla:	S – 3,87 ; O - n.i. ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	22,3	35,0	28,6
	Adler	23,9	32,9	28,4
	Discus	22,9	31,6	27,2
	Hermann	23,6	24,6	24,1
	Średnia	23,2	31,0	27,1
	NIR _{0,05} dla:	S – 3,07 ; O - n.i. ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

4.2.4. Rozpływalność glutenu

Analiza wariancji w pierwszej serii badań w latach 2007 – 2008 (Tab. 4), wskazywała istotny wpływ systemu uprawy przy braku istotnego wpływu zróżnicowanych odmian. Z tabeli 14 wynika, iż najwyższe wartości omawianej cechy pochodziły z konwencjonalnego systemu uprawy. Najwyższą rozpływalnością w obu systemach charakteryzowała się odmiana Hermann.

W drugiej serii badań, tak jak i w poprzedniej, brak był istotnego wpływu różnych odmian, a widoczny był istotny wpływ systemu uprawy (Tab. 4). Ekologiczny sposób uprawy charakteryzował się mniejszymi wartościami badanej cechy w porównaniu z konwencjonalnym. Najwyższą rozpływalność zaobserwowano u odmiany Hermann w obu analizowanych systemach (Tab. 14).

Tabela 14. Wpływ systemu uprawy (S) na rozpływalność glutenu (mm) odmian (O) pszenicy ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	1,15	1,78	1,46
	Schamane	0,70	3,25	1,98
	Mulan	1,40	3,30	2,35
	Hermann	2,65	5,30	3,98
	Średnia	1,48	3,41	2,44
	NIR _{0,05} dla:	S – 1,77 ; O - n.i. ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	0,65	1,65	1,15
	Adler	0,50	0,65	0,58
	Discus	0,25	1,15	0,70
	Hermann	0,65	1,90	1,28
	Średnia	0,51	1,34	0,93
	NIR _{0,05} dla:	S – 0,68 ; O - n.i. ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

W obu seriach badań nie została stwierdzona interakcja pomiędzy odmianami a stosowanymi w badaniach systemami uprawy. Pomimo różnic występujących pomiędzy systemami uprawy, wszystkie wartości były niewielkie i wskazywały na małą rozpływalność glutenu.

4.2.5. Gluten index

Cecha ta była poddana analizie wariancji tylko w drugiej serii badań przeprowadzonych w latach 2009 – 2010, ponieważ we wcześniejszym okresie Katedra nie dysponowała urządzeniem Gluten Index. Tabela 4 wskazuje na istotny wpływ różnych odmian i brak znaczącego wpływu systemu uprawy. Najwyższym wskaźnikiem charakteryzowała się odmiana Akteur a najniższym odmiana Hermann, w obu badanych systemach (Tab. 15). U pozostałych odmian różnice były nieznaczne a różnica pomiędzy nimi to średnio 5,0 %. Nie stwierdzono interakcji pomiędzy odmianami a stosowanymi w badaniach systemami uprawy. Niezależnie od zastosowanego systemu i porównywanej odmiany gluten można we wszystkich przypadkach ocenić jako mocny.

Tabela 15. Wpływ systemu uprawy (S) na gluten index odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009-2010	Akteur	100,0	100,0	100,0
	Adler	97,0	100,0	98,5
	Discus	92,0	95,0	93,5
	Hermann	86,0	78,5	82,3
	Średnia	93,8	93,4	93,6
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - 13,17 ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

4.2.6. Wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego

W obu seriach badań przeprowadzonych w latach 2007 do 2010 widoczny był istotny wpływ zarówno systemu uprawy jaki i różnych odmian (Tab. 4).

Zastosowanie konwencjonalnej uprawy spowodowało uzyskanie wyższej wartości wskaźnika sedymentacji niż w przypadku uprawy ekologicznej, różnica ta wynosiła 12,8 ml.

Odmiana Akteur charakteryzowała się najwyższym wskaźnikiem sedymentacji, natomiast najniższą odmiana Hermann a różnica pomiędzy nimi wynosiła około 84 % (Tab. 16). W pierwszej serii doświadczeń nie została stwierdzona interakcja pomiędzy odmianami a zastosowanymi sposobami uprawy.

Tabela 16. Wpływ systemu uprawy (S) na wskaźnik sedymentacji (ml) odmian (O) pszenicy ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	29,8	47,4	38,6
	Schamane	24,8	36,3	30,6
	Mulan	19,3	34,0	26,6
	Hermann	17,1	24,9	21,0
	Średnia	22,8	35,6	29,2
	NIR _{0,05} dla:	S – 5,01 ; O – 9,93 ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	16,0	42,1	29,0
	Adler	17,6	39,5	28,5
	Discus	16,0	26,9	21,4
	Hermann	18,6	19,5	19,0
	Średnia	17,0	32,0	24,5
	NIR _{0,05} dla:	S – 2,13 ; O – 4,22 ; S(0) – 4,26		

n.i. – różnica nieistotna

W latach 2009 – 2010 uzyskano również wyższe wartości badanego wskaźnika dla uprawy konwencjonalnej, średnio o 15,0 ml. Została stwierdzona interakcja pomiędzy systemami uprawy a odmianami. Wartość wskaźnika sedymentacji u odmian elitarnych Akteur i Adler, wzrosła odpowiednio o 26 i 21 %. U odmiany jakościowej Discus nastąpił wzrost o około 10 %, gdzie w porównaniu z odmianą pastewną Hermann średnio 1 %.

Najwyższymi wartościami badanej cechy charakteryzowały się odmiany Akteur i Adler, a najniższą odmiana Hermann. Różnice pomiędzy stosowanymi różnymi odmianami kształtowały się na poziomie średnio 40 %.

4.3. CECHY FARINOGRAFICZNE MĄKI

4.3.1. Wodochłonność mąki

W latach 2007 – 2008 zauważalny był istotny wpływ systemu uprawy a także zróżnicowanych odmian (Tab. 4). Odmiana Mulan charakteryzowała się najwyższą wartością a odmiana Hermann najniższą (Tab. 17). Różnice pomiędzy nimi mieściły się w granicach 11 %. Pozostałe badane cechy kształtowały się na podobnym poziomie. Nie została stwierdzona interakcja pomiędzy różnymi odmianami a systemami uprawy.

W drugiej serii badań przy pomocy analizy wariancji, stwierdzono istotny wpływ różnych odmian, natomiast brak był znaczącego wpływu systemu uprawy (Tab. 4). Zbliżonymi wartościami omawianej cechy charakteryzowały się odmiany Akteur i Adler a najniższa wartość została zaobserwowana u odmiany Hermann (Tab. 17). Występująca różnica pomiędzy nimi kształtowała się na poziomie 11 %. W latach 2009 – 2010 została stwierdzona interakcja pomiędzy różnymi odmianami przy czym brak był interakcji pomiędzy systemami uprawy.

Tabela 17. Wpływ systemu uprawy (S) na wodochłonność mąki odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	61,6	64,3	62,9
	Schamane	60,8	63,9	62,3
	Mulan	61,6	65,8	63,7
	Hermann	56,5	58,4	57,4
	Średnia	60,1	63,1	61,6
	NIR _{0,05} dla:	S – 1,67 ; O - 3,32 ; S(O) – n.i.		
2009-2010	Akteur	52,8	56,2	54,5
	Adler	53,6	55,1	54,3
	Discus	52,4	54,7	53,5
	Hermann	49,4	48,7	49,0
	Średnia	52,0	53,7	52,8
	NIR _{0,05} dla:	S - n.i. ; O - 3,33 ; S(O) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

4.3.2. Czas rozwoju ciasta

Obie serie badań wykazywały istotny wpływ systemu uprawy przy jednoczesnym braku istotnego wpływu zróżnicowania odmian (Tab. 4). Nie stwierdzone zostały również interakcje pomiędzy systemem uprawy a odmianami. Wyższe wartości czasu rozwoju ciasta zostały zaobserwowane przy konwencjonalnym systemie uprawy w porównaniu z ekologicznym (Tab. 18).

W latach 2007 – 2008 najwyższą wartością badanej cechy charakteryzowała się odmiana Akteur, natomiast najniższą odmiana Schamane przy różnicy między nimi około 73 % (Tab. 18). Pozostałe odmiany Mulan i Hermann kształtowały się na po podobnym poziomie.

W drugiej serii badań odmiana Adler miała najwyższą wartość omawianej cechy a najniższą odmiana Hermann (Tab. 18). Natomiast odmiany Akteur i Discus charakteryzowały się zbliżonymi wartościami przy różnicy na poziomie nieco powyżej 3 %.

Tabela 18. Wpływ systemu uprawy (S) na czas rozwoju ciasta (min) odmian (O) pszenicy ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	0,56	2,34	1,46
	Schamane	0,60	1,09	0,84
	Mulan	0,61	1,69	1,15
	Hermann	0,68	1,35	1,01
	Średnia	0,61	1,62	1,11
	NIR _{0,05} dla:	S – 0,41 ; O - n.i. ; S(0) – n.i.		
2009-2010	Akteur	1,65	3,10	2,38
	Adler	1,85	3,25	2,55
	Discus	1,70	2,90	2,30
	Hermann	1,20	1,25	1,23
	Średnia	1,60	2,63	2,11
	NIR _{0,05} dla:	S – 0,77 ; O - n.i. ; S(0) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

4.3.3. Stabilność ciasta

W doświadczeniach przeprowadzonych w latach 2007 – 2010, na które składały się dwie serie badań, stwierdzono istotny wpływ zarówno różnych odmian jak i systemu uprawy, co przedstawia tabela 4. Stwierdzona została także interakcja pomiędzy systemami uprawy a różnymi odmianami. W obu seriach badań najwyższe wartości badanej cechy zostały zaobserwowane przy konwencjonalnym sposobie uprawy.

W latach 2007 – 2008 odmiana Akteur wykazywała najwyższe wartości, gdzie odmiana Hermann najniższą przy różnicy między nimi około 70 % (Tab. 19). Najwyższą stabilnością ciasta charakteryzowała się odmiana Adler, natomiast tak jak w poprzedniej serii najniższą odmiana Hermann .

Tabela 19. Wpływ systemu uprawy (S) na stabilność ciasta (min) odmian (O) pszenicy ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	1,30	5,50	3,40
	Schamane	1,11	2,01	1,56
	Mulan	1,00	2,76	1,88
	Hermann	0,68	1,35	1,01
	Średnia	1,02	2,90	1,96
	NIR _{0,05} dla:	S – 0,65. ; O - 1,30 ; S(0) – 1,31		
2009-2010	Akteur	2,35	7,50	4,93
	Adler	2,55	6,00	4,28
	Discus	2,50	4,60	3,55
	Hermann	1,40	1,20	1,30
	Średnia	2,20	4,83	3,52
	NIR _{0,05} dla:	S - 1,15 ; O - 2,28 ; S(0) – 2,30		

n.i. – różnica nieistotna

4.3.4. Stopień rozmiękczenia ciasta po 10 min

W pierwszej serii doświadczeń analiza wariancji badanej cechy wykazywała istotny wpływ systemu uprawy jak i różnych odmian (Tab. 4). Najwyższym stopniem rozmiękczenia charakteryzowała się odmiana Hermann przy najniższym u odmiany Akteur, gdzie różnica między nimi kształtowała się na poziomie ponad 50 % (Tab. 20). Wyższe wartości omawianej cechy stwierdzone zostały w ekologicznym systemie w porównaniu z konwencjonalnym.

W latach 2009 – 2010 najwyższy stopień rozmiękczenia posiadała odmiana Hermann a najniższy odmiany Akteur i Adler, które charakteryzowały się wartościami badanej cechy na takim samym poziomie (Tab. 20). Tak jak w poprzedniej serii badań również system ekologiczny w porównaniu z konwencjonalnym, miał wyższe wartości omawianej cechy.

W latach 2007 – 2010 nie została stwierdzona interakcja pomiędzy systemem uprawy a zróżnicowanymi badanymi odmianami.

Tabela 20. Wpływ systemu uprawy (S) na stopień rozmiękczenia po 10 min (FU) odmian (O) pszenicy ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2007-2008	Akteur	80,0	22,5	51,3
	Schamane	105,0	77,5	91,3
	Mulan	217,5	67,8	97,6
	Hermann	130,0	106,5	118,3
	Średnia	110,6	68,6	89,6
	NIR _{0,05} dla:	S – 20,75 ; O – 41,09 ; S(O) – n.i.		
2009-2010	Akteur	80,0	49,5	64,8
	Adler	77,0	52,5	64,8
	Discus	90,0	65,5	77,8
	Hermann	139,0	128,0	133,5
	Średnia	96,5	73,9	85,2
	NIR _{0,05} dla:	S – 21,33 ; O – 42,24 ; S(O) – n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

4.4. OCENA JAKOŚCIOWA PIECZYWA

Kontrolny wypiek przeprowadzony został tylko w roku 2009 ze względu na niewystarczającą ilość materiału badawczego w pozostałych latach badań. Wyniki przeprowadzonych analiz zawarto w tabelach od 21-30.

Analiza wariacji wyliczona na podstawie wyników uzyskanych z doświadczenia przeprowadzonego w 2009 roku, wykazała istotny wpływ różnych odmian a brak istotnych różnic dla systemu uprawy w przypadku twardości miękiszu (Tab. 21). Stwierdzono jedynie tendencję do uzyskania wyższej wartości przy konwencjonalnym systemie uprawy. Największą wartością badanej cechy charakteryzowała się odmiana Akteur, a najniższą odmiana Hermann. Różnica pomiędzy wartościami wynosiła niecałe 14 %. Sprężystość była kolejną cechą pieczywa podlegającą ocenie (Tab. 22). Na podstawie przeprowadzonego badania sprężystości chleba stwierdzono brak istotnego wpływu systemu uprawy i zróżnicowania odmian. Wartości dla wszystkich wariantów doświadczalnych kształtowały się na jednakowym poziomie. Następnym z parametrów była przylepność. Przeprowadzona analiza statystyczna wypieku kontrolnego wskazała na brak istotnego wpływu systemu uprawy i różnych odmian (Tab. 23). Odmiany elitarnie Akteur i Adler charakteryzowały się najwyższymi wartościami, a najniższa wartość badanej cechy zaobserwowana została u odmiany pastewnej Hermann. Gumiastość pieczywa to kolejna ważna cecha przy ocenie jakości pieczywa. Wyniki badań przeprowadzonych w 2009 roku wskazywały na istotne zróżnicowanie odmian przy braku istotnego wpływu systemu uprawy (Tab. 24). Podobnie jak przy poprzednich omawianych cechach, odmiana Akteur miała najwyższą wartość badanej cechy. Odmiana jakościowa Discus i odmiana pastewna Hermann, charakteryzowały się gumiastością na podobnym poziomie. W przypadku zżuwalności przeprowadzona analiza wariacji wskazywała na istotny wpływ różnych odmian a brak znaczącego wpływu systemu uprawy (Tab. 25). Najwyższą wartość miała odmiana Akteur a najniższą odmiany Discus i Hermann. Różnica pomiędzy odmianami mieściła się w granicach 28 %. Wydajność ciasta jest jednym z ważniejszych parametrów decydujących o jakości produktu piekarskiego. W 2009 roku nie został stwierdzony istotny wpływ systemu uprawy i różnych odmian (Tab. 26). Wartości badanych odmian charakteryzowały się takim samym poziomem. Strata piecowa nie ulegała istotnym zmianom w przypadku stosowania różnych systemów uprawy (Tab. 27). Istotne zróżnicowanie badanej cechy wystąpiło w przypadku odmian. Akteur i Adler wykazywały się najwyższymi wartościami a najniższą odmiana Hermann. Wydajność pieczywa to kolejna cecha pieczywa ważna zwłaszcza dla piekarza. Nie został stwierdzony

istotny wpływ zarówno systemu uprawy i różnych odmian podczas przeprowadzonej analizy wariancji omawianej cechy (Tab. 28). Takie same, najwyższe wartości zostały zaobserwowane u odmian Akteur i Adler, a najniższa u odmiany Hermann. Różnica pomiędzy najwyższą a najniższą wartością wynosiła 2,8 %. Wartości dla straty wypiekowej całkowita przedstawiono w tabeli 29. Nie było tutaj istotnych różnic pomiędzy wariantami badanych czynników, aczkolwiek korzystniejsze wartości stwierdzono w przypadku dwóch pierwszych odmian. Odmiana Hermann miała najwyższą wartość a odmiana Adler – najniższą. Różnica pomiędzy nimi była znaczna i wynosiła około 31 %. Waga chleba nie była istotnie modyfikowana systemami uprawy jak i właściwościami poszczególnych odmian (Tab. 30). Można jednak stwierdzić, że odmiany zaszeregowane do wysokiej klasy jakościowej charakteryzowały się pewną przewagą nad pozostałymi.

Tabela 21. Wpływ systemu uprawy (S) na twardość (N) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009	Akteur	290	369	330
	Adler	217	217	217
	Discus	257	334	295
	Hermann	319	261	290
	Średnia	271	295	283
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 22. Wpływ systemu uprawy (S) na sprężystość odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009	Akteur	1,00	1,00	1,00
	Adler	1,00	1,00	1,00
	Discus	1,00	1,00	1,00
	Hermann	1,00	1,00	1,00
	Średnia	1,00	1,00	1,00
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 23. Wpływ systemu uprawy (S) na przylepność (N·s) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009	Akteur	0,90	0,90	0,90
	Adler	0,90	0,90	0,90
	Discus	0,90	0,80	0,85
	Hermann	0,80	0,80	0,80
	Średnia	0,88	0,85	0,86
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 24. Wpływ systemu uprawy (S) na gumistość odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009	Akteur	307	386	346
	Adler	234	236	235
	Discus	273	334	304
	Hermann	355	256	305
	Średnia	292	303	298
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 25. Wpływ systemu uprawy (S) na zżuwalność odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009	Akteur	298	378	338
	Adler	232	231	232
	Discus	261	319	290
	Hermann	334	244	289
	Średnia	281	293	287
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 26. Wpływ systemu uprawy (S) na wydajność ciasta (%) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009	Akteur	161	161	161
	Adler	161	161	161
	Discus	161	161	161
	Hermann	163	158	160
	Średnia	162	160	161
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 27. Wpływ systemu uprawy (S) na stratę piecową (%) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009	Akteur	6,30	6,60	6,50
	Adler	7,10	5,40	6,30
	Discus	7,80	8,30	8,10
	Hermann	7,60	7,50	7,60
	Średnia	7,20	7,00	7,10
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 28. Wpływ systemu uprawy (S) na wydajność pieczywa (%) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009	Akteur	148	148	148
	Adler	147	150	148
	Discus	146	145	146
	Hermann	146	142	144
	Średnia	146	146	146
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 29. Wpływ systemu uprawy (S) na stratę wypiekową całkowitą (%) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009	Akteur	8,10	8,20	8,20
	Adler	8,70	6,80	7,80
	Discus	9,20	9,50	9,40
	Hermann	10,5	9,90	10,2
	Średnia	9,10	8,60	8,90
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Tabela 30. Wpływ systemu uprawy (S) na wagę pieczywa po 30 min (g) odmian pszenicy (O) ozimej

Lata	Odmiana	System uprawy		Średnia
		Ekologiczny	Konwencjonalny	
2009	Akteur	414	414	414
	Adler	411	420	416
	Discus	409	408	409
	Hermann	410	410	410
	Średnia	411	413	412
	NIR _{0,05} dla:	S – n.i. ; O - n.i.		

n.i. – różnica nieistotna

Analizując wszystkie powyżej omówione cechy można stwierdzić, że uprawa w systemie konwencjonalnym sprzyjała uzyskiwaniu lepszej jakości pieczywa. Również przewaga odmian zaliczanych do najwyższych klas jakości, choć nie była ona udowodniona statystycznie, była zauważana dla większości cech chleba. Istotność efektów w analizie wariancji dla cech jakościowych pieczywa z 2009 roku, przedstawione zostały w tabeli 31.

Tabela 31. Istotność efektów w analizie wariancji dla cech jakościowych pieczywa w 2009 roku

Cechy	Istotność		Średnia
	S	O	
Waga pieczywa po 30 min (g)	-	-	412
Twardość (N)	-	*	308
Sprężystość	-	-	1,0
Przylepność (N x s)	-	-	0,86
Gumiastość	-	*	223
Zżuwalność	-	*	312
Wydajność ciasta (%)	-	-	161
Strata piecowa (%)	-	*	7,10
Wydajność pieczywa (%)	-	-	146
Strata wypiekowa całkowita (%)	-	*	8,90

- efekt nieistotny, * efekt istotny, ** efekt wysoceistotny,

4.5. OCENA ORGANOLEPTYCZNA OTRZYMANEGO PIECZYWA

Ocena organoleptyczna pieczywa powstałego z mąki pochodzącej z dwóch różnych systemów uprawy (konwencjonalnego, ekologicznego), przeprowadzona została tylko na materiale pochodzącym z 2009 roku. Jej rezultaty przedstawione są w tabeli 32. Wyższe wartości badanych cech zostały stwierdzone w pieczywie uzyskanym z mąki konwencjonalnej, aczkolwiek różnice te były niewielkie. W obu systemach gospodarowania, najlepszą oceną organoleptyczną wyróżniała się odmiana elitarna Akteur, gdzie różnica pomiędzy systemami wynosiła około 22 procent. Odmiana paszowa Hermann charakteryzowała się najsłabszą oceną organoleptyczną, o wartości 37 punktów w systemie konwencjonalnym i 36 punktów w ekologicznym.

Tabela 32. Ocena organoleptyczna pieczywa otrzymanego z mąki pochodzącej z różnych systemów uprawy

	SKÓRKA					MIĘKISZ					
System Odmiana	Wygląd zewnątrzny	Barwa	Grubość	Cechy pozostałe	Elastyczność	Porowatość	Pozostałe cechy	Smak i zapach	Suma	+ 8 pkt.	
Konwencjonalne											
Akteur	5	4	5	5	4	5	5	3	36	44	
Adler	4	4	4	4	5	4	4	3	32	40	
Discus	3	4	5	4	5	3	4	3	31	39	
Hermann	4	4	2	3	4	4	4	4	29	37	
Ekologiczne											
Akteur	3	3	4	3	3	5	4	3	28	36	
Adler	3	3	4	3	4	5	4	4	30	38	
Discus	4	4	4	4	4	3	3	3	29	37	
Hermann	4	5	3	4	3	3	3	3	28	36	

skala 1 – 5 pkt.

4.6. ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ BIAŁKA W ZIARNIE A CECHAMI JAKOŚCIOWYMI ZIARNA I MĄKI

Zawartość białka w ziarnie jest jednym z ważniejszych wyznaczników wartości wypiekowej pszenicy. Ale oprócz jego ilości równorzędne znaczenie ma jego jakość. Zbiór danych z lat 2007-2010 podzielono na 2 grupy – konwencjonalny system uprawy i ekologiczny system uprawy. Z przedstawionych w tab. 28 wynika, że w systemie konwencjonalnym wszystkie cechy (za wyjątkiem rozpuszczalności glutenu) były dodatnio skorelowane z zawartością białka. Wysokie wartości współczynników korelacji (w większości przypadków przekraczające 0,8 oraz statystycznie udowodnione na poziomie 0,001) świadczą o silnym związku cech jakościowych z zawartością białka w ziarnie. Oznacza to, że zmiany badanych cech jakościowych spowodowane są od 60 do 70 % przez zmiany zawartości białka w ziarnie a tylko w 30 - 40 % innymi przyczynami. W przypadku stosowania uprawy ekologicznej bez nawozów mineralnych (decydująca rolę miało tutaj nawożenie azotem) zależność ta była o wiele słabsza. Istotność zależności na poziomie $p=0,05$ stwierdzono jedynie dla wodochłonności i rozwoju ciasta a na poziomie 0,01 – dla liczby opadania i stabilności ciasta. W pozostałych przypadkach współczynniki determinacji nie przekraczały 20 procent a w większości przypadków nawet 10 %. Współczynniki równania regresji b były znacznie wyższe w przypadku uprawy konwencjonalnej niż ekologicznej co świadczy o lepszej jakości białka, gdyż wzrost wartości zmiennej niezależnej (w tym przypadku białka) o jedną jednostkę powodował znacznie silniejszy wzrost oszacowanych równaniem regresji wartości spodziewanych. Na przykład dla stabilności ciasta wzrost zawartości białka o 1 % powodował wydłużenie czasu stabilności ciasta o 3,77 min. w systemie konwencjonalnym, podczas gdy w systemie ekologicznym wynosił tylko 1,47 min. W przypadku innych cech różnice były jeszcze większe.

Tabela 33. Zależność pomiędzy zawartością białka w ziarnie (x) a cechami jakościowymi ziarna i mąki (y) w latach 2007-2010

System uprawy	Cechy	r	Istotność	r ²	Równanie regresji
Konwencyjnalny	Liczba opadania (s)	0,629	**	39,6	$y = -1268 + 108,67 x$
	Zawartość glutenu (%)	0,802	***	64,3	$y = -65,27 + 7,06 x$
	Rozpływalność glutenu (mm)	0,296	-	8,8	-
	Wskaźnik sedymentacji (ml)	0,806	***	65,0	$y = -159,9 + 14,07 x$
	Wodochłonność mąki (%)	0,840	***	70,6	$y = -37,49 + 6,68 x$
	Czas rozwoju ciasta (min)	0,869	***	75,5	$y = -22,29 + 1,83 x$
	Stabilność cista (min)	0,805	***	64,8	$y = -46,60 + 3,77 x$
	Stopień rozmiękczenia po 10 min (FU)	0,806	***	65,0	$y = 781 - 51,85 x$
Ekologiczny	Liczba opadania (s)	0,624	**	38,9	$y = -541,5 + 70,36 x$
	Zawartość glutenu (%)	0,424	-	17,9	-
	Rozpływalność glutenu (mm)	-0,148	-	2,2	-
	Wskaźnik sedymentacji (ml)	-0,290	-	8,4	-
	Wodochłonność mąki (%)	0,499	*	2,5	$y = 25,83 + 2,25 x$
	Czas rozwoju ciasta (min)	0,523	*	2,7	$y = 0,977 + 0,22 x$
	Stabilność cista (min)	0,726	**	52,7	$y = -14,41 + 1,47 x$
	Stopień rozmiękczenia po 10 min (FU)	-0,340	-	11,6	-

r – współczynnik korelacji; r² – współczynnik determinacji

5. DYSKUSJA

Na przestrzeni ostatnich lat dał się zauważyć dynamiczny wzrost zainteresowania ekologicznym rolnictwem, który stymulowany był w dużej mierze wprowadzeniem w 2004 roku dotacji na produkcję ekologiczną [Komorowska 2006, Judziński 2006, Urban 2006]. Ponadto zwiększyła ostatnio się zarówno świadomość jak i zamożność rozwijającego się społeczeństwa [Stus 2009]. To właśnie ta grupa odpowiedzialna jest za zwiększoną produkcję ekologiczną poprzez zgłaszanie zapotrzebowania na żywności takiego rodzaju.

Rolnictwo ekologiczne wraz z konwencjonalnym i integrowanym, wchodzi w skład systemów gospodarowania, które wymagają odpowiedniej wiedzy w zakresie produkcji roślinnej, zwierzęcej, ochrony środowiska, ekonomii oraz równie ważnej wiedzy społeczno-etycznej. Jako prekursora podstaw gospodarowania ekologicznego stawia się dr Rudolfa Steinera. Austriak ten przedstawił koncepcję wykorzystania składników pochodzenia naturalnego (pochodzenia biologicznego i nieprzetworzonego technologicznie) mających chronić rośliny przed chorobami, ożywić tempo rozwoju roślin oraz zasadę gospodarowania w harmonii z przyrodą [Nowogródzka 2012, Jaczewska-Kaliska 2006]. Na przestrzeni lat koncepcja ta ulegała ewolucji, lecz mimo tego brak było większego zainteresowania takim systemem prowadzenia uprawy.

Rozwój naszej cywilizacji przyczynił się do znacznego unowocześnienia przemysłowego rolnictwa, wprowadzając wiele ułatwień. Jednak daleko posunięta chemizacja w niektórych modelach gospodarowania zaczęła być krytykowana przez przyrodników i ekologów. Spowodowało to chęć poszukiwania takiego rozwiązania, dzięki któremu będzie można prowadzić produkcję zgodnie z zasadami rolnictwa zrównoważonego. Poszukiwania te zaowocowały rozwinięciem się rolnictwa ekologicznego, w którym w porównaniu z konwencjonalnym, naturalne pozostałości poprodukcyjne mogą być cennym surowcem wykorzystanym w następnym procesie produkcji [Żelezik 2009, Sztuder 2007]. Podstawą przy takim sposobie gospodarowania jest rezygnacja ze stosowania chemicznych, syntetycznych środków ochrony roślin i nawozów [Feledyn-Szweczyk 2011, Stalenga i Jończyk 2007, Kuś i in. 2006, Nowak i in. 2005]. Ponadto gospodarstwo ekologiczne powinno znajdować się z dala od źródeł zanieczyszczeń przemysłowych i cywilizacyjnych [Komorowska 2006].

Ekologiczny system produkcji stał się pewną alternatywą dla konwencjonalnego systemu, w którym wykorzystuje się podstawowe dobrze znane zasady, że wartość użytkowa

ziemiopłodów generalnie uzależniona jest od genomu rośliny – to znaczy odmiany. Dodatkowo współdziała ona z siedliskiem oraz czynnikami agrotechnicznymi [Harasim i Wesołowski 2012, Al-Salleh i Brennan 2012, Podolska 2007, Woźniak 2006]. Coraz częściej przedmiotem zaleceń dla praktyki są odmiany charakteryzujące się zróżnicowaną zimotrwałością, jakością technologiczną czy różną reakcją na intensywność produkcji, w tym z przeznaczeniem dla rolnictwa ekologicznego. Jak wiadomo, podstawową różnicę w omawianych systemach gospodarowania, stanowi możliwość bądź jej brak stosowania syntetycznych nawozów, głównie azotowych [Alley i in. 2009, Mazurkiewicz 2005]. W literaturze przedmiotu znaleźć można wiele informacji dotyczących wpływu zastosowanej dawki nawożenia na parametry jakościowe ziarna i mąki [Cacak-Pietrzak i in. 2013, Harasim i Wesołowski 2013, Stankowski i in. 2008, Krejčířová i in. 2007, Kocoń 2005]. Natomiast produkcja ekologiczna stosuje jedynie naturalnego pochodzenia źródła nawozów, a żyzność gleby buduje w oparciu o długofalowe gromadzenie naturalnej substancji organicznej. Dodatkowo bardziej narażona jest na występowanie zagrożeń chorobowych, szkodników roślin czy chwastów, które może minimalizować jedynie naturalnymi substancjami czy prostymi metodami fizycznymi [Weber 2013, Lanc i in. 2011, Kuś i in. 2010, Szmigiel i in. 2006].

Dynamiczny rozwój rolnictwa na świecie i w Polsce znacząco wpłynął na postęp technologiczny w młynarstwie. Skupiono się na poszukiwaniu rozwiązań, które spowodowałyby szybszą produkcję poprzez jej zautomatyzowanie [Jankiewicz 2005]. W młynarstwie i piekarnictwie zaczęto zwracać szczególną uwagę na jakość technologiczną ziarna i mąki przeznaczoną na dalszą produkcję. Bardzo ważne jest, aby ziarno, które zostało przeznaczone na cele konsumpcyjne, charakteryzowało się prawidłową wartością technologiczną, na którą składa się wartość wypiekowa i przemiałowa. Zróżnicowanie jakości technologicznej mąki wynika ze zróżnicowanej jakości pozyskanego surowca, co stwarza możliwości wytwarzania szerokiej gamy produktów piekarskich [Abramczyk i Miłosz 2005].

Przy ocenie technologicznej ziarna i mąki stosuje się proste i szybkie w oznaczaniu wskaźniki, które można podzielić na fizyczne (masa tysiąca ziaren, gęstość w stanie zsylnym, frakcje ziarna), jakościowe (liczba opadania, liczba sedymentacji, zawartość glutenu i jego rozpuszczalność, gluten index) i farinograficzne (wodochłonność mąki, czas rozwoju ciasta, stabilność, stopień rozmiękczenia) [Podolska 2007, Kocoń 2005]. Dodatkowo wartość wypiekową mąki ocenia się na podstawie kontrolnego wypieku laboratoryjnego [Smetanová i Lasko-Bartošová 2012].

Przeprowadzone badania własne nad wpływem systemu uprawy na jakość technologiczną ziarna i mąki odmian pszenicy ozimej wskazują na małe zróżnicowanie cech fizycznych ziarna. Masa tysiąca ziaren pszenicy nieznacznie korzystniej kształtowała się w systemie konwencjonalnym niż w ekologicznym. Na podobną prawidłowość wskazują wyniki badań Makowskiej i in. [2008] oraz Mazurkiewicza [2005]. Wyniki wcześniejszych badań Waclawowicza i in. [2005] wskazują na brak istotnego wpływu systemu uprawy na badaną cechę. Natomiast Stankowski i in. [2008], zanotowali spadek masy tysiąca ziaren pod wpływem zwiększonej dawki azotu. Kasprzak i Wirkijowska [2013] udowodnili, iż przy obniżonej zawartości masy tysiąca ziaren w systemie gospodarowania ekologicznego, następuje spadek parametrów przemiałowych ziarna. Dlatego określenie tego parametru stało się ważną cechą pszenicy ozimej, która wskazuje jej przydatność dla przemysłu spożywczego.

Ważnym wskaźnikiem jakościowym, stosowanym w laboratoriach badawczych, który charakteryzuje dorodność ziarna, jest gęstość ziarna w stanie zsypanym [Kasprzak i Wirkijowska 2013]. Cecha ta nieco korzystniej kształtowała się w pierwszej serii badań w ziarnie z systemu konwencjonalnego, natomiast w drugiej serii korzystniej w ziarnie z systemu ekologicznego, lecz nie stwierdzony został istotny wpływ systemu uprawy na omawiany parametr. Wartości gęstości ziarna w stanie zsypanym były nieco wyższe w przeprowadzonych badaniach własnych niż uzyskane przez Cacak-Pietrzak i in. [2013] oraz Makowską i in. [2008]. Wyższe wyniki tej cechy zaobserwowano w badaniach przeprowadzonych przez Webera [2013]. Odmiany elitarne i jakościowe wykazywały wyższą wartość omawianej cechy w porównaniu z pozostałymi, należącymi do niższej klasy. Analogiczną sytuację przedstawia w swoich badaniach Kasprzak i Wirkijowska [2013].

Wyniki z drugiej serii badań wskazują na brak zróżnicowania wielkości ziarna (frakcje ziarna) pod wpływem badanych systemów uprawy. W większości frakcji (< 2,2; 2,2-2,5; 2,5-2,8 mm) stwierdzono wyższe wartości w drugiej serii badań. Wyjątek stanowiła frakcja > 2,8 mm, gdzie w latach 2007-2008 zanotowano wyższe wartości. Podobną zależność przedstawiają wyniki badań Waclawowicza i in. [2005].

Cechy jakościowe ziarna i mąki ulegają znacznie większym zmianom pod wpływem czynników agrotechnicznych, spośród których największe znaczenie ma nawożenie azotem [Knapowski i in. 2010, Rachoń i Szumiło 2009, Stankowski i in. 2008, Kuś i in. 2005]. W badanych systemach uprawy największą różnicę stanowi brak nawożenia azotem mineralnym w systemie ekologicznym w porównaniu z konwencjonalnym.

Istotnym wskaźnikiem wartości technologicznej ziarna i mąki, jest liczba opadania określająca aktywność α – amylazy [Cacak-Pietrzak i in. 2014, Al-Saleh i Brennan 2012,

Rachoń i Szumiło 2009, Krawczyk i in. 2008b, Mazurkiewicz 2005]. Gwarancją uzyskania mąki o dobrej jakości technologicznej, jest wartość liczby opadania kształtująca się w granicach 200 – 300 sekund (średnia aktywność amylolityczna) [Cacak-Pietrzak i in. 2014, Mazurkiewicz 2005]. Wartości badanej cechy, w większości przypadków, mieściły się w tym przedziale. Wyjątek stanowiła w drugiej serii badań, odmiana Hermann (paszowa), z wynikiem 177 sekund. Podobną aktywność amylolityczną zaobserwowano w literaturze [Cacak-Pietrzak i in. 2014, Stępniewska 2013, Ceglińska i in. 2012, Knapowski i in. 2010, Krawczyk i in. 2008b, Ceglińska 2006, Podolska i in. 2005b]. Wyższe wartości, które mogą świadczyć o klasyfikowaniu ziarna pszenicy do grupy elitarnej (powyżej 300 sekund), wskazują badania przeprowadzone przez Murawską i in. [2014], Webera [2013], Al-Saleh i Brennan [2012] oraz Krawczyka i in. [2008a]. W badaniach własnych, tylko odmiana Akteur w obu seriach badań charakteryzowała się wartością powyżej 300 sekund. Natomiast niską aktywność α – amylazy zaobserwowano w badaniach Dojrzewa i in. [2004], którzy udowodnili, iż wraz ze wzrostem porostania ziarna obniża się wskaźnik liczby opadania i zawartość białka w badanym ziarnie pszenicy. Badania własne wskazują brak istotnego wpływu systemu uprawy na wartość liczby opadania. Podobną zależność zaobserwował w swoich badaniach Weber [2013].

Zawartość białka, jak powszechnie wiadomo, kształtowana jest głównie poprzez różnicowanie dawek nawozów azotowych, ale dotyczy to jedynie systemu konwencjonalnego. W systemie ekologicznym obok nawozów naturalnych i organicznych ważnym elementem będzie miejsce uprawianej rośliny w zmianowaniu. Powszechnie w literaturze podkreśla się dobroczynny wpływ przedplonów i międzyplonów z roślin bobowatych w dalszej kolejności okopowych. Równie ważnym aspektem dla rozwoju żyzności gleby jest utrzymywanie odpowiedniego odczynu gleby oraz pobudzanie życia mikrobiologicznego poprzez stosowanie biopreparatów [Tyburski i Żakowska-Biemans 2007, Woźniak 2006, Siebeneicher 1997].

Dane literaturowe wskazują istotny wpływ zawartości białka ogółem na wartość technologiczną ziarna i mąki [Cacak-Pietrzak i in. 2013, Knapowski i in. 2010, Rachoń i Szumiło 2009, Stankowski i in. 2008, Krejčířová i in. 2007, Kocoń 2005, Khalil i in. 2002]. Przeprowadzone badania własne potwierdzają istotny wpływ systemu uprawy na zawartość białka, zawartość glutenu mokrego oraz jego rozplýwalność, natomiast nie stwierdzono znaczącego wpływu testowanych odmian. Krejčířová i in. [2007] oraz Kihlberg i in. [2004] uzyskali zawartość białka na poziomie 14,3 % w badanym ziarnie, które pochodzi z ekologicznego sposobu gospodarowania. Mąka uzyskana z takiego ziarna spełnia kryteria

odpowiedniej do celów wypiekowych. W przeprowadzonych badaniach własnych stwierdzone zostały wyższe zawartości białka (w tym glutenu i jego rozpuszczalność) przy konwencjonalnym systemie uprawy w porównaniu z ekologicznym. Zwiększona dawka nawożenia azotowego, w systemie konwencjonalnym, spowodowała wyższą zawartość białka w badanym ziarnie w obu seriach badań, przy czym lata 2009 - 2010 wykazywały nieco niższe wartości omawianych cech, za wyjątkiem zawartości glutenu, który był wyższy o średnio 9 % w drugiej serii badań. Wyższą zawartość białka w systemie konwencjonalnym (powyżej 15%), stwierdzili również w swoich badaniach Kuś i in. [2010] oraz Waclawowicz i in. [2005]. Według Cacak-Pietrzak i in. [2014], odnotowana zawartość białka powyżej 14%, wpływa korzystnie na proces powstawania ciasta i wypiek pieczywa. Według Murawskiej i in. [2014], im wyższa zawartość glutenu w ziarnie, tym jest ono lepszym surowcem do produkcji mąki, z której powstaje pieczywo.

Wartość wskaźnika sedymentacji charakteryzuje zarówno ilość i jakość kompleksu białkowego, który odpowiedzialny jest za odpowiednią strukturę pieczywa [Knapowski i in. 2009]. Według Murawskiej i in. [2014] oraz Podolskiej i in. [2007], im wyższy jest wskaźnik sedymentacji, tym więcej w analizowanej mące białek glutenowych, a zwłaszcza wysokocząsteczkowej gluteniny, która korzystnie wpływa na wartość wypiekową mąki. Badania własne wskazują istotny wpływ systemu uprawy na wartość liczby Zeleny'ego. Wartości badanej cechy w obu seriach badań kształtowały się na poziomie świadczącym o dostatecznej jakości ziarna (pszenica chlebowa), przy czym nieznacznie wyższe wartości przedstawia pierwsza seria badań. Podobne wartości wskaźnika sedymentacji uzyskali w swoich badaniach Cacak-Pietrzak i in. [2014], Ceglińska i in. [2012], Knapowski i in. [2010]. Murawska i in. [2014] oraz Krawczyk i in. [2008b], które świadczą o dobrej jakości mąki. Woźniak [2006] na podstawie przeprowadzonych analiz, stwierdził zawartość badanego wskaźnika na poziomie powyżej 50 cm³, co klasyfikuję taką mąkę do bardzo dobrej jakości. Natomiast Mazurkiewicz [2005] oraz Krawczyk i in. [2008a] uzyskali niższe wyniki, w porównaniu z badaniami własnymi, zarówno przy konwencjonalnym jak i ekologicznym sposobie gospodarowania na korzyść konwencjonalnego. Stankowski i in. [2008] oraz Kocoń [2005] udowodnili w badaniach, że wraz ze wzrostem dawki azotu podczas nawożenia ziarna pszenicy ozimej, wzrasta współczynnik liczby sedymentacji.

Urządzeniem za pomocą, którego określana jest wodochłonność oraz cechy reologiczne ciasta, jest farinograf Brabendera [Abramczyk i Miłosz 2005]. Przy określaniu cech farinograficznych ciasta pszennego pomagają nam wskaźniki takie jak: wodochłonność mąki, czas rozwoju ciasta, stabilność ciasta i stopień rozmiękczenia [Dobraszczyk

i Morgenstern 2003]. W obu seriach badań własnych uzyskano wyższe wartości cech w systemie konwencjonalnym w porównaniu z ekologicznym. Wyjątek stanowi stopień rozmiękczenia, gdzie w ekologicznym systemie uprawy uzyskano wyższe wartości niż w konwencjonalnym. Z wykonanych badań własnych wynika, iż wybór systemu uprawy wraz z różnymi odmianami istotnie wpływają na cechy reologiczne ciasta uzyskanego z ziarna pszenicy ozimej. W przeprowadzonych badaniach własnych uzyskano wodochłonność w granicach 53,7 – 63,7 % w systemie konwencjonalnym. Dane literaturowe podają podobne wartości omawianej cechy [Stępniewska 2013, Al-Saleh i Brennan 2012, Krawczyk in. 2008b, Krawczyk i in. 2008a]. Wyższe wartości omawianej cechy, w porównaniu z badaniami własnymi w systemie konwencjonalnym, uzyskali Podolska i in. [2005b] oraz Kocoń [2005]. Odwrotną zależność zaobserwowali Cacak-Pietrzak i in. [2014], gdzie na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono wyższą wodochłonność mąki pochodzącą z ekologicznej uprawy. W literaturze znaleźć można informację na temat wyższych wartości czasu rozwoju i stabilności ciasta, w porównaniu z uzyskanymi w badaniach własnych [Krawczyka i in. 2008b]. Natomiast Krawczyk i in. [2008b] oraz Podolska i in. [2005b] uzyskali w ziarnie pszenicy ozimej niższy stopień rozmiękczenia.

Charakterystyka omawianych powyżej cech fizycznych, jakościowych i reologicznych, pozwala określić jakość mąki pszennej wraz z jej potencjalną wartością wypiekową. Jednak może zdarzyć się tak, że przy dobrych właściwościach, dana mąka jest słabym surowcem w przemyśle piekarskim. Próbnny wypiek kontrolny pokazuje pełen obraz wartości wypiekowej mąki. Na podstawie przeprowadzonych badań własnych nie stwierdzono istotnego wpływu systemu uprawy i zróżnicowania odmian na wagę pieczywa, sprężystość, przylepność, wydajność ciasta oraz wydajność pieczywa. Natomiast zaobserwowano znaczący wpływ odmian na twardość, gumistość, zżuwalność i stratę piecową. W badaniach przeprowadzonych przez Krawczyka i in. [2008b], stwierdzona została niższa wydajność pieczywa w porównaniu z uzyskanymi badaniami własnymi, a wyższą stratę piecową uzyskał w swoich badaniach Krawczyk i in. [2008a]. Podobne wartości wydajności pieczywa zaobserwowano u Cacak-Pietrzak i in. [2014].

Najważniejszymi czynnikami, które decydują o wyborze pieczywa przez konsumenta, są jego zapach i smak, a w następnej kolejności dopiero porowatość czy elastyczność [Kihlberg i in. 2004]. Dlatego też zalecane jest przeprowadzenie oceny organoleptycznej skórki i miększu otrzymanego pieczywa, przy pomocy skali punktowej. Na podstawie przeprowadzonych badań własnych pieczywo powstałe z ziarna pszenicy konwencjonalnej, posiadało wyższą ocenę niż ekologiczne. Zbliżone wartości oceny organoleptycznej pieczywa

pochodzącego z produkcji ekologicznej, zaobserwowano w publikacji Cacak-Pietrzak i in. [2014]. Natomiast Krawczyk i in. [2008a] w swoich badaniach, uzyskali niższe wartości, w porównaniu z badaniami własnymi, w chlebie z produkcji konwencjonalnej. Biorąc pod uwagę ocenę sumaryczną cech organoleptycznych pieczywa, odmiany elitarnie i jakościowe charakteryzowały się największymi wartościami. Powyższe badania pozwalają stwierdzić, iż wybór pieczywa przez potencjalnego klienta, uzależniony jest przede wszystkim od wyglądu zewnętrznego wyrobu, ale również zapach i smak ma decydujące znaczenie.

W dostępnej literaturze, znaleźć można informację na temat istotnego zróżnicowania odmian pod względem cech jakościowych – czynnik genetyczny odgrywa w tym przypadku dużą rolę [Cacak-Pietrzak i in. 2014, Kihlberg i in. 2004].

W obrębie przeprowadzonych badań własnych, niezależnie od systemu uprawy: konwencjonalnego czy ekologicznego, zarówno cechy fizyczne ziarna jak i wskaźniki jakości technologicznej świadczą na korzyść odmiany Akteur. Odmiana ta należy do grupy elitarniej / jakościowej odmian chlebowych pszenicy. Natomiast wyraźnie gorszymi wskaźnikami, w przeprowadzonych badaniach, charakteryzowała się odmiana Hermann, należąca do grupy pszenic paszowych.

Istotnym zagadnieniem w ocenie jakości jest czy poszczególne odmiany z różnych grup jakości reagują podobnymi zmianami na stosowane systemy uprawy. Według badań przeprowadzonych przez Cacak-Pietrzak i in. [2014], odmiany o wyższej klasie jakości (elitarnie i jakościowe), charakteryzują się wyższą jakością technologiczną. Z analizy uzyskanych rezultatów wynika, że w przypadku większości cech reakcja ta była podobna. Zróżnicowaną reakcję stwierdzono w obu seriach dla następujących cech: wskaźnik sedymentacji i stabilność ciasta. Zwłaszcza stabilność ciasta jest ważna, gdyż wskazuje na większą tolerancję na mieszanie. Wyniki dość jednoznacznie wskazują, że w przypadku odmian zaliczonych do wyższych klas jakości – elitarna i jakościowa – następuje znaczący wzrost wartości badanych cech. W materiale uzyskanym z konwencjonalnego systemu uprawy w porównaniu z ekologicznym, jeśli dotyczy odmian chlebowych, różnica jest znacznie mniejsza, zaś w przypadku odmian z grupy C – różnic nie było. Świadczy to o fakcie, że poprawę jakości uzyskujemy dla wybranych cech tylko w przypadku odmian dobrych a w przypadku słabych nie [Stępniewska 2015, Murawska i in. 2014]. Powyższa prawidłowość znajduje swoje potwierdzenie w analizie zależności pomiędzy zawartością białka a poszczególnymi cechami jakościowymi. Spośród ośmiu wybranych cech siedem z nich było dodatnio skorelowane z zawartością białka na poziomie wysoce istotnym lub bardzo wysoce istotnym w przypadku uprawy konwencjonalnej. Współczynniki determinacji

r^2 kształtowały się na poziomie od 39 do 76 %. W przypadku uprawy ekologicznej statystycznie udowodnione były tylko 3 zależności, a współczynniki determinacji były na znacznie niższym poziomie. Można na tej podstawie wywnioskować, że zwiększona zawartość białka ma związek z poprawą jakości surowca, czego nie można stwierdzić w warunkach uprawy ekologicznej.

Uprawa w systemie ekologicznym niesie za sobą nie tylko niższą wartość wypiekową ale ze względu na brak zwalczania chorób grzybowych ziarno może być porażone szkodliwymi substancjami (mikotoksynami) jak zearalenon czy deoksyniwalenolu DON [Weber 2013, Lenc i in. 2011, Selwet 2009, Bottalico i Perrone 2002]. Powodują one niekorzystnie straty w rolnictwie, zmniejszając jakość plonu ziarna. Czy jest więc możliwe uzyskiwanie wartościowego ziarna w systemie ekologicznym? Jest to możliwe, jednak wymaga długotrwałego procesu budowania żyzności gleby. Najczęściej w procesie tym wymienia się podstawową rolę płodozmianu, w którym często występują rośliny bobowate w siewie jako roślina główna lub w poplonach czy międzyplonach. Następnie wskazuje się istotną rolę nawożenia naturalnego i organicznego, jeśli w gospodarstwie obok produkcji roślinnej występuje produkcja zwierzęca. Do nawożenia w rolnictwie ekologicznym obok wymienionych nawozów, dopuszczone są również naturalne składniki mineralne (rozdrobnione mechanicznie skały osadowe: kreda, margiel czy skały krystaliczne lub wulkaniczne: bazalty, granity i gnejsy) oraz wodorosty. Równie cennym krokiem w podnoszeniu żyzności gleby jest stosowanie różnego rodzaju mikroorganizmów (w postaci biopreparatów dedykowanych dla rolnictwa ekologicznego: EM – efektywne mikroorganizmy, UG max – użyźniacz glebowy). Natomiast do ochrony roślin mogą być stosowane dostępne na rynku biopreparaty [Tyburski Żakowska-Biemans 2007, Woźniak 2006, Siebeneicher 1997]. Proces ten może trwać od kilku do kilkunastu lat i nie gwarantuje całkowitego sukcesu, to znaczy osiągnięcia wskaźników jakości technologicznej ziarna pszennego i jego przetworów na podobnym poziomie jak przy systemie konwencjonalnym.

6. WNIOSKI

1. Zastosowanie konwencjonalnego i ekologicznego systemu uprawy nie miało znaczącego wpływu na cechy fizyczne ziarna pszenicy ozimrej. Istotne różnice stwierdzono jedynie w przypadku masy 1000 ziaren. Zastosowanie konwencjonalnego systemu spowodowało uzyskanie większej dorodności ziarna, średnio z dwóch serii badań o około 10 procent.

2. Nie stwierdzono interakcji pomiędzy badanymi odmianami, zaklasyfikowanymi do czterech grup jakości (E, A, B, C), a systemami uprawy, co oznacza że zmiany wartości badanych cech fizycznych ziarna pod wpływem systemu uprawy były podobne, niezależnie od klasy jakości ziarna.

3. Ziarno pszenicy uzyskane z konwencjonalnego systemu uprawy charakteryzowało się lepszą jakością niż ziarno z systemu ekologicznego. Istotnie wyższe wartości uzyskano dla wszystkich cech jakościowych od zawartości białka do rozpuszczalności glutenu. Wyjątkiem w obu seriach doświadczeń była liczba opadania, dla której nie stwierdzono istotnych różnic. Zmiany wartości liczby opadania generalnie nie są związane z oddziaływaniem czynników agrotechnicznych, a zależą od właściwości odmianowych, będących efektem genotypu oraz warunków pogodowych.

4. Cechy farinograficzne podlegały również znaczącemu wpływowi zastosowania zróżnicowanych systemów uprawy. Wyjątek stanowiła wodochłonność mąki w drugiej serii badań (lata 2009 – 2010), gdzie nie stwierdzono statystycznie udowodnionej różnicy.

5. W przypadku próbnego wypieku, wykonanego tylko w jednym roku w drugiej serii badań, nie stwierdzono istotnego wpływu systemów na parametry pieczywa. Wystąpiła jednak tendencja do uzyskiwania lepszych parametrów w systemie konwencjonalnym niż ekologicznym.

6. Pieczywo uzyskane z mąki pochodzącej z uprawy konwencjonalnej charakteryzowało się wyższymi wartościami oceny organoleptycznej w porównaniu z uprawą ekologiczną, przez co dla potencjalnego konsumenta stanowi produkt lepszej jakości.

7. Na podstawie wyliczonych wartości współczynników korelacji, współczynników determinacji oraz współczynników regresji dla wyników podzielonych na dwie grupy (system konwencjonalny i system ekologiczny) można stwierdzić, że w przypadku pierwszej grupy stwierdzono statystycznie udowodnioną zależność pomiędzy zawartością białka a cechami jakościowymi, natomiast w przypadku wyników drugiej grupy zależności są istotne tylko

w trzech przypadkach i wartości współczynników świadczących o zależności są znacznie niższe.

8. W większości przypadków dla ocenianych cech fizycznych, jakościowych, farinograficznych i próbnego wypieku nie stwierdzono interakcji pomiędzy systemami uprawy

a badanymi odmianami. Wystąpiła ona jedynie w wskaźniku sedymentacji i stabilności ciasta. W przypadku tych dwóch cech świadczy to o silniejszym wzroście ich wartości, pod wpływem systemu konwencjonalnego w porównaniu z ekologicznym, u odmian zakwalifikowanych do klas E i A niż B. Odmiana klasy C charakteryzowała się najniższymi wartościami niezależnie od systemu uprawy .

9. Analizując wyniki z dwóch serii badawczych - łącznie 4 lata – można stwierdzić, że odmiana klasy elitarniej Akteur charakteryzowała się najlepszą jakością ziarna i mąki, a odmiana paszowa Hermann – najslabszą.

STRESZCZENIE

Tytuł: Wpływ systemów uprawy na jakość ziarna i mąki odmian pszenicy ozimej.

Celem pracy było określenie, w jakim stopniu analizowane systemy gospodarowania, ekologiczny i konwencjonalny, miały wpływ na wartość technologiczną ziarna pszenicy ozimej oraz czy zróżnicowanie odmian miało wpływ na wybór systemu gospodarowania i stosowanych zabiegów agrotechnicznych.

Cel badawczy pracy realizowano poprzez przeprowadzenie analiz laboratoryjnych na próbach ziarna pszenicy ozimej różnych odmian pochodzących z Krajowego Ośrodka Badawczego Meklemburgii i Pomorza – Przedniego (LFA) w miejscowości Gülzow. Badania zostały podzielone na dwie serie: w latach 2007 - 2008 na odmianach pszenicy ozimej: Akteur, Mulan, Hermann i Schamane oraz w latach 2009 - 2010 na odmianach pszenicy ozimej: Akteur, Adler, Discus i Hermann. Głównym kryterium, przy wyborze poszczególnych odmian pszenicy ozimej, była ich przynależność do danej grupy wartości technologicznej.

Zakres badań laboratoryjnych obejmował ocenę wpływu systemów gospodarowania na cechy fizyczne (masę tysiąca ziaren, gęstość w stanie zsypanym, frakcje ziarna), jakościowe (liczba opadania, zawartość białka, zawartość glutenu, rozpuszczalność glutenu, gluten index, wskaźnik sedymentacji) oraz farinograficzne (wodochłonność mąki, czas rozwoju ciasta, stabilność ciasta, stopień rozmiękczenia ciasta po 10 min). Dodatkowo z prób pochodzących z 2009 roku przeprowadzony został kontrolny wypiek laboratoryjny, po czym określone zostały takie parametry jak: wydajność ciasta, strata piecowa, wydajność pieczywa, strata wypiekowa całkowita, waga pieczywa po 30 min. Wykonana została również analiza profilu tekstury i właściwości reologicznych pieczywa (twardość, sprężystość, przylepność, gumistość, zżuwalność). Ponadto wyprodukowane pieczywo zostało poddane punktowej ocenie organoleptycznej. Oceniono również, które odmiany pszenicy ozimej, należące do różnych grup wartości technologicznej, reagują bardziej na zmianę systemu gospodarowania.

Z wykonanych badań wynika, iż zastosowanie konwencjonalnego czy ekologicznego gospodarowania nie miało znaczącego wpływu na cechy fizyczne ziarna. Ziarno pszenicy pochodzące z konwencjonalnego systemu, charakteryzowało się lepszą jakością niż z ekologicznego. Oddziaływanie systemu uprawy (konwencjonalnej, ekologicznej), wedle przeprowadzonych doświadczeń, nie wpływało na zmiany wartości liczby opadania. Wartość badanej cechy zależała od właściwości odmianowych, będących efektem genotypu oraz przebiegu pogody. Spośród badanych cech farinograficznych, jedynie w przypadku

wodochłonności mąki nie stwierdzono statystycznie udowodnionej różnicy pomiędzy uprawami. Pieczywo powstałe z mąki pochodzącej z gospodarowania konwencjonalnego wyróżniało się wyższymi wartościami oceny organoleptycznej w porównaniu z ekologiczną, przez co dla potencjalnego konsumenta stanowi produkt lepszej jakości. Analizując wyniki z dwóch serii badawczych (łącznie 4 lata) można stwierdzić, że odmiana klasy elitarniej Akteur charakteryzowała się najlepszą jakością ziarna i mąki, a odmiana paszowa Hermann – najslabszą.

ABSTRACT

Title: The influence of cultivation systems on quality of grain and flour of winter wheat cultivars

The aim of the study was to determine to what degree the analyzed farming systems, organic and conventional, influenced on the technological quality of winter wheat and whether such different types had an influence on the choice of the management system and used agrotechnical methods.

The aim of the research was carried out by conducting laboratory analysis on samples of winter wheat grain from different cultivars obtained from the National Research Center of Mecklenburg and Western Pomerania (LFA) in Gülzow. Two series of tests were conducted between 2007 – 2008 on winter wheat cultivars : Akteur, Mulan, Hermann and Schamane and between 2009 – 2010 on winter wheat cultivars: Akteur, Adler, Discus and Hermann. The main criterion, when choosing different varieties of winter wheat, was their belonging to a particular technological quality group.

The range of laboratory analysis included an evaluation of the influence of management systems on physical properties (thousand grain weight, test weight, grain fraction), quality (falling number, crude protein content, gluten content, gluten softness, gluten index, rate of sedimentation) and rheological properties (water absorption, development time, stability, degree of softening after 10 min). In addition in 2009 laboratory baking was conducted, where properties such as: dough yield , furnace loss, bread yield, baking total loss, weight of bread after 30 min were evaluated. Also an analysis was made of texture profile and rheological properties of bread (hardness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness). Moreover, produced bread was evaluated with organoleptic test. It was also evaluated which winter wheat cultivars, belonging to different technological quality groups, reacted more to changes in the management system.

The conducted research shows that the use of conventional or organic farming did not have a significant effect on the physical properties of grain. Wheat grain from a conventional system, was characterized by a better quality than from an ecological system. The impact of farming system (conventional, organic), according to conducted experiments did not affect the changes in the falling number. The value of the tested trait was depended on the cultivars properties, resulting from the genotype, and also on the weather. Among the tested farinograph traits, only the watersbsorption of flour showed no no statistically proven difference between crops. Bread produced from flour from conventional farming system had

higher scores of organoleptic evaluation in comparison with the flour from an ecological farming system. So for a potential consumer the flour from conventional farming is the product of better quality. Analyzing the results of the two test series (spanning 4 years) it can be said, that the cultivar Akteur (elite class) was characterized by the best quality of grain and flour, and cultivar Hermann (feed class) - the worst.

9. PIŚMIENNICTWO

1. Abramczyk D., Miłosz M. 2005. Cechy reologiczne ciasta z rynkowej krajowej mąki pszennej. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 49(10), 14-18.
2. Adams M. L., Lombi E., Zhao F. J., McGrath S. P. 2002. Evidence of low selenium concentrations in UK bread-making wheat grain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 1160-1165.
3. Adamski T., Kaczmarek Z., Surma M., Kuczyńska A., Krystkowiak K., Salmanowicz B., Trzeciak R., Banaszak Z., Lugowska B., Majcher M., Obuchowski W. 2011. Wielocechowa analiza wybranych cech jakości ziarna pszenicy ozimej. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 260/261, 97-104.
4. Alley M.M., Scharf P., Brann D. E., Harmons J. L. 2009. Nitrogen Management for Winter Wheat: Principles and Recommendations. Virginia Cooperative Extension, 1-6.
5. Al-Saleh A., Brennan Ch. S. 2012. Bread wheat quality: some physical, chemical and rheological characteristics of Syrian and English bread wheat samples. *Foods* 1, 3-17.
6. Bołtomiuk A. 2009. Świadomość ekologiczna Polaków – zrównoważony rozwój – raport z badań. Warszawa.
7. Borówczak F., Rębarz K., Grześ S. 2007. Efekty produkcyjne i ekonomiczne różnych systemów uprawy pszenicy ozimej w zależności od deszczowania. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 52(3), 19-23.
8. Bottalico A., Perlone G. 2002. Toxigenic Fusarium Species and mycotoxins associated with head blight in small grain cereals in Europe. *European J. Plant Pathol.*, 108: 611-624.
9. Budzyński W., Borysewicz J., Bielski S. 2004. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 135: 33-44.
10. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., i in. 2004. Wpływ różnych poziomów nawożenia azotem i siarką na parametry jakościowe ziarna pszenicy. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 48(5), 28-30.
11. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Jończyk K. 2014. Wartość wypiekowa mąki z ziarna odmian pszenicy uprawianych w ekologicznym systemie produkcji. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 576, 23-32.
12. Cacak-Pietrzak G., Gondek E., Jończyk K. 2013. Porównanie struktury wewnętrznej oraz właściwości przemiałowych ziarna orkiszowego i pszenicy zwyczajnej z uprawy ekologicznej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 574, 3-10.

13. Campbell G. M., Fang C., Muhammad I. I. 2007. On predicting roller milling performance VI-Effect of kernel hardness and shape on the particle size distribution from first break milling of wheat. *Food and Bioproducts Processing*. 85(1), 7-23.
14. Ceglińska A. 2006a. Zmiany jakościowe mąki pszennej w czasie przechowywania. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 50(10), 14-15.
15. Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., Sobczyk M., Salwa M. 2012. Wpływ przechowywania mąki pszennej na wartość wypiekową. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 571, 29-37.
16. Ceglińska A., Haber T., Cacak-Pietrzak G., Zmysłowska A. 2006b. Dojrzewanie mąki pszennej a jakość pieczywa. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 50(4), 20-21.
17. Ceglińska A., Szajewska A., Haber T. 2007. Mechaniczne uszkodzenie skrobi a wartość wypiekowa mąki. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 51(10), 13-15.
18. Cesevičienė J., Leistrumaitė A., Paplauskienė V. 2009. Grain yield and quality of winter wheat varieties in organic agriculture. *Agronomy Research* 7 (Special issue I), 217-223.
19. Chrzanowska-Drożdż B., Gil Z., Liszewski M., Malarz W. 2004. Wysokość i jakość plonu pszenicy ozimej w zależności od dawki i sposobu nawożenia azotem. *Biul. IHAR233*, 29-38.
20. Clark, Andy. 2007. Winter wheat. *Managing Cover Crops Profitably*, 3 rd ed. Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD. 11-115.
21. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych. Wstępne wyniki plonowania odmian. *Zboża ozime*. 2014.
22. Czuba R. 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. *Zesz. Prob.. Post. Nauk. Rol.*, 471: 161-169.
23. Czubacka M., Rachoń L. 2012. Wpływ poziomu agrotechniki na skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej. *Episteme* 15, 45-52.
24. Desheva G., Valchinova E., Kyosev B., Stoyanova S.. 2014. Grain physical characteristics and bread-making quality of alternative cereals towards common and durum wheat. *Emir. J. Food Agric.* 26 (5), 418-424.
25. Diowks A. 2008. Nasz chleb powszedni źródłem zdrowia. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 1, 10-14.
26. Dobraszczyk B.J., Morgenstern M.P. 2003. Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science* 38, 229-245.

27. Dojczew D., Sobczyk M., Grodzicki K., Haber T. 2004. Wpływ porostu ziarna na wartość wypiekową mąki pszennej, pszenżytniej i żytniej. *Acta Sci. Pol. Technologia Alimentaria* 3 (2), 127-136.
28. Dzikowski D., Różyło R., Laskowski J. 2011. Przemiał pszenicy i wpływ twardości ziarna na ten proces. *Acta Agrophysica* 18 (1), 33-43.
29. Edwards M. A. 2010. Morphological features of wheat grain and genotype affecting flour yield. PdD thesis, Southern Cross University, Lismore, NSW.
30. FAO Statistical Yearbook 2014. Asia and Pacific food and agriculture.
31. Feledyn-Szewczyk B. 2011. Ocena współczesnych i dawnych odmian pszenicy ozimej w aspekcie ich konkurencyjności z chwastami w warunkach rolnictwa ekologicznego. *Polish Journal of Agronomy* 6, 11-16.
32. Fotyma E., Pecio A. 2000. Monitoring zawartości azotu mineralnego w glebach gruntów ornych Polski. *Biul. Inf. IUNG. Puławy*, 12: 18-25.
33. Frąć M., Lipiec J., Rutkowska A., Oszust K., Półtorak M. 2011. Właściwości mikrobiologiczne gleby pod uprawą pszenicy ozimej w systemach ekologicznym i konwencjonalnym. *Acta Agrophysica* 18(2), 245-254.
34. Golba J., Kazimierzczak R., Zając M., Kucińska K., Rembiałkowska E. 2014. Usage and evaluation of the advisory service among polish organic farmers. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 59 (3), 61-69.
35. Golimowska M. 2013. Rozwój rolnictwa ekologicznego. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, 126.
36. Gooding M. J., Dimmock J. P. R. E., Frane J., Jones S. A. 2000. Green leaf area decline of wheat flag leaves: the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. *Ann. Appl. Biol.*, 136: 77-84.
37. Górka-Warsewicz H. 2005. Konsument na rynkach produktów zbożowych. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 49(10), 2-4.
38. Gross C., Bervas E., Charmet G. 2004. Genetic analysis of grain protein content, grain hardness and dough rheology in a hard x hard bread wheat progeny. *J. Cereal Sci.*, 40: 93-100.
39. Główny Urząd Statystyczny 2014. Rocznik Statystyczny Rolnictwa. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
40. Harasim E., Wesołowski M. 2013. Wpływ retardanta Modus 250 EC i nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 30(3), 70-77.

41. Jaczewska-Kalicka A. 2006. Stan fitosanitarny pszenicy ozimej uprawianej w systemie konwencjonalnym i ekologicznym. Zesz. Nauk. AR Wrocław 540, 187-193.
42. Jankiewicz M. 2005. Chleb i produkty zbożowe, jako pożywienie Polaków w XXI wieku. Przegląd Piekarski i Cukierniczy 3, 2-5.
43. Jedyński S., Zalewski D. 2004. Analiza genetyczna cech wpływających na jakość plonu pszenicy ozimej. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 231, 11-17.
44. Judziński B. 2006. Ocena funkcjonowania polskiego rynku zbożowego, młynarskiego i paszowego w regulacjach UE-25. Przegląd Zbożowo-Młynarski 50(2), 2-4.
45. Jurga R. 2006. Ocena efektywności przemiału ziarna pszenicy na podstawie zależności zawartości popiołu i barwy mąki. Przegląd Zbożowo-Młynarski 50(3), 19-21.
46. Jurga R. 2014. Właściwości technologiczne mąki pszennej i możliwości ich modyfikacji. Przegląd Zbożowo-Młynarski 58(2), 7-9.
47. Kasprzak M., Wirkijowska A. 2013. Charakterystyka wybranych wskaźników technologicznych ziarna pszenicy zwyczajnej. Acta Agrophysica, 20(1), 77-89.
48. Kelm M., Spiak Z., Fostiak I., Romanowska M. 2008. Liczebność mszyc (Hom. *Aphididae*) w konwencjonalnych i ekologicznych uprawach ziemniaków oraz pszenicy ozimej na tle składu jakościowego roślin. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 53(3), 133-137.
49. Khalil I.H ., Carver B. F., Krenzer E. G., MacKown C. T., Horn G. W., Rayas-Duate P. 2002. Genetic trends in winter wheat grain quality with dual-purpose and grain-only management systems. Published in Crop Science, 42, 1112-1116.
50. Kihlberg I., Johansson L., Kohler A., Risvik E. 2004. Sensory qualities of whole wheat pan bread – influence of farming system, milling and baking technique. Journal of Cereal Science 39, 67-84.
51. Klockiewicz-Kamińska E., Brzeziński W. 1977. Metoda oceny i klasyfikacji jakościowej odmian pszenicy. COBORU Słupia Wielka, 67: 3-18.
52. Knapowski T., Ralcewicz M., Spychaj-Fabisiak E., Łożek O. 2010. Ocena jakości ziarna pszenicy ozimej uprawianej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. Fragm.. Agrom., 27(1), 73-80.
53. Kocoń A. 2005. Nawożenie jakościowe pszenicy jarej i ozimej a plon i jakość ziarna. Pam. Puł. 139, 55-64.
54. Komorowska D. 2006. Perspektywy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce [w: Problemy rolnictwa światowego: materiały konferencyjne]. SGGW Warszawa, tom 7, 43-48.

55. Kong L., Si J, Zhang B., Feng B., Li S., Wang F. 2013. Enviromental modification of wheat grain protein accumulation and associated processing quality: a case study of China. *Australian Journal of Crop Science* 7(2), 173-181.
56. Kowalewski W. 2006. Przemiał ziarna na mąki razowe. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 50(2), 27-29.
57. Kowalska H., Marzec A., Mucha M. 2012. Ocena sensoryczna wybranych rodzajów pieczywa funkcjonalnego oraz preferencje pieczywa wśród konsumentów. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 571, 67-78.
58. Kraujutienė I., Steponavičius D., Matusevičius P., Steponavičienė A. 2010. Comparative evaluation of qualitative values in germinated and ungerminated wheat grain grown in different technologies. *Annals. Food Science and Technology* 11(1), 6-12.
59. Krawczyk P., Ceglińska A., Izdebska K. 2008a. Porównanie właściwości reologicznych ciasta i pieczywa otrzymanego z mąki orkiszowej i pszenicy zwyczajnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (59), 141-151.
60. Krawczyk P., Ceglińska A., Kardialik J. 2008b. Porównanie wartości technologicznej ziarna orkiszowej z pszenicą zwyczajną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 5(60), 43-51.
61. Krejčířová L., Capouchová I., Petr I., Bičanová E., Faměra O. 2007. The effect of organic and conventional growing systems on quality and storage protein composition of winter wheat. *Plant Soil Environ* 53 (11), 499-505.
62. Krejčířová L., Capouchová I., Petr J., Bičanová E., Kuapil R. 2006. Protein composition and quality of winter wheat from organic and conventional farming. *Agriculture* 93(4), 285-296.
63. Kumar P., Yadava RK, Gollen B, Kumar S, verma RK, Yadav S. 2011. Nutritional contents and medicinal properties of wheat: a review. *Life Science and Medicine Research, LSMR-22*: 1-10.
64. Kuś J., Jończyk K., Kawalec A. 2007. Czynniki ograniczające plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach gospodarowania. *Acta Agrophysica* 10(2), 407-417.
65. Kuś J., Jończyk K., Stalenga J., Feledyn-Szewczyk B., Mróz A. 2010. Plonowanie wybranych odmian pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej i konwencjonalnej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 55(3), 219-223.
66. Kuś J., Mróz A., Jończyk K. 2006. Nasilenie chorób grzybowych wybranych odmian pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 51(2), 88-93.

67. Lebedzińska A., Sperra J., Szczypki J., Szefer P. 2005. Wpływ procesów technologicznych na wartość odżywczą i jakość pieczywa wypieczonego z mąki pełnoziarnistej. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 3, 10-13.
68. Lenc L., Kuś J., Sadowski Cz. 2011. *Fusarium* Spp. On ears and kernels of Winter wheat in different cropping systems. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 56(4), 32-36.
69. Lipa J. J. 2003. Ochrona roślin w rolnictwie ekologicznym – możliwości a potrzeby. *Post. Ochr. Rośl.* 43(1), 231-241.
70. Łuczka-Bakuła W. 2007. Rynek Żywności ekologicznej – wyznaczniki i uwarunkowanie rozwoju. Warszawa: PWE.
71. Makowska A., Obuchowski W., Adler A., Sulewska H. 2008. Charakterystyka wartości przemiałowej i wypiekowej wybranych odmian orkisz. *Fragmenta Agronomia*, 1(97), 228-239.
72. Małecka I. 2003. Studia nad plonowaniem pszenicy ozimej w zależności od warunków pogodowych i niektórych czynników agrotechnicznych. *Rocznik AR w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, z. 335.
73. Marciniak A., Obuchowski W. 2007. Prozdrowotne właściwości produktów zbożowych. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 2, 12-15.
74. Martyniuk S., Księżniak A., Jończyk K., Kuś J. 2007. Charakterystyka mikrobiologiczna gleby pod pszenicą ozimą uprawianą w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 52(3), 113-116.
75. Mazurkiewicz J. 2005. Porównanie jakości technologicznej pszenicy i żyta uprawianych w warunkach konwencjonalnych i gospodarstwa ekologicznego. *Acta Agrophysica* 6(3), 729-741.
76. Mazurkiewicz J., Solarska E., Kuzdraliński A., Muszyńska M. 2008. The occurrence of fusarium toxins in Winter wheat depending on fertilization. *Journal of research and Applications in Agricultural Engineering*, 53(4), 15-17.
77. Mijangos J., Perez R., Albizu J., Garbisu C. 2006. Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters. *Enz. Microb. Technol.*, 40: 100-106.
78. Mina B. L., Supradipa S., Narendraa K., Srivastva A. K., Gupta H. S. 2008. Changes in soil nutrient content and enzymatic activity under conventional and zero – tillage practices in an Indian sandy clay loam soil. *Nutr. Cycl. Agroecos.*, 82(3), 273-281.

79. Murawska B., Spychaj-Fabisiak E., Keutgen A., Wszelaczyńska E., Pobereźny J. 2014. Cechy technologiczne badanych odmian ziarna pszenicy ozimej uprawianych w warunkach Polski i Wielkiej Brytanii. *Inż. Chem.*, 53(2), 096-098.
80. Nowak W., Sowiński J., Pietr S.J., Kita W. 2005. Wpływ sposobów ochrony pszenicy ozimej na jakość ziarna konsumpcyjnego. *Pam. Puł.* 139, 117-128.
81. Nowogródzka T. 2012. Stan i perspektywy rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce. Materiały Konferencyjne. Zeszyty Naukowe SGGW. Seria: Problemy rolnictwa światowego, SGGW Warszawa, 12(27)2, 54-65.
82. Piekut M. 2005. Spożycie produktów zbożowych w Polsce. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 49(6), 2-6.
83. Piesiewicz H. 2014. Ulepszanie wartości przemiałowej ziarna pszenicy – priorytetowy temat badawczy w młynarstwie. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 58(9), 12-14.
84. Podolska G. 2007. Kształtowanie cech jakościowych ziarna pszenicy poprzez technologię produkcji. *Studia i Raporty IUNG – PIB*, Zesz. 9, 55-64.
85. Podolska G., Krasowicz S., Sułek A. 2005a. Ocena ekonomiczna i jakościowa upraw pszenicy ozimej przy różnym poziomie nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 139, 175-188.
86. Podolska G., Stankowski S., Podolski B. 2005b. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od warunków glebowych. *Pam. Puł.* 139, 189-200.
87. Podolska G., Sułek A. 2002. Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.*, 130: 597-605.
88. Praca zbiorowa. 2014a. Ocena skuteczności wybranych agrotechnicznych metod regulacji zachwaszczania w ekologicznej uprawie pszenicy ozimej. [w: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie.]. Monografia, tom 7, Poznań, 69-74.
89. Praca zbiorowa. 2014b. Świadomość ekologiczna konsumentów żywności na przykładzie badań ankietowych powiatu oławskiego. [w: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie.]. Monografia, tom 7, Poznań, 113-120.
90. Psaroudaki A. 2007. An extensive survey of the impact of tropospheric ozone on the biochemical properties of edible plants. *WSEA S Transactions on Environment and Development*, 3, 99-110.
91. Rachoń L., Szumiło G. 2009. Comparison of chemical composition of selected winter wheat species. *J. Elementol.* 14 (1), 135-146.
92. Rogozińska I., Sadkiewicz J. 2009. Wybrane parametry jakościowe zbóż wpływające na jakość pszenicy oraz wartość wypiekową pieczywa. Część I. Właściwości fizykochemiczne ziarna pszenicy i cechy wypiekowe mąki. *Inż. Ap. Chem.*, 48(2), 118-119.

93. Rosicka-Kaczmarek J., Kwasniewska-Karolak I., Nevesny E., Miśkiewicz K. 2013. Influence of variety and year of wheat cultivation on the chemical composition on starch properties of glucose hydrolystases. *Journal of Cereal Science* 57, 98-106.
94. Rothkaehl J., Górniak W. 2012. Wzajemne relacje wartości wybranych wyróżników jakościowych ziarna pszenicy i maki pszennej w kolejnych sezonach [w: Jakość a wykorzystanie ziarna zbóż: materiały 4 Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej, Puławy 18-19 października 2012]. Puławy, 60.
95. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 lipca 2004 r. w sprawie szczegółowych warunków i trybu udzielania pomocy finansowej na wspieranie przedsięwzięć rolnośrodowiskowych i poprawy dobrostanu zwierząt objętej planem rozwoju obszarów wiejskich. *Dz. U. Nr 174, poz. 1809*.
96. Rzedziecki Z., Kasprzak M., Wirkijowska A., Kujawińska E., Bartoszek K. 2012. Badania nad metodą oceny wartości technologicznej ziarna pszenicy. [w: Jakość a wykorzystanie ziarna zbóż: materiały IV Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej, Puławy 18-19 października 2012]. Puławy, 28-29.
97. Sadkiewicz K., Sadkiewicz J., Sadkiewicz J. 2004. Bydgoska aparatura do badania zboża, mąki i pieczywa. *Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz*, 12-148.
98. Selwet M. 2009. Grzyby patogeniczne i skażenie ziarna przez deoksyniwaleon w uprawie kukurydzy modyfikowanej genetycznie i odmian tradycyjnych. *Ekologia i technika*. 6, 276-180.
99. Shewry P.R. 2009. Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 6(60), 1537-1553.
100. Siebeneicher G.E. 1997. Podręcznik rolnictwa ekologicznego dla różnych kierunków i dziedzin. PWN, Warszawa, 13-229.
101. Sitkowski T. 2012. Konieczność równorzędnego uwzględnienia oceny własności przemiałowych i wypiekowych w prawidłowej ocenie jakości ziarna pszenicy i klasyfikacji przydatności do przemiału na mąkę [w: Jakość a wykorzystanie ziarna zbóż: materiały 4 Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej, Puławy 18-19 października 2012]. Puławy, 63-64.
102. Sliesaravičius A., Pekarskas J., Rutkoviene V., Baranavskis K. 2006. Grain yield and disease resistance of winter cereal varieties and application of biological agent in organic agriculture. *Agronomy Research* 4, 371-378.
103. Smatanová N., Lacko-Bartošová M. 2012. Baking quality of *triticum aestivum* l. cultivated in sustainable farming systems. *Research Journal of Agriculture Science* 44 (1), 146-149.
104. Solarz E., Kuzdrański A., Potocka E. 2011. Określenie jakości zbóż ekologicznych i ich produktów pod kątem zawartości mikotoksyn. [w: Wyniki badań z zakresu rolnictwa

- ekologicznego w 2010 roku]. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa-Falenty, 85-94.
105. Stalenga J., Jończyk K. 2007. Rekacja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w systemie ekologicznym. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 245, 29-46.
 106. Stankowski S., Piech M., Podolska G., Mazurek J. 1999. Wpływ różnych sposobów nawożenia azotem na jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 118: 405-415.
 107. Stankowski S., Smagacz J., Hury G., Ułasik S. 2008. Wpływ intensywności nawożenia azotem na jakość ziarna i mąki odmian pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(3), 105-114.
 108. Stępniewska S. 2012. Wartość technologiczna odmian pszenicy uprawianych w Polsce na podstawie oceny ziarna ze zbiorów lat 2009-2011 [w: *Jakość a wykorzystanie ziarna zbóż: materiały 4 Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej, Puławy 18-19 października 2012*]. Puławy, 72.
 109. Stępniewska S. 2013. Zależność pomiędzy aktywnością enzymów amylolitycznych a cechami reologicznymi ciasta pszennego. *Acta Agrophysica* 20 (3), 463-472.
 110. Stępniewska S. 2015. Wartość technologiczna ziarna wybranych odmian pszenicy. *Acta Agrophysica*, 22(1), 103-114.
 111. Stus M. 2009. Pieczywo ekologiczne – nisza z (odległą?) perspektywą. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 2, 34-37.
 112. Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T. 2002. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od sposobu nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 130: 709-718.
 113. Suwara I., Lenart S., Gawrońska-Kulesza A. 2007. Wzrost i plonowanie pszenicy ozimej po 50 latach zróżnicowanego nawożenia i zmianowania. *Acta Agroph.*, 10(3): 695-704.
 114. Szafrńska A. 2014. Jakość mąki pszennej handlowej produkowanej w krajowych zakładach młynarskich. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 58(7), 16-18.
 115. Szmigiel A., Oleksy A., Kołodziejczyk M. 2006. Porównanie opłacalności produkcji ziarna różnych grup użytkowych pszenicy ozimej w zależności od poziomu agrotechniki. *Pam. Puł.* 142, 525-535.
 116. Sztuder H. 2007. Produkcyjna i ekologiczna ocena różnych sposobów aplikacji nawozów w uprawie pszenicy ozimej. *Inżynieria Rolnicza* 3(91), 167-172.
 117. Śmiałowski T., Stachowicz M. 2007. Ocena wartości technologicznej nowych polskich rodów pszenicy ozimej z doświadczeń wstępnych w latach 2005 – 2006. *Biul. Inst. Hod. Klim. Rośl.*, 245: 57-66.

118. Tyburski J., Rychlik B., Łada M. 2010. Plonowanie wybranych odmian pszenicy ozimej uprawianej w systemie rolnictwa ekologicznego na glebie ciężkiej. *Fragm.. Agron.* 27(1), 186-194.
119. Tyburski J., Żakowska-Biemans S. 2007. Wprowadzenie do rolnictwa ekologicznego. SGGW, Warszawa, 7-95.
120. Urban R. 2006. Rynek, produkcja i przetwórstwo zbóż po wejściu do UE. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 50(3), 4-6.
121. Waclawowicz R., Parylak D., Śniady R. 2005. Następczy wpływ nawożenia organicznego oraz mineralnego azotowego na plonowanie oraz wybrane cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł. Zesz.* 139, 277-288.
122. Weber R. 2013. Wpływ sposobu uprawy roli i wysokości ścierni na cechy jakościowe ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej. *Nauka Przyroda Technologie* 1(18), 1-10.
123. Wieser H. 2000. Comparative investigations of gluten proteins from different wheat species. *Eur. Food Res. Techno.* 211, 262-268.
124. Woźniak A. 2006. Wpływ przedplonów na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 5(2), 99-106.
125. Woźniak A., Gontarz D. 2005. Wpływ zróżnicowanego udziału pszenicy ozimej w zmianowaniu i poziomowi agrotechniki na cechy jakościowe ziarna. *Biul. IHAR* 237/238, 3-11.
126. Zalewski A., Dzwonkowski W., Klimentowski A., Mieszkowska L. 2005. Rynek Środków Produkcji i Usług Dla Rolnictwa. *Rynek Rolny. Notowania, Ceny, Tendencje.* MRiRW, 4(170): 22-32.
127. Zarzycki P., Sobota A., Ciesielska Ż. 2012. Wpływ czasu składowania na liczbę opadania oraz lepkość pozorną kleików mąk pszennych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 6 (85), 66-78.
128. Żelezik M. 2009. Dlaczego rolnictwo ekologiczne? *Rocznik Świętokrzyski. Ser. B. – Nauki Przyr.*, 30: 155-166.