



UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO – PRZYRODNICZY

im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

W BYDGOSZCZY

WYDZIAŁ ROLNICTWA I BIOTECHNOLOGII

mgr inż. Julian Brewka

**WPŁYW CZASU PRZECHOWYWANIA NA NIEKTÓRE CECHY
JAKOŚCI ZIARNA ZBÓŻ**

Rozprawa doktorska

wykonana pod kierunkiem
dr hab. inż. Anny Keutgen
w Katedrze Mikrobiologii
i Technologii Żywności

BYDGOSZCZ 2016

*Promotorowi mojej pracy
dr hab. inż. Anny Keutgen
za pomoc i okazaną życzliwość
składam serdeczne podziękowania*

*Mojej żonie i córkom dziękuję
za wsparcie, pomoc i cierpliwość*

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	9
2. PRZEGLĄD LITERATURY	11
2.1. Zboże, cechy jakościowe ziarna oraz metody jego przechowywania	11
2.2. Grzyby pleśniowe i mikotoksyny w zbożach.....	19
2.3. Prozdrowotna wartość zbóż oraz jakość technologiczna ziarna	24
3. CEL PRACY.....	33
4. ZAKRES, WARUNKI I METODYKA BADAŃ	34
4.1. Miejsce i zakres badań	34
4.2. Charakterystyka badanych odmian zbóż.....	36
4.3. Doświadczenia polowe: stosowana agrotechnika oraz warunki pogodowe	38
4.4. Warunki przechowywania badanych zbóż.....	52
4.5. Metody badań.....	54
4.6. Analizy statystyczne danych	59
5. OMÓWIENIE WYNIKÓW	61
5.1. Zanieczyszczenia ziarna.....	61
5.2. Zanieczyszczenia nieużyteczne.....	70
5.3. Wilgotność	73
5.4. Zawartość suchej masy	76
5.5. Zawartość białka	78
5.6. Zawartość glutenu w ziarnie pszenicy	79
5.7. Sedymentacja ziarna pszenicy.....	80
5.8. Liczba opadania ziarna pszenicy i żyta.....	82
5.9. Gęstość ziarna	85
5.10. Ogólna pojemność antyoksydacyjna FRA	87
5.11. Zawartość związków fenolowych ogółem	97
5.12. Zawartość kwasu chlorogenowego	103
5.13. Zawartość chlorofilu a.....	105
5.14. Zawartość chlorofilu b	108
5.15. Sumaryczna zawartość chlorofilu a i b	111
5.16. Zawartość karotenoidów w ziarnie zbóż.....	114

5.17. Zawartość witaminy C	117
5.18. Badanie wartości wypiekowej [cm ³].....	117
5.19. Zawartość grzybów w ziarnie zbóż.....	125
5.20. Zawartość deoksyniwalenolu	137
5.21. Zależności pomiędzy badanymi cechami.....	138
6. DYSKUJA WYNIKÓW	148
7. WNIOSKI	166
SPIS RYSUNKÓW I TABEL	169
I. RYSUNKI.....	169
II. TABEL	175
STRESZCZENIE	190

1. WSTĘP

Nasi przodkowie przez trzydzieści tysięcy lat zajmowali się łowiectwem i zbieractwem. Wśród zbieranych roślin przeznaczonych do spożycia znajdowały się również dzikie zboża – żywił się nimi już australopitek. Po zakończeniu ostatniej epoki lodowcowej około 8 tysięcy lat p.n.e., na Bliskim Wschodzie zaczęło rozwijać się rolnictwo (Grzebisz i Szczepaniak, 2009). Rolnictwo powstało z konieczności: wysoki przyrost naturalny spowodował szybkie wyczerpywanie się dotychczasowych źródeł zaopatrzenia w żywność - stepowanie klimatu nie sprzyjało rozwojowi roślinności, a tereny łowieckie były coraz uboższe w zwierzynę. Pierwszymi roślinami uprawnymi stały się dziko rosnące zboża, które zawierały duże ilości węglowodanów. Następnie zaczęto uprawiać pszenicę, jęczmień i owies. W Azji zaczęto uprawiać ryż, w Afryce sorgo, w Nowym Świecie kukurydzę. Na terenie obecnej Polski pierwsze osady rolnicze powstały około 6 tysięcy lat temu. Z wykopalisk wynika, że uprawiano wtedy trzy podgatunki pszenicy (płaskurkę, orkisz i samopaszę) oraz jęczmień i proso (Trybulski i Babalski, 2006). Rozwój rolnictwa wpłynął na zasadniczą zmianę ludzkiej diety, w której to znacznie spadło znaczenie spożywanego mięsa na rzecz żywności wytwarzanej ze zboża.

Również współcześnie zboża i produkty zbożowe są najważniejszym źródłem pokarmu zarówno ludzi jak i wielu gatunków zwierząt.

Produkty zbożowe są rekomendowane przez specjalistów z dziedziny żywienia człowieka, ze względu na zawartość węglowodanów (głównie skrobię), białka oraz niewielkie ilości lipidów, a także jako źródło licznych związków bioaktywnych, a w szczególności przeciwutleniaczy oraz błonnika pokarmowego (Kawka, 2010). W wielu krajach świata zboże dostarcza ponad połowę ilości spożywanych dziennie kalorii. W krajach wysokorozwiniętych produkty zbożowe stanowią około 25% podstawowej diety ludności. Ze względu na wysoki udział produktów zbożowych w diecie człowieka, zboża są roślinami uprawnymi o podstawowym znaczeniu dla bezpieczeństwa żywnościowego świata. Bezpieczeństwo żywnościowe w wymiarze światowym w szerokim ujęciu obejmuje produkcję, zapasy, dystrybucję, pomoc żywnościową oraz systemy informacji dotyczące produkcji i konsumpcji. W wąskim ujęciu bezpieczeństwo żywnościowe świata sprowadzane jest do poziomu zapasów żywności na świecie, zwłaszcza zbóż (Gulbicka, 2003).

Aby zapewnić zapasy zboża o odpowiedniej jakości zarówno na cele konsumpcyjne jak i paszowe, należy je przechowywać w odpowiednich warunkach (Górniak i Rothkaehl, 2011). Odpowiednie zagospodarowanie ziarna tuż po zbiorze, wbrew pozorom nie jest

zadaniem łatwym. Według Janowicza (2009) najważniejszymi czynnikami warunkującymi odpowiednie przechowywanie ziarna zbóż, zarówno w magazynach płaskich jak i silosach zbożowych, są: zachowanie czystości, zapewnienie odpowiedniej wilgotności i temperatury oraz ograniczenie kontaktu z powietrzem, zabezpieczenie przed mechanicznymi i organicznymi uszkodzeniami (Gaworski, 2015). Stworzenie odpowiednich warunków przechowywania zboża, zabezpiecza jakość ziarna oraz ogranicza rozwój niepożądanej mikroflory, a zwłaszcza grzybów.

W ostatnich latach prowadzone są intensywne badania nad nowym niebezpiecznym dla zdrowia i życia ludzi oraz zwierząt, parametrem oceny zboża, jakim jest zawartość mikotoksyn będących metabolitami wtórnymi grzybów pleśniowych. Często obecne są one jako składnik mikroflory gleby, płodów rolnych i ogrodnich. Najbardziej znane są grzyby pleśniowe z grupy *Fusarium*, *Penicillium* i *Aspergillus*. Mikotoksyny mogą oddziaływać mutagennie i powodować nowotwory, przyczyniać się do powstawania wad rozwojowych, wpływać negatywnie na system hormonalny, immunologiczny i nerwowy człowieka oraz zwierząt, a także uszkadzać nerki i wątrobę (Śniady, 2010).

Biorąc pod uwagę wysoki udział produktów zbożowych w diecie człowieka, prozdrowotne właściwości produktów zbożowych z pełnego przemiału, znaczenie zboża dla bezpieczeństwa żywnościowego świata oraz znaczenie odpowiedniego przechowywania zboża dla jakości ziarna bezpiecznego dla konsumentów, czyli wolnego od czynników zagrażających zdrowiu, autor niniejszej rozprawy przeprowadził badania dynamiki zmian niektórych cech jakości ziarna zbóż oraz rozwoju grzybów pleśniowych i drożdży, a także właściwości prozdrowotnych w zależności od gatunku zboża i czasu jego przechowywania w silosach zbożowych. Wyniki badań mogą okazać się przydatne w praktyce magazynowania zbóż, zwiększyć bezpieczeństwo przechowywanego ziarna i przyczynić się do poprawy jego jakości.

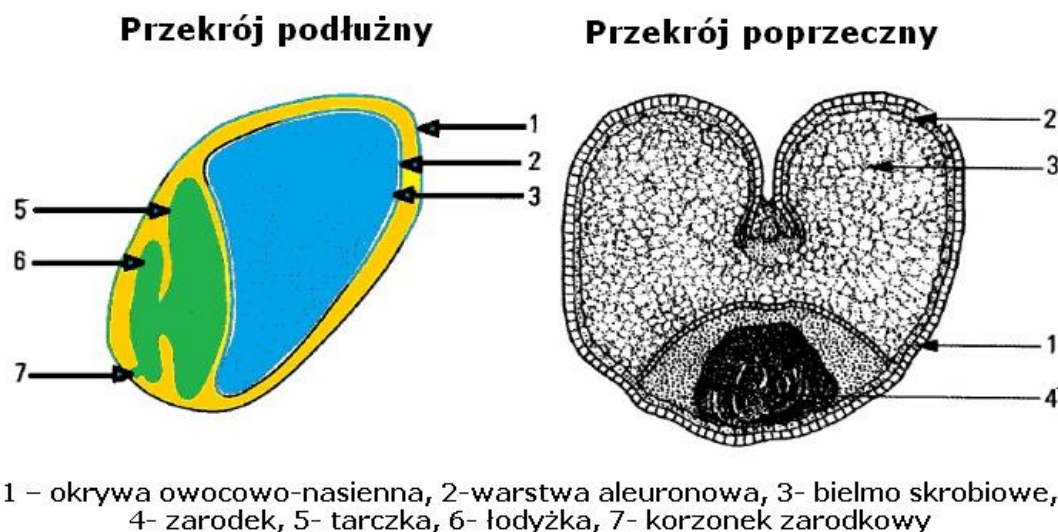
2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. Zboże, cechy jakościowe ziarna oraz metody jego przechowywania

Tak jak w dawnych czasach również i dziś dominującymi uprawami na świecie są zboża. W 2012 roku produkcja zbóż na świecie wynosiła 2,295 mln ton. Jednak jak podaje International Grains Council (2014) już w roku 2013/2014 produkcja zbóż na świecie wynosiła 2,584 mln ton, a w roku 2014/2015 szacuje się 2,603 mln ton, więc tendencja jest nadal wzrostowa. W krajach Dalekiego Wschodu najpopularniejszym zbożem jest ryż, w Ameryce Południowej kukurydza, w Afryce sorgo, a w Europie przede wszystkim pszenica (Plasch, 2006). W Polsce dominującymi gatunkami zbóż są: pszenica, żyto oraz owies. Żyto i pszenica zaliczane są do tzw. zbóż chlebowych, które wykorzystywane są w przemyśle młynarskim (Kawka, 2010). W Polsce, tak jak w innych krajach świata, zboża dominują w strukturze upraw ziemiopłodów. Wielkość zbiorów zbóż i ich ceny w gospodarstwach z dużym arealem uprawnym wyznaczają w sposób bezpośredni dochody gospodarstw rolnych. W gospodarstwach o mieszanym profilu produkcji w sposób pośredni, ponieważ ceny zbóż determinują koszty produkcji zwierzęcej, która jest głównym źródłem ich dochodów (Kisiel, 2004). Zboża zajmują prawie 75% powierzchni wszystkich upraw gruntowych w Polsce (Bogumił i in., 2013). Stanowią składnik zmianowania upraw oraz żywienia zwierząt gospodarskich (Kapusta, 2011). Jak wynika z szacunkowych danych w roku 2013, w Polsce zebrano około 23,7 mln ton zbóż podstawowych z mieszankami zbożowymi. Powierzchnia uprawy zbóż podstawowych z mieszankami zbożowymi w 2013 r. wynosiła około 6,7 mln ha, z czego pszenicy ponad 2,1 mln ha, żyta około 1,2 mln ha, jęczmienia ponad 0,8 mln ha, owsa ponad 0,4 mln ha, pszenżyta około 1,2 mln ha, mieszanek zbożowych około 1,0 mln ha (Miziołek, Nieszczoła, 2013). Kraje Unii Europejskiej z produkcją zbóż przekraczającą rocznie 200 mln ton znajdują się w czołówce największych producentów zbóż na świecie (Ginter i in., 2010).

Zboża są roślinami uprawnymi z rodziny wiechlinowatych (traw *Poaceae*). Ze względu na sposób uprawy zboża dzieli się na jare i ozime. Owocem zbóż jest ziarniak (Ryc. 1), potocznie zwany ziarnem. Ziarniak jest owocem pojedynczym, niepękającym, suchym, w którym łupina nasienna zrosnięta jest z owocnią. Ziarniaki o wysokiej zawartości skrobi wykorzystywane są do celów konsumpcyjnych (np. do produkcji pieczywa, mąki, makaronów, kasz, olejów, syropów słodowych, płatków, otrąb, ciastek, paluszków),

przemysłowych (w piwowarstwie, młynarstwie, gorzelnictwie, do celów farmaceutycznych), w chowie zwierząt, (jako słoma czy otręby).



Ryc. 1. Budowa ziarniaka pszenicy (Źródło: Grzebisz, 2009, rys. Dziuban).

Ziarniak ma kształt owalny, lekko wydłużony oraz wykazuje budowę warstwową, gdzie do kolejnych warstw należą (Kłosińska, 2008; Skowron i Cieśla, 2008):

1. Okrywa owocowo-nasienna (łuska), która stanowi część zewnętrzną ochraniającą ziarno. Chroni ona zarodek przed wysychaniem, zakażeniem drobnoustrojami i uszkodzeniami. Zbudowana jest z kilku obumarłych i zdrewniałych warstw komórek silnie wysyconych substancjami mineralnymi. Warstwy te są ściśle do siebie przylegające, przez co okrywa owocowo-nasienna jest odpowiednio twarda, gruba i szczelna, dzięki czemu chroni ona ziarniak przed uszkodzeniem, szkodnikami i truciznami w ziemi. Okrywa owocowo – nasienna jest nieprzepuszczalna dla wielu substancji, przepuszcza wodę i w określonych warunkach tlen. Bogata w celulozę łuska jest całkowicie usuwana (z wyjątkiem mąki cało ziarnowej) przy produkcji.
2. Warstwa aleuronowa, która stanowi zewnętrzną warstwę bielma, na pograniczu między łuską a bielmem. Zbudowana jest z regularnych czworokątnych komórek wypełnionych ziarnami aleuronowymi, które są mieszaniną białka, tłuszczu i soli mineralnych. Warstwa aleuronowa obfituje w witaminy (głównie z grupy B). Ponieważ warstwa ta jest ściśle zespolona z łuską przy produkcji mąki białej

przechodzi wraz z łuską do produktów otrębowych. Przy produkcji mąk ciemnych (razowych) warstwa ta jest zachowywana.

3. Bielmo zajmuje największą część ziarniaka (70-80%). Składa się ono z zewnętrznej cienkiej warstwy komórek aleuronowych i bielma właściwego, zwanego też bielmem mącznym. Bielmo właściwe jest miękiszem spichrzowym, w którym gromadzone są materiały zapasowe – przede wszystkim skrobia, a oprócz niej małe ilości tłuszczu i inne związki chemiczne.
4. Zarodek stanowi magazyn składników odżywczych dla kielkującej rośliny. Zawiera tłuszcze, cukier, białka oraz witaminy. Podczas produkcji mąki jasnej zarodki oddziela się od ziarna zbożowego, zostaje on w mąkach razowych (cało ziarnowych) – z tego powodu mąka razowa nie nadaje się do długiego przechowywania, ponieważ jęczenie zawartego w zarodku tłuszczu powoduje szybkie psucie się mąki. W części embrionalnej zarodka mieści się stożek wzrostu, łodyżka, korzonek i tarczka.

Wymiary ziarniaków różnią się od siebie w zależności od gatunku zboża, warunków pogodowych w danym sezonie, warunków glebowych i zawierają się w przedziałach: długość 5,72 – 6,60 mm, szerokość 2,59 – 3,65 mm, grubość 2,26 – 3,09 mm (Grundas, 2004). Na stronie przeciwległej do zarodka w każdym ziarniaku znajduje się rowek zwany bruzdką, będący pozostałością po wiązce sitowo-naczyniowej, przez którą roślina zaopatruje ziarno w kłosie w substancje odżywcze. Bruzdka może stanowić siedlisko drobnoustrojów, brudu i pyłu. Znajomość właściwości i budowy ziarniaka jest istotna zarówno na etapie zbioru i przechowywania, jak i na etapie przetwarzania (Haddad i in., 1999; Gaines i in., 1997).

O przydatności zbóż w poszczególnych gałęziach przetwórstwa i przemysłu decyduje ich skład chemiczny. Skład chemiczny wybranych gatunków zbóż przedstawiono w poniższej tabeli (Tabela 1).

Tabela 1. Skład chemiczny ziarniaków wybranych gatunków zbóż (*Źródło: Jasińska i Kotecki, 2003*).

Składnik	Zboże			
	Pszenica	Żyto	Pszenżyto	Jęczmień
Sucha masa	85,2	85,2	86,6	85,0
Woda	14,8	14,8	13,4	15,0
Węglowodany	65,5	69,0	67,0	64,5
Białko surowe	13,9	10,6	13,5	12,2
Tłuszcz surowy	2,0	1,7	1,8	2,1
Włókno surowe	2,0	2,2	2,5	3,8
Popiół surowy	1,8	1,7	1,8	2,4

Skład chemiczny ziarniaków zależy od gatunku rośliny zbożowej oraz uwarunkowany jest cechami odmianowymi, warunkami klimatyczno-glebowymi jak i stanem dojrzałości. Wartość odżywcza ziarna zbożowego zależy od głównego ich składnika, którym jest skrobia. Jej zawartości wynosi około 70% całkowitej masy ziarna. Pozostałe składniki to woda, białko surowe, tłuszcz surowy, włókno surowe oraz składniki mineralne jak magnez, cynk, żelazo, miedź, potas, wapń oraz fosfor. Pod względem odżywczym ważne są zawarte w ziarnie białka, sole mineralne oraz witaminy z grupy B (Czerwieńska, 2010). Biodostępność, czyli szybkość wchłaniania składników mineralnych w warunkach *in vitro* w zależności od rodzaju ziarna i stopnia jego przetworzenia badali Krejpcio i inni (2015) ocenili oni proces biodostępności składników mineralnych zawartych w czterech podstawowych zbożach i przetworach, jako podstawowe źródło białka, energii, witamin z grupy B, substancji bioaktywnych, błonnika, i składników mineralnych. Najniższą biodostępnością składników mineralnych charakteryzowało się ziarno pszenicy, niezależnie od stopnia jego przetworzenia. Najwyższą zaś ziarno jęczmienia. Stopień przetworzenia ziarna ma wpływ na jego przyswajalność. Po śrutowaniu i zmieleniu ziarna na mąkę wzrosła biodostępność cynku, zawartość wapnia nie uległa zmianom. Biodostępność magnezu i żelaza zmniejszyła się po śrutowaniu. Za to poziom magnezu, po zmieleniu śruty na mąkę zwiększył się. Wcześniejsze badanie Krejpcio (2014) wykazało, że procesy przetwarzania owsa pozbawionego łuski na śrutę i mąkę powoduje straty, wymienionych wyżej pierwiastków. Wartość odżywczą skrobi podnosi jej wysoka przyswajalność przez organizm ludzki i zwierzęcy. Dzięki zawartości skrobi zboża wykazują znaczne właściwości sycące. Zawartość białka jest elementarną cechą ziarna mówiącą o jego przydatności użytkowej (Panasiewicz i Faligowska, 2013). Średnia

zawartość białka zależy nie tylko od gatunku i odmiany zboża, lecz również od nawożenia (zwłaszcza azotowego) oraz warunków klimatycznych podczas wegetacji. Duże ilości azotu zwiększają plon ziarna oraz zawartość białka w ziarnie, ale jednocześnie obniżają jego jakość (Achremowicz i in., 1993; Dziki i Laskowski, 2002). Zróżnicowanie składu chemicznego poszczególnych gatunków zbóż sprawia, że mają one różne zastosowanie w przetwórstwie i przemyśle. W publikacjach zwraca się uwagę na zróżnicowanie cech jakościowych ziarna pod wpływem zmian takich czynników jak np. wspomniane już nawożenia azotem, warunki klimatyczne, warunki przechowywania. Czynniki te mają wpływ na kształtowanie się cech jakościowych – głównie zawartości białka, glutenu, gęstości usypowej, wskaźnika sedimentacji, liczby opadania i cech reologicznych (Marciniak, 2005). Jakość ziarna w dużym stopniu zależy także od odmiany, czynników agrotechnicznych, warunków zbioru i transportu (Gondek i in., 2009). Zarówno w Polsce jak i innych krajach, zboże zbierane jest raz do roku i musi być przechowywane, co najmniej aż do następnych zbiorów. Dalsze losy zebranego ziarna zależą od wielu czynników, zwłaszcza ekonomicznych, co nie zmienia faktu, że przerób zboża najczęściej nie następuje natychmiastowo po jego zbiorze, a co najwyżej sprzedaż i zmiana spichrza (Jurga, 2015). Podstawowym celem przechowywania ziarna zbóż, jest utrzymanie przez jak najdłuższy okres jego przydatności spożywczej i przetwórczej. Cel ten może zostać osiągnięty poprzez stworzenie warunków uniemożliwiających rozwój szkodników i drobnoustrojów oraz jak najbardziej ograniczających procesy życiowe ziarna, które niezależnie od stopnia dojrzałości, wilgotności i temperatury nadal jest żywym organizmem. Podczas przechowywania zachodzą w nim nadal procesy przemiany materii, głównie proces dojrzewania ziarna (Górniak, 2010; Górniak i Rothkaehl, 2011). Wraz z upływem czasu magazynowania zmieniają się niektóre parametry jakościowe ziarna, takie jak np. ilość i jakość glutenu (białka), wilgotność ziarna i jego gęstość w stanie zsypanym (Jurga, 2000).

Ziarno zbóż magazynowano już w neolicie. Pierwszymi magazynami były jaskinie i różnego rodzaju naturalne doły. Z czasem do magazynowania ziarniaków zaczęto używać słomianych, glinianych i drewnianych naczyń. W okresie zorganizowanych już państwowości ziarno zaczęto przechowywać w specjalnie do tego celu wybudowanych spichlerzach. Pierwsze murowane spichlerze powstały około 2200 lat p.n.e. w Egipcie i Chinach. Pierwsze spichlerze w Polsce (w Sandomierzu, Krakowie, Kazimierzu, Toruniu i Gdańsku) powstały w XIII wieku. Ich powstanie związane było z ówczesnym rozwojem handlu. Na przełomie XIX i XX wieku nastąpił na świecie (najpierw w Ameryce) rozwój budownictwa magazynów komorowych zwanych też elewatorami zbożowymi lub spichlerzami silosowymi. W Polsce

dokonano rozbudowy i unowocześnienia magazynów zbożowych po II wojnie światowej. Obecnie w projektowaniu magazynów do przechowywania ziarna przyjmuje się za podstawę wzajemne zależności środowiska i ich kompleksowe działanie na długość życia i żywotność ziarniaków. Najbardziej bezpieczna zasada przechowywania ziarna nie zmieniła się od tysiącleci: suche ziarno należy przechowywać w suchych i chłodnych warunkach (Grzesiuk i Kluka, 1988).

Pod względem funkcji wyróżnia się magazyny ziarna:

- odbiorcze – punkty skupu,
- zbiorcze, przeładunkowe i rezerwowe,
- przemysłowe,
- portowe.

Najważniejszymi czynnikami warunkującymi bezpieczne składowanie ziarna są czystość ziarna oraz odpowiednia wilgotność, a w następnej kolejności temperatura i kontakt z powietrzem oraz stopień uszkodzeń (Janowicz, 2009, Górniak, 2010, Gaworski, 2012). Ziarno zebrane kombajnem zbożowym cechuje się stosunkowo wysoką temperaturą, sięgającą często powyżej 30°C oraz występowaniem zanieczyszczeń w postaci zielonych części roślin, nasion chwastów i słomy, które charakteryzują się wyższą wilgotnością od samego ziarna (Feder i in., 1994). Udział zanieczyszczeń zboża bezpośrednio po zbiorze, stanowi o konieczności jego dodatkowego, jak najszybszego doczyszczenia. W umowach kontraktacyjnych określa się, że ogólna zawartość zanieczyszczeń nie powinna być większa niż 12%, w tym materiału obcego 3% (Artyszak, 2011). Najważniejszym zabiegiem poprzedzającym zarówno sprzedaż jak i przechowywanie, jest wstępne czyszczenie ziarna z zielonych nasion chwastów i zanieczyszczeń organicznych oraz ewentualne suszenie (Jurga, 2014). Czyszczenie ziarna polega na usunięciu zielonych części łodyg, nasion chwastów oraz uszkodzonych ziaren. Zanieczyszczenia zwiększają przede wszystkim wilgotność ziarna i sprzyjają jego samozagrzewaniu (procesowi wzmożonego oddychania ziarna połączonego ze spalaniem substancji odżywczych w nim zawartych), co powoduje nieodwracalne pogorszenie jakości, a nawet całkowite zepsucie ziarna i jego dyskwalifikację. Zastosowanie zabiegu czyszczenia powoduje zmniejszenie wilgotności ziarna nawet o kilka procent (Janowicz, 2005).

Istotnym parametrem ziarna, uwzględnianym w normach jakościowych jest jego wilgotność. Zbyt wysoka wilgotność wywołuje zmiany biochemiczne i mikrobiologiczne, ograniczając tym samym czas bezpiecznego składowania. Zbyt niska wilgotność może

natomiast doprowadzić do zwiększonej podatności na uszkodzenia (Ryniecki i Szymański, 1999; Janowicz, 2000 b) . Dlatego też ważnym zabiegiem stosowanym podczas przygotowania ziarna do przechowywania jest jego suszenie, czyli usunięcie nadmiaru wody zawartej w ziarnach poprzez jej odparowanie. W polskich warunkach klimatycznych około 40% ziarna wymaga suszenia po zbiorze (Feder i in., 1994; Górniak, 2010). Jeżeli ziarno zawiera ponad 15% wody dochodzi do rozkładu węglowodanów i utraty suchej masy ziarna. Inaczej zachowuje się ziarno suche, gdzie procesy życiowe sprowadzone są do minimum, a ubytek masy ziarna jest nieznaczny (Ryniecki i Szymański, 1999). Ziarno suszy się metodą nisko lub wysokotemperaturową. W wysokotemperaturowym suszeniu powietrze wykorzystywane do suszenia zboża jest wcześniej podgrzewane przez nagrzewnice przystosowane do tego celu. Zaletą tego procesu jest duża wydajność suszenia, wadą natomiast wysokie zużycie energii oraz uszkodzenie ziarniaków na skutek miejscowego działania zbyt wysokiej temperatury (Kaleta i Górnicki, 2008).

Ziarno dojrzewa szczególnie intensywnie po zbiorach, co objawia się wzrostem jego temperatury i wilgotności. Te dwa czynniki decydują o czasie bezpiecznego przechowywania ziarna (Tab. 2). Ziarno o wilgotności 14% i temperaturze 5°C można bezpiecznie przechowywać przez okres około 3 lat, a ziarno o wilgotności 24% i temperaturze 31°C tylko 1 dzień (Olejarski, 2004). Wzrost temperatury od 16°C do 20°C przy wilgotności 20-22% powoduje wyraźne obniżenie jakości ziarna, przy czym zmiany temperatury są w większym stopniu związane z rozwojem pleśni niż aktywnością enzymów apolitycznych (Ignatowicz, 2011). Wzrost temperatury powyżej 35-50°C sprzyja rozwojowi pleśni, która odpowiedzialna jest za stęchły zapach zbóż. Kolejny wzrost temperatury powyżej 50°C początkuje dalsze procesy fermentacyjne. Ziarno takie ulega zepsuciu, tracąc zdolność kiełkowania, a zawarte w nim białka ulegają denaturacji (Lisowski, 2011). Ziarno przechowywane w odpowiednich warunkach może zachować swoją jakość przez wiele lat, dzięki własnym systemom obronnym takim jak np. okrywa owocowo-nasienna, która chroni wnętrze ziarna przed szkodliwym działaniem czynników zewnętrznych w trakcie magazynowania.

Tabela 2. Bezpieczna graniczna zawartość wody w ziarnie (*Źródło: Olejarski, 2004*).

Rodzaj ziarna	Czas przechowywania	Bezpieczna zawartość wody w ziarnie
pszenica, żyto	do 6 miesięcy	14%
pszenżyto, jęczmień	powyżej 6 miesięcy	13%

W przechowywaniu zbóż duże znaczenie ma także stopień fizycznego uszkodzenia ziarniaków. Uszkodzone ziarniaki są łatwiej porażane przez grzyby bakterie, pajęczaki i owady niż ziarna całe. Im większy jest stopień uszkodzenia ziarniaków tym większa jest możliwość psucia się ziarna podczas przechowywania. Zależność ta wskazuje na to, że należy dodatkowo i szybko podsuszać ziarno uszkodzone, a zwłaszcza to, które jest przeznaczone do długiego przechowywania (Grzesiuk i Kulka, 1988).

Aby ochronić ziarno zbóż przed niekorzystnymi warunkami obniżającymi jego jakość współczesne magazyny ziarna zbóż powinny uwzględniać zagrożenia powodujące wzrost aktywności biologicznej i enzymatycznej przechowywanego materiału (Janowicz, 2006, 2007 a). Za najbardziej odpowiednie do przechowywania zbóż uważa się silosy zbożowe. Konstrukcja silosów wieżowych najlepiej chroni zboże przed zamoknięciem, zniszczeniem, a także przed gryzoniami i ptakami, a szczelinowa podłoga zapewnia równomierny przepływ powietrza przez całą masę ziarna (Janowicz, 2005; Gaworski, 2012). Dodatkową zaletą silosów wieżowych jest zajmowana przez nie stosunkowo mała powierzchnia, w stosunku do magazynów płaskich, które również stosuje się do przechowywania zbóż. W przypadku przechowywania zboża w magazynach płaskich należy pamiętać o sypaniu ziarna cienkimi warstwami, a w przypadku przechowywania zboża w magazynach wieżowych o przesypywaniu ziarna, celem odprowadzenia nadmiernego zawilgocenia i zapobiegania kondensacji pary wodnej na ściankach zbiornika (Jamroz i in., 2004). Każdy magazyn powinien chronić przed wilgocią, ciepłem i światłem. Przed wsypaniem zboża, magazyn powinien być oczyszczony oraz poddany deratyzacji i dezynsekcji celem eliminacji szkodników zbożowych. Pomieszczenia do przechowywania ziarna zbóż, muszą być suche, dobrze izolowane od warunków zewnętrznych, a szczególnie od dostępu wilgoci. Budynki powinny być w dobrym stanie technicznym, czyste, bez pozostałości zbóż z lat ubiegłych czy innych zanieczyszczeń (Olejarski, 2004). Profesjonalne magazyny powinny być wyposażone w podstawowe urządzenia do właściwej pielęgnacji, takie jak: wentylatory, nagrzewnice powietrza, odpowiedni system rozprowadzania powietrza w magazynowej warstwie (kanały,

perforowane podłogi) oraz urządzenia pomiarowo – kontrolne do monitorowania podstawowych parametrów takich, jak wilgotność i temperatura. W przypadku braku możliwości przechowywania zboża w profesjonalnym magazynie, jako miejsce składowania zboża można wykorzystać istniejące już budynki np. garaż lub stodołę pod warunkiem, że posiadają one solidną, betonową posadzkę.

Według oficjalnych badań FAO, światowe ubytki po zbiorze ziarna wynoszą 30%. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest uszkodzenie ziarna bezpośrednio po wprowadzeniu do magazynu, niezajomość zasad pielęgnacji ziarna oraz stosowanie różnych metod konserwacji (Jurga, 2005). Magazynowanie wilgotnego, niedoczyszczonego oraz ciepłego ziarna lub magazynowanie dobrego ziarna, ale w złych warunkach prowadzi bardzo szybko do jego zepsucia i dużych strat z utratą całych plonów łącznie. Zalecenia dotyczące wyboru metody przechowywania ziarna zbóż i roślin strączkowych, mające na celu właściwe przechowywanie, zgodnie z wybraną metodą oraz wytyczne dotyczące konstrukcji magazynów innych niż magazyny komorowe określa norma PN-ISO 6322-2. Norma ta jest tłumaczeniem angielskiej wersji normy międzynarodowej ISO 6322-2:2000 i została wydana jako identyczna z wprowadzoną normą międzynarodową. Zgodnie z w/w normą najlepszą metodą jest przechowywanie zbóż w magazynach komorowych. Inne metody przechowywania stanowią wg tej normy wyłącznie alternatywę. Przechowywanie pod gołym niebem, zalecane jest wyłącznie na bardzo krótki okres czasu w przypadku dużych zbiorów i braku innych magazynów. Bez względu na gatunek zboża i jego odmianę, wszystkie zboża wymagają podobnych warunków, czyli zabezpieczenia przed wodą i wilgotnym powietrzem, światłem oraz szkodnikami. Przechowywanie hermetyczne, wietrzenie powietrzem atmosferycznym czy też schłodzonym powietrzem zostały, są ujęte w normie ISO 6322 – 2:2000, jako dodatkowe zabiegi poprawiające warunki przechowywania i jakość zboża, ograniczające temperaturę zboża i rozwój pleśni (PKN, 2002). Zabiegi te wymagają większych nakładów finansowych, jednakże często bez zabiegów dodatkowych, występujące w zebranym zbożu zanieczyszczenia, zbyt wysoka temperatura ziarna oraz nadmierna wilgotność, będące efektem źle przygotowanego do przechowywania materiału prowadzą do miejscowego powstawania pleśni, a w efekcie również mikotoksyn.

2.2. Grzyby pleśniowe i mikotoksyny w zbożach

Grzyby są eukariotycznymi organizmami ze ścianami komórkowymi nieposiadającymi chlorofilu. Ich organizmy to nitkowata grzybnia, na której wytwarzają się

zarodniki konidialne oraz zarodniki generatywne (płciowe). Struktura grzybni może być różna w zależności od gatunku, warunków wzrostu, obecności substancji pokarmowych w podłożu. Grzyby zaliczane są do pasożytów, jeżeli źródłem substancji organicznych są organizmy żywe lub do saprofitów, jeżeli związki te pochodzą z martwych, wilgotnych, organicznych materiałów (Chełkowski, 1985). Grzyby posiadają dużą zdolność adaptacji w różnych warunkach środowiskowych. Powstawanie ich metabolitów wtórnych, zwanych mikotoksynami, uzależnione jest od wielu czynników – głównie od poziomu zainfekowania grzybem, zarażenia kilkoma gatunkami grzybów, których wzajemne oddziaływanie może wpływać na produkcję mikotoksyn oraz stopnia uszkodzenia ziaren, czasu, temperatury i wilgotności (Wiśniewska, 2011). Czynnikiem sprzyjającym w rozwoju toksynotwórczych grzybów pleśniowych w roślinach, są ogólne warunki środowiskowe podczas wegetacji zbóż ich zbioru i przechowywania oraz podczas ich przetwarzania (Warfield i Gilchrist, 1999).

Termin „mikotoksyny” pochodzi od greckiego słowa *mycos* – grzyb oraz od łacińskiego słowa *toxicum* – trucizna (Błażej, 2001). Mikotoksyny, zwane potocznie pleśnią, definiuje się jako niskocząsteczkowe ($M < 1,5$ kDa) metabolity niektórych gatunków grzybów pleśniowych (strzępkowych), wykazujące niekorzystny wpływ na zdrowie narażonych ludzi lub zwierząt po kontakcie fizjologicznymi drogami narażenia, takimi jak pokarmowa, oddechowa, przez skórę i przez błony śluzowe. Ze względu na obecność mikotoksyn w zanieczyszczonej żywności najczęściej spotykana jest droga pokarmowa (Sweeney i Dobson, 1998). Zawartość mikotoksyn jest bardzo ważnym wskaźnikiem wpływającym na jakość ziarna zbóż. Skażenie zbóż oraz pasz jest problemem ogólnoswiatowym – 25 do 50% światowej produkcji zbóż jest skażone grzybami pleśniowymi i ich metabolitami – mikotoksynami. Ustalono ponad 250 000 gatunków grzybów, ale tylko część z nich jest w pewnych warunkach szkodliwa dla człowieka i ważna z punktu widzenia medycyny, ponieważ potencjalnie może powodować infekcje, alergie i reakcje toksyczne (Grajewski i Twarużek, 2004). Dotychczas zidentyfikowano około 400 mikotoksyn, wśród których do najlepiej poznanych należą aflatoksyny, fumonizyny, ochratoksyny, patulina, trichoteceny i zearalenon (Czerwiecki, 1997). Te wtórne produkty przemiany materii, po spożyciu nawet w niewielkich ilościach, mogą prowadzić do ostrych lub chronicznych intoksykacji, tzw. mikotoksykoz, zarówno u ludzi jak i u zwierząt. Najczęściej wykazują one szczególne powinowactwo do określonych narządów lub tkanek – np. ochratoksyna powoduje zaburzenia w nerkach i wątrobie, aflatoksyna, kwas penicillinowy w wątrobie, trichoteceny w przewodzie żołądkowo-jelitowym, zearalenon w układzie rozrodczym (Grajewski, 2006; Seńczuk, 1999). Poważną grupę zatrucia mikotoksynami

stanowią zatrucia grzybami pleśniowymi należącymi do rodzajów: *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*. Aby powstały mikotoksyny, musi dojść do zakażenia ziarna pleśniami. Zboże może ulec zarażeniu na etapie rozwoju rośliny na polu poprzez nieodpowiedni zbiór, jak też w trakcie transportu i przechowywania. To, że produkty rolne zawierają niewiele pleśni nie oznacza, że są wolne od mikotoksyn. Pleśnie pyłą, występują w powietrzu, a podczas deszczu szybko opadają. Wiele toksyn jest niewrażliwych na obróbkę cieplną podczas przetwarzania, dlatego też mogą pozostawać w produkcie długo po zniknięciu pleśni (Pittet, 1998; Gajęcki i in., 2001).

W literaturze przedmiotu zwraca się uwagę na zagrożenie zdrowotne pracowników sektora rolno – spożywczego. Uprawa, zbiór i magazynowanie zboża to czynności, przy których może występować zwiększone narażenie pracowników na szkodliwy wpływ mikotoksyn. Maszynowy zbiór zboża z pola oraz dokonywany na miejscu omłot ziarna, generują bardzo duże ilości pyłu organicznego. Pył ten, wdychany na polu jeszcze podczas pracy kombajnu czy też osiadły na częściach maszyn, stanowi istotny czynnik ryzyka dla rolników. Dużym ryzykiem narażenia na wdychanie mikotoksyn, obarczeni są również pracownicy zatrudnieni przy przechowywaniu zboża w warunkach niedostatecznego uprzedniego wysuszenia ziarna, wysokiej temperatury oraz braku obiegu powietrza w silosie. Główną drogą narażenia w przypadku kontaktu zawodowego z mikotoksynami są drogi oddechowe, co wynika z osadzania się w nich wdychanych mikroskopijnych cząstek zawierających mikotoksyny (spory grzybowe lub fragmenty grzybni). W zdecydowanie mniejszym stopniu do zakażenia dochodzi poprzez bezpośredni kontakt zdrowej bądź zmienionej chorobowo skóry i błon śluzowych z zainfekowanym gatunkiem zboża, będącym źródłem mikotoksyn (Krysińska-Traczyk E., 2000).

Ze względu na wszechobecność grzybów pleśniowych i odporność wytwarzanych przez nie mikotoksyn na większość czynników fizykochemicznych, skażeń mikotoksynami nie można całkowicie wyeliminować. Obecność mikotoksyn w płodach rolnych, a stąd ich negatywny wpływ na zdrowie człowieka, zależy od wielu czynników, takich jak między innymi klimat, kultura rolna, technologia przetwarzania surowców (Varga i in., 2005) . Ponieważ mikotoksyny są bardzo trudne do całkowitego wyeliminowania, Unia Europejska wprowadziła rygorystyczne zalecenia, co do dopuszczalnego poziomu ich zawartości w zbożach i przetworach (Postupolski, 2005; Wiśniewska, 2011). Obowiązującym w Polsce od 1 marca 2007 roku aktem prawnym w zakresie zanieczyszczenia środków spożywczych, w tym ziaren zbóż i nasion roślin uprawnych, mikotoksynami jest Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 roku ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy

niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (Dz. Urz. WE L 364 z 20 grudnia 2006). Obowiązująca w Polsce norma dopuszcza maksymalną zawartość grzybów produkujących mikotoksyny na poziomie 200 tys. jtk. g⁻¹. Najważniejsze ze zdrowotnego punktu widzenia mikotoksyny i produkujące je grzyby oraz przyjęte przez Komitet Ekspertów FAO/WHO ds. Substancji Dodatkowych do Żywności i Zanieczyszczeń oraz Komitet Naukowy ds. Żywności UE, tymczasowe tolerowane dzienne pobranie (PTDI) mikotoksyn przedstawiono w Tabeli 3.

Tabela 3. Tymczasowe tolerowane dzienne pobranie (PTDI) mikotoksyn oraz grzyby je wytwarzające (Źródło: Jurga, 2011).

	Mikotoksyny	Gatunki pleśni wytwarzających mikotoksyny	PTDI (µg/kg mc.)
1	Aflatoksyny B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus parasiticus</i> <i>Aspergillus nomius</i>	nie ustalone
2	Ochratoksyna A	<i>Penicillium verrucosum</i> <i>Aspergillus ochraceus</i>	0,005
3	Patulina	<i>Penicillium expansum</i> <i>Aspergillus clavatus</i> <i>Bassochlamys nivea</i>	0,4
4	Fumonizyny	<i>Fusarium moniliforme</i> <i>Fusarium proliferatum</i>	2,0
5	Deoksyniwalenol	<i>Fusarium graminearum</i> <i>Fusarium culmorum</i> <i>Fusarium cerealis</i> <i>Fusarium sporotrichoides</i> <i>Fusarium poae</i> <i>Fusarium acuminatum</i> <i>Fusarium equiseti</i>	1,0
6	Zearalenon	<i>Fusarium graminearum</i> <i>Fusarium culmorum</i> <i>Fusarium crookwellense</i>	0,2

Aflatoksyna będąca pochodną difuranokumaryny, należy do najsilniejszych czynników rakotwórczych. Aflatoksyny (B₁, B₂, G₁, G₂) produkowane są głównie przez

grzyby z rodzaju *Aspergillus flavus* oraz *Aspergillus parasiticus*. Wykazują one działanie hepatokarcynogenne, mutagenne, teratogenne i toksyczne. Z badań klinicznych wynika, że aflatoksyny są powodem nowotworów okrężnicy, żołądka, nerek, gruczołów łzowych, języka i tchawicy. Aflatoksyny występują najczęściej w orzeszkach, śrutach i mączkach arachidowych, ziarnie kukurydzy głównie strefy subtropikalnej oraz w mleku krowim. (Creppy, 2002; Mishra i Chitrangada, 2003; Saleemullah, 2006). Do zanieczyszczenia aflatoksynami zboża dochodzi w trakcie wegetacji roślin. Największe ich stężenie obserwuje się jednak w produktach rolnych w trakcie ich przechowywania w nieodpowiednich warunkach (Pittet, 1998). Nie ustalono wartości tolerowanego pobrania.

Ochratoksyna A (OTA) wytwarzana jest w klimacie umiarkowanym i chłodnym przez *Penicillium verrucosum*, a w klimacie ciepłym i tropikalnym przez niektóre gatunki *Aspergillus* (Czaban i in., 2006). Wykazuje działanie nefrotoksyczne, genotoksyczne, teratogenne oraz, immunotoksyczne (immunosupresyjne). Odkłada się w nerkach, wątrobie, mięśniach i tkance tłuszczowej (Pardo i in., 2004). Ochratoksyne występują we wszystkich gatunkach zbóż. Uważa się, że głównym czynnikiem powodującym zanieczyszczenie ziarna i pasz jest powstawanie ochratoksyny po zbiorze – mikotoksyna wykrywana jest najczęściej w ziarnach źle wysuszonych oraz składowanych w nieodpowiednich warunkach pod względem wilgotności i temperatury (Creppy, 2002; Creppy i in., 1985; Dipaulo i in., 1994). Tolerowane dzienne pobranie wynosi poniżej 5 ng kg⁻¹ masy ciała.

Patulina wytwarzana przez grzyby z rodzaju *Penicillium expansum*, *Aspergillus clavatus* oraz *Bassoclamys nivea* występuje głównie w jabłkach i jego przetworach. Powoduje przekrwienia, krwotoki i owrzodzenia przewodu pokarmowego (Szymczyk i in., 2004). Tolerowane dzienne pobranie wynosi 0,4 μg kg⁻¹ masy ciała.

Zearalenon to główny metabolit grzybów rodzaju *Fusarium culmorum* i *Fusarium graminearum*. Występuje w zbożach (pszenica, kukurydza, jęczmień, owies). Ma działanie kancerogenne, teratogenne, hematotoksyczne, immunotoksyczne i toksyczne. Dzięki podobieństwom w budowie chemicznej do budowy chemicznej hormonów płciowych ssaków zakłóca gospodarkę estrogenową prowadząc między innymi do spadków płodności, zmniejszenia wagi urodzeniowej zwłaszcza u świń i owiec. Zawierająca zearalenon pasza wywołuje u zwierząt zespół estrogeny (Creppy, 2002; Kłyszajko i in., 2005). Tolerowane dzienne pobranie to 0,2 μg kg⁻¹ masy ciała.

Fumonizyna jest wtórnym metabolitem grzybów z rodzaju *Fusarium moniliforme* oraz *Fusarium proliferatum*. Występuje w kukurydzy i jej przetworach. Ma działanie kancerogenne, neurotoksyczne, immunotoksyczne, cytotoksyczne oraz powoduje zaburzenia

oddychania, zaburzenia wzrostu, zaburzenia układu krążenia oraz nowotwory nosogardzieli. Wzrost poziomu tych toksyn w paszach dla zwierząt objawia się między innymi występowaniem obrzęku płuc u świń oraz zwiększeniem zachorowalności koni na leukodystroficzne rozmiękanie mózgu (Placinta i in., 1999). Tolerowane dzienne pobranie wynosi $2\mu\text{g kg}^{-1}$ masy ciała.

Deoksyniwalenol (DON) produkowany jest głównie przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Z reguły jest wytwarzany na roślinach przed zbiorem - powstaje w czasie długotrwałych okresów chłodu w czasie wegetacji oraz podczas zniw przebiegających w warunkach dużej wilgotności. Występuje w zbożach takich jak pszenica, kukurydza, owies, żyto czy jęczmień. Ma działanie teratogenne, neurotoksyczne oraz cytotoksyczne. Po spożyciu deoksyniwalenolu występują biegunki, wymioty oraz anoreksja wywołana stanem zapalnym nabłonka jelita cienkiego (Tomczak i in., 2002). Tolerowane dzienne pobranie wynosi $1\mu\text{g kg}^{-1}$ masy ciała.

Mikotoksyny zawarte w ziarnie przechowywanym w złych warunkach, ze względu na możliwość wykorzystania zakażonego ziarna jako surowca w przemyśle młynarskim i piekarnictwie oraz do produkcji pasz, stanowią źródło zakażenia dla ludzi oraz dla zwierząt gospodarskich. Możliwe jest także kumulowanie się mikotoksyn w produktach pochodzenia zwierzęcego takich jak mleko, mięso, jaja (Broda i Grajek, 2009). Ryzyko pojawienia się mikotoksyn w produktach pochodzenia zbożowego można ograniczyć poprzez: dobór do siewu odmian wykazujących odporność na porażenie grzybami, odpowiednie kierowanie uprawą i stosowanie w czasie wegetacji zabiegów środkami ochrony roślin. W celu zminimalizowania obecności patogenów konieczne jest usunięcie przed składowaniem kurzu, uszkodzonych ziaren i części wegetatywnych chwastów, wentylowanie i zapewnienie niskiej temperatury przechowywania poprzez przesuszenie przechowywanego ziarna do bezpiecznego poziomu poniżej 14% wilgotności oraz zapewnienie niskiej temperatury przechowywanych zbóż, ograniczającej rozwój mikroflory grzybowej (Korbas i Horoszkiewicz – Janka, 2007).

2.3. Prozdrowotna wartość zbóż oraz jakość technologiczna ziarna

Fundamentalną funkcją żywności jest zapewnienie organizmowi człowieka niezbędnych składników odżywczych i odpowiedniej ilości energii. Istotna rola żywności wiąże się z obecnością w niej substancji bioaktywnych wpływających na obniżenie ryzyka zachorowania na wiele przewlekłych chorób niezakaźnych. Związki te mogą przyczyniać się

do poprawy zdrowia człowieka oraz odgrywać istotną rolę w profilaktyce chorób (Chu i in., 2010).

Produkty żywnościowe pochodzenia zbożowego są bogatym źródłem substancji biologicznie aktywnych. Należą do nich zarówno substancje odżywcze jak i substancje określane mianem antyżywnościowych. Najliczniejszą grupę wśród substancji biologicznie aktywnych stanowią przeciwutleniacze - antyoksydanty (Ball, 2001; Basaga i in., 1997; Plasch, 2006; Szymusiak i in., 1999). Działanie antyoksydantów polega na neutralizacji reaktywnych form tlenu (wolnych rodników), które obecne są w każdym żywym organizmie. Jednakże nadmierna produkcja wolnych rodników powoduje znaczne zaburzenia w funkcjonowaniu organizmu poprzez uszkodzanie białek, tłuszczów i kwasów nukleinowych, co wiąże się z powstawaniem różnych chorób, w tym nowotworowych (Kisala, 2009; Grajek, 2007; Bartosz 2003). Wyniki badań epidemiologicznych wskazują na kluczową rolę związków biologicznie aktywnych o właściwościach przeciwutleniających w obniżaniu ryzyka zapadania na choroby nowotworowe i układu krążenia oraz w spowalnianiu procesów starzenia się. Przeciwutleniacze uczestnicząc w procesach metabolicznych, wzmacniają system odpornościowy i przeciwutleniający ustroju, wpływają na układy: nerwowy, oddechowy, sercowo – naczyniowy i trawienny (Kaliora, 2007; Slavin, 2000). Ponieważ zastosowanie syntetycznych przeciwutleniaczy jest mocno ograniczone ze względu na ich toksyczność, wzrasta zainteresowanie naturalnymi produktami roślinnymi, jako źródłami bezpiecznych antyoksydantów (Holasova, 2002). Ludzki organizm posiada własny system zabezpieczający przed toksycznym działaniem wolnych rodników w postaci grupy endogennych antyoksydantów, który jednak z wiekiem słabnie. Stosując dietę bogatą w egzogenne przeciwutleniacze można go wzmacniać. Dostarczenie odpowiednich ilości tych związków w diecie jest jednym z podstawowych warunków właściwego żywienia i dobrego zdrowia (Grajek, 2007)

Do najbardziej skutecznych przeciwutleniaczy zalicza się liczną grupę związków fenolowych, karotenoidy, kwas fitynowy oraz witaminy C i E (Zieliński i in., 2012). Związki fenolowe, stanowiące najliczniejszą grupę antyoksydantów, występują tylko w roślinach i należą do wtórnych produktów ich metabolizmu (Achremowicz i Korus, 2009). Działanie przeciwutleniające fenoli polega na ich zdolności łączenia się z metalami, zwłaszcza z żelazem i miedzią, umożliwiającymi im udział w enzymatycznych procesach utleniania (Hanczakowski, 2002). Ziarniaki zbóż zawierają liczne frakcje związków fenolowych, wśród których szczególne znaczenie mają kwasy fenolowe (Karakaya, 2004). Szczególnie zasobne w związki fenolowe są ziarniaki pszenicy, żyta, jęczmienia, owsa i gryki (Weider, 2000).

Aktywność przeciwutleniająca wyciągów z produktów zbożowych, wykazuje korelację z zawartością w tych produktach fenoli roślinnych (Bourne, 1998). Grupę kwasów fenolowych w ziarniakach zbóż tworzą kwasy fenylokarboksylowe (p-hydroksybenzoesowy, wanilinowy, salicylowy, galusowy, elagowy i protokatechowy) oraz kwasy fenylopropenowe (kawowy, ferulowy, synapinowy i p-kumarowy), tworzące tzw. fenolokwasy (Zieliński i in., 2009). Dominującym kwasem fenolowym w ziarniakach zbóż jest kwas trans-ferulowy. Najwięcej kwasów fenolowych zawierają całe ziarniaki i otręby (Babulis, 2000). Z badań Zielińskiego i współpracowników (2001) wynika, że pochodne kwasów fenolowych są głównymi przeciwutleniaczami zawartymi w ziarniakach zbóż. Zawartość kwasów fenolowych w ziarnach zbóż jest zróżnicowana i zależy głównie od warunków klimatycznych, agrotechnicznych, czasu zbioru, dojrzałości oraz warunków przechowywania. Bardzo istotne są również czynniki genetyczne oraz różnorodność gatunkowa roślin.

Liczną grupę przeciwutleniaczy zawartych między innymi w ziarniakach zbóż stanowią flawonoidy obejmujące flawony, flawonole, chalkony i izoflawony. Są one związkami o zróżnicowanej budowie i strukturze. Ich cechą wspólną jest charakterystyczny szkielet węglowy C₆-C₃-C₆ (Sikorski, 2007). Mają one silne działanie utleniające poprzez zdolność wiązania jonów metalu, które przyspieszają utlenianie (Bamforth i in., 1993). Aktywność biologiczna flawonoidów polega między innymi na zwiększaniu „dobrego” cholesterolu HDL, zmniejszaniu ogólnej zawartości cholesterolu w surowicy i hamowaniu tworzenia się blaszek miażdżycowych. Wykazują one także aktywność przeciwmutagenną i zmniejszają ryzyko powstawania i rozwoju guzów nowotworowych (Zieliński i in., 2012). Flawonoidy wpływają także na kształtowanie się smaku i barwy owoców oraz warzyw jak i produktów z nich wytwarzanych.

Karotenoidy są związkami nadającymi żółtą, pomarańczową i czerwoną barwę owocom, warzywom oraz ziarniakom niektórych zbóż. Są one głównymi związkami barwnymi występującymi w ziarniakach zbóż. Występują w małych ilościach we wszystkich częściach anatomicznych ziarniaków, głównie w zarodkach (Konopka i in., 2006). Działają one w wielu środowiskach lipidowych i systemach biologicznych, tworząc z wolnymi rodnikami, mniej reaktywne rodniki karoteinowe. Dzieli się je na dwie podstawowe grupy (Gani i in., 2012):

1. karoteny zawierające w cząsteczce 11 sprzężonych wiązań podwójnych np. β-karoten, α-karoten, γ-karoten i likopen,
2. ksantofile zawierające w cząsteczce tlen w formie grup karbonylowych, epoksydowych i hydroksylowych jak: luteina, wioloksantyna, zeaksantyna i kapsantyna.

Podstawowy barwnik ziarniaków pszenicy stanowi żółta luteina, a także jej mono- i diestry z kwasami tłuszczowymi. Jej zawartość zależy od gatunku i odmiany pszenicy (Konopka i in., 2006). Frakcja karotenoidów żyta składała się z β -karotenu, poli-cis-likopenu B, epoksydów ksantofili, luteiny oraz taraksantyny, która występuje głównie w zarodku. W owsie stwierdzono występowanie 5,6-epoksyluteiny i taraksantyny (Gąsiorowski, 1994, 1997). Karotenoidy dzięki swym właściwościom przeciwutleniającym, zapobiegają uszkodzeniom struktury oraz zmianom przepuszczalności błon komórkowych (Sikorski, 2007).

W ziarniakach zbóż w śladowych ilościach występuje również witamina C, która jest niezwykle skutecznym przeciwutleniaczem. Wpływa ona na wzrost i rozwój komórek organizmu i na zmniejszenie stężenia cholesterolu w surowicy krwi. U osób z hipercholesterolemią utrudnia przenikaniu do krwi wirusów, przyspiesza procesy gojenia, pełni istotną rolę w regulacji ciśnienia tętniczego krwi (Kanner, 1994).

Oprócz antyoksydantów istotnym prozdrowotnym składnikiem ziarniaków zbóż jest włókno pokarmowe (błonnik). Według definicji Amerykańskiego Stowarzyszenia Chemików Zboż włókno pokarmowe są składniki roślinne nietrawione przez enzymy układu pokarmowego człowieka, które ulegają całkowitej lub częściowej fermentacji w jelicie grubym dając pozytywne efekty fizjologiczne i korzystanie wpływając na zdrowie (AOAC Report, 2001). Włókno pokarmowe obejmuje 4 grupy związków (Boros, 2005):

1. polisacharydy nieskrobiowe wraz z oligocukrami,
2. ligniny,
3. analogiczne węglowodany, do których zalicza się skrobię oporną,
4. substancje powiązane z nieskrobiowymi polisacharydami (woski, suberyny, saponiny, fityniany, kutyny, taniny).

Z ogólnej ilości ziarna zbóż wykorzystywanego do produkcji żywności 82% stanowi pszenica i 6% żyto (FAO, 2010). Zboża te zaliczane są do tzw. zbóż chlebowych – wytwarzana jest z nich mąka potocznie zwana chlebową, która służy do wypieku chleba oraz innych wyrobów piekarniczych i cukierniczych. Najcenniejszym składnikiem o właściwościach prozdrowotnych w ziarnie pszenicy i żyta jest włókno pokarmowe. Korzystne działanie włókna pokarmowego wiąże się przede wszystkim z jego wpływem na gospodarkę lipidową i metabolizm węglowodanów oraz regulacją czynności całego przewodu pokarmowego, co zmniejsza ryzyko zachorowania na takie choroby jak: miażdżyca, choroba niedokrwienna serca, cukrzyca insulinoniezależna, otyłość, nowotwory jelita grubego

arterioskleroza, reumatyzm, zapalenie jelita, zaćma (Boros, 2012; Gani i in. 2012; Grzebisz, 2009; Klepacka i Fornal, 2008).

Poniżej przedstawiono walory żywieniowe objętych badaniami gatunków zbóż (Wasylikowa, 2001; Grzesiuk i Kluka, 1988).

- Jęczmień (*Hordeum* sp.) uprawiany był już około 7 tysięcy lat temu. Na terenie obecnej Polski jęczmień zaczęto uprawiać w II wieku p.n.e. Obecnie w Polsce jęczmień ozimy uprawiany jest na powierzchni około 260 tys. ha, co stanowi około 3% ogólnej powierzchni uprawy zbóż. Mały udział jęczmienia w zasiewach wynika z słabej jego mrozoodporności, a także dużej wrażliwości na odczyn gleby. Zaletami jęczmienia są: znaczny potencjał plonowania, wczesne dojrzewanie i zbiór, co umożliwia lepsze rozłożenie prac żniwnych oraz uprawę międzyplonów po jęczmieniu. Najlepsze plony jęczmienia uzyskuje się na glebach żyznych o dobrej strukturze. Ziarna jęczmienia są źródłem: białek, β -karotenu, kwasu foliowego, magnezu, potasu, fosforu, wapnia, żelaza, miedzi, cynku, witaminy E, witamin B₁, B₂, B₆, nienasyconego tłuszczu. Zawartość białka ogólnego utrzymuje się na poziomie około 12% białka ogólnego, 2% tłuszczu, 2–4% skrobi, 5% włókna surowego, 60 – 65% związków bezazotowych wyciągowych, 2,5% związków mineralnych. Skrobia zawarta w ziarnach jęczmienia jest bardzo łatwo trawiona, przez co jest wskazanym pokarmem dla dzieci. Jęczmień stosuje się w profilaktyce chorób sera, naczyń krwionośnych i nowotworowych. Spożywanie jęczmienia obniża poziom cholesterolu i reguluje poziom cukru. Z mielonych ziaren jęczmienia uzyskuje się mąkę jęczmienną i tsampa (gruboziarnista mąka z prażonego jęczmienia), całe ziarna wykorzystywane są w produkcji kaszy pęczak jęczmienny, z ziaren ratyfikowanych produkuje się kaszę perłową a z ziaren gniecionych płatki jęczmienne. Jęczmień wykorzystywany jest także do produkcji słodu piwowarskiego i gorzelniczego. Ze względu na brak białek glutenowych ziarno jęczmienia nie nadaje się na mąkę do wyrobu chleba, a jedynie jako dodatek do mąki pszennej. Obecnie w piekarnictwie wykorzystywany jest do wypieku chleba słód jęczmienny, który nadaje pieczywu charakterystyczną ciemną barwę skórki oraz aromat, a także zwiększa objętość chleba. W odmianie pastewnej jęczmień uprawiany jest na paszę dla zwierząt.
- Żyto (*Secale* sp.) pochodzi z Azji Środkowej i należy do najmłodszych zbożowych roślin uprawnych. W Europie zaczęto uprawiać je około 1000 roku p.n.e. Do Polski dotarło ono znacznie później. Obecnie w Polsce żyto ozime uprawiane jest na powierzchni około 1,1 mln ha, co stanowi około 15% ogólnej powierzchni uprawy

zbóż. Gospodarcze znaczenie żyta wynika ze stosunkowo mniejszych niż u pozostałych zbóż wymagań glebowych i wodnych, większej tolerancji na zakwaszenie gleby oraz dużej mrozoodporności. Ziarno żyta zawiera około 9,5% białka ogólnego, 1,6% tłuszczu, 2,4% włókna surowego oraz 72,7% bezazotowych związków wyciągowych. Ziarniaki żyta zawierają dużą ilość błonnika regulującego pracę żołądka i jelit oraz zapobiegającego występowaniu chorób wieńcowych. Z mielonych ziaren żyta uzyskuje się mąkę żytnią (żyto jest ziarnem chlebowym). Od udziału mąki żytniej w wypieku zależy rodzaj pieczywa. Ciemna barwa chleba żytniego związana jest z dużą zawartością okrywy owocowo-nasiennej ziarniaka żyta i związaną z nią zwiększoną zawartością składników mineralnych - im większy jest jej udział, tym kolor jest ciemniejszy. Z mąki żytniej wypiekany jest również pumpernikiel. Z łusek ziaren pozyskiwane są otręby żytnie. Ziarno żyta wykorzystywane jest także w przemyśle gorzelniczym do produkcji alkoholu etylowego i whisky. Ziarniaki żyta stosowane są także do wyrobu pasz dla bydła i trzody chlewnej.

- Pszenica (*Triticum* sp.) uprawiana była już w neolicie. Najstarsze gatunki pszenicy stanowiły pszenica płaskurka, która dziś nie jest już prawie w ogóle uprawiana oraz pszenica samopsza, która jako mało plenna jest rośliną wymierającą. W starożytnym Egipcie uprawiano przede wszystkim pszenicę orkisz, która uprawiana była także około 4,5 tysiąca lat temu na terenach Polski. Obecnie istnieje kilkadziesiąt odmian pszenicy i z roku na rok zwiększa się ich ilość ze względu na krzyżowanie odmian między sobą, a także z blisko spokrewnionymi trawami. Celem jest uzyskanie odmiany pszenicy o dużej plenności. Pszenica wymaga dobrej gleby i silnego nawożenia mineralnego. W Polsce pszenica uprawiana jest na około 2 mln ha, co stanowi około 23% ogólnej uprawy zbóż. Ziarniaki pszenicy zawierają duże ilości skrobi oraz najwięcej białka oraz glutenu ze wszystkich gatunków zbóż. (B. Murawska i in., 2014). Ponadto ziarniaki pszenicy dostarczają organizmowi substancje biologicznie czynne jak: estrogeny, ryboflawina, tiamina, niacyna, karoten czy tokoferol. Ziarniaki bogate są w związki mineralne (sód, wapń, potas, magnezu fosfor, siarka, żelazo), witaminy: B₁, B₂, D, E, K oraz PP. Skład ziarniaków pszenicy zależy od odmiany oraz technologii produkcji, jakości gleby i warunków pogodowych i przeciętnie wynosi: około 13,2% wody, 11,7% białka, 69,3% węglowodanów, 2% tłuszczu, 2% włókna pokarmowego oraz 1,8% substancji mineralnych. Z mielonych ziaren pszenicy uzyskuje się mąkę: pszenną, krupczatkę, graham oraz

semolinę. Całe ziarna wykorzystywane są w produkcji kaszy pęczak pszennej, z ziaren ratyfikowanych produkuje się kaszę mannę i semolinę, a z ziaren gniecionych płatki pszenne. Mąki uzyskiwane z pszenicy uznawane są za najlepsze gatunkowo. Używa się ich między innymi do wyrobu chleba, ciast i makaronów (Knapowski i in., 2015).

- Pszenżyto (*Triticale* sp.) jest syntetycznym, wytworzonym przez człowieka zbożem pochodzącym ze skrzyżowania pszenicy i żyta. Gatunek ten nie występuje w stanie naturalnym, jest mieszańcem międzyrodzajowym. Celem jego utworzenia było uzyskanie zboża łączącego korzystne cechy obu wyjściowych gatunków zbóż (Bubniewicz, i Mrówczyński, 2009) i jako mieszaniec syntetyczny posiada w swym składzie genetycznym geny żyta i różnych gatunków pszenic (Jasińska i Kotecki 2003). Po raz pierwszy pszenżyto powstało w 1876 r. w wyniku zapylenia pszenicy pyłkiem żyta przez szkockiego amatora botanika A.S. Wilsona. Naturalnego mieszańca pszenicy z pszenżytem opisał niemiecki botanik Rimpau w roku 1891. Odkrycie naturalnych mieszańców pszenicy i żyta, dających częściowo płodne rośliny, było nadzieją dla genetyków, botaników i hodowców, że ich prace stworzenia nowego gatunku zboża mają szansę zakończyć się sukcesem. Jednak do późnych lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku nowa odmiana zboża stanowiła jedynie ciekawostkę botaniczną. W latach sześćdziesiątych podjęto we współpracy z wieloma ośrodkami na całym świecie zakrojone na szeroką skalę prace nad pszenżytem w CIMMYT (Między Narodowy Ośrodek Badań Nad Pszenicą i Kukurydzą) w Meksyku. Prace okazały się przełomowe – doprowadziły do pojawienia się przydatnych do uprawy form jarych pszenżyta. Formy ozime na szeroką skalę wytworzono natomiast w Polsce (Arseniuk, 2006). Pszenżyto stało się polską specjalnością. Polska jest głównym producentem pszenżyta jarego i ozimego w świecie, zarówno pod względem powierzchni uprawy jak i wielkości zbiorów (Marciniak, 2009). Pszenżyto uprawiane jest w Polsce na około 1,22 mln ha, co stanowi około 15% ogólnej uprawy zbóż. Ma mniejsze wymagania glebowe niż pszenica, jest odporne na choroby żyta i pszenicy, odporne na porastanie, ma małą podatność na wyleganie oraz dobrze znosi mrozy (Czerwieńska, 2010). Zawiera ono około 12,2% białka ogólnego, 1,4% tłuszczu, 2,4% włókna surowego, 70,2% bezazotowych związków wyciągowych. Białko pszenżyta ma większą zawartość lizyny niż białko pszenicy. Mniejsza zawartość substancji antyżywnościowych sprawia, że składniki pokarmowe pszenżyta są bardziej strawne aniżeli żyta (Gnyś, 2010). Wysoka wartość odżywcza ziarniaków pszenżyta wynika z dość znacznej zawartości białka oznaczającego się korzystnym

składem aminokwasowym oraz wysokim współczynnikiem strawności. Pszenżyto hodowane jest przede wszystkim na paszę. Z mielonych ziaren pszenżyta uzyskuje się mąkę pszenżytnią.

Jeszcze niedawno pomniejszano odżywczą wartość zbóż na korzyść produktów żywnościowych pochodzenia zwierzęcego. Jednak specjaliści od żywienia szybko zweryfikowali ten pogląd, wykazując walory prozdrowotne skrobi i błonnika zawartego w otrębach. Rehabilitacja żywieniowa zbóż oraz udowodnione korzystnego działanie substancji bioaktywnych w ziarnie zbóż, przyczyniły się do opracowania nowej piramidy zdrowia (Eufic, 2009) przedstawionej na poniższym rysunku (Ryc. 2).



Piramida Zdrowego Żywienia



Instytut Żywności i Żywienia 2009

Ryc. 2. Piramida zdrowia (Źródło: Eufic, 2009).

U podstawy piramidy zdrowia znalazły się wyłącznie pełnoziarniste produkty zbożowe. Wartość energetyczna zbóż jest wysoka – sama skrobia dostarcza 1675 KJ (400

kcal) na 100 g ziarna. Produkty wytwarzane z białej mąki ujęte zostały na szczycie piramidy obok takich produktów jak mięso wołowe, ziemniaki i słodczyce, których część również produkowana jest z zastosowaniem mąki.

W ziarniaku zbóż związki bioaktywne są zlokalizowane głównie w okrywie owocowo – nasiennej, zarodku i warstwie aleuronowej – z tego względu produkty zbożowe wytworzone z pełnego ziarna zawierają wysoką ilość węglowodanów w tym błonnika w ilości 40 – 80%. Natomiast mąka wysokooczyszczona pod wpływem rafinacji traci około 80% ilości błonnika, witamin, minerałów i związków fenolowych (Eufic, 2015).

Współcześni dietetycy zalecają zwiększenie spożycia produktów zbożowych pełnoziarnistych, zwłaszcza z uwagi na zawartość w nich przeciwutleniaczy i włókna pokarmowego oraz stwierdzone pozytywne korelacje pomiędzy zwiększonym spożyciem produktów zbożowych pełnoziarnistych, a obniżeniem zachorowań na nowotwory oraz choroby układu krążenia (Baublis i in., 2000; Zieliński i in. 2000). W Polsce jednak od wielu lat obserwuje się spadek średniego spożycia produktów zbożowych. Maleje spożycie pieczywa, płatków zbożowych i kasz. Rośnie natomiast spożycie wyrobów ciastkarskich oraz makaronów (Gąsiorowski, 2001). Polacy kupują też znacznie chętniej białe pieczywo niż ciemne pieczywo z pełnego ziarna. Omijają pieczywo jasne zawierające dodatki nasion (słonecznika, dyni) czy błonnika jabłkowego, bogatego w związki biologicznie czynne. Pewien odsetek konsumentów kupując tańsze białe pieczywo z pewnością kieruje się względami ekonomicznymi. Duży natomiast odsetek Polaków wybiera biały chleb ponieważ bardzo niska jest świadomość społeczna prozdrowotnych walorów ciemnego pieczywa i produktów zbożowych wytwarzanych z ziarna z pełnego przemiału.

3. CEL PRACY

Celem badań stanowiło określenie dynamiki zmian wybranych cech jakościowych ziarna przechowywanego w silosach zbożowych. Badania przeprowadzono w latach 2009 – 2012. Postawiono następujące pytania badawcze:

1. Czy ziarno różnych gatunków zbóż charakteryzuje się taką samą podatnością na porażenie grzybami pleśniowymi oraz czy odznacza się taką samą stabilnością utrzymania parametrów jakościowych, technologicznych oraz prozdrowotnych w czasie jego przechowywania czy też parametry te zdeterminowane są rodzajem zastosowanego zboża?
2. W jakim stopniu zmienność temperatury oraz ilość i rozkład opadów atmosferycznych w okresie prowadzenia upraw wpływa na jakość technologiczną oraz stabilność ziarna podczas jego przechowywania?
3. Czy wysoka wilgotność oraz wysoka temperatura w okresie wegetacyjnym, a zwłaszcza w okresie żniwnym, powoduje zwiększenie wilgotności ziarna i zawartości grzybów pleśniowych?

Do przedstawionych pytań badawczych postawiono następujące hipotezy:

1. Ziarno różnych gatunków zbóż wykazuje zróżnicowaną podatność na porażenie grzybami pleśniowymi oraz odznacza się odmienną stabilnością utrzymania parametrów jakościowych, technologicznych oraz prozdrowotnych w czasie jego przechowywania.
2. Zmienność temperatur oraz ilość i rozkład opadów atmosferycznych w okresie prowadzenia upraw wpływa decydująco na jakość technologiczną oraz stabilność ziarna podczas jego przechowywania.
3. Wysoka wilgotność oraz wysoka temperatura w okresie wegetacyjnym, zwłaszcza w okresie żniwnym, powoduje zwiększenie wilgotności ziarna i zawartości grzybów pleśniowych, co w konsekwencji może wpływać negatywnie na wybrane parametry technologiczne ziarna badanych zbóż.

4. ZAKRES, WARUNKI I METODYKA BADAŃ

4.1. Miejsce i zakres badań

Badania podstawowe w zakresie ilości zanieczyszczeń, białka, wilgotności, sedymentacji, gęstości, liczby opadania oraz zawartości glutenu przeprowadzono w laboratorium Złotowskiej Spółdzielni Handlowo – Produkcijnej w Złotowie.

Badania w zakresie ogólnej liczby pleśni i grzybów oraz deoksyniwalenolu DON, a także procentowej zawartości poszczególnych rodzajów grzybów w próbach zbóż wykonano w Instytucie Biologii Eksperymentalnej, Zakład Fizjologii i Toksykologii, Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy.

Badania analityczne w zakresie wartości prozdrowotnych zbóż (ogólna pojemność antyoksydacyjna FRAP, związki fenolowe ogółem, karetonoidy, chlorofile oraz zawartość witaminy C), wykonane zostały w Katedrze Mikrobiologii i Technologii Żywności Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy.

Badanie wartości wypiekowej, metodą próbnych wypieków laboratoryjnych, wykonano w Zakładzie Chemii Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy.

Dobór próby ziarna do badań oparto na doborze losowym. Badaniami objęto cztery gatunki zboża ozimego:

1. pszenicę: odmiany ‘Barok’,
2. pszenżyto: odmiany ‘Magnat’,
3. żyto: odmiany ‘Dańkowskie Diament’,
4. jęczmień: odmiany ‘Karakan’,

które uprawiane były przez okres trzech sezonów wegetacyjnych w latach 2009 – 2010, 2010 – 2011, 2011 – 2012.

Pobór prób do badań wykazywał także cechy doboru celowego, ponieważ zachowany został istotny warunek, jakim jest pobieranie prób ziarna do badań w czterech okresach jego magazynowania tj.:

1. ziarna bezpośrednio po omłocie i złożeniu go do silosu,
2. ziarna po 30 dniach magazynowania,
3. ziarna po 60 dniach magazynowania,

4. ziarna po 90 dniach magazynowania.

Poniżej (Tabela 4) przedstawiono harmonogram pobierania materiału do badań w poszczególnych sezonach, zgodnie z powyżej przedstawionymi etapami magazynowania.

Tabela 4. Harmonogram pobierania materiału do badań.

Zboże	Sezon	Data pobrania materiału do badania			
		Po złożeniu ziarna do silosu	Po 30 dniach Przechowywania	Po 60 dniach przechowywania	Po 90 dniach przechowywania
Pszenica ‘Barok’	2009-2010	12.08.2010	11.09.2010	11.10.2010	10.11.2010
	2010-2011	16.08.2011	15.09.2011	15.10.2011	14.11.2011
	2011-2012	14.08.2012	13.09.2012	13.10.2012	12.11.2012
Jęczmień ‘Karakan’	2009-2010	27.08.2010	26.09.2010	26.10.2010	25.11.2010
	2010-2011	05.08.2011	04.09.2011	04.10.2011	03.11.2011
	2011-2012	10.08.2012	09.09.2012	09.10.2012	08.11.2012
Żyto ‘Dańkowskie Diamant’	2009-2010	23.08.2010	22.09.2010	22.10.2010	21.11.2010
	2010-2011	21.08.2011	20.09.2011	20.10.2011	19.11.2011
	2011-2012	25.08.2012	24.09.2012	24.10.2012	23.11.2012
Pszenżyto ‘Magnat’	2009-2010	18.08.2010	17.08.2010	17.10.2010	16.11.2010
	2010-2011	08.08.2011	07.09.2011	07.10.2011	06.11.2011
	2011-2012	16.08.2012	15.09.2012	15.10.2012	14.11.2012

Roślinny materiał badawczy oraz silosy, w których przechowywano zboże udostępnione zostały przez Rolniczą Spółdzielnię Produkcyjną „ROL-SAM” w Samborsku (powiat Złotowski, woj. Wielkopolskie).

4.2. Charakterystyka badanych odmian zbóż

Badaniami objęto pszenicę odmiany ‘Barok’, żyto odmiany ‘Dańkowskie Diament’, pszenżyto odmiany ‘Magnat’ i jęczmień odmiany ‘Karakan’.



Ryc. 3. Pszenica w łanie: odmiana ‘Barok’ (*Źródło: fotografia własna*).

Pszenica ozima ‘Barok’ to odmiana chlebowa B posiadająca wybitny potencjał plonowania na suchych stanowiskach o niskiej zimotrwałości. Odmiana ‘Barok’ charakteryzuje się średniowczesnym terminem dojrzewania, bardzo krótkim źdźbłem (Ryc. 3) jak i dobrą odpornością na choroby zbóż. Ziarno tej odmiany jest średniej grubości i charakteryzuje się wysokim uzyskiem mąki, wysoką oraz stabilną liczbą opadania. Zalecana gęstość siewu to 280-350 ziaren m⁻². Rośliny o niskim pokroju zalecane są do uprawy na glebach średnich i dobrych (Kostryk i Wawrzyniak, 2013).



Ryc. 4. Żyto w łanie: odmiana ‘Dańkowskie Diament’ (*Źródło: fotografia własna*).

Żyto ozime ‘Dańkowskie Diament’ charakteryzuje się najwyższą plennością spośród zarejestrowanych w Polsce odmian populacyjnych. Jest odmianą o dobrej odporności na choroby, zwłaszcza na rdzę brunatną, rdzę żółtą, septoriozę liści i rynchosporiozę. Rośliny tej odmiany są średniej wysokości (Ryc. 4) i odznaczają się dużą odpornością na wyleganie. Ziarno tej odmiany jest wyrównane, o wysokiej masie 1000 nasion i dużej gęstości w stanie zsylnym. Atutem żyta odmiany ‘Dańkowskie Diament’ jest bardzo dobra jakość ziarna, przez co idealnie nadaje się ono do uprawy na cele młynarsko – piekarskie. Odmiana ta charakteryzuje się wysoką liczbą opadania, dużą lepkością maksymalną kleiku zbożowego oraz wysoką końcową temperaturą kleikowania. Dobra odporność na porastanie ziarna w kłosie sprawia, że w latach o niekorzystnych warunkach pogodowych, w czasie zbioru odmiana ta długo utrzymuje dobrą jakość. Zalecana norma wysiewu przy optymalnym terminie siewu wynosi 280-320 ziaren kielkujących na 1m² (Danko, 2013; Kotowicz, 2011).



Ryc. 5. Pszenżyto w łanie: odmiana ‘Magnat’ (*Źródło: fotografia własna*).

Pszenżyto ozime odmiany ‘Magnat’ jest rodzajem pszenżyta ozimego typu półkarłowego (Ryc. 5), cechującego się dużą odpornością na wyleganie, średnią mrozoodpornością i dość dobrą zdrowotnością oraz podwyższoną odpornością na porastanie. Odmiana ta należy do grupy bardzo plennych odmian, o dobrej zawartości białka w ziarnie. Z uwagi na podatność tej odmiany na rdzę brunatną, zaleca się zastosowanie fungicydów przed kłoszeniem lub po wykłoszeniu i przekwitnięciu. Pszenżyto ozime odmiany ‘Magnat’ kłosi się i dojrzewa średnio wcześnie. Ziarno odmiany ‘Magnat’ jest duże i dobrze wyrównane. Odmiana ta wskazana jest do uprawy na glebach mocniejszych. Zalecana norma

wysiewu, przy optymalnym terminie siewu wynosi 350-380 ziaren kielkujących na 1 m². W przypadku opóźnionego siewu normę wysiewu należy zwiększyć o 10% (Danko, 2013).



Ryc. 6. Jęczmień w łanie: odmiana ‘Karakan’ (*Źródło: fotografia własna*).

Jęczmień ozimy odmiany ‘Karakan’ jest wielorzędową średniowczesną odmianą jęczmienia ozimego wyhodowaną w Polsce (Ryc. 6). Jest to odmiana o jednej z najwyższych zimotrwałości spośród wszystkich odmian zarejestrowanych w Polsce (5,5 w skali 9 stopniowej). Karakan charakteryzuje się dobrą odpornością na zakwaszenie gleby, co sprawia, że może być z powodzeniem uprawiany na glebach słabszych. Odmiana ta charakteryzuje się dobrą plennością, korzystną zawartością białka w ziarnie oraz średnią wysokością roślin. Przy intensywnej uprawie zalecane jest zastosowanie regulatora wzrostu. Jęczmień Karakan posiada dobrą odporność na większość chorób jęczmienia. Zalecana norma wysiewu przy optymalnym terminie siewu wynosi 320 - 360 ziaren kielkujących na 1m² (Danko, 2013).

4.3. Doświadczenia polowe: stosowana agrotechnika oraz warunki pogodowe

Badane gatunki zbóż, poza pszenicą, uprawiane były na stanowiskach po zbożach, a więc mało korzystnych z punktu widzenia zmianowania. Oczywistym jest, że odpowiednie zabiegi agrotechniczne zasadniczo wpływają na pozyskanie ziarna wysokiej jakości jednak

w Rolniczej Spółdzielni Produkcyjnej „ROL-SAM” w Samborsku uprawia się tylko zboża i rzepak. Pszenica wysiewana była z zachowaniem optymalnych terminów siewu tj. 20-25 września, po rzepaku na glebie klasy botanicznej IV a, a pozostałe zboża na glebie klasy IV b. Najwcześniej, około 10 września wysiewany był jęczmień, następnie wysiewana była pszenica, a po niej do 30 września żyto oraz pszenżyto. W przypadku stwierdzenia dużego zakwaszenia gleby wykonywane było wapnowanie, najczęściej wapnem magnezowym w celu uzyskania odpowiedniego pH gleby na poziomie 6,0-6,8. Po zbiorze przedplonu gleba uprawiana była kultywATOREM podorywkowym i bronami talerzowymi, a w trakcie siewu doprawiana agregatem uprawowo-siewnym. Około 10 dni przed siewem wykonana została jeszcze orka z doczepionym wałem Campbella oraz bronowanie, aby zapobiec stratom wody, przyspieszyć rozkład ścierni i opóźnić wschody chwastów. Ziarno zbóż wysiewane było w ilościach zgodnych z zaleceniami: pszenica w dawce 220 kg ha^{-1} , pszenżyto 180 kg ha^{-1} , żyto 150 kg ha^{-1} i jęczmień 160 kg ha^{-1} , rzędowo w rozstawie co 12 cm. Przed każdym wysiewem ziarno zaprawione było przeciwko chorobom zaprawą nasienną Funaben Plus 02 WS (substancja czynna tebukonazol 2%, Zakłady Chemiczne Organika-Azot S.A. Jarosław). Przed siewem (przed orką siewną) w gospodarstwie stosowano wysiew nawozów fosforowo – potasowych pod wszystkie zboża, w dawce $40 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ oraz $70 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, a pod pszenicę $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ oraz $80 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. Nawożenie azotowe stosowano w dwóch dawkach: wczesną wiosną w celu pobudzenia wegetacji w ilości około 50 kg ha^{-1} w przypadku żyta, pszenżyta i jęczmienia oraz 80 kg ha^{-1} w przypadku pszenicy. Drugą dawkę stosowano w okresie strzelania w źdźbło w ilościach 60 kg N ha^{-1} odpowiednio dla jęczmienia, pszenżyta i żyta oraz 100 kg N ha^{-1} dla pszenicy. W uprawach stosowano również chemiczne zwalczanie chwastów i chorób: jesienią wykonywane były pierwsze opryski na miotłę zbożową, przytulię i chwasty środkiem Expert Met 56 WG (substancje czynne: flufenacet i metrybuzyna) w ilości $0,35 \text{ kg ha}^{-1}$ oraz Komplet 560 SC (substancje czynne: diflufenikan i flufenacet) w ilości $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (oba firmy Bayer Crop Science Polska Warszawa). Każdej wiosny wykonano oprysk pszenicy, pszenżyta oraz żyta środkiem Sekator Pak (Sekator 125 OD 1L oraz Esteron 3L, substancje czynne: jodosulfuron metylosodowy, amidosulfuron, 2,4-D 2-EHE, Bayer Crop Science Polska Warszawa) $0,125 \text{ kg/ha}$ i Puma.

Uniwersalna (substancja czynna fenoksaprop-P-etylu, Bayer Crop Science Polska Warszawa) 1 l ha^{-1} . W celu ochrony liścia flagowego i kłosa zastosowano regulatory wzrostu i środki grzybobójcze: Moddus 250 EC (trineksapak etylu, Syngenta Warszawa) w ilości $0,4 \text{ l ha}^{-1}$, Input 460 EC (substancje czynne spiroksamina i protiokonazol, Bayer Crop Science Polska Warszawa) w dawce 1 l ha^{-1} , Fandango 200 EC (substancje czynne: protiokonazol

i fluksastrobina, Bayer Crop Science Polska Warszawa) w ilości 1 l ha⁻¹ oraz w razie potrzeby przeciwko szkodnikom stosowany był Decis Mega 50 EW (substancja czynna deltametryna, Bayer Crop Science Polska Warszawa) w dawce 0,125 l ha⁻¹. W przypadku jęczmienia stosowano następujące dawki oprysku regulatorami wzrostu oraz przeciwko grzybom: Moddus 250 EC 0,6 l ha⁻¹, Input 460 EC 0,8 l ha⁻¹ oraz Fandango 200 EC 1 l ha⁻¹.

Tabela 5. Średnia dobową temperatura w sezonach wegetacyjnych 2009/10, 2010/11, 2011/12.

Miesiące	Średnia temperatura [C ⁰]			
	Sezon			Średnia ze 100 lat
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	
Wrzesień	14,56	12,27	14,26	13,5
Październik	6,74	6,20	8,81	8,2
Listopad	5,71	4,16	3,09	2,8
Grudzień	-0,95	-5,78	3,22	-1,4
Styczeń	-6,99	-0,06	0,17	-3,5
Luty	-1,37	-3,58	-4,01	-2,4
Marzec	2,68	2,94	5,32	1,5
Kwiecień	7,94	11,29	8,49	7,9
Maj	11,10	13,68	14,78	13,6
Czerwiec	16,96	18,16	15,54	17,0
Lipiec	21,88	17,60	18,54	18,6
Sierpień	18,16	17,84	17,66	17,8
Średnia temperatura w okresie od siewu do zbioru	8,03	7,89	8,82	7,8

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Pila.

Istotnym czynnikiem wpływającym zarówno na jakość plonu jak i warunki przechowywania zbóż stanowią również czynniki pogodowe. W Tabeli 5 przedstawiono średnie dobowe temperatury, a w Tabeli 6 sumę miesięcznych opadów w sezonach objętych badaniami. Dane w tabelach uszeregowane są od siewu do zniw w poszczególnych sezonach.

W okresie objętym badaniami średnie miesięczne temperatury było nieco wyższe niż średnia liczona ze 100 lat. Jedynie w styczniu w sezonie 2009 – 2010 roku oraz lutym w sezonie 2010 – 2011 i w sezonie 2011 – 2012 roku średnia dobową temperatura była znacznie niższa niż średnia temperatura ze 100 lat. Ogółem średnie dobowe temperatury z poszczególnych sezonów od siewu do zbioru były nieco wyższe niż średnia temperatura od września do sierpnia z ostatnich 100 lat. Najcieplejszy był sezon 2011 – 2012.

Tabela 6. Miesięczna suma opadów w sezonach 2009/10, 2010/11, 2011/12.

Miesiące	Suma opadów [mm]			
	Sezon			Średnia ze 100 lat
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	
Wrzesień	32,5	90,1	48,7	47,0
Październik	72,8	6,4	27	44,0
Listopad	43,7	104,5	1,7	39,0
Grudzień	39,1	43,6	54,7	37,0
Styczeń	28,9	35,2	73,9	30,0
Luty	19,5	31,3	34,1	29,0
Marzec	52,1	20,5	9,8	31,0
Kwiecień	31,1	7,0	42,0	40,0
Maj	144,5	51,8	56,6	58,0
Czerwiec	25,2	59,6	135,5	70,0
Lipiec	65,5	138,1	123,2	85,0
Sierpień	133,3	79,3	132,7	94,0
Suma opadów w okresie od siewu do zbioru	688,2	667,4	739,9	604

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła.

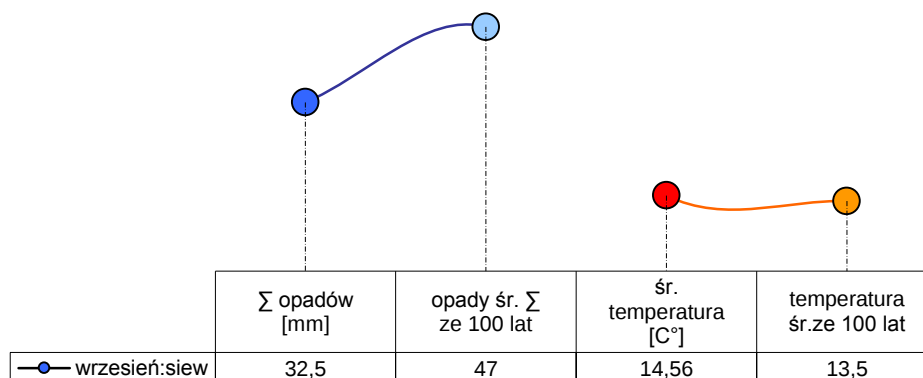
W okresie objętym badaniami średnie miesięczne opady były znacznie wyższe niż średnia liczona ze 100 lat. Szczególnie intensywne opady odnotowano w sezonie 2009/10 w miesiącach maj i sierpień, w sezonie 2010/2011 w miesiącach wrzesień i listopad, a w sezonie 2011/12 w miesiącach od czerwca do sierpień. Ogółem suma opadów

w poszczególnych sezonach od siewu do zbiorów była znacznie wyższa niż suma opadów od sierpnia do września z ostatnich stu lat. W sezonie 2009 – 2010 opady stanowiły 113,94% normy, w sezonie 2010/11 110,5% normy a w sezonie 2011/12 122,5% normy.

Na poniższych wykresach przedstawiono warunki pogodowe w poszczególnych sezonach uprawy zbóż ozimych (od 2009/10 do 2011/12) w istotnych okresach uprawy takich jak termin siewu, czas od siewu do żniw ze szczególnym uwzględnieniem okresu wegetacyjnego (z średnią dobową temperaturą powyżej 5°C) oraz okres żniw. Warunki pogodowe odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu jakości ziarna zbóż. Termin siewu należy do najsilniej działających czynników agrotechnicznych. Ma on podstawowe znaczenie dla rozwoju oraz produktywności roślin. Kolejne ważne etapy wegetacji zboża to tzw. wiosenne ruszenie oraz dojrzewanie, nazywane przez rolników fazą nalewania ziarna, w której to w okresie od początku kwietnia do pełnej dojrzałości plonu zboża powstaje około 60 – 90% ziarna (Korbas i Mrówczyński, 2011).

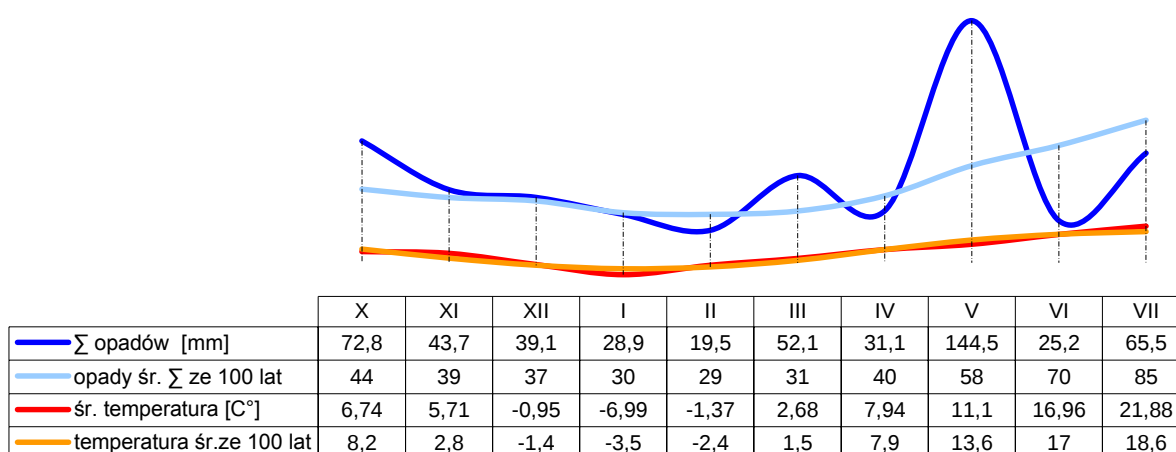
Ponieważ warunki pogodowe odgrywają również istotną rolę w procesie przechowywania zbóż, na wykresach przedstawione zostały także warunki pogodowe w pierwszych 90 dniach przechowywania zbóż zebranych w sezonach objętych badaniami. Ponieważ ziarno stanowiące materiał badawczy najwcześniej było włożone do silosu 5 sierpnia, a najpóźniej 27 sierpnia (ostania próba ziarna badanego bezpośrednio po włożeniu do silosu) i przechowywane było przez 90 dni do dnia 25 listopada na wykresach ujęto również warunki pogodowe od sierpnia do listopada włącznie w poszczególnych sezonach objętych badaniami.

Podczas siewu w sezonie wegetacyjnym 2009/10 przebieg pogody był sprzyjający (Ryc. 7) Suma opadów była niższa niż średnia suma opadów z ostatniego stulecia (69,2% normy wieloletniej), a średnia temperatura była nieco wyższa niż średnia temperatura z ostatniego stulecia (107,9% normy).



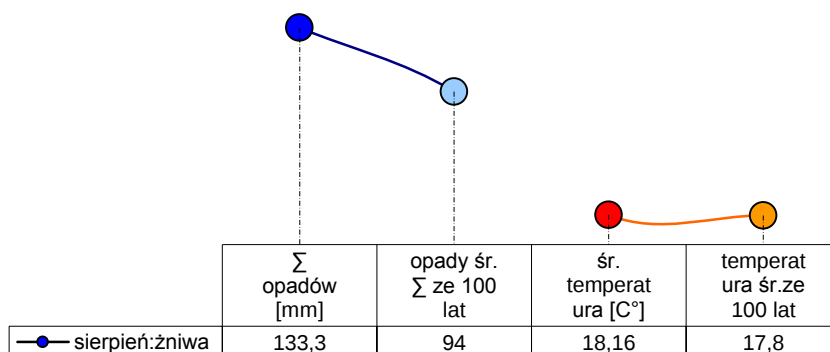
Ryc. 7. Warunki pogodowe w sezonie 2009/10: okres siewu (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).

W miesiącach jesiennych, w październiku temperatura była niższa (63,2% normy stuletniej) natomiast w listopadzie znacznie wyższa i stanowiła 203% normy wieloletniej (Ryc. 8). W październiku (165,5% normy) oraz listopadzie (112,1% normy) suma opadów była wyższa niż wynosi średnia suma opadów w tych miesiącach z ostatnich stu lat. Jesienna pogoda z powodu znacznie mniejszej ilości opadów nie sprzyjała pęcznieniu posianego ziarna. W miesiącach zimowych (w grudniu i styczniu) suma opadów była zbliżona do średniej ze stu lat (odpowiednio 105,7% i 96,3% normy). W lutym liczba opadów była znacznie niższa (67,2% normy) niż średnia suma opadów ze stulecia.



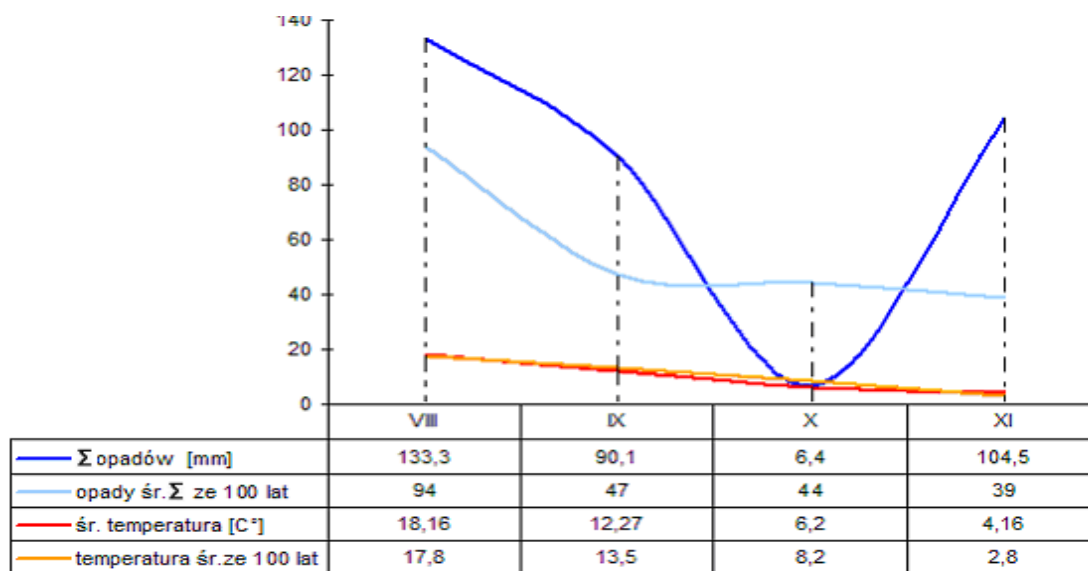
Ryc. 8. Warunki pogodowe w sezonie 2009/10: okres od siewu do żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).

Dobowa średnia temperatura w grudniu (67,9% normy) i lutym (51,7% normy) była wyższa niż średnia temperatura z ostatnich stu lat w tych miesiącach, natomiast w styczniu była dwa razy niższa (19,7% normy stuletniej). Styczniowe mrozy spowodowały miejscowe wymrażanie upraw, zwłaszcza wrażliwego na mrozy jęczmienia. W marcu wyższa średnia temperatura od średniej z ostatnich 100 lat (178,85% normy wieloletniej) sprzyjała wiosennemu ruszeniu zboża, jednak przeszkadzały w tym intensywne opady, znaczenie wyższe od normy (168,1%). Okres wegetacji rozpoczął się w kwietniu, kiedy średnia dobowa temperatura przekroczyła 5°C i wynosiła 7,94 °C. W okresie wegetacji i dojrzewania ziarna od kwietnia do lipca średnia temperatura utrzymywała się mniej więcej na tym samym poziomie, co średnia temperatura w tych miesiącach z ostatniego stulecia. Jedynie maj był nieco chłodniejszy (81,6% normy wieloletniej), a lipiec bardziej ciepły (117,63% normy stuletniej). W maju odnotowano też znacznie większą sumę opadów w porównaniu do średniej w ostatnim stuleciu – suma opadów była prawie 4 razy (249,1% normy) większa. Niska temperatura i wysoka wilgotność w maju nie sprzyjały wegetacji zbóż – w wyniku dużej wilgotności i napływu chłodnych mas powietrza tempo wzrostu i rozwoju roślin uległo przejściowemu spowolnieniu oraz wystąpił nadmiar wody na polach. W czerwcu suma opadów była prawie trzykrotnie mniejsza (36,3% normy) niż średnia opadów w tym miesiącu w ostatnim stuleciu, ale po majowych deszczach nie wpłynęło to negatywnie na wegetację, ponieważ stopień uwilgotnienia gleby utrzymywał się na poziomie zabezpieczającym potrzeby wodne roślin. W lipcu suma opadów była znacznie mniejsza (77,1%) od średniej sumy opadów z ostatnich 100 lat. Panujące w lipcu warunki agrometeorologiczne sprzyjały szybkiemu dojrzewaniu zbóż ozimych.



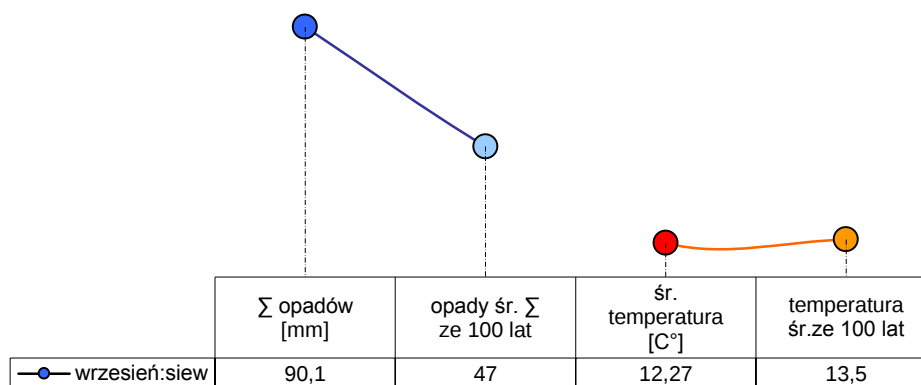
Ryc. 9. Warunki pogodowe w sezonie 2009 – 2010: okres zniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).

Okres zniw sezonie 2009-2010 charakteryzował się w porównaniu ze stuleciem zdecydowanie większą ilością opadów (141% normy wieloletniej, Ryc. 9). Temperatura kształtowała się w granicach średniej stuletniej. Niekorzystna pogoda pogorszyła warunki zbioru oraz przyczyniła się do opóźnienia zniw jęczmienia i zwiększenia wilgotności ziarna zbieranych zbóż. Do 12 sierpnia skończono zbiór pszenicy, do 18 sierpnia pszenżyta, do 23 żyta a do 27 sierpnia jęczmienia, średnia temperatura dobowa z ostatnich stu lat i wynosiła 18,16 C°, co niebył sprzyjało pierwszym dniom przechowywania – za optymalną temperaturę przechowywania ziarna uważa się temperaturę otoczenia poniżej 18 C°. Szczególnie wrażliwy na wyższą temperaturę przechowywania jest jęczmień. Kolejne 30 dni przechowywania (wrzesień) również charakteryzowały się znacznie wyższymi opadami (191,7% normy stuletniej, Ryc. 10). Opady we wrześniu były jeszcze bardziej intensywne niż w sierpniu. Temperatura we wrześniu była niewiele niższa od średniej temperatury z ostatnich 100 lat w miesiącu wrześniu. Warunki pogodowe w październiku i listopadzie były znacznie korzystniejsze do przechowywania ziarna niż warunki w dniach złożenia ziarna do silosu i w pierwszym miesiącu przechowywania. Duża wilgotność w sierpniu, wrześniu i listopadzie nie sprzyjała przewietrzaniu ziarna w silosach.



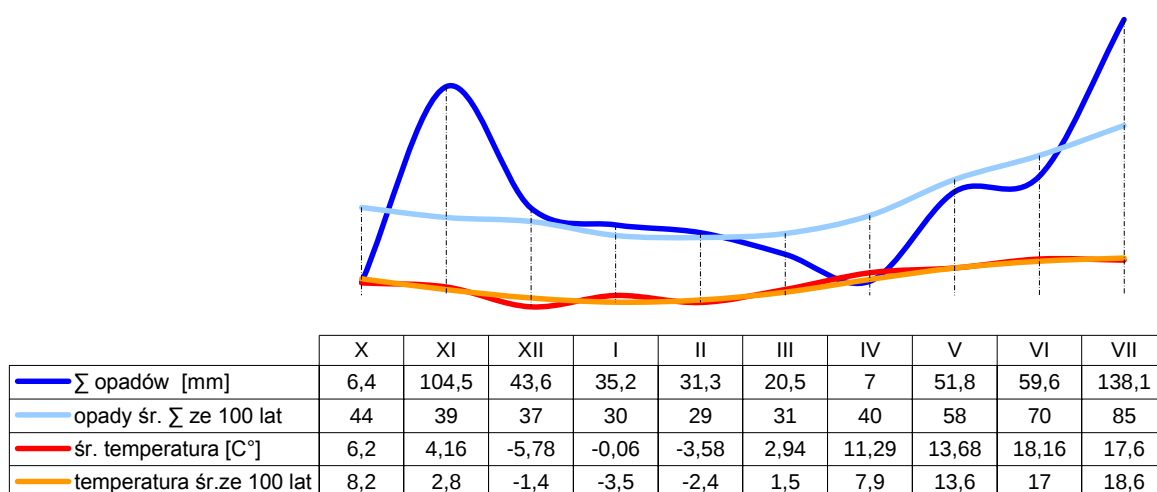
Ryc. 10. Warunki pogodowe w okresie pierwszych 90 dni przechowywania ziarna zebranego w sezonie 2009 – 2010 (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).

Wzmoczone opady w sierpniu spowodowały zwiększenie się wilgotności zbieranego ziarna. Pierwsze dni (sierpień) przechowywania ziarna charakteryzowały się znacznie wyższymi opadami (141% normy wieloletniej). Średnia temperatura w sierpniu była porównywalna do średniej ze 100 lat.



Ryc. 11. Warunki pogodowe w sezonie 2010 – 2011: okres siewu (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).

Podczas siewu w sezonie 2010 – 2011 panowała niekorzystna pogoda: suma opadów we wrześniu 2010 roku była znacznie wyższa od średniej stuletniej (191,7% normy), a temperatura nieznacznie niższa niż średnia dobowa temperatura we wrześniu w ciągu ostatnich 100 lat (Ryc. 11). Choć warunki były niesprzyjające nie spowodowały one przesunięcia terminów siewu.



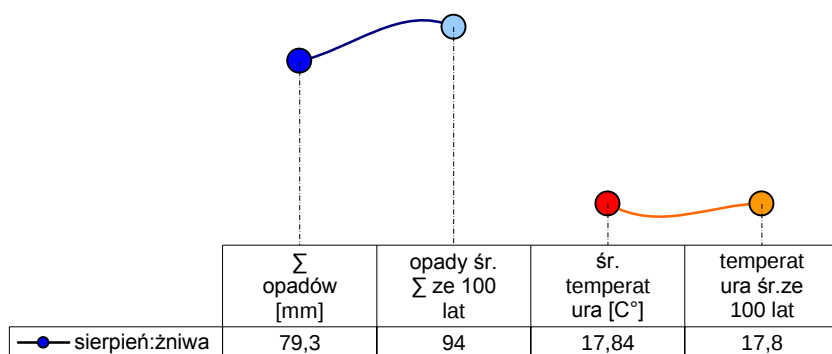
Ryc. 12. Warunki pogodowe w sezonie 2010 – 2011: okres od siewu do żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).

W miesiącach jesiennych, w październiku średnia dobową temperaturą był niższa (75,6% normy) natomiast w listopadzie znacznie wyższa (148,6%) niż średnia dobową temperaturą z ostatnich stu lat (Ryc. 12). W październiku odnotowano natomiast bardzo małą jak na ten miesiąc sumę opadów (14,5 % normy stuletniej). W miesiącach zimowych, w grudniu (117,8% normy), styczniu (111,3% normy) i lutym (107,9% normy) suma opadów była nieco większa niż norma stuletnia. W grudniu średnia dobową temperaturą była ponad cztery razy niższa (412,9% normy) niż średnia dobową temperaturą w tym miesiącu z ostatnich stu lat. Również w lutym temperatura była niższa (149,1% normy) niż średnia temperatura ze stu lat. W styczniu natomiast temperatura była prawie 3 razy wyższa niż styczniowa średnia stuletnia. Grudniowe mrozy spowodowały miejscowe wymrażanie upraw, zwłaszcza wrażliwego na mrozy jęczmienia. W marcu wyższa średnia temperatura od średniej z ostatnich stu lat (196,% normy wieloletniej) sprzyjała wiosennemu ruszeniu zboża. Nieco jednak brakowało opadów, których suma była znacznie niższa (66,1% normy) niż średnia suma opadów z ostatnich stu lat. Wegetacja zbóż rozpoczęła się w kwietniu, w którym średnia dobową temperaturą była znacznie wyższa (142,9% normy) niż średnia temperatura w tym miesiącu z ostatnich stu lat. Wegetację hamował jednak brak opadów, które były znacznie mniejsze (17,5% normy) niż średnia stuletnia. W maju średnia dobową temperaturą nie odbiegała od średniej stuletniej. W czerwcu była nieco wyższa (106,8% normy) a w lipcu nieco niższa (94,6%). Suma opadów w maju (89,3% normy) i czerwcu (85,1% normy) była niższa od średniej sumy opadów z ostatnich lat. Warunki agrometeorologiczne w maju

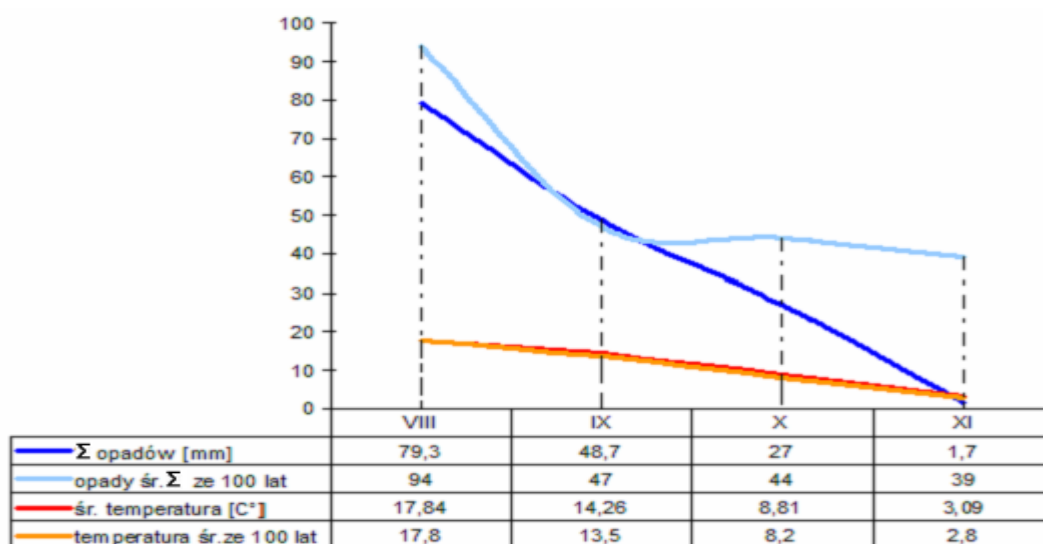
i czerwcu sprzyjały wegetacji i dojrzewaniu zbóż. W licu wzmożone opady deszczu (162,5% normy) przy niższej niż średnia temperaturze dobowej hamowały proces dojrzewania zbóż. Miejscami opady spowodowały wyleganie zboża.

Podczas żniw w 2011 roku pogoda była sprzyjająca. Średnia dobowa temperatura utrzymywała się na poziomie średniej dobowej temperatury z ostatnich stu lat (Ryc. 13). Suma opadów była niższa (84,6% normy) niż średnia suma opadów z ostatnich lat w miesiącu wrześniu. Do 5 sierpnia skończono zbiór jęczmienia, do 16 sierpnia pszenicy, do 18 pszenżyta a do 21 sierpnia skończono zbiór żyta.

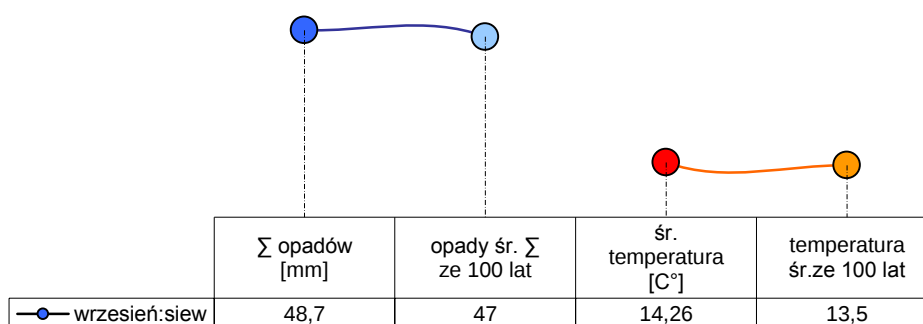
W pierwszych dniach przechowywania ziarna, w sierpniu temperatura była na poziomie średniej temperatury w sierpniu z ostatnich stu lat (Ryc. 14). W wrześniu (105,6% normy), październiku (107,4% normy) i listopadzie (110,4% normy) temperatura była nieco wyższa od średniej dobowej temperatury w tych miesiącach z ostatnich stu lat ale nie przekraczał 18C° Suma opadów w sierpniu (84,4% normy) i październiku (61,4% normy) była zdecydowanie niższa niż średnia suma opadów w tych miesiącach w ostatnim stuleciu. W listopadzie suma opadów była prawie 23 razy niższa (4,4% normy) niż średnia suma opadów z ostatnich stu lat w tym miesiącu. Jedynie we wrześniu suma opadów była nieco wyższa (103,6 % normy). Warunki pogodowe w analizowanych miesiącach sprzyjały przechowywaniu i okresowemu przewietrzaniu ziarna.



Ryc. 13. Warunki pogodowe w sezonie 2010 – 2011: okres żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).

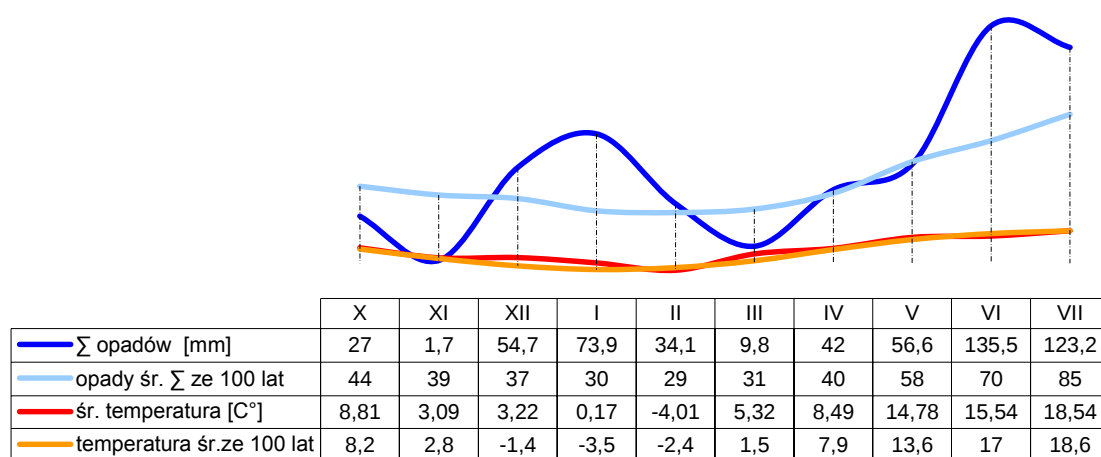


Ryc. 14. Warunki pogodowe w okresie pierwszych 90 dni przechowywania ziarna zebranego w sezonie 2010 – 2011 (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).



Ryc. 15. Warunki pogodowe w sezonie 2011 – 2012: okres siewu (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).

Pogoda we wrześniu 2011 roku sprzyjała siewowi zbóż ozimych (Ryc. 15). Suma opadów była nieco wyższa od średniej stuletniej (103,6% normy) a średnia dobowa temperatura była nieco wyższa (105,6% normy) od średniej dobowej temperatury we wrześniu z ostatnich 100 lat.

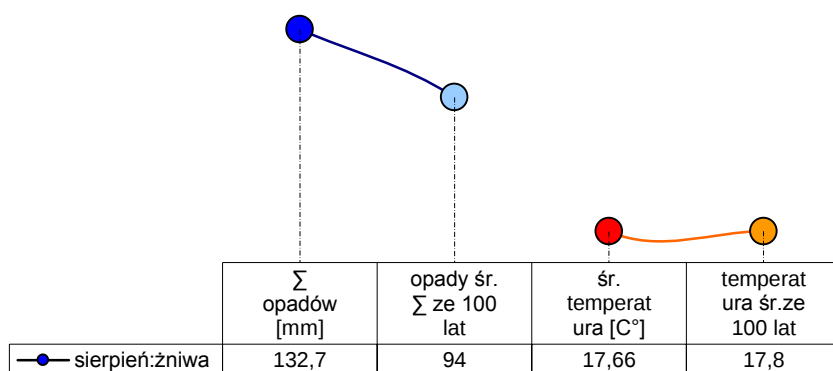


Ryc. 16. Warunki pogodowe w sezonie 2011 – 2012: okres od siewu do żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).

W miesiącach jesiennych, w październiku (107,4% normy) i listopadzie (110,4% normy) średnia dobową temperatura był nieco wyższa niż średnia dobową temperatura z ostatnich stu lat w tych miesiącach (Ryc. 16). Zarówno w październiku (61,4% normy), jak i w listopadzie (4,4% normy) odnotowano natomiast bardzo małą jak na te miesiące (zwłaszcza w listopadzie) sumę opadów. Jesienny brak opadów utrudniał pęcznienie zasianego ziarna. W miesiącach zimowych, w grudniu (147,8% normy), styczniu (246,3% normy) i lutym (117,6% normy) suma opadów była wyższa (w styczniu prawie dwa i pół razy) niż norma stulecia. W grudniu i styczniu średnia dobową temperatura była prawie 4 razy wyższa niż norma a w lutym prawie dwa razy niższa. Ciepły grudzień i styczeń nie sprzyjały spoczynkowi roślin a mrozy w lutym stwarzały duże niebezpieczeństwo powstania uszkodzeń mrozowych zwłaszcza w zasiewach jęczmienia ozimego.

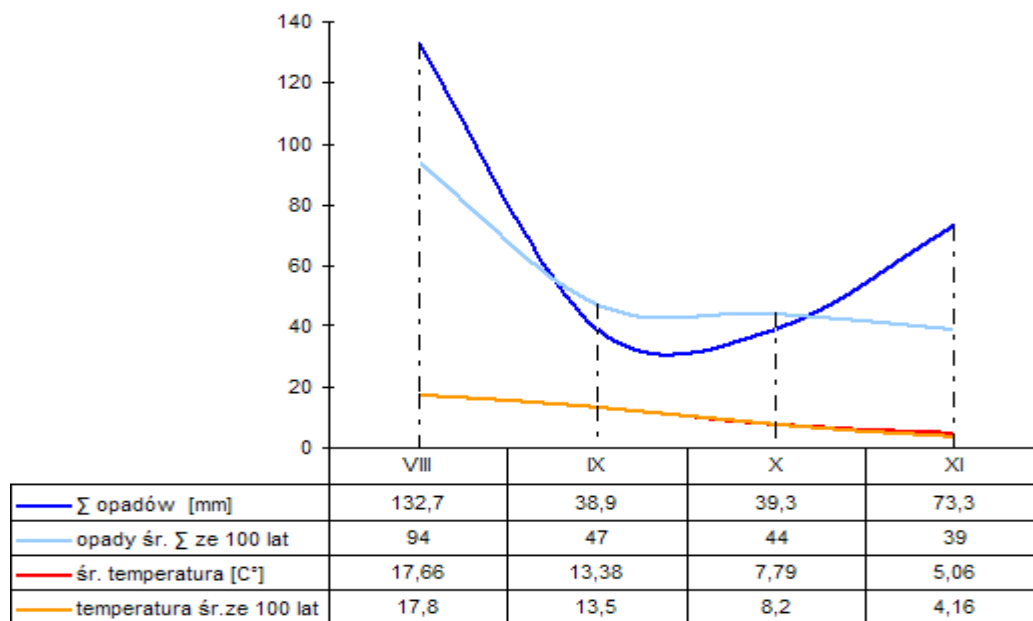
W marcu trzy i pół razy wyższa średnia dobową temperatura od średniej z ostatnich stu lat (354,7,% normy wieloletniej) sprzyjała wiosennemu ruszeniu zboża. Ponieważ średnia dobową temperatura była wyższa niż 5 C° mógł rozpocząć się już okres wegetacji jednak brakowało opadów, których suma była ponad trzy razy niższa (31,6% normy) niż średnia suma opadów z ostatnich stu lat. W kwietniu (107,6 % normy) i maju (108,7% normy) średnia dobową temperatura była nieco wyższa niż średnia dobową temperatura w tych miesiącach w ostatnim stuleciu. W kwietniu suma opadów była nieco wyższa (105% normy) natomiast w maju nieco niższa (96,5% normy) niż suma opadów w tych miesiącach ostatniego stulecia. Zarówno w kwietniu jak i maju panowały bardzo dobre warunki

agrometeorologiczne do wegetacji zboża ozimego. Słoneczna i ciepła pogoda przyczyniła się do znacznego przyspieszenia tempa wzrostu zboża ozimego. W czerwcu (193,6% normy) i lipcu (144% normy) suma opadów była wyższa od normy stuletniej. Średnia dobowa temperatura w czerwcu była nieco niższa (91,4% normy) niż średnia stuletnia a w lipcu utrzymywała się na poziomie normy stuletniej. Opady w miesiącach letnich, a zwłaszcza w czerwcu, przy niższej niż średnia temperaturze nie sprzyjały dojrzewaniu zbóż.



Ryc. 17. Warunki pogodowe w sezonie 2011 – 2012: okres żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).

Podczas żniw w 2012 roku pogoda nie była sprzyjająca (Ryc. 17). Wprawdzie temperatura bliska była średniej stuletniej (99,2% normy), ale żniwa utrudniały opady deszczu (141,25% normy). Pomimo utrudnień żniwa przebiegały w wyznaczonym terminie. Deszczowa pogoda w żniwa (a także w czerwcu i lipcu) wpłynęła na znacznie podniesienie wilgotności zbieranego ziarna. Do 10 sierpnia skończono zbiór jęczmienia, do 14 pszenicy, do 16 pszenżyta, a do 25 skończono zbiór żyta.



Ryc. 18. Warunki pogodowe w okresie pierwszych 90 dni przechowywania ziarna zebranego w sezonie 2011 – 2012 (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Pila).

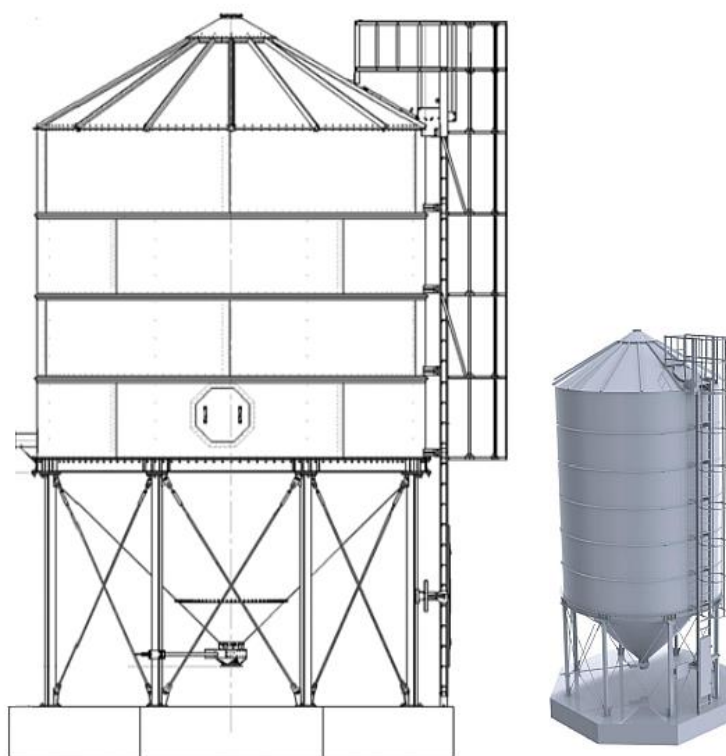
W pierwszych dniach przechowywania ziarna (w sierpniu) średnia dobową temperatura była na poziomie średniej dobowej temperatury w sierpniu z ostatnich stu lat (Ryc. 18). W wrześniu (91,1% normy) i październiku (95% normy) temperatura była nieco niższa od średniej dobowej temperatury w tych miesiącach z ostatnich stu lat a w listopadzie była wyższa (121,6% normy). Suma opadów w sierpniu (141,25% normy) oraz listopadzie (187,8% normy) była znacznie wyższa niż norma opadów w tych miesiącach w ciągu ostatnich stu lat, co nie sprzyjało przewietrzaniu ziarna w silosach.

4.4. Warunki przechowywania badanych zbóż

Badane ziarna zboża przechowywane były w silosach lejowych typu BIN. Pojemność każdego z nich wynosi około 150 ton. Techniczne rozwiązania silosów lejowych BIN zabezpieczają ziarno przed zamoknięciem, zniszczeniem oraz przed gryzoniami i ptakami. Silos typu BIN (Ryc. 19) składał się płaszczu stanowiącego ściany boczne w kształcie cylindra, wykonanego z blachy ocynkowanej w postaci tzw. carg o wysokości czynnej 0,95m i długości 2,9m. W dolnej części płaszcz wyposażony był w króciec do awaryjnego rozładunku. Powierzchnia zewnętrzna i wewnętrzna płaszcz pokryta była trwałą powłoką

antykorozyjną. Wewnętrzne gładkie powierzchnie płaszcza zapewniały samo oczyszczalność silosu. W górnej części silosu znajdował się dach w kształcie stożka o nachyleniu 30° , składający się z 14 segmentów z wieńcem na jego szczycie stanowiącym otwór zasypowy o średnicy f200. W dolnej części silosu, u dołu płaszcza zamontowany był lej silosu w kształcie stożka o nachyleniu 45° zakończony u dołu króćcem rozładowniczym z przymocowaną zasuwą. Całość podtrzymywana była przez konstrukcję podporową silosu w postaci ośmiu słupów wykonanych z kwadratowej rury ze stali, połączonych ze sobą stężeniami wykonanymi z pręta.

Uwzględnione w badaniach silosy lejowe były standardowo wyposażone w drabinę zewnętrzną, górny otwór inspekcyjny i dolny wąż inspekcyjny. Do załadunku silosów służył wlot załadunkowy umieszczony na szczycie dachu. Silos rozładowywany był poprzez otwór w leju zamykany na szczycie dachu. Ponadto każdy silos lejowy wyposażony był w wielopunktowy termometr do pomiaru temperatury ziarna jak i w kanały napowietrzania (BIN, 2012).



Ryc. 19. Przykładowy schemat budowy silosu lejowego BIN (Źródło: BIN, 2012).

Po zwiezieniu ziarna z pola oceniony został stan jego zanieczyszczenia oraz wilgotność. Jeżeli wilgotność ziarna przekracza 14,5% (wg normy) ziarno jest przed złożeniem w silosach dosuszane do wilgotności poniżej 14,5% (jeśli ziarno ma być

przechowywane dłużej osusza się je do wilgotności poniżej 14%) i schładzane do temperatury poniżej 20°C. Ziarno zanieczyszczone poddaje się czyszczeniu za pomocą wialni. Podczas przechowywania ziarna w silosach wykonywana jest okresowa kontrola temperatury oraz powierzchniowego zawilgocenia ziarna i ocena wizualna ziarna. W przypadku stwierdzenia wzrostu temperatury ziarno poddaje się przewietrzaniu.

4.5. Metody badań

Badania cech jakościowych wybranych zbóż przeprowadzono zgodnie z wymogami Polskich Norm (PN), Międzynarodowych ISO oraz uznanymi metodami analitycznymi dostosowanymi do właściwości zbóż. Ziarniaki każdego gatunku po pobraniu mielono w całości na mąkę (wraz z okrywą owocowo-nasienną) oraz wykonano kolejne analizy z tzw. wyciągów ze zmielonego zboża bezpośrednio po pobraniu prób zbóż. Analiza przygotowania wyciągów:

- 1) Przygotowano 2g naważki mąki do gilzy o pojemności 10cm³.
- 2) Dodano 3cm³ skażonego alkoholu etylowego do próby, wymieszano, zamknięto i wytrząsano przez 20 min.
- 3) Następnie próby poddano wirowaniu przez 15 min w temperaturze 4°C i przy prędkości 3000 obr. min⁻¹.
- 4) Tak pozyskany czysty roztwór próby (supernatant) przeniesiony został ilościowo do kolbki miarowej o pojemności 25cm³.
- 5) Procedura ta powtórzona została jeszcze dwukrotnie, a uzyskane roztwory połączono w kolbce.
- 6) Następnie kolbka dopełniona została do kreski skażonym alkoholem etylowym, i wymieszana ruchem wahadłowym.
- 7) Tak pozyskany ekstrakt został natychmiast zamrożony i przechowywany do czasu oznaczeń w temperaturze – 18°C.

W kolejnym etapie po rozmrożeniu wyciągi te badano w następującym zakresie:

- oznaczenia ilości zanieczyszczeń wg PN-R- 74015

Metoda polega na wydzieleniu zanieczyszczeń przez przesianie i sklasyfikowanie poszczególnych grup zanieczyszczeń. Do badań wykorzystano zestaw sit o wymiarach oczek 1.00X20.0 mm, 1.70X20.0 mm, 3.55X20.0 mm wyposażonych w pokrywę i odbieralnik.

Z próbki laboratoryjnej pobranej wg PN-70/R-74010, wydzielono próbkę do badań wielkości około 1000 g. Zważono ją z dokładnością do 1g i umieszczono w pojemniku. Po przesianiu przez dwa rodzaje sit, zgodnie z podaną normą, wyliczono ilości zanieczyszczeń zgodnie z wzorami zawartymi w normie. Za wynik końcowy oznaczenia przyjęto średnią arytmetyczną wyników dwóch oznaczeń. Wynik podano z dokładnością do 0,01 g dla nasion szkodliwych, ziaren porażonych śniecią i sporyszem, a dla pozostałych zanieczyszczeń z dokładnością do 0,1 g.

- zawartość wilgoci wg PN-86 A74011

Badanie polegało na ustaleniu różnicy masy odważki przed i po suszeniu w określonej dla poszczególnej metody temperaturze i czasie suszenia. Do badania wykorzystano wagi: techniczną o udźwigu od 50 do 250 g i dokładności ważenia 0,01 g oraz analityczną o udźwigu do 200 g i dokładności ważenia 0,001 g jak również rozdrabniacz laboratoryjny. Przed suszeniem pobrana do badania próba ziarna została rozdrobniona i poddana suszeniu przez 60 min w 130°C, a po ostudzeniu zważona z dokładnością do 0,01 g. Ilość wyparowanej podczas suszenia wody, obliczono zgodnie z podanym w normie wzorem.

- zawartość białka wg PN-ISO 5983

Oznaczenie białka przeprowadzone zostało pośrednio poprzez mineralizację materii organicznej metodą Kjeldahla, przy zastosowaniu 15 g siarczanu potasu oraz 0,3g tlenku miedzi pełniącego rolę katalizatora reakcji. Do próby dodano następnie 25 ml kwasu siarkowego do pierwszego grama suchej masy odważki analitycznej oraz od 6ml do 12 ml do każdego następnego grama suchej masy odważki. Po dokładnym wymieszaniu w celu całkowitego nawilżenia odważki analitycznej pozostawiono kolbę pod kątem 30° do 45 ° do ogrzewania. Przeprowadzono destylację amoniaku zgodnie z instrukcją podaną w normie.

- sedymentacja metodą Zeleny'ego wg PN – ISO 5529

Oznaczenie liczby sedymentacji w ziarnie pszenicy, jest wyróżnikiem określającym wartość wypiekową mąki. Jest to liczba określająca objętość osadu, powstałego w określonych warunkach z zawiesiny badanej mąki (otrzymanej z ziarna pszenicy) w roztworze mieszaniny kwasu mlekowego i izopropanolu. Badanie polegało na wytrząsaniu mieszaniny zgodnie z podaną normą oraz oznaczeniu objętości osadu tworzącego się w wyniku osiadania cząstek mąki. Wielkość wskaźnika sedymentacji może mieścić się w zakresie od 3 do 70 ml. Wynik końcowy podano w ml, w liczbach całkowitych jako średnią arytmetyczną z trzech równoległych oznaczeń.

- liczba opadania wg PN ISO 3093

Metoda ta opiera się na pomiarze upłynnienia skrobi mąki w zawieszynie wodnej, w temperaturze wrzenia wody. Przy czym skrobia kleikuje i tworzy lepłą zawiesinę zależnie od aktywności α - amylazy. Im aktywność α - amylazy większa, tym lepkość mniejsza, a czas opadania mieszała mniejszy. Do badania użyto łązni wodnej oraz próbówki wiskozymetrycznej.

- ilość i rozpuszczalność glutenu wg PN-77/A-74041

Na wynik ilości glutenu i jego jakość, oznaczanego zgodnie z obowiązującą normą, wpływ mają takie czynniki jak: sposób przygotowania ciasta, czas odleżenia przed wymywaniem, temperatura, a nawet skład chemiczny wody używanej zarówno do przygotowania i leżakowania ciasta jak i do wymywania. Badanie wykonano z użyciem ciasta z próbki mąki pszennej i roztworu chlorku sodu, a następnie wydzieleniu mokrego glutenu za pomocą wymywania go z ciasta wodnym 2% roztworem chlorku sodu i usunięciu nadmiaru roztworu oraz zważeniu otrzymanej pozostałości.

Do badania wykorzystano takie urządzenia jak: mięsiarka wibracyjna, glutownik mechaniczny oraz wirówka do glutenu, służąca do usuwania niezwiązanej wody z mokrego glutenu. Czas wirowania wynosił 2 min.

- procentowa zawartość grzybów pleśniowych – badanie mikrobiologiczne wg PN ISO 21527-1:2009 - posiew powierzchniowy w trzech powtórzeniach,

Analiza ilościowa polegała na ocenie ogólnej liczby grzybów, tj. liczby jednostek tworzących kolonie (jtk) w 1 gramie danego materiału [jtk/g] Materiał obejmował próby: pszenicy, pszenżyta, żyta, jęczmienia.

Materiał badawczy w laboratorium został dokładnie wymieszany. W jałowym młynku zmielono około 500 g materiału roślinnego. Przygotowano naważkę o wadze $20 \pm 0,2$ g. Materiał zawieszono w $180 \pm 2\%$ ml jałowego płynu do rozcieńczeń, przygotowanego według PN EN ISO 6887 – 1, z lipca 2000 r., pH $7,0 \pm 0,2$, następnie rozdrabniano w homogenizatorze mikrobiologicznym przez 90 sekund. Oznaczenie ogólnej liczby grzybów wykonano według PN ISO 7954, z września 1999 r. (posiew powierzchniowy po 1ml i 0,1 ml w trzykrotnym powtórzeniu). Z homogenizowanej zawiesiny wyjściowej wykonano serię rozcieńczeń dziesięciokrotnych w jałowym płynie do rozcieńczeń. Posiew powierzchniowy według Kocha (Grajewski 2006) wykonano na podłożu mikrobiologicznym YGC (z ang. yeast extract, glucose, chloramfenicol), o składzie: ekstrakt drożdżowy – 5 g, glukoza – 20 g,

chloramfenikol – 0,1 g, agar – 15 g, woda destylowana – 1000 ml, pH 6,6. Inkubację prowadzono przez 5 – 7 dni w temperaturze $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Po wyznaczonym czasie inkubacji, zliczono kolonie z szalek, na których liczba kolonii mieściła się w zakresie od 10 do 100. Wstępnego rozdziału na grzyby pleśniowe i drożdże dokonano na podstawie preparatów mikroskopowych.

- identyfikacja grzybów pleśniowych

Z kolonii wyrosłych na podłożu YGC wykonano preparaty mikroskopowe w laktofenolu według Amanna (Grajewski & Twarużek 2007). Na podstawie morfologii kolonii oraz typu zarodnikowania wyodrębniono dominujące rodzaje grzybów pleśniowych. Wykonano obliczenia [JTK g^{-1}] dla każdego z oznaczonych rodzajów.

- zawartość DON (*Deoksynivalenol*) * - metoda HPLC-MS/MS.

Próby oczyszczono na kolumnach Bond Elut Mycotoxin firmy Varian (Klotzel i in. 2006). Do 12,5 g zhomogenizowanej próby dodano 50 ml ACN:H₂O (80:20). Próbę homogenizowano 3 minuty, przesączono na sączku karbowanym, następnie 4 ml przesączu naniesiono na kolumnkę BondElut Mycotoxin. Pobrano 2 ml oczyszczonego ekstraktu, dodano 50 ml ¹³C-DON. Próbę osuszono w strumieniu azotu w 40⁰C, a następnie rozpuszczono w 0,5 ml roztworu MeOH:H₂O 1:4.

HPLC-MS/MS obejmował: HPLC Agilent 1200 (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA) detektor: spektrometr masowy 3200 QTRAP (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) kolumnę chromatograficzną: Gemini C18 (150x4,6mm, 5 mm) (Phenomenex Inc., Torrance, CA, USA). Faza ruchoma składała się z: A: H₂O + 5 mM CH₃COONH₄ + 1% CH₃COOH oraz B: MeOH + 5 mM CH₃COONH₄ + 1% CH₃COOH.

- ogólna pojemność antyoksydacyjna FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) na podstawie metody Benzie & Strain, 1996, zmodyfikowanej wg Keutgen & Pawelzik, 2007),

Oznaczenie ogólnej pojemności antyoksydacyjnej FRAP – polega na redukcji kompleksu Fe(III)/TPTZ (2,4,6-tripirydylo-S-triazyny) pod wpływem aktywności przeciwutleniaczy do Fe(II)/TPTZ tworząc kompleks o intensywnie niebieskim zabarwieniu [Stasiak i in. 2008].

Intensywność barwy zmierzona została na spektrofotometrze UV-Vis SP8001 firmy Metertech, Taiwan przy długości fali 734nm, a wyniki odczytywane z krzywej wzorcowej przeliczone zostały i podane w mmol Fe³⁺ kg⁻¹ mąki.

- oznaczanie zawartości związków polifenolowych ogółem,

Do wykonania oznaczenia zastosowano metodę kolorymetryczną Folina-Ciocalteu (F-C) wg modyfikacji Keutgen & Pawelzik (2008). Podstawą oznaczenia jest odwracalna reakcja redukcji molibdenu (VI) do molibdenu (V) w środowisku alkalicznym przez polifenole. W wyniku reakcji powstaje niebieski związek, którego intensywność mierzono przy długości fali 735,8 nm przy pomocy spektrofotometru UV-Vis SP8001 firmy Metertech, Taiwan. Intensywność absorpcji przy tej długości fali jest wprost proporcjonalna do stężenia polifenoli ogółem.

Jako standardowego odniesienia fenolowego użyto kwasu galusowego. Środowisko alkaliczne uzyskano przez zastosowanie 0,01mNaOH. Wynik oznaczeń podano przeliczając zawartość substancji fenolowych (mg) na jednostkę masy mąki (kg).

- wartość wypiekowa – metodą próbnego wypieku laboratoryjnego – objętość pieczywa uzyskana ze 100g mąki wg PN-A-74108,

Oznaczenie wartości wypiekowej przeprowadzono według metody zalecanej przez Instytut Piekarstwa w Berlinie. Ocena organoleptyczna zgodnie z podaną normą PN-A-74108 obejmowała ocenę wyglądu zewnętrznego pieczywa, ocenę skórki i miękiszu (Sadkiewicz i in., 2004)

Ponadto zastosowano metodę próbnych wypieków w postaci metody bezpośredniej, stosując składniki takie jak mąka, drożdże suche, sól, woda w następujących proporcjach:

- 250 g mąki z próbek zbóż po przesianiu,
- ilość wody wg wskazań Konsystografu,
- 7,5 g drożdży (uprzednio rozproszonych w wodzie),
- 2,5 g soli (po rozpuszczeniu w wodzie).

Ciasto sporządzono w następujących warunkach:

- temperatura ciasta 27-28°C,
- temperatura fermentacji 30°C,
- czas fermentacji 1 godz.,
- wilgotność komory fermentacyjnej 75-80%,

- dzielenie i formowanie ręczne,
- masa kęsa ciasta 250 g,
- temperatura komory fermentacyjnej 30°C,
- temperatura wypieku 230°C,
- czas wypieku 30 minut,
- ocena organoleptyczna po 18-24 godz.

Oznaczenie objętości pieczywa wykonano zgodnie z PN-A-74108, wykorzystując uniwersalny aparat typ SA-wy, służący do badania objętości pieczywa podłużnego i okrągłego.

- zawartość chlorofilu a i b oraz karotenoidów oznaczone zmodyfikowaną metodą spektrofotometryczną wg Wellburn (1994)

Do wykonania oznaczeń użyto zmodyfikowanej metody Wellburn (1994), przy czym do pomiarów użyto uprzednio opisanego w punkcie 3.2. wyciągu.

Wyniki odczytano przy pomocy krzywej kalibracyjnej. Zawartość karotenoidów oraz chlorofilu ogółem podano w mg kg⁻¹ mąki (Campos i in. 2006).

- kwas askorbinowy metodą miareczkową wg Tillmansa (PN-90/A-75101/11),

Zastosowana metoda polegała na redukcji 2,6-dichlorofenolindofenolu przez kwas L-askorbinowy. Analiza polegała na miareczkowaniu badanej próby mianowanym roztworem 2,6-dichloro-fenyloindofenolu (DCIP) w środowisku kwaśnym. Barwnik, który jednocześnie jest indykatorem, po wyczerpaniu kwasu askorbinowego, zabarwia próbę miareczkowaną na kolor jasnoróżowy.

4.6. Analizy statystyczne danych

W celu przeprowadzenia wnioskowania statystycznego zastosowano program Statistica 10, StatSoft Inc. 1984-2011, Tulsa, USA. Pozyskane dane eksperymentalne przebadane zostały na rozkład normalny. Przyjęto poziom istotności 0,05. W przypadku występowania rozkładu normalnego wykorzystano dwuczynnikową analizę kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) oraz jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. W przypadku, gdy ANCOVA wykazała istotność wpływu roku na uwzględnione czynniki główne wyniki rozpatrzone zostały oddzielnie dla każdego roku

przewodzenia doświadczeń. W przypadku występowania interakcji pomiędzy czynnikami doświadczenia zweryfikowano zastosowane obiekty przy pomocy jednoczynnikowej wariancji, a grupy jednorodne utworzono przy pomocy testu Duncana przy poziomie istotności 0,05. Występowanie zależności pomiędzy wybranymi cechami oraz określono za pomocą współczynnika korelacji Pearsona przy poziomie istotności 0,05.

5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

5.1. Zanieczyszczenia ziarna

Wykonując analizę kowariancji czyli badanie łączące w sobie analizę wariancji, korelacji i regresji oceniono wpływ badanej cechy na czynnik doświadczalny. Badano wpływ roku w jakim zebrano i przechowywano zboże, odmianę zboża oraz czas przechowywania na wielkość znajdujących się w zbożu zanieczyszczeń.

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) w przypadku zawartości zanieczyszczeń w zbożu, wykazała istotność wpływu roku prowadzenia doświadczenia, jak również występowania efektu głównego jakim jest rodzaj badanego zboża. Ze względu na znaczenie roku (interakcje) wpływ badanych czynników głównych, rozpatrzony został oddzielnie dla każdego roku prowadzenia doświadczeń.

Dwuczynnikowa analiza wariancji zawartości zanieczyszczeń w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia, wykazała występowanie interakcji pomiędzy gatunkiem zboża i przechowywaniem.

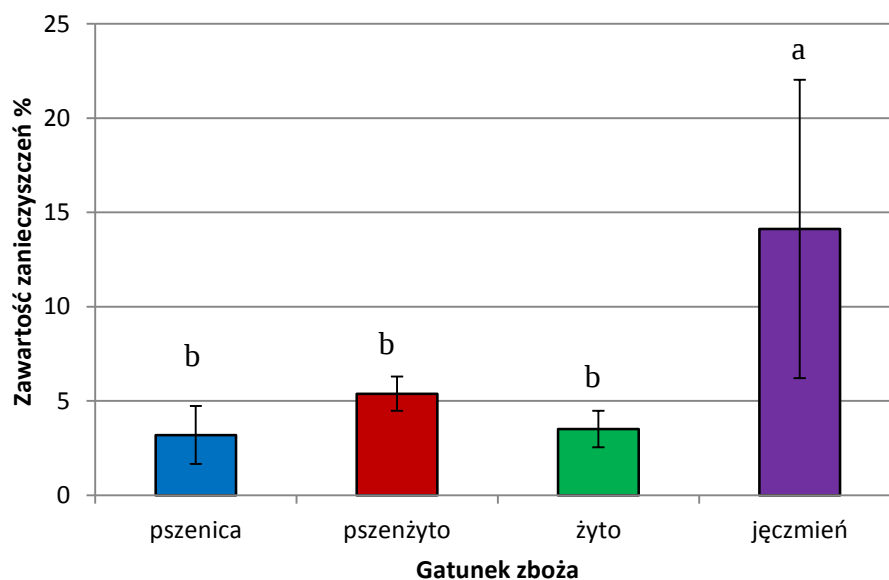
Tabela 7. Zawartość zanieczyszczeń wyrażona w procentach wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w pierwszym roku doświadczenia.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	1,32 ± 0,23 l	5,76 ± 0,25 de	2,65 ± 0,32 jk	10,50 ± 0,30 b	5,06 ± 3,70 a
30	4,60 ± 1,10 fgh	5,40 ± 0,34 ef	3,00 ± 0,22 jk	9,35 ± 0, 21 c	5,59 ± 2,49 a
60	4,45 ± 0,44 gh	4,05 ± 0,39 hi	5,02 ± 0,17 efg	9,44 ± 0,12 c	5,74 ± 2,28 a
90	2,40 ± 0,24 k	6,30 ± 0,23 d	3,36 ± 0,27 ij	27,20 ± 1,30 a	9,82 ± 10,61 a
Średnia (A)	3,19 ± 1,54 b	5,38 ± 0,91 b	3,51 ± 0,97 b	14,12 ± 7,92 a	
0	1,32 ± 0,23 D b	5,76 ± 0,25 B ab	2,65 ± 0,32 C a	10,50 ± 0,30 A b	
30	4,60 ± 1,10 B a	5,40 ± 0,34 B b	3,00 ± 0,22 C bc	9,35 ± 0, 21 A b	
60	4,45 ± 0,44 BC a	4,05 ± 0,39 C c	5,02 ± 0,17 B a	9,44 ± 0,12 A b	
90	2,40 ± 0,24 C b	6,30 ± 0,23 B a	3,36 ± 0,27 C b	27,20 ± 1,30 A a	

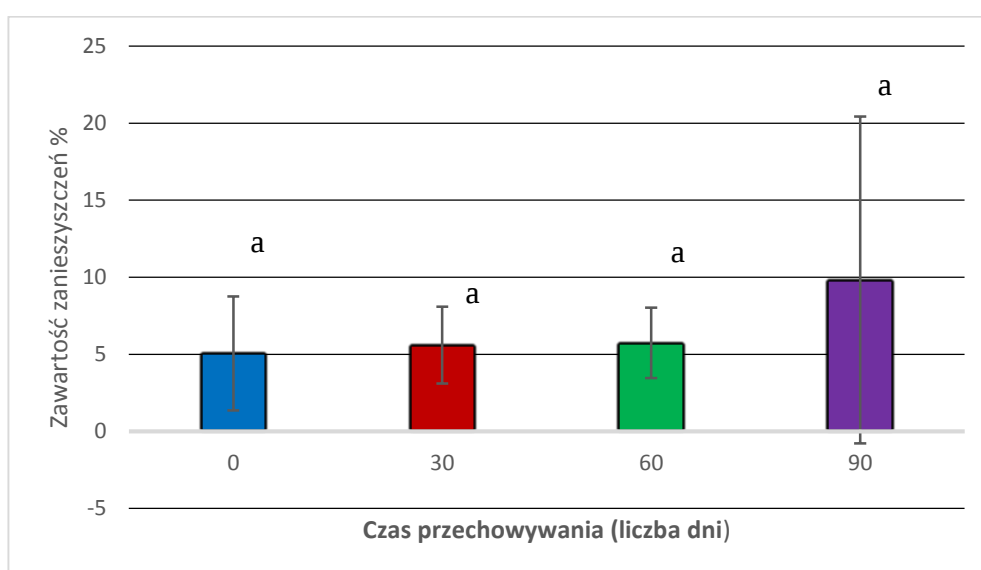
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=4$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Na podstawie testu Duncana (Tab. 7, Ryc. 20) stwierdzono największą zawartość zanieczyszczeń ogółem w ziarnie jęczmienia ($14,12\% \pm 7,92$), najmniej zanieczyszczeń zaś w ziarnie pszenicy ($3,19\% \pm 1,54$) przy pominięciu czasu przechowywania. Zawartość zanieczyszczeń w ziarnie żyta wyniosła $3,51\%$, a w ziarnie pszenżyta $5,38\%$.

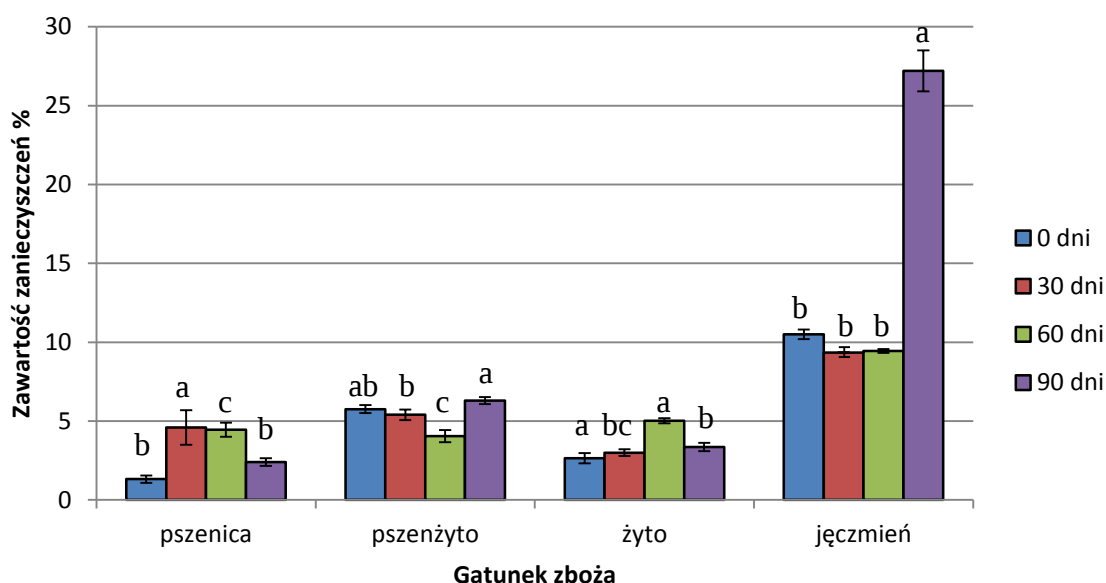


Ryc. 20. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od zboża z pominięciem okresu przechowywania w pierwszym roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).



Ryc. 21. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w ziarnie zbóż w zależności od czasu przechowywania ziarna bez różnicowania na poszczególne gatunki zbóż w pierwszym roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).

Biorąc pod uwagę czas przechowywania zbóż, w pierwszym roku badań wielkość zanieczyszczeń stopniowo wzrasta, w szczególności po 3 miesiącach przechowywania, jednakże różnice te nie zostały statystycznie potwierdzone (Tab. 7, Ryc. 21).



Ryc. 22. Zmiany zawartości zanieczyszczeń ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania w pierwszym roku badań (różnice wg testu Duncana w obrębie danego gatunku zboża dla $\alpha=0,05$, $n=4$).

Jak wynika z przeprowadzonej analizy statystycznej (Ryc. 22) po okresie 90. dni przechowywania, w pierwszym roku badań pszenżyto i jęczmień odznaczały się największą zawartością zanieczyszczeń. W szczególności ziarno jęczmienia, u którego stwierdzono wzrost ilości zanieczyszczeń z 10,5% do 27,2%.

Również i w drugim roku dwuczynnikowa analiza wariancji, wykazała występowanie interakcji pomiędzy rodzajem zboża i czasem przechowywania.

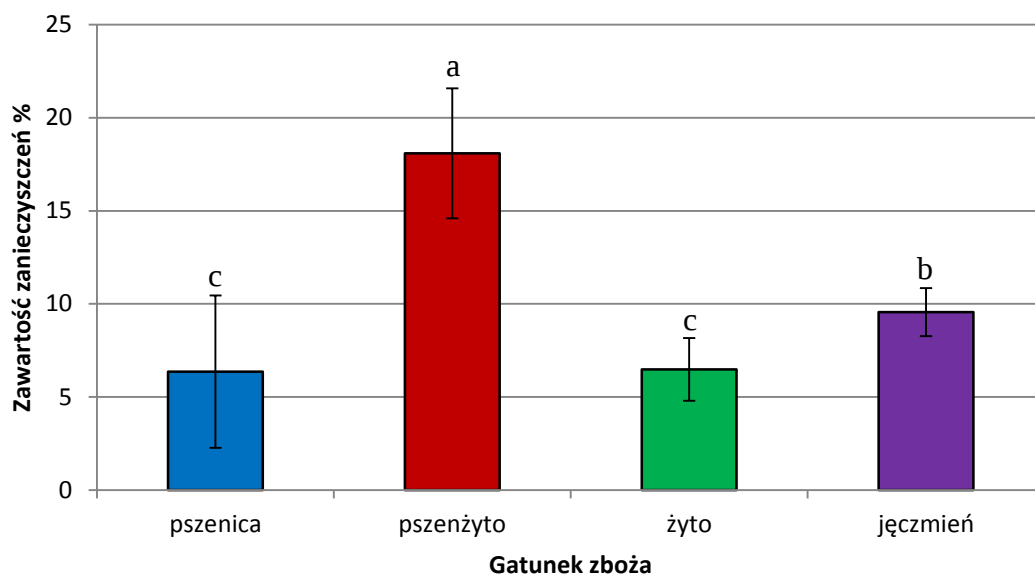
Na podstawie testu Duncana (Tab. 8) widać, że w drugim roku badań największą zawartością zanieczyszczeń ogółem odznaczało się ziarno pszenżyta ($18,09\% \pm 3,49$), najmniej zanieczyszczeń zaobserwowano w ziarnie pszenicy ($6,36\% \pm 4,10$), zawartość zanieczyszczeń w ziarnie żyta wyniosła ($6,48\%$), a w ziarnie jęczmienia ($9,55\%$).

Tabela 8. Zawartość zanieczyszczeń wyrażona w % wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w drugim roku doświadczenia.

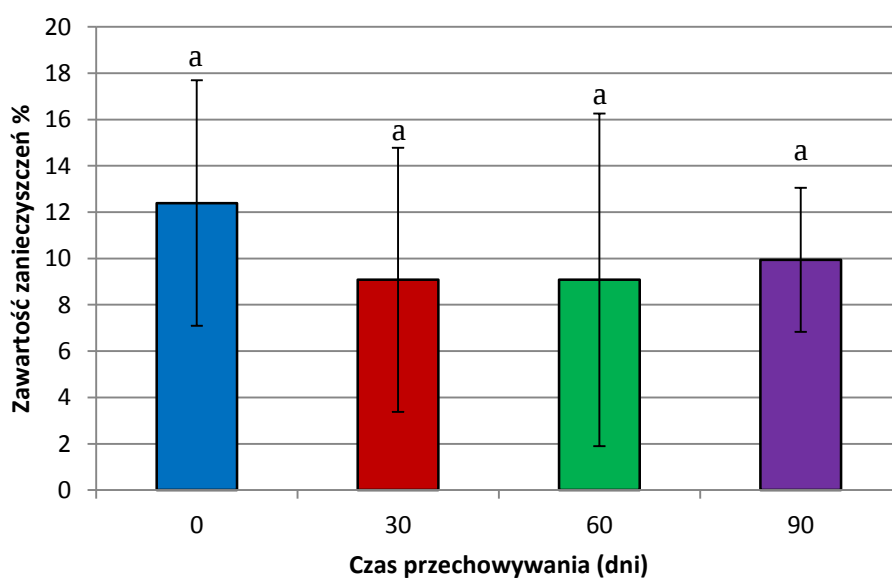
Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	8,70 ± 0,50 ef	21,05 ± 0,45 a	9,05 ± 0,69 e	10,75 ± 0,37 d	12,39 ± 5,30 a
30	3,45 ± 0,08 i	18,40 ± 0,56 b	5,70 ± 0,53 gh	8,75 ± 0,23 ef	9,08 ± 5,7 a
60	1,80 ± 0,25 j	20,30 ± 0,76 a	6,20 ± 0,44 g	8,00 ± 0,43 f	9,08 ± 7,18 a
90	11,50 ± 0,60 d	12,60 ± 0,30 c	4,95 ± 0,47 h	10,70 ± 0,17 d	9,94 ± 3,11 a
Średnia (A)	6,36 ± 4,10 c	18,09 ± 3,49 a	6,48 ± 1,69 c	9,55 ± 1,29 b	
0	8,70 ± 0,50 C b	21,05 ± 0,45 A a	9,05 ± 0,69 C a	10,75 ± 0,37 B a	
30	3,45 ± 0,08 D c	18,40 ± 0,56 A b	5,70 ± 0,53 C bc	8,75 ± 0,23 B b	
60	1,80 ± 0,25 D d	20,30 ± 0,76 A a	6,20 ± 0,44 C b	8,00 ± 0,43 B c	
90	11,50 ± 0,60 B a	12,60 ± 0,30 A c	4,95 ± 0,47 D c	10,70 ± 0,17 C a	

a,b,c... -dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=4$
A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Zawartość zanieczyszczeń ogółem w drugim roku badań w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania przedstawiono w Ryc. 23. Największą statystycznie istotną ilość zanieczyszczeń zaobserwowano w przypadku pszenżyta i jęczmienia.



Ryc. 23. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od zboża z pominięciem okresu przechowywania w drugim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).

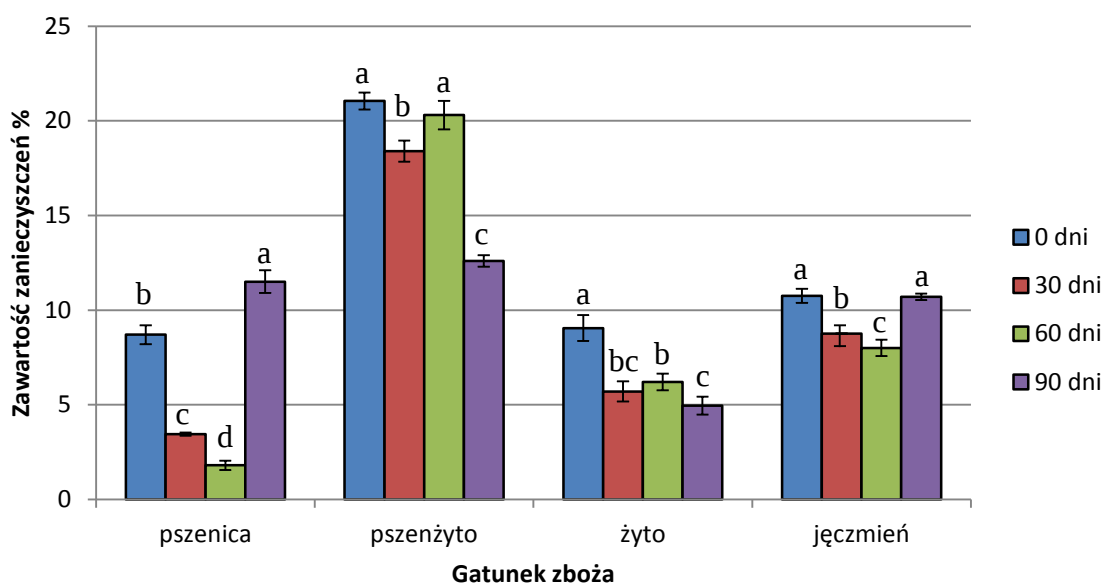


Ryc. 24. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w drugim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).

W drugim roku przechowywania zboża, w przypadku wpływu przechowywania na stopień zanieczyszczenia ziarna, stwierdzono odwrotną tendencję w porównaniu do

pierwszego roku. Największą zawartość zanieczyszczeń zaobserwowano w pierwszym okresie przechowywania, następnie przez kolejnych 30 dni wartości te były wyrównane. Pod koniec przechowywania, po 90 dniach wzrasta, choć nieistotnie do około 10% (Ryc. 24).

W przypadku pszenżyta w drugim roku badań, występuje największa zawartość zanieczyszczeń. Czas przechowywania nie wskazuje jednoznacznego wpływu na badaną cechę, jednakże w pierwszym badanym okresie zanieczyszczenia te były najwyższe (Ryc. 25).



Ryc. 25. Zmiany zawartości zanieczyszczeń ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna w drugim roku badań (różnice wg testu Duncana w obrębie danego gatunku zboża dla $\alpha=0,05$, $n=4$).

Również i w trzecim roku prowadzenia doświadczenia, dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała występowanie interakcji pomiędzy rodzajem zboża i czasem przechowywania.

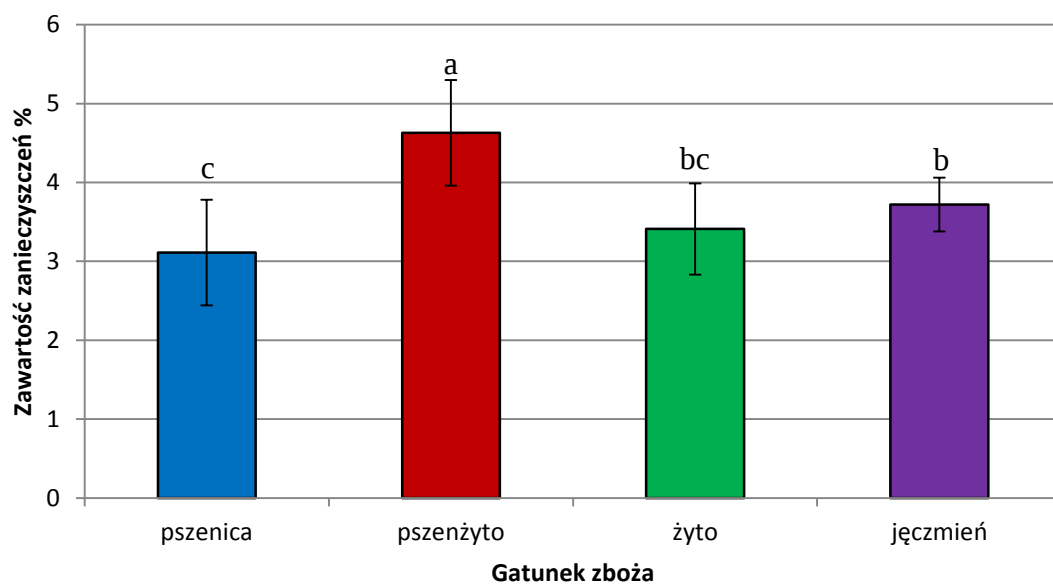
Tabela 9. Zawartość zanieczyszczeń wyrażona w % wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w trzecim roku doświadczenia.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	3,78 ± 0,24 defg	4,48 ± 0,34 bc	4,18 ± 0,53 cd	4,09 ± 0,20 cde	4,13 ± 0,40 a
30	3,55 ± 0,12 efgh	4,70 ± 0,16 bc	3,15 ± 0,26 hi	3,75 ± 0, 24 defg	3,79 ± 0,62 ab
60	2,25 ± 0,22 j	3,82 ± 0,21 def	3,25 ± 0,23 ghi	3,34 ± 0,29 fghi	3,17 ± 0,63 b
90	2,86 ± 0,40 i	5,52 ± 0,21 a	3,06 ± 0,46 i	3,70 ± 0,18 defg	3,79 ± 1,13 ab
Średnia (A)	3,11 ± 0,67 c	4,63 ± 0,67 a	3,41 ± 0,58 bc	3,72 ± 0,34 b	
0	3,78 ± 0,24 A a	4,48 ± 0,34 A b	4,18 ± 0,53 A a	4,09 ± 0,20 A a	
30	3,55 ± 0,12 B a	4,70 ± 0,16 A b	3,15 ± 0,26 C b	3,75 ± 0, 24 B ab	
60	2,25 ± 0,22 B c	3,82 ± 0,21 A c	3,25 ± 0,23 C b	3,34 ± 0,29 B b	
90	2,86 ± 0,40 C b	5,52 ± 0,21 A a	3,06 ± 0,46 C b	3,70 ± 0,18 B ab	

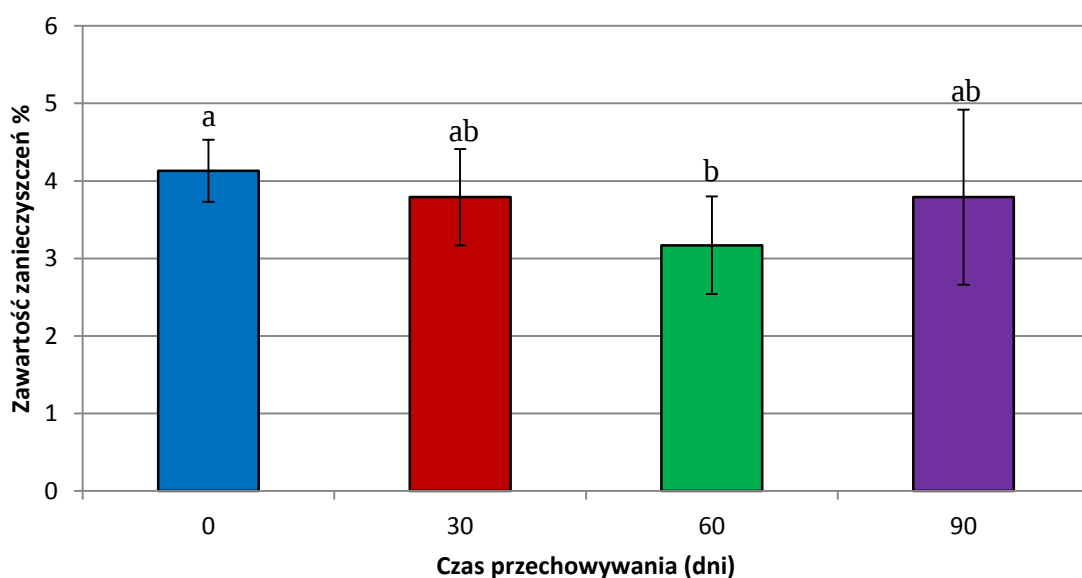
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=4$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

W trzecim roku badań na podstawie testu Duncana (Ryc. 26) zaobserwowano istotnie największą ilość w ziarnie pszenżyta ($4,63\% \pm 0,67$), najmniej zanieczyszczeń oznaczono w ziarnie pszenicy ($3,11\% \pm 0,67$). Zawartość zanieczyszczeń w ziarnie żyta wyniosła ($3,41\% \pm 0,58$), a w ziarnie jęczmienia ($3,72\% \pm 0,34$).

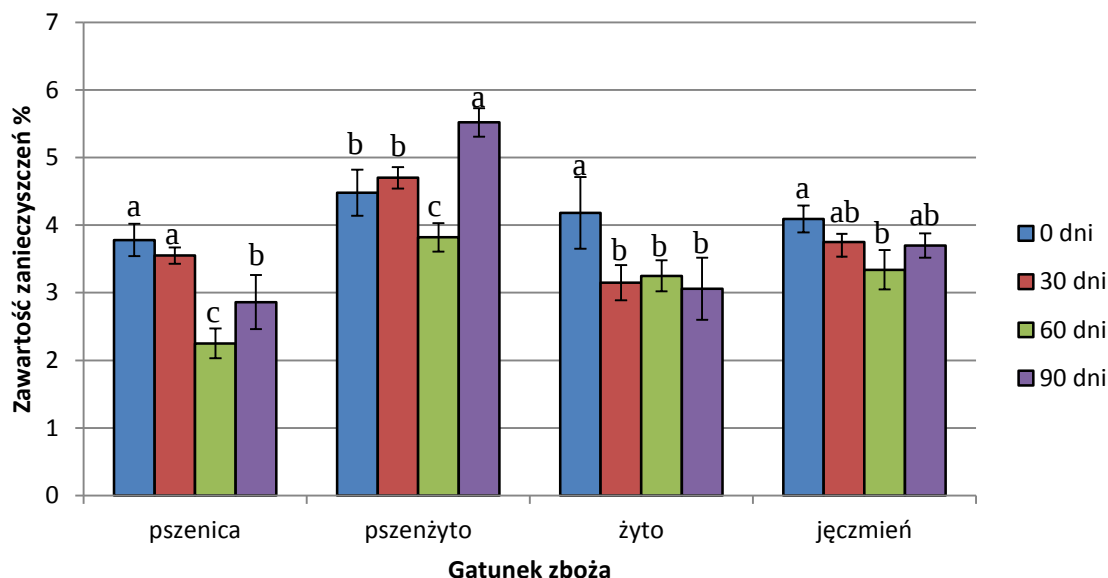


Ryc. 26. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od zboża z pominięciem okresu przechowywania w trzecim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).



Ryc. 27. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w trzecim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).

W trzecim roku badań ilość zanieczyszczeń ogółem wyrażona w % od początku składowania nie uległa istotnej zmianie. W momencie złożenia zbóż do magazynu, ogólnie bez podziału na rodzaj zboża poziom zanieczyszczeń wynosił 4,13%, a po 90 dniach składowania 3,79%, ulegając nieznacznej zmianie (Ryc. 27).



Ryc. 28. Zmiany zawartości zanieczyszczeń ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania (różnice wg testu Duncana w obrębie danego gatunku zboża dla $\alpha=0,05$, $n=4$).

Jak wynika z analizy statystycznej (Ryc. 28) w trzecim roku badań, największa zawartość zanieczyszczeń ogółem występowała w ziarnie pszenżyta od 4,48 % w pierwszym badanym okresie do 5,52% po 90 dniach przechowywania.

5.2. Zanieczyszczenia nieużyteczne

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) dla zanieczyszczeń nieużytecznych, nie wykazała istotności wpływu roku prowadzenia doświadczenia oraz występowania efektu głównego okresu przechowywania. Wykazała natomiast znaczenie efektu głównego rodzaju badanego zboża.

Na podstawie testu Duncana stwierdzono największą ilość zanieczyszczeń nieużytecznych w ziarnie pszenżyta, najmniejszą zaś w ziarnie pszenicy. Zawartość

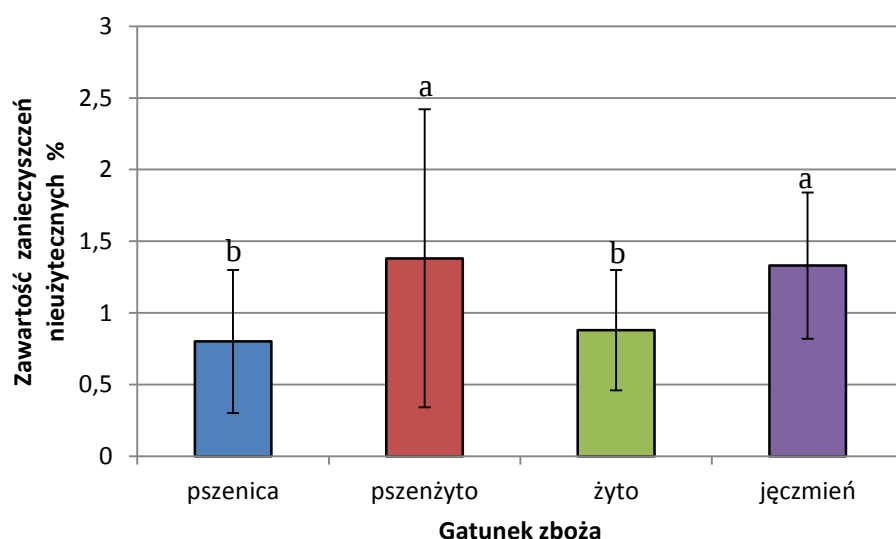
zanieczyszczeń nieużytecznych w ziarnie żyta wyniosła $0,88 \pm 0,42\%$, a w ziarnie jęczmienia $1,33 \pm 0,51\%$ (Tab. 10, Ryc. 29).

Tabela 10. Zawartość nieużytecznych zanieczyszczeń wyrażona w % wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.

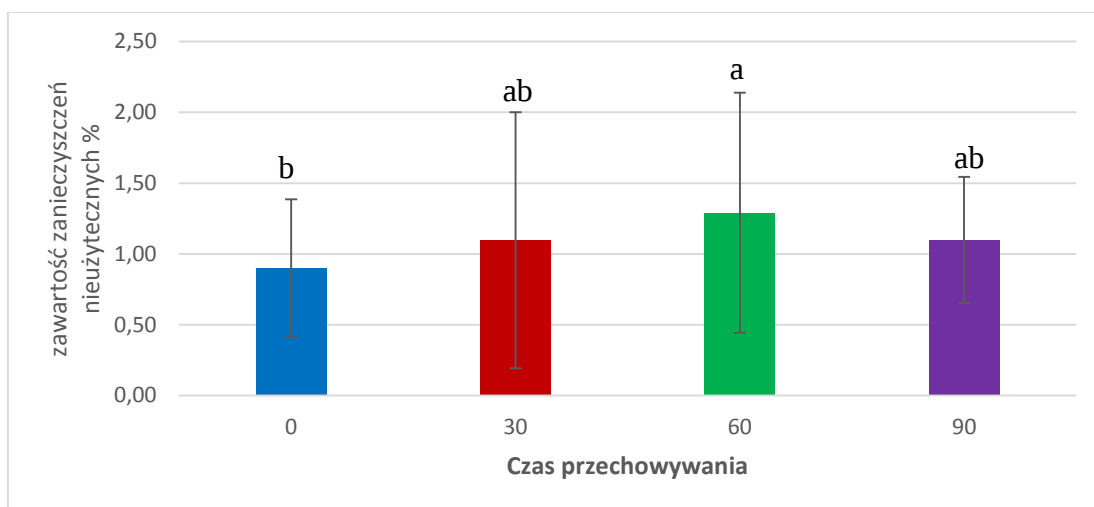
Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	Pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	$0,54 \pm 0,23$ f	$0,95 \pm 0,32$ cdef	$0,67 \pm 0,37$ ef	$1,45 \pm 0,43$ abcd	$0,90 \pm 0,48$ b
30	$0,75 \pm 0,55$ def	$1,83 \pm 1,42$ a	$0,80 \pm 0,40$ def	$1,00 \pm 0,49$ cdef	$1,10 \pm 0,90$ ab
60	$0,89 \pm 0,54$ def	$1,75 \pm 1,29$ ab	$0,94 \pm 0,44$ cdef	$1,59 \pm 0,59$ abc	$1,29 \pm 0,85$ a
90	$1,01 \pm 0,55$ cdef	$0,99 \pm 0,43$ cdef	$1,12 \pm 0,41$ bcdef	$1,27 \pm 0,40$ abcde	$1,10 \pm 0,45$ ab
Średnia (A)	$0,80 \pm 0,50$ b	$1,38 \pm 1,04$ a	$0,88 \pm 0,42$ b	$1,33 \pm 0,51$ a	
0	$0,54 \pm 0,23$ C a	$0,95 \pm 0,32$ B a	$0,67 \pm 0,37$ BC a	$1,45 \pm 0,43$ A ab	
30	$0,75 \pm 0,55$ B a	$1,83 \pm 1,42$ A a	$0,80 \pm 0,40$ B ab	$1,00 \pm 0,49$ B b	
60	$0,89 \pm 0,54$ B a	$1,75 \pm 1,29$ A a	$0,94 \pm 0,44$ B ab	$1,59 \pm 0,59$ AB a	
90	$1,01 \pm 0,55$ A a	$0,99 \pm 0,43$ A a	$1,12 \pm 0,41$ A a	$1,27 \pm 0,40$ A ab	

a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=12$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

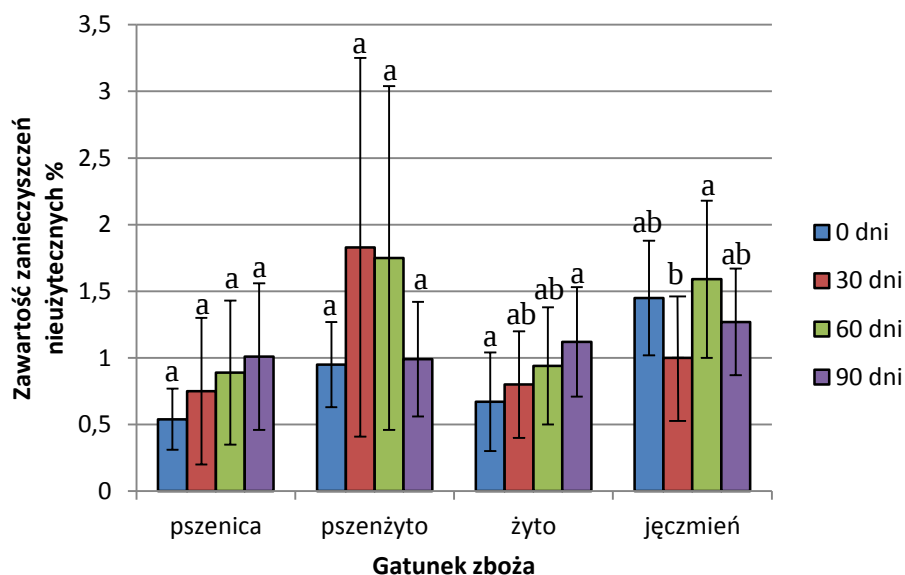


Ryc. 29. Średnia zawartość zanieczyszczeń nieużytecznych ogółem w zależności od zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).



Ryc. 30. Średnia zawartość zanieczyszczeń nieużytecznych ogółem w zależności okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).

Analizując ilość zanieczyszczeń nieużytecznych w zbożach bez względu na ich gatunek, w 60 tym dniu przechowywania stwierdzono najwyższą ilość zanieczyszczeń $1,29 \pm 0,85\%$, natomiast najmniejsza ilość $0,9 \pm 0,48\%$ wystąpiła bezpośrednio po złożeniu zboża do silosu. W ostatnim badanym okresie nastąpił stopniowy spadek ilości zanieczyszczeń do $1,1 \pm 0,45\%$, podobnie jak po 30 tym dniu przechowywania. (Ryc. 30)



Ryc. 31. Zmiany zawartości zanieczyszczeń nieużytecznych ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania (n=12).

W poszczególnych okresach przechowywania ziarna zbóż posiadały zmienne zawartości zanieczyszczeń nieużytecznych, w przypadku pszenicy i żyta wraz z okresem przechowywania ilość tych zanieczyszczeń stopniowo wzrastała (Ryc. 31). Natomiast ziarna pszenżyta i jęczmienia czyli zbóż o największym zanieczyszczeniu wahały się znacznie od początku do końca składowania.

5.3. Wilgotność

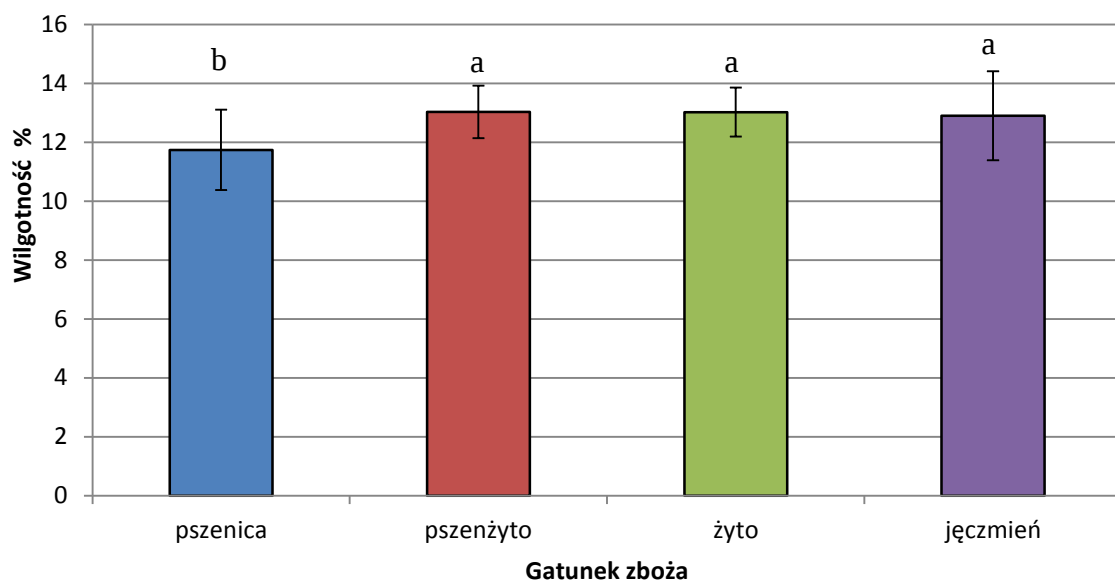
Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) w przypadku wilgotności zbóż, nie wykazała istotności wpływu roku prowadzenia doświadczenia. Wskazała natomiast na występowanie efektu głównego w przypadku okresu przechowywania i rodzaju badanego zboża.

Tabela 11. Wilgotność wyrażona w % wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania.

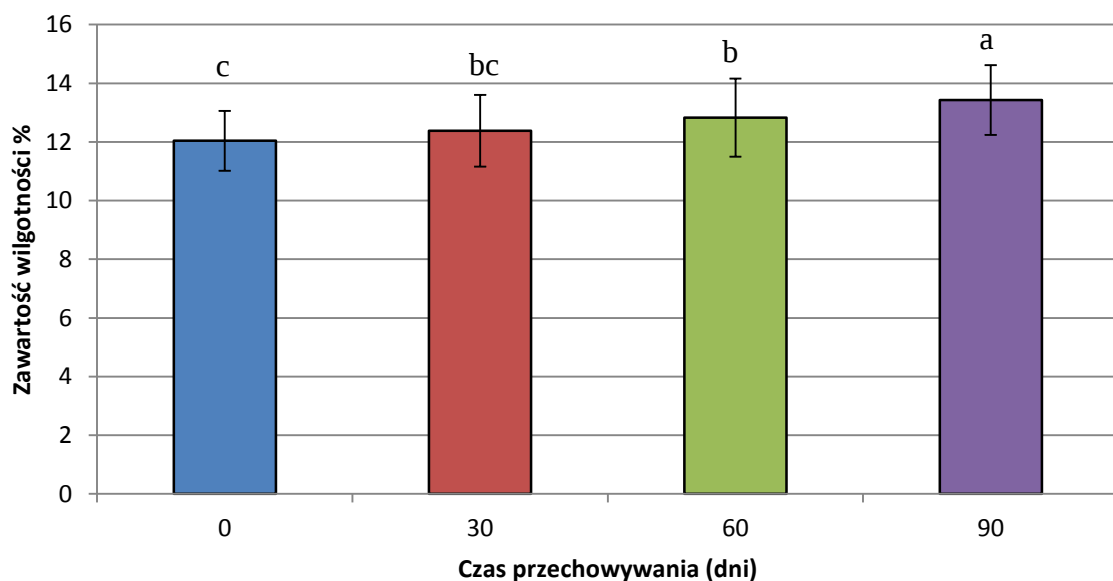
Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	11,07 ± 1,14 e	12,67±1,02 abcd	12,03±0,53 cde	12,40±0,51 bcd	12,04 ± 1,02 c
30	11,00 ± 0,70 e	12,53±0,85 abcd	13,37±0,74 ab	13,60±1,21 abcd	12,38 ± 1,22 bc
60	11,80 ± 1,26 de	13,23±0,70 ab	13,13±0,53 abc	13,17±1,93 abc	12,83 ± 1,33 b
90	13,1 ± 1,24 abc	13,67±0,55 a	13,53±0,61 ab	13,43±1,94 ab	13,43 ± 1,19 a
Średnia (A)	11,74 ± 1,36 b	13,03 ± 0,89 a	13,02 ± 0,83 a	12,90 ± 1,51 a	
0	11,07 ± 1,14 Bb	12,67±1,02 Ab	12,03±0,53 Ab	12,40±0,51 Aa	
30	11,00 ± 0,70 Bb	12,53±0,85 Ab	13,37±0,74 Aa	13,60±1,21 Aa	
60	11,80 ± 1,26 Bb	13,23±0,70 Aab	13,13±0,53 Aa	13,17±1,93 Aa	
90	13,1 ± 1,24 Aa	13,67±0,55 Aa	13,53±0,61 Aa	13,43±1,94 Aa	

a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=12$
A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Dwuczynnikowa analiza wariancji zawartości wilgotności wykazała występowanie efektu głównego, znaczenia rodzaju badanego zboża, jak również efektu głównego przechowywania. Nie wykazała występowania interakcji pomiędzy gatunkiem zboża i czasem przechowywania. Na podstawie testu Duncana wykazano, że największą wilgotnością charakteryzowało się ziarno pszenżyta ($13,03\% \pm 0,89\%$), najmniejszą zaś ziarno pszenicy ($11,74\% \pm 1,36\%$), wilgotność ziarna żyta wyniosła $13,02\% \pm 0,83\%$, a ziarna jęczmienia $12,90\% \pm 1,51\%$ (Ryc. 32).



Ryc. 32. Średnia wilgotność ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).



Ryc. 33. Średnia wilgotność ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna zbóż bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).

Na podstawie testu Duncana stwierdzono największą wilgotność w ziarnie po okresie 90 dni przechowywania (13,43%), najmniejszą wilgotnością charakteryzowało się ziarno

w okresie jego złożenia do silosu (12,04%). Wilgotność ziarna po 30 dniowym okresie przechowywania wyniosła 12,38%, a po dwóch miesiącach przechowywania 12,83% (Ryc. 33).

5.4. Zawartość suchej masy

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) dla zawartości suchej masy, nie wykazała istotności wpływu roku prowadzenia doświadczenia. Wykazała występowanie efektu głównego jakim jest okres przechowywania oraz rodzaj badanego zboża.

Dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała występowanie efektu głównego, zarówno znaczenia rodzaju badanego zboża jak i przechowywania. Nie wykazała występowania interakcji pomiędzy gatunkiem zboża i przechowywaniem.

Tabela 12. Zawartość suchej masy wyrażona w % wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania.

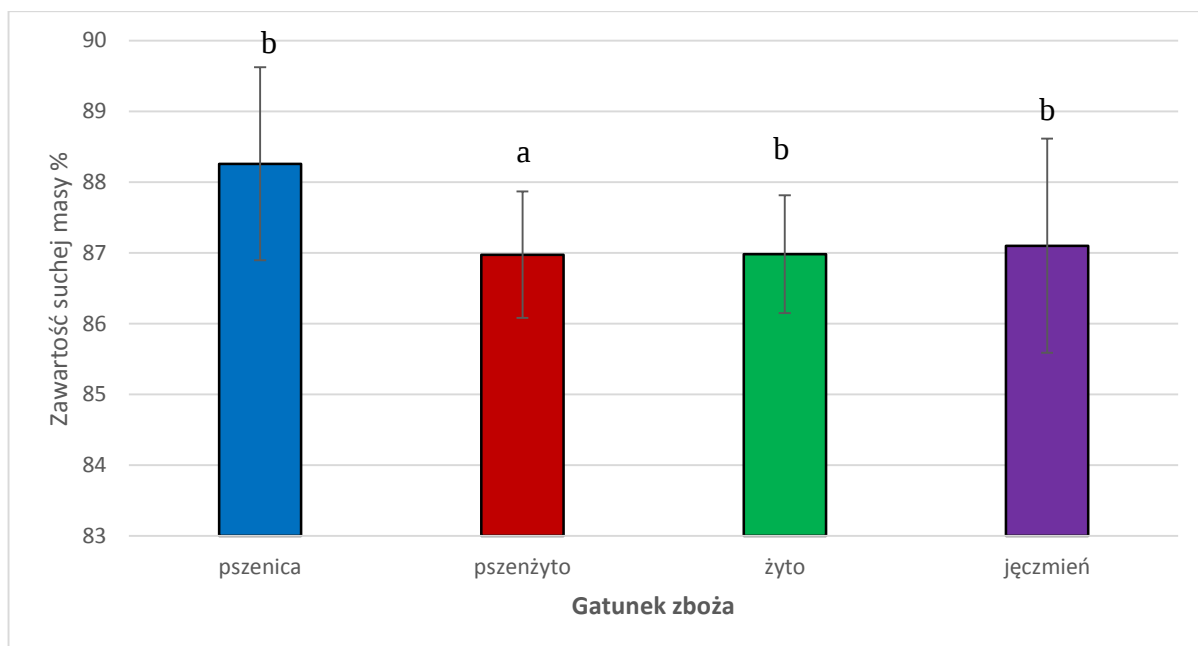
Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	88,93±1,14 a	87,33±1,02 bcde	87,97±0,53 abc	87,60±0,51 bcd	87,96±1,02 a
30	89,00±0,70 a	87,47±0,85 bcde	86,63±0,74 de	87,40±1,21 bcde	87,63±1,22 ab
60	88,20±1,26 ab	86,77±0,70 de	86,87±0,53 cde	86,83±1,93 cde	87,17±1,33 b
90	86,90±1,24 cde	86,33±0,55 e	86,47±0,61 de	86,57±1,94 de	86,57±1,19 c
Średnia (A)	88,26±1,36 b	86,98±0,89 a	86,98±0,83 b	87,10±1,51 b	
0	88,93±1,14 Aa	87,33±1,02 Aa	87,97±0,53 Aa	87,60±0,51 Aa	
30	89,00±0,70 Ba	87,47±0,85 Ba	86,63±0,74 Bb	87,40±1,21 Aa	
60	88,20±1,26 Ba	86,77±0,70 Bab	86,87±0,53 Bb	86,83±1,93 Aa	
90	86,90±1,24 Bb	86,33±0,55 Bb	86,47±0,61 Bb	86,57±1,94 Aa	

a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=12$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

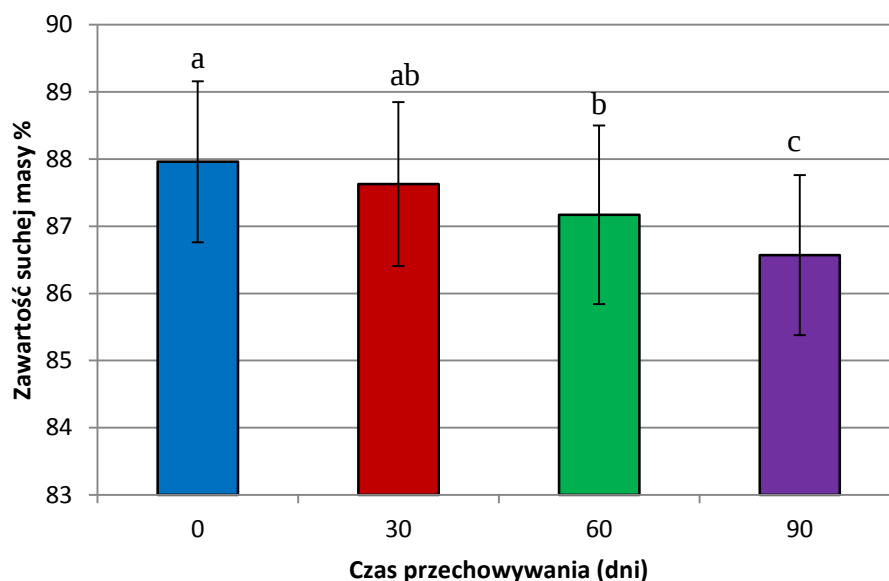
Na podstawie testu Duncana stwierdzono największą zawartość suchej masy w ziarnie pszenicy (88,26% ± 1,36%), najmniejszą w ziarnie pszenżyta (86,98% ± 0,89%). Zawartość

suchej masy w ziarnie żyta wyniosła $86,98\% \pm 0,83\%$, a w ziarnie jęczmienia $87,10\% \pm 1,51\%$ (Tab. 12, Ryc. 34)



Ryc. 34. Średnia zawartość suchej masy ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).

Na podstawie testu Duncana analizując średnią zawartość suchej masy ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna zbóż, bez zróżnicowania na poszczególne gatunki, stwierdzono największą zawartość suchej masy w ziarnie niezależnie od gatunku zboża w momencie złożenia do silosu ($87,96\% \pm 1,2\%$). Najmniejszą zaś po 90 dniach przechowywania ($86,57\% \pm 1,19\%$). Zawartość suchej masy w ziarnie po okresie 30 dni przechowywania wyniosła $87,63\%$, a po dwóch miesiącach składowania $87,17\%$ (Ryc. 35).



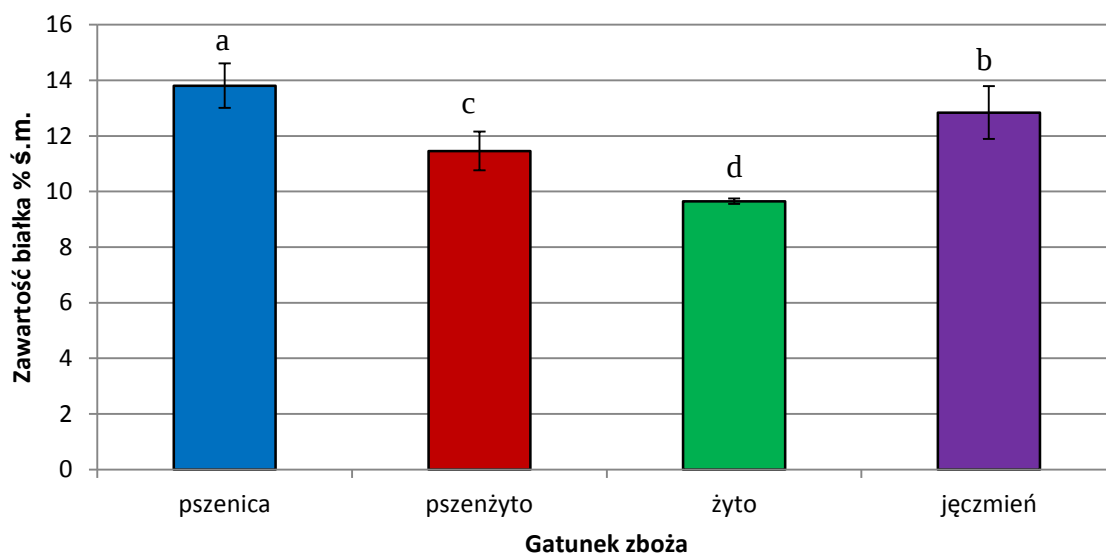
Ryc. 35. Średnia zawartość suchej masy ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna zbóż bez zróżnicowania na poszczególne gatunki (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).

5.5. Zawartość białka

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) w przypadku zawartości białka, wykazała istotność wpływu roku prowadzenia doświadczenia oraz występowanie efektu głównego rodzaju badanego zboża.

Dwuczynnikowa analiza wariancji zawartości białka wykazała wyłącznie występowanie efektu głównego jakim jest rodzaj badanego zboża bez stwierdzenia interakcji pomiędzy gatunkiem zboża i czasem przechowywania.

Na podstawie testu Duncana stwierdzono największą zawartość białka w ziarnie pszenicy ($13,81\% \pm 0,8\%$), najmniejszą zaś w ziarnie żyta ($9,65\% \pm 0,1\%$). Zawartość białka w ziarnie pszenżyta wyniosła $11,46\% \pm 0,78\%$, a w ziarnie jęczmienia $12,84\% \pm 0,95\%$ (Ryc. 36).

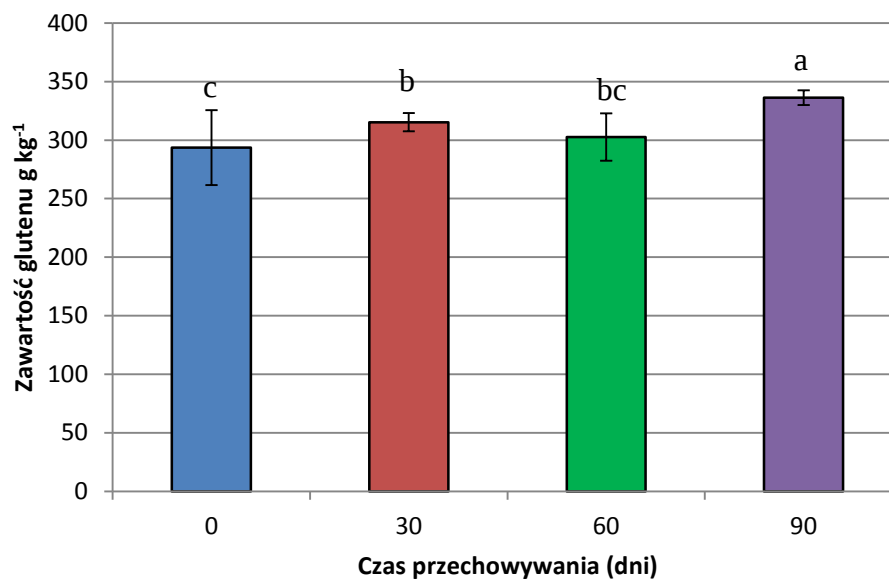


Ryc. 36. Średnia zawartość białka ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).

5.6. Zawartość glutenu w ziarnie pszenicy

Ze względu na właściwości i typowy skład ziarniaków badanych gatunków zbóż, zawartość glutenu oznaczona została tylko w ziarnie pszenicy. Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) w przypadku zawartości glutenu, nie wykazała istotności wpływu roku prowadzenia doświadczenia. Statystycznie istotny okazał się wpływ czasu przechowywania.

Na podstawie testu Duncana udowodniono największą zawartość glutenu w ziarnie pszenicy po 90 dniowym okresie przechowywania - 336,33g, najmniejszą zawartością glutenu odznaczało się ziarno w momencie jego złożenia do silosu i osiągnęło wartość 293,61g. W okresie przechowywania zawartość glutenu była względnie stabilna i wyniosła średnio odpowiednio 315,33g po 30 i 302,67g po 60 dniach składowania (Ryc. 37).



Ryc. 37. Średnia zawartość glutenu w ziarnie pszenicy w zależności od okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).

5.7. Sedymentacja ziarna pszenicy

Podobnie jak w przypadku glutenu, tak i w przypadku pomiaru sedymentacji, badania przeprowadzone zostały wyłącznie w ziarnie pszenicy. Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) dla sedymentacji, nie wykazała istotności wpływu roku prowadzenia doświadczenia. Statystycznie istotny okazał się wpływ czasu przechowywania.

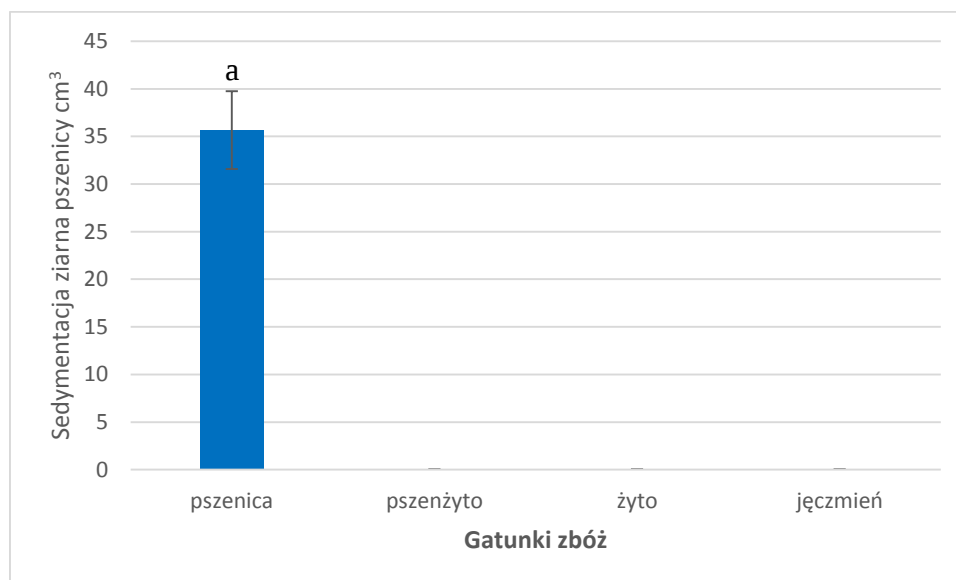
Na podstawie testu Duncana stwierdzono największą sedymentację ziarna pszenicy po 90 dniowym okresie przechowywania ($38,67 \text{ cm}^3$), najmniejszą zaś w czasie złożenia do silosu ($32,00 \text{ cm}^3$). Sedymentacja ziarna pszenicy po 30 dniach przechowywania wyniosła $37,33 \text{ cm}^3 \pm 3,57 \text{ cm}^3$, a po 60 dniach $34,67 \text{ cm}^3 \pm 4,42 \text{ cm}^3$ (Ryc. 39).

Tabela 13. Poziom sedymentacji ziarna pszenicy wyrażony w cm^3 wraz z odchyleniem standardowym w zależności od czasu przechowywania.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	32,00±5,10 b	0	0	0	32,00±5,10 b
30	37,33±3,57 a	0	0	0	37,33±3,57 a
60	34,67±4,42 ab	0	0	0	34,67±4,42 ab
90	38,67±3,24 a	0	0	0	38,67±3,24 a
Średnia (A)	35,67 ± 4,08 a	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	
0	32,00±5,10 b	0	0	0	
30	37,33±3,57 a	0	0	0	
60	34,67±4,42 ab	0	0	0	
90	38,67±3,24 a	0	0	0	

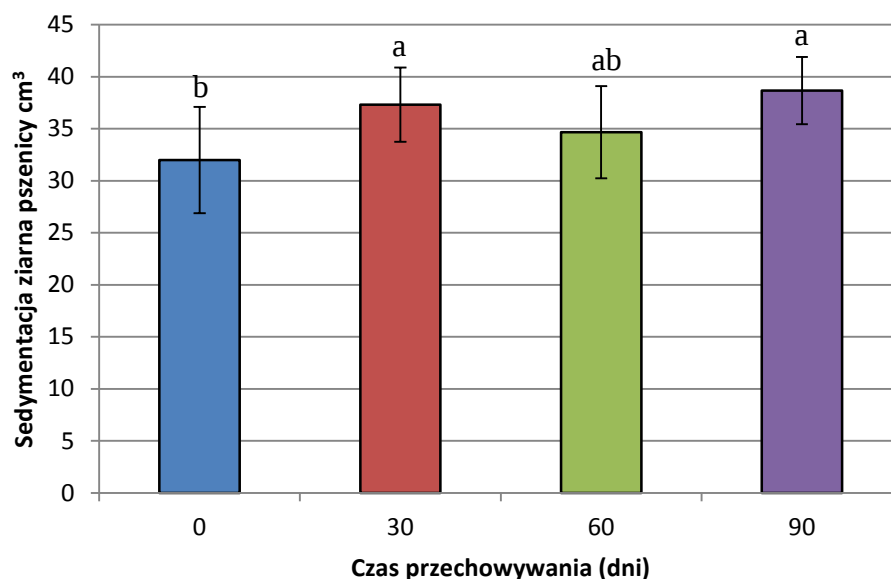
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=12$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.



Ryc. 38. Poziom sedymentacji w ziarnie pszenicy wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n= 12$).

Średni poziom sedymentacji ziarna pszenicy wynosił $35,67 \pm 4,08 \text{ cm}^3$ (Ryc. 38)



Ryc.39. Średnia sedymentacja ziarna pszenicy w zależności od okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=12$).

5.8. Liczba opadania ziarna pszenicy i żyta

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) w przypadku liczby opadania dla pszenicy i żyta, wykazała brak wpływu roku prowadzenia doświadczenia oraz istotność występowania efektu głównego jakim jest gatunek zboża. Efekt interakcji pomiędzy okresem przechowywania i gatunkiem zboża okazał się nieistotny.

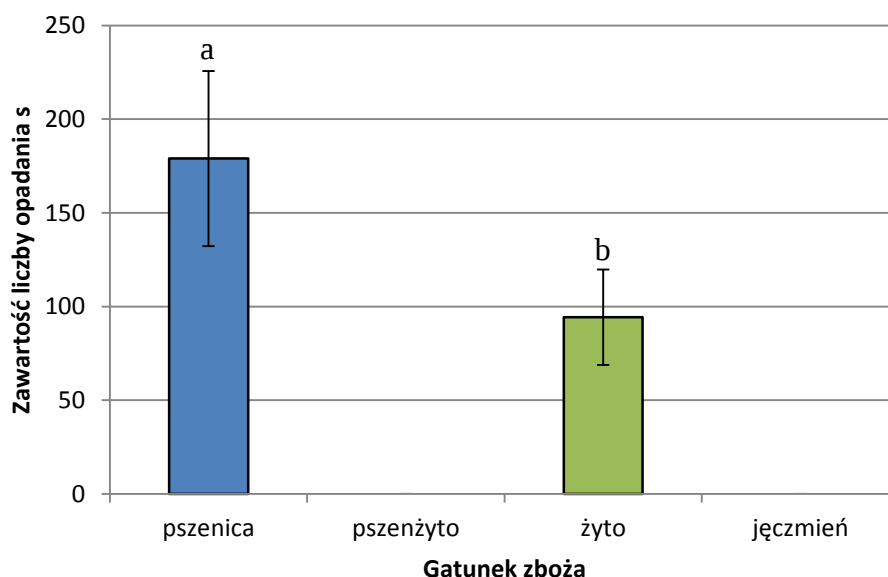
Na podstawie testu Duncana (Tab. 14, Ryc. 40) stwierdzono największą liczbę opadania w ziarnie pszenicy (179) oraz istotnie mniejszą wartość liczby opadania w ziarnie żyta (94,25). Wynik liczby opadania dla jęczmienia i pszenżyta był zbyt niski by ująć go w badaniach.

Tabela 14. Wartość liczby opadania [s] mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.

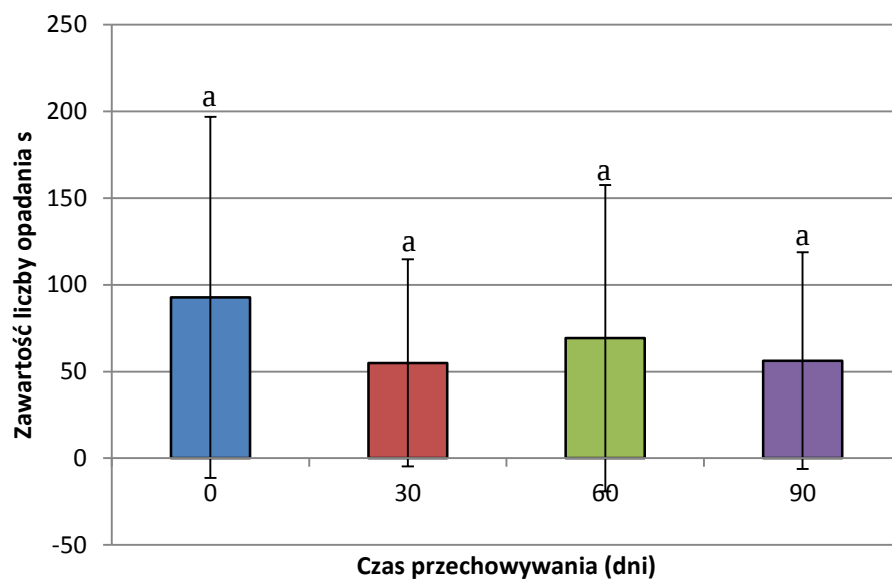
Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	0,59 ± 0,09 a	0	0,54 ± 0,05 d	0	92,75 ± 104,10 a
30	0,59 ± 0,06 d	0	0,72 ± 0,23 e	0	55 ± 59,66 a
60	0,56 ± 0,07 b	0	0,77 ± 0,24 f	0	69,25 ± 88,32 a
90	0,62 ± 0,13 c	0	0,71 ± 0,14 e	0	56,25 ± 62,52 a
Średnia (A)	179 ± 46,69 a	0 ± 0	94,25 ± 25,46 b	0 ± 0	
0	0,59 ± 0,09 A a	0	0,54 ± 0,05 B a	0	
30	0,59 ± 0,06 A c	0	0,72 ± 0,23 B b	0	
60	0,56 ± 0,07 A b	0	0,77 ± 0,24 B c	0	
90	0,62 ± 0,13 A c	0	0,71 ± 0,14 B b	0	

a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=12$

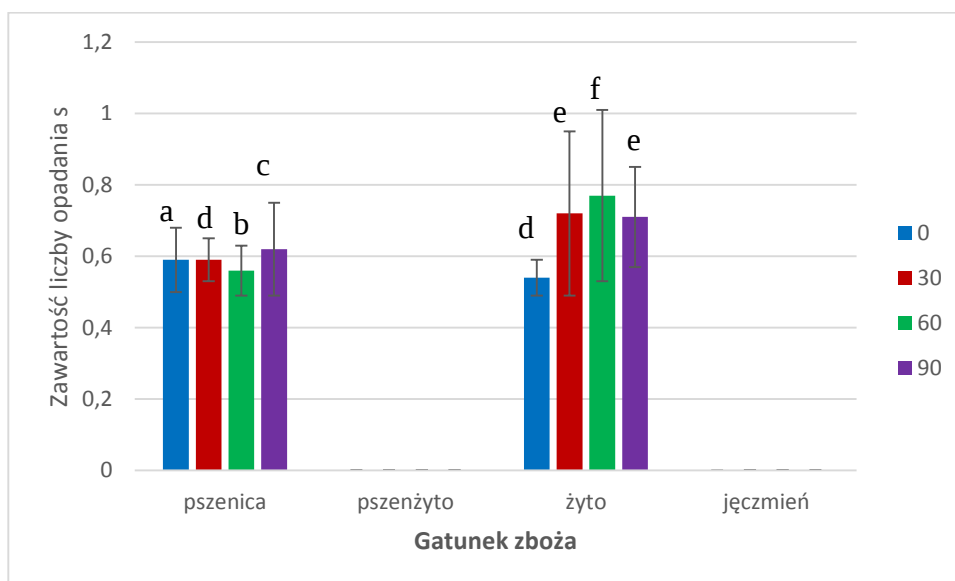
A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.



Ryc. 40. Średnia zawartość liczby opadania w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w pierwszym roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).



Ryc. 41. Średnia wartość liczby opadania ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$)



Ryc. 42. Zmiany wartości liczby opadania ogółem ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).

Analizując poziom liczby opadania dla pszenicy i żyta w poszczególnych okresach składowania, należy stwierdzić, że najwyższy poziom wystąpił w momencie złożenia zboża do silosu i wynosił $92,75 \pm 104,10$ s. Po 30 dniach składowania nastąpił spadek do poziomu

55 ± 59,66 s, po 60 dniach lekki wzrost do 69,25 ± 88,32 s i po 90 dniach kolejny spadek do 56,25 ± 62,52 s (Ryc. 42).

5.9. Gęstość ziarna

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA), wykazała istotność wpływu roku prowadzenia doświadczenia, jak również istotność rodzaju zboża na gęstość ziarna.

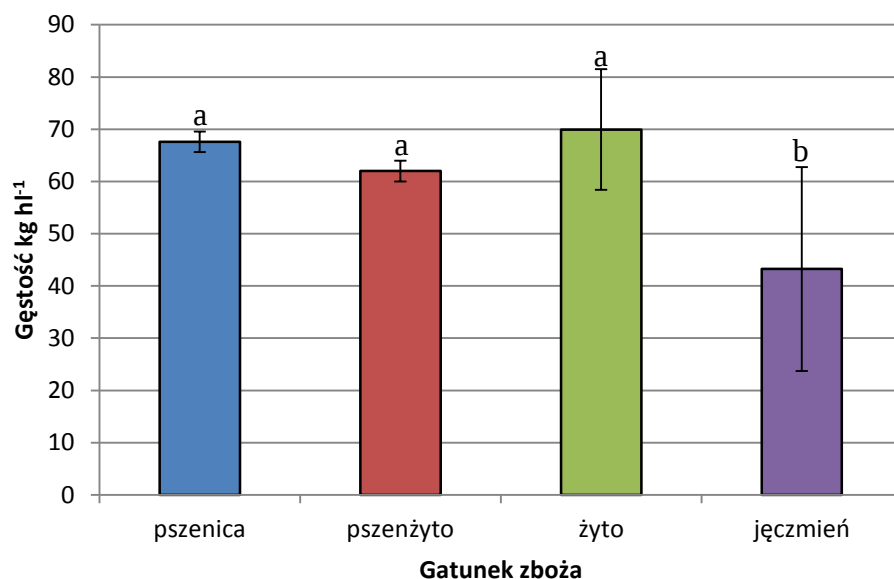
Tabela 15. Gęstość ziarna [kg hl⁻¹] maki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	66,9 ± 1,6 bc	60,1 ± 0,7 f	63,4 ± 2 de	51,6 ± 1,24 h	60,50 ± 6,06 ab
30	65,6 ± 1,7 cd	60,5 ± 0,9 f	89 ± 1,7 a	52,6 ± 1,2 h	66,93 ± 14,21 a
60	68,8 ± 0,7 b	63,8 ± 0,9 de	62,9 ± 0,9 e	57,6 ± 1,4 g	63,28 ± 4,24 ab
90	69,1 ± 1,8 b	63,6 ± 1,4 de	64,5 ± 0,8 cde	11,2 ± 2 i	52,10 ± 24,80 b
Średnia (A)	67,60 ± 1,97 a	62 ± 1,98 a	69,95 ± 11,57 a	43,25 ± 19,52 b	
0	66,9 ± 1,6 A ab	60,1 ± 0,7 C	63,4 ± 2 B a	51,6 ± 1,24 D	
30	65,6 ± 1,7 B b	60,5 ± 0,9 C	89 ± 1,7 A b	52,6 ± 1,2 D	
60	68,8 ± 0,7 A a	63,8 ± 0,9 B	62,9 ± 0,9 B c	57,6 ± 1,4 C	
90	69,1 ± 1,8 A a	63,6 ± 1,4 B	64,5 ± 0,8 B d	11,2 ± 2 C	

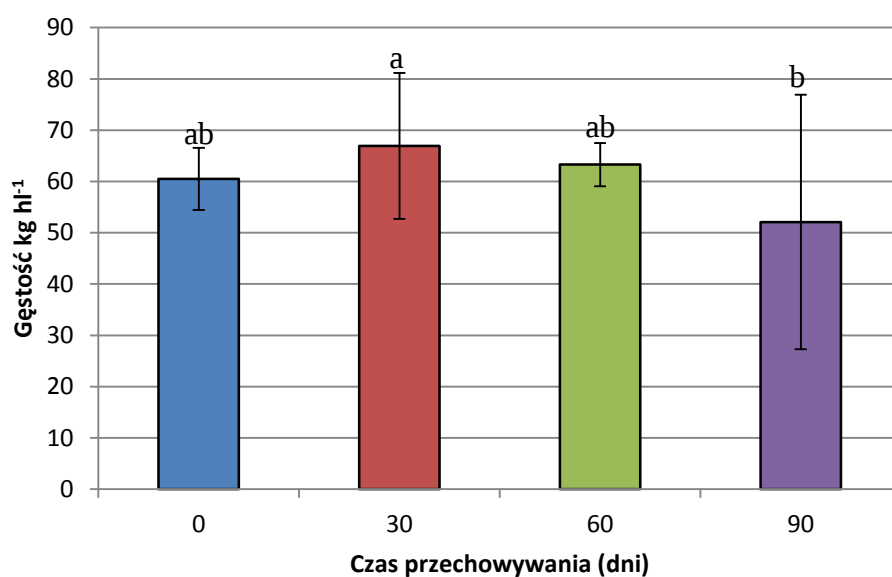
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, n=12

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Na podstawie testu Duncana stwierdzono, iż istotnie najmniejszą gęstością odznaczało się ziarno jęczmienia (43,25 kg hl⁻¹ ± 19,52) w porównaniu do ziarna żyta 69,95 kg hl⁻¹ ± 11,57, pszenicy 67,60 kg hl⁻¹ ± 1,97 oraz pszenżyta 62 kg hl⁻¹ (Ryc. 43, Tab. 15).



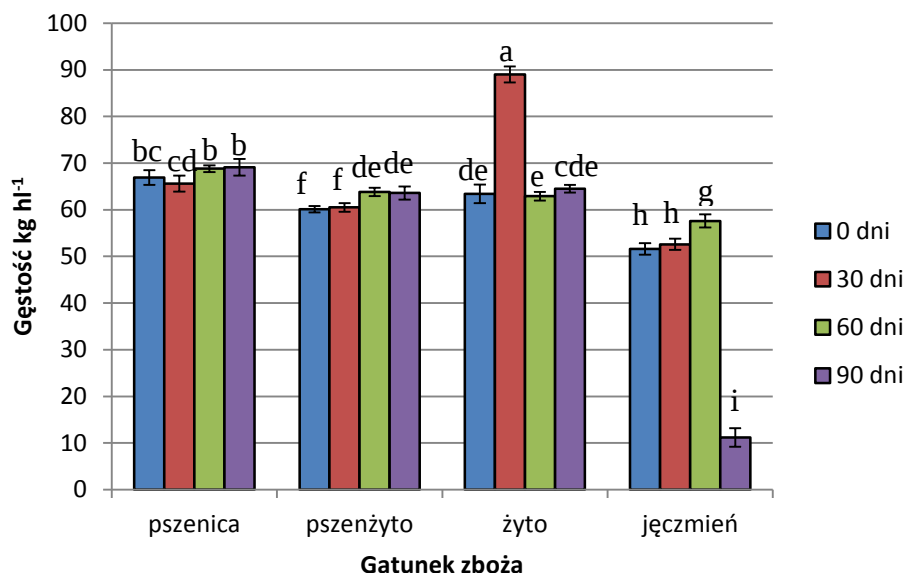
Ryc. 43. Średnia gęstość ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).



Ryc. 44. Średnia gęstość ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).

W poszczególnych okresach przechowywania gęstość badanego ziarna nie ulegała znaczącym zmianom. W pierwszym okresie wynosiła $60,50 \pm 6,06$ kg hl⁻¹, po 30 dniach przechowywania nastąpił wzrost do $66,93 \pm 14,21$ kg hl⁻¹. Następnie po 60 dniu obserwujemy

stopniowy spadek tej wartości do $63,28 \pm 4,24 \text{ kg hl}^{-1}$, a po 90 dniu przechowywania już tylko $52,10 \pm 24,80 \text{ kg hl}^{-1}$ (Ryc.44)



Ryc. 45. Zmiany gęstości ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=12$).

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że badane gatunki zbóż w całym analizowanym okresie nieznacznie zwiększały swoją gęstość. Pszenica w 0 dniu $66,9 \pm 1,6 \text{ kg hl}^{-1}$, a w 90 dniu $69,1 \pm 1,8 \text{ kg hl}^{-1}$, pszenżyto w 0 dniu $60,1 \pm 0,7 \text{ kg hl}^{-1}$, w 90 dniu $63,6 \pm 1,4 \text{ kg hl}^{-1}$, żyto w 0 dniu $63,4 \pm 2,0 \text{ kg hl}^{-1}$, w 90 dniu $64,5 \pm 0,8 \text{ kg hl}^{-1}$. Wyjątkiem jest jęczmień, który zachowywał podobną tendencję stopniowego wzrostu, ponieważ w 0 dniu wynosił $51,6 \pm 1,24 \text{ kg hl}^{-1}$ po 60 dniu przechowywania $57,6 \pm 1,4 \text{ kg hl}^{-1}$, natomiast po 90 dniu nastąpił znaczny spadek tej wartości do $11,2 \pm 2 \text{ kg hl}^{-1}$ (Ryc.45)

5.10. Ogólna pojemność antyoksydacyjna FRA

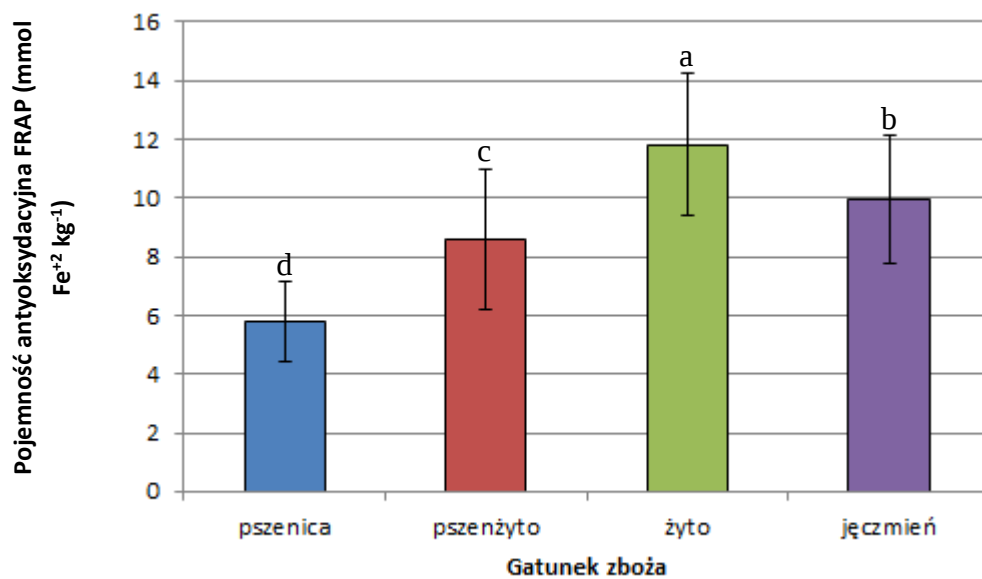
Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) dla pojemności antyoksydacyjnej FRAP, wykazała istotność wpływu roku prowadzenia doświadczenia, jak również istotność występowania efektu głównego jakim jest rodzaj badanego zboża. Ze względu na znaczenie roku wpływ badanych czynników głównych, rozpatrzony został oddzielnie dla każdego roku prowadzenia doświadczeń.

Tabela 16. Pojemność antyoksydacyjna FRAP wyrażona w mmol Fe⁺² kg⁻¹ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w pierwszym roku doświadczenia.

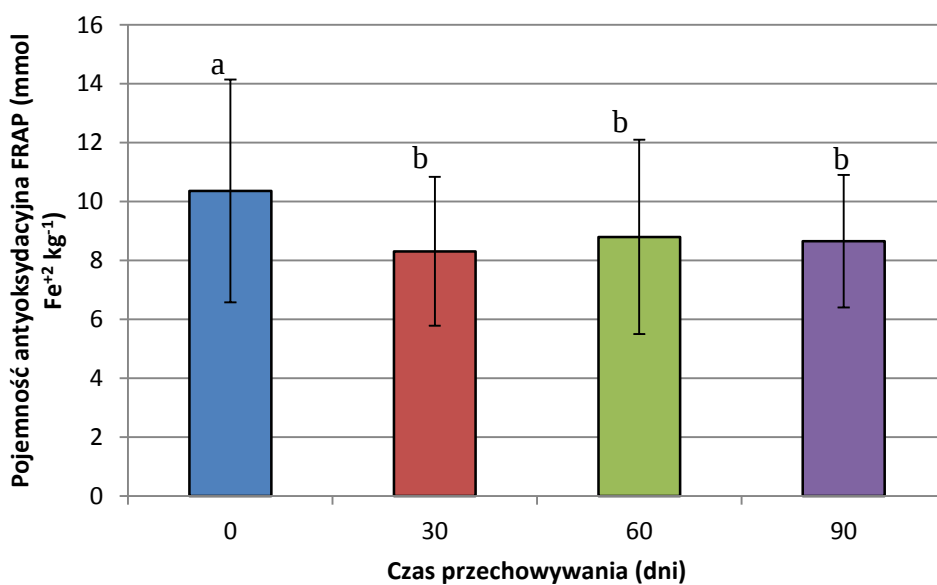
Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	Pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	6,43 ± 2,10 de	12,17 ± 1,69 b	14,89 ± 1,85 a	7,97 ± 0,45 cd	10,36 ± 3,78 a
30	5,29 ± 0,85 e	8,24 ± 0,66 cd	11,66 ± 1,82 b	8,07 ± 0,01 cd	8,31 ± 2,53 b
60	4,96 ± 0,82 e	7,07 ± 1,03 de	10,76 ± 2,13 b	12,39 ± 1,39 b	8,80 ± 3,30 b
90	6,53 ± 1,18 de	6,83 ± 0,13 de	9,97 ± 0,75 bc	11,25 ± 1,12 b	8,65 ± 2,25 b
Średnia (A)	5,80 ± 1,35 d	8,58 ± 2,41 c	11,82 ± 2,44 a	9,92 ± 2,18 b	
0	6,43 ± 2,10 B a	12,17 ± 1,69 A a	14,89 ± 1,85 A a	7,97 ± 0,45 B b	
30	5,29 ± 0,85 C a	8,24 ± 0,66 B b	11,66 ± 1,82 A ab	8,07 ± 0,01 B b	
60	4,96 ± 0,82 A a	7,07 ± 1,03 A b	10,76 ± 2,13 B b	12,39 ± 1,39 B a	
90	6,53 ± 1,18 A a	6,83 ± 0,13 A b	9,97 ± 0,75 B b	11,25 ± 1,12 B a	

a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, n=4
A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Na podstawie testu Duncana stwierdzono, iż istotnie najmniejszą średnią pojemnością antyoksydacyjną FRAP w badanym okresie odznaczało się ziarno pszenicy (5,8 mmol Fe⁺² kg⁻¹), największa zaś średnią pojemnością ziarno żyta i wynosi (11,82± 2,44 mmol Fe⁺² kg⁻¹), ziarno pszenżyta (8,58±2,41 mmol Fe⁺² kg⁻¹) oraz jęczmienia wynosi średnio (9,92±2,18 mmol Fe⁺² kg⁻¹). (Tab.16, Ryc. 46)

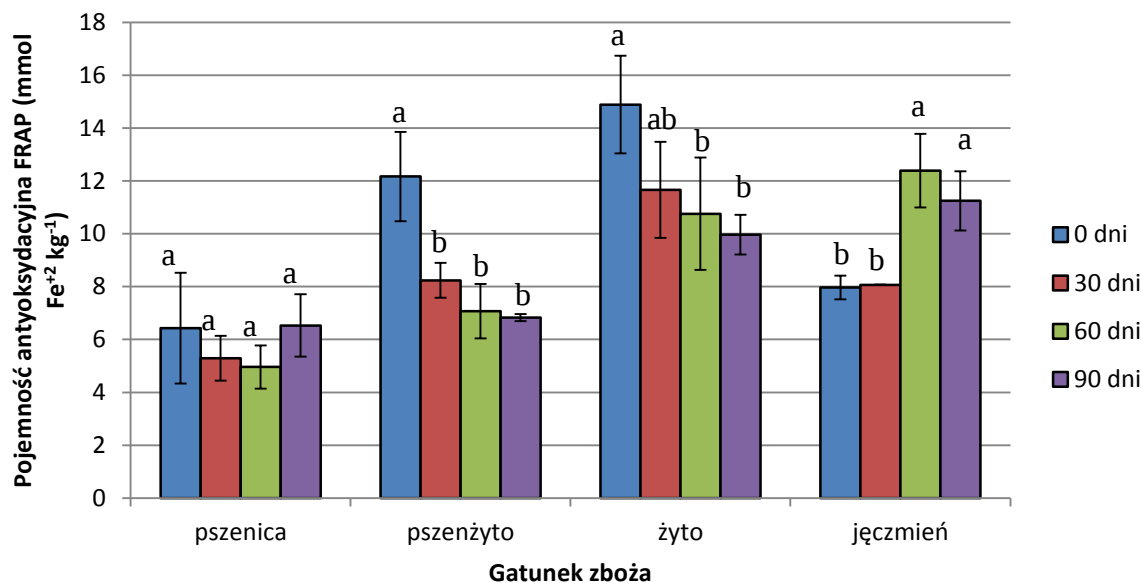


Ryc. 46. Średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP ziarna zbóż wyrażona w mmol Fe²⁺ kg⁻¹ w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w pierwszym roku badań (n=16).



Ryc. 47. Średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP ziarna zbóż wyrażona w mmol Fe²⁺ kg⁻¹ w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w pierwszym roku badań (n=16).

W przypadku analizy poszczególnych okresów przechowywania, największą wartość tego czynnika posiadają zboża bezpośrednio po złożeniu do silosu w 0 dniu ($10,36 \pm 3,78$ mmol Fe^{2+} kg^{-1}). W kolejnych okresach wartość ta przedstawia się następująco: 30 dni ($8,31 \pm 2,53$ mmol Fe^{2+} kg^{-1}), 60 dni ($8,80 \pm 3,3$ mmol Fe^{2+} kg^{-1}), 90 dni ($8,65 \pm 2,25$ mmol Fe^{2+} kg^{-1}). (Ryc. 47)



Ryc. 48. Zmiany wartości FRAP wyrażona w mmol Fe^{2+} kg^{-1} w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania w pierwszym roku badań (n=4).

Analizując poszczególne zboża badane w pierwszym roku w okresie przechowywania, należy zauważyć stopniowy spadek pojemności antyoksydacyjnej FRAP. Ziarna pszenżyta (0 dzień $12,17 \pm 1,69$ mmol Fe^{2+} kg^{-1} natomiast 90 dzień $6,83 \pm 0,13$ mmol Fe^{2+} kg^{-1}) oraz żyta (0 dzień $14,89 \pm 1,85$ mmol Fe^{2+} kg^{-1} natomiast 90 dzień $9,97 \pm 0,75$ Fe^{2+} kg^{-1}). Inna tendencja występuje w przypadku pszenicy. Obserwujemy stopniowy spadek tej wartości do 60 dnia (0 dzień $6,43 \pm 2,10$ mmol Fe^{2+} kg^{-1} ,natomiast w 60 dniu przechowywania $4,96 \pm 0,82$ mmol Fe^{2+} kg^{-1}),by w końcu w 90 dniu wartość wzrosła do $6,53 \pm 1,18$ mmol Fe^{2+} kg^{-1} ,czyli najwyższej w badanym okresie. Zupełnie inna tendencja występuje w przypadku jęczmienia, a mianowicie stopniowy wzrost (0 dni $7,97 \pm 0,45$ mmol Fe^{2+} kg^{-1} , 60 dzień $12,39 \pm 1,39$ mmol Fe^{2+} kg^{-1}) by w końcu obniżyć swoją wartość w 90 tym dniu badań do $11,25 \pm 1,12$ mmol Fe^{2+} kg^{-1} . (Ryc.48)

Dwuczynnikowa analiza wariancji pojemności antyoksydacyjnej ogółem FRAP w drugim roku doświadczenia, wykazała wyłącznie występowanie interakcji pomiędzy gatunkiem zboża i przechowywaniem.

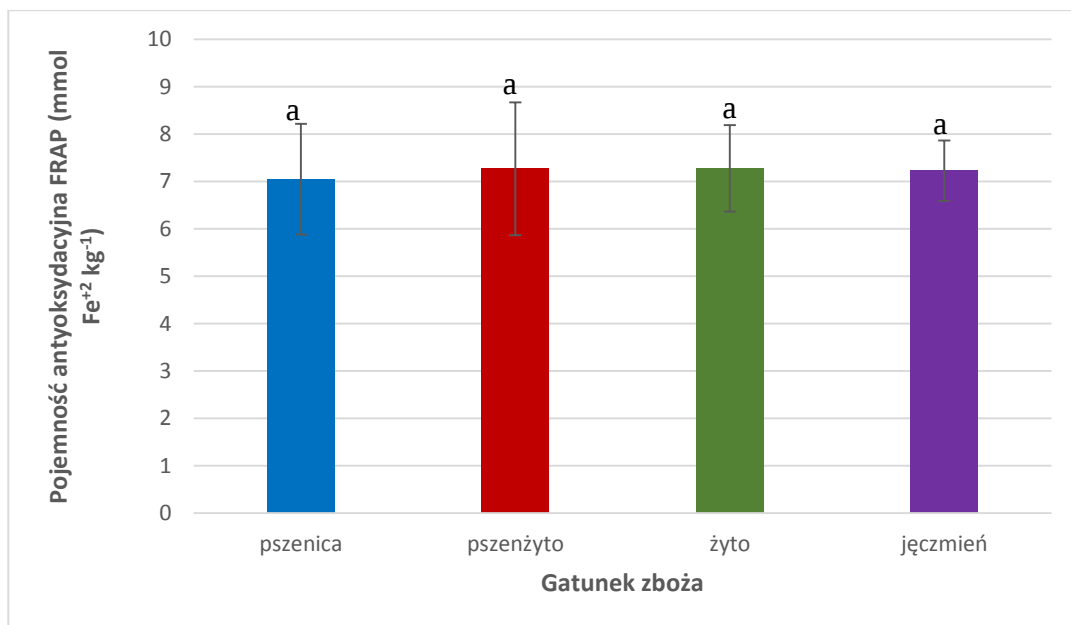
Tabela 17. Pojemność antyoksydacyjna ogółem FRAP wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w drugim roku doświadczenia.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	Pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	5,92 ± 0,42 c	7,87 ± 1,82 ab	6,77 ± 0,56 abc	7,74 ± 0,21 ab	7,07 ± 1,17 b
30	6,22 ± 0,91 bc	7,52 ± 1,27 abc	6,95 ± 0,87 abc	7,19 ± 0,34 abc	6,97 ± 0,92 b
60	8,46 ± 0,17 a	7,30 ± 1,88 abc	8,49 ± 0,67 a	7,52 ± 0,43 abc	7,94 ± 1,04 a
90	7,61 ± 0,34 abc	6,42 ± 0,80 bc	6,93 ± 0,24 abc	6,47 ± 0,73 bc	6,86 ± 0,70 b
Średnia (A)	7,05 ± 1,17 a	7,27 ± 1,40 a	7,28 ± 0,91 a	7,23 ± 0,64 a	
0	5,92 ± 0,42 A b	7,87 ± 1,82 A a	6,77 ± 0,56 A b	7,74 ± 0,21 A a	
30	6,22 ± 0,91 A b	7,52 ± 1,27 A a	6,95 ± 0,87 A b	7,19 ± 0,34 A ab	
60	8,46 ± 0,17 A a	7,30 ± 1,88 A a	8,49 ± 0,67 A a	7,52 ± 0,43 A a	
90	7,61 ± 0,34 A a	6,42 ± 0,80 B a	6,93 ± 0,24 AB b	6,47 ± 0,73 B a	

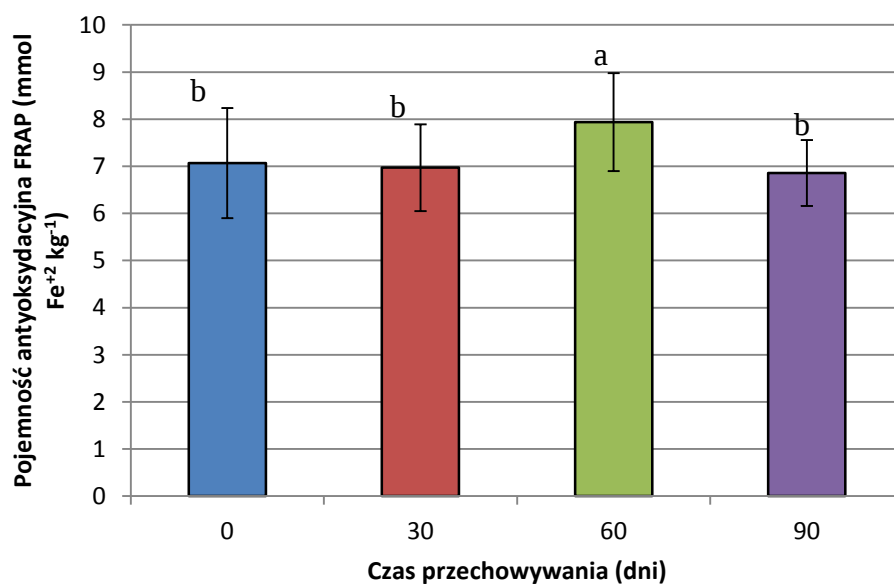
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=4$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Na podstawie testu Duncana w drugim roku prowadzenia badań, stwierdzono największą średnią pojemność antyoksydacyjną FRAP w ziarnie żyta $7,28 \pm 0,91 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$, najmniejszą zaś w ziarnie pszenicy $7,05 \pm 1,17 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$. Jęczmień zawierał $7,23 \pm 0,64 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$, natomiast pszenżyto $7,27 \pm 1,4 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$. (Tab.17, Ryc. 49)

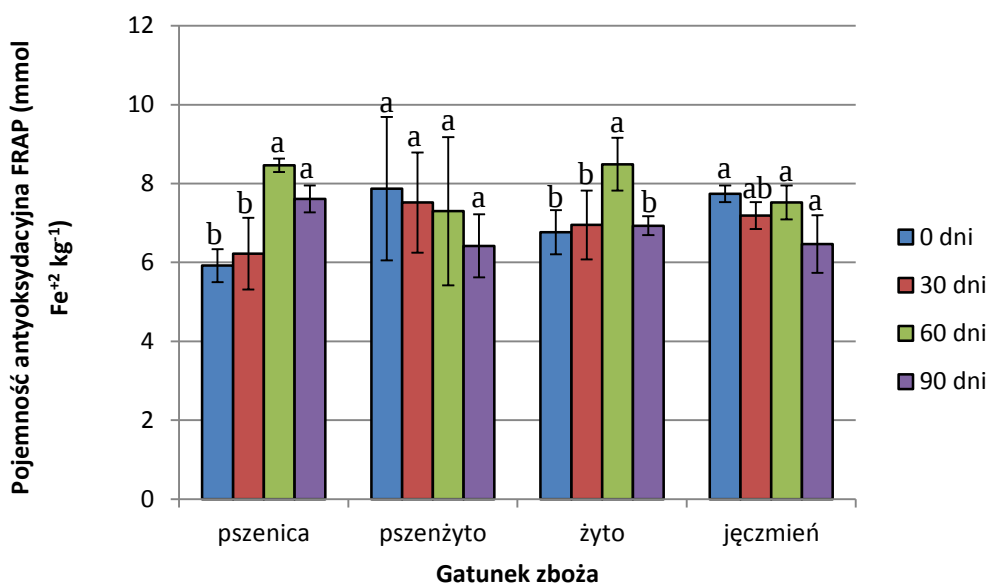


Ryc. 49. Średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP ziarna zbóż wyrażona w mmol Fe²⁺ kg⁻¹ w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w drugim roku badań (n=4).



Ryc. 50. Średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP ziarna zbóż wyrażona w mmol Fe²⁺ kg⁻¹ w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w drugim roku badań (n=16).

W drugim roku prowadzenia badań bez uwzględnienia gatunku zboża, największa średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP występuje w 60 tym dniu przechowywania i wynosi $7,94 \pm 1,04$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹. Najniższa zaś w 90 tym dniu przechowywania i wynosi $6,86 \pm 0,70$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹. Pozostałe wartości 0 dzień $7,07 \pm 1,17$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹ oraz 30 dzień przechowywania $6,97 \pm 0,92$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹. (Ryc. 50)



Ryc. 51. Zmiany wartości FRAP w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania w drugim roku badań (n=4).

W drugim roku prowadzenia badań zaobserwowano nieco inne zachowanie badanych zbóż, w przypadku pomiaru pojemność antyoksydacyjna FRAP, w stosunku do żyta, gdzie wartość stopniowo się zwiększa (0 dzień $6,77 \pm 0,56$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹. Natomiast w 90 tym dniu wynosi $6,93 \pm 0,24$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹). Inna jest również tendencja w stosunku do badanego jęczmienia. Wartość obniża się (0 dzień $7,74 \pm 0,21$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹, natomiast w 90 tym dniu $6,47 \pm 0,73$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹). Taka samą tendencję jak w pierwszym roku badań, zachowało pszenżyto, sukcesywnie od momentu złożenia w silosie do 90 tego dnia obniżając swoją wartość (0 dzień $7,87 \pm 1,82$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹, natomiast w 90 tym dniu $6,42 \pm 0,80$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹). Podobnie zachowuje się badana pszenica, zwiększając swoją wartość (0 dzień $5,92 \pm 0,42$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹, natomiast w 90 tym dniu $7,61 \pm 0,34$ mmol Fe²⁺ kg⁻¹).

Dwuczynnikowa analiza wariancji pojemność antyoksydacyjna ogółem FRAP wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ w trzecim roku prowadzonych badań. wykazała występowanie interakcji pomiędzy gatunkiem zboża i przechowywania. Efekt główny przechowywania okazał się nieistotny.

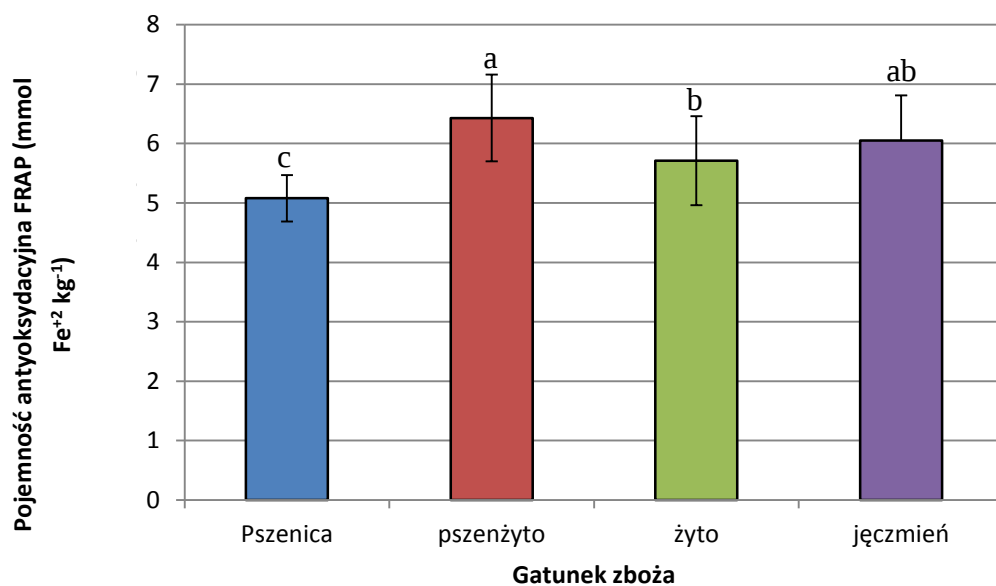
Tabela 18. Pojemność antyoksydacyjna ogółem FRAP wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w trzecim roku doświadczenia.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	Pszenica	Pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	5,15±0,25 efg	6,69±0,87 ab	5,90±0,79 abcdefg	5,56 ± 0,55 bcdefg	5,83 ± 0,82 a
30	5,19±0,51 defg	6,48 ± 0,14 abc	5,30 ± 0,47 cdefg	6,33 ± 0,52 abcde	5,82 ± 0,72 a
60	4,97±0,22 g	6,36 ± 0,35 abcd	6,53 ± 0,63 ab	5,50 ± 0,67 bcdefg	5,84 ± 0,79 a
90	5,02±0,65 fg	6,18±1,35 abcdef	5,12 ± 0,22 fg	6,80 ± 0,59 a	5,78 ± 1,04 a
Średnia (A)	5,08 ± 0,39 c	6,43 ± 0,73 a	5,71 ± 0,75 b	6,05 ± 0,76 ab	
0	5,15 ± 0,25 B a	6,69 ± 0,87 A a	5,90 ± 0,79 AB ab	5,56 ± 0,55 AB b	
30	5,19 ± 0,51 B a	6,48 ± 0,14 A a	5,30 ± 0,47 B b	6,33 ± 0,52 A ab	
60	4,97 ± 0,22 C a	6,36 ± 0,35 AB a	6,53 ± 0,63 A a	5,50 ± 0,67 BC b	
90	5,02 ± 0,65 B a	6,18 ± 1,35 AB a	5,12 ± 0,22 B b	6,80 ± 0,59 A a	

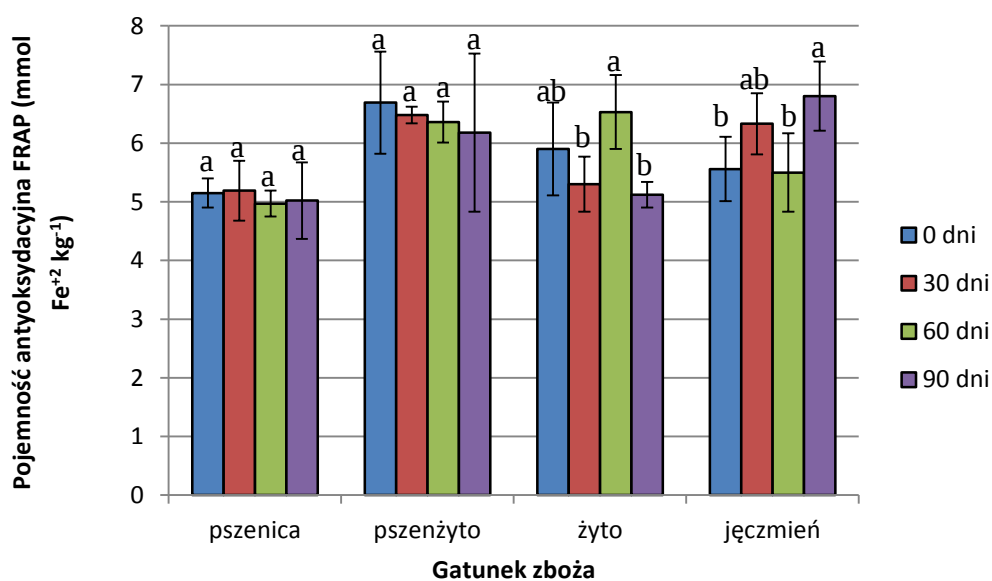
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=4$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

W trzecim roku badań na podstawie testu Duncana zaobserwowano największą średnią pojemność antyoksydacyjną FRAP w ziarnie pszenżyta $6,43 \pm 0,73 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$. Istotnie niższe właściwości antyoksydacyjne stwierdzono w ziarnie pszenicy $5,08 \pm 0,39 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ oraz w ziarnie żyta $5,71 \pm 0,75 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$. Pojemność antyoksydacyjna FRAP w ziarnie jęczmienia wyniosła $6,05 \pm 0,76 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ (Tab. 18, Ryc. 52).



Ryc. 52. Średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP ziarna zbóż wyrażona w mmol Fe²⁺ kg⁻¹ w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w trzecim roku badań (n=16).



Ryc. 53. Zmiany wartości FRAP w ziarnach zbóż wyrażona w mmol Fe²⁺ kg⁻¹ dla poszczególnych gatunków podczas przechowywania w trzecim roku badań (n=4).

Największą pojemność antyoksydacyjną FRAP w trzecim roku badań wykazuje ziarno pszenżyta, jednocześnie zachowując tendencję spadkową w poszczególnych okresach badań,

tak samo jak w latach poprzednich. Wartość ta wynosi (0 dzień $6,67 \pm 0,87 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$, natomiast w 90 tym dniu $6,18 \pm 1,35 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$). Zbliżony poziom tego czynnika wykazuje w całym okresie trzeciego roku badań pszenica tj. (0 dzień $6,67 \pm 0,87 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$, natomiast w 90 tym dniu $6,18 \pm 1,35 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$). Pozostałe zboża wykazują nieregularne pojemności FRAP w tym okresie. Żyto (0 dzień $5,90 \pm 0,79 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$, 30 dzień $5,30 \pm 0,47 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$, 60 dzień $6,53 \pm 0,63 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$, 90 dzień $5,12 \pm 0,22 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$). Podobnie nieregularne wartości zawiera jęczmień, u którego najwyższy poziom występuje w 90 tym dniu przechowywania (0 dzień $5,56 \pm 0,55 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$, 30 dzień $6,33 \pm 0,52 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$, 60 dzień $5,50 \pm 0,67 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$, 90 dzień $6,80 \pm 0,59 \text{ mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$). (Ryc. 53.)

5.11. Zawartość związków fenolowych ogółem

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) zawartości związków fenolowych, wykazała istotność wpływu roku prowadzenia doświadczenia, jak również występowania efektu głównego jakim jest rodzaj badanego zboża. Ze względu na znaczenie roku, wpływ badanych czynników głównych rozpatrzony został oddzielnie dla każdego roku prowadzenia doświadczeń.

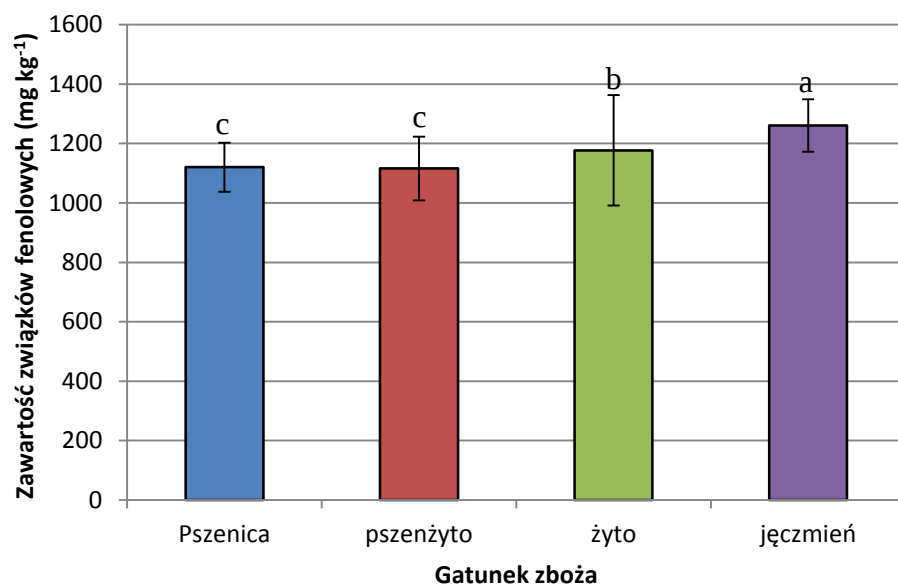
Tabela 19. Zawartość związków fenolowych wyrażona w mg kg⁻¹ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w pierwszym roku doświadczenia.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	1205,1 ± 6,1 c	1219,1 ± 15,1 c	996,8 ± 23,6 g	1196,8 ± 30,1 cd	1154,4 ± 97,1 c
30	1191,8 ± 18,5 cd	1214,3 ± 6,5 c	1003,7 ± 19,0 fg	1164,2 ± 23,6 d	1143,5 ± 87,7 c
60	1039,2 ± 22,00 ef	1025 ± 16,00 efg	1368,7 ± 30,5 a	1359,5 ± 21,1 a	1198,2 ± 174,5 a
90	1046,2 ± 1,1ef	1005,2 ± 35,4 fg	1339,7 ± 8,2 ab	1323,3 ± 8,7 b	1178,6 ± 161,3 b
Średnia (A)	1120,6 ± 82,5 c	1116,0 ± 106,9 c	1177,2 ± 186,1 b	1261 ± 88,0 a	
0	1205,1 ± 6,1 A a	1219,1 ± 15,1 A a	996,8 ± 23,6 B b	1196,8 ± 30,1 A b	
30	1191,8 ± 18,5 AB a	1214,3 ± 6,5 A a	1003,7 ± 19,0 C b	1164,2 ± 23,6 B b	
60	1039,2 ± 22,00 B b	1025 ± 16,00 B b	1368,7 ± 30,5 A a	1359,5 ± 21,1 A a	
90	1046,2 ± 1,1 B b	1005,2 ± 35,4 C b	1339,7 ± 8,2 A a	1323,3 ± 8,7 A a	

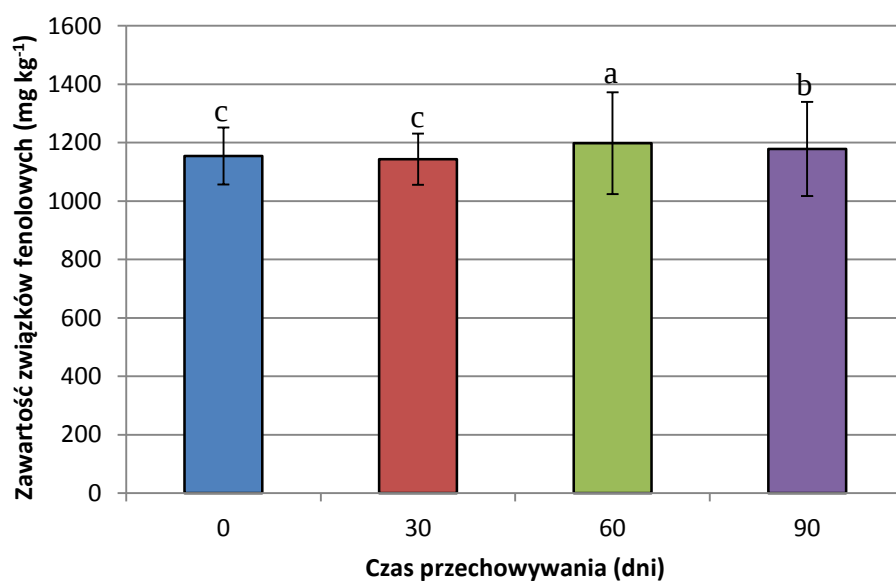
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=4$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

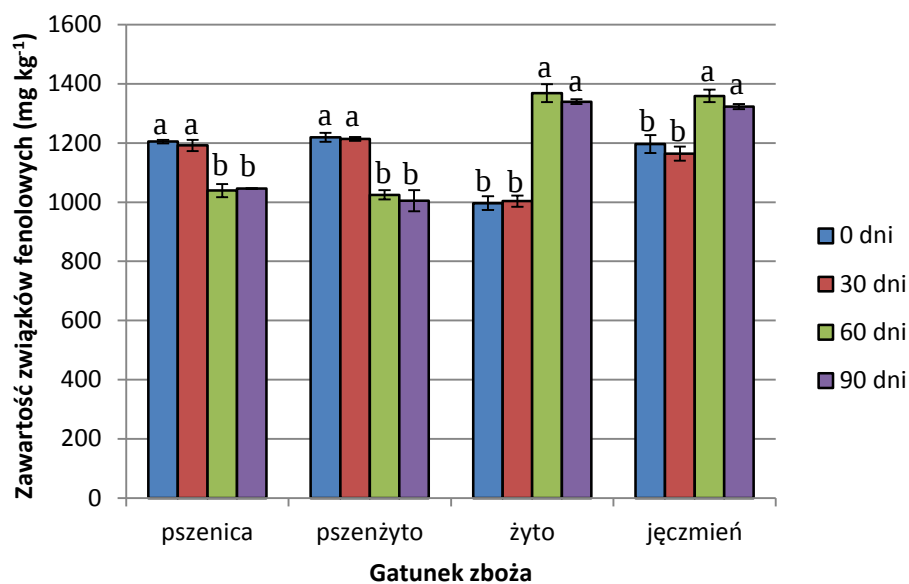
Dwuczynnikowa analiza wariancji zawartości związków fenolowych, wykazała występowanie interakcji pomiędzy gatunkiem zboża a czasem przechowywania. Na podstawie testu Duncana stwierdzono największą zawartość związków fenolowych w ziarnie jęczmienia 1261 mg kg⁻¹, najmniejszą zaś w ziarnie pszenżyta 1116 mg kg⁻¹ oraz w ziarnie pszenicy 1120,6 mg kg⁻¹. Ziarno żyta odznaczało się średnią zawartością związków fenolowych na poziomie 1177,2 mg kg⁻¹. (Tab.19, Ryc. 54)



Ryc. 54. Średnia zawartość związków fenolowych ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w pierwszym roku doświadczenia (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).



Ryc. 55. Średnia zawartość fenoli ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w pierwszym roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).

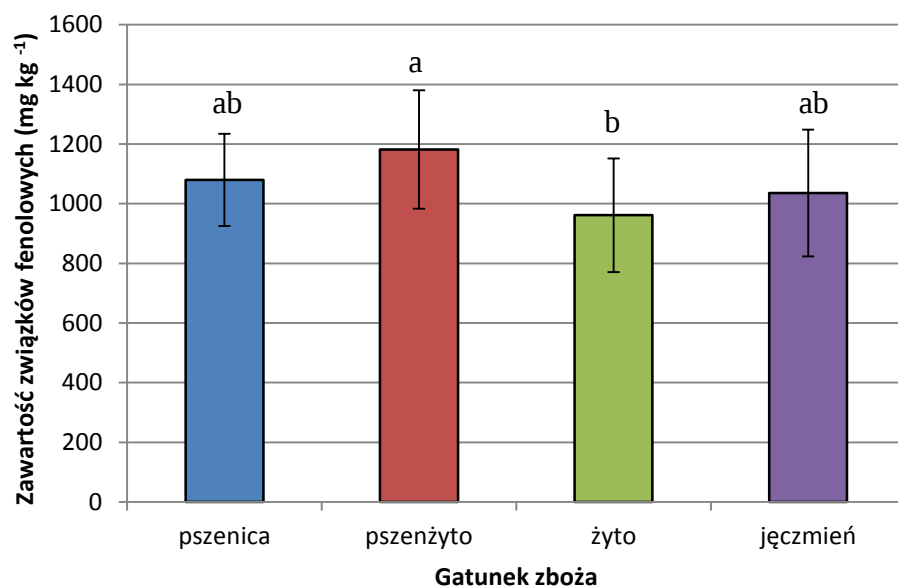


Ryc. 56. Zmiany zawartości fenoli w mg kg^{-1} ogółem ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna w pierwszym roku doświadczenia (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=4$).

Zawartość fenoli we wszystkich badanych zbożach jest na zbliżonym poziomie. W przypadku pszenicy i pszenżyta w okresie przechowywania następują stopniowe spadki zawartości fenoli, natomiast w przypadku żyta i jęczmienia zawartość fenoli w okresie przechowywania wzrasta. (Ryc. 56.)

Dwuczynnikowa analiza wariancji w drugim roku badań wykazała występowanie efektu głównego jakim jest rodzaj badanego zboża, bez występowania interakcji pomiędzy uwzględnionymi czynnikami.

Na podstawie testu Duncana stwierdzono największą zawartość związków fenolowych w ziarnie pszenżyta $1181,7 \text{ mg kg}^{-1}$, najmniej zaś zawierało ziarno żyta ($961,5 \text{ mg kg}^{-1} \pm 190,6$). Zawartość związków fenolowych w ziarnie pszenicy wyniosła $1079,6 \text{ mg kg}^{-1} \pm 154,7$ a w ziarnie jęczmienia $1035,7 \text{ mg kg}^{-1} \pm 212,3$ (Ryc. 57).

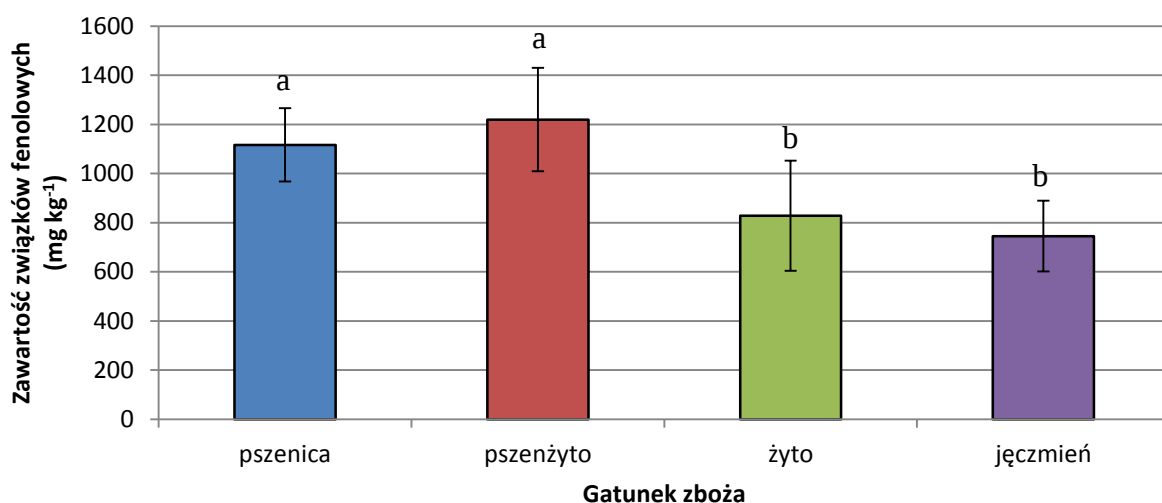


Ryc. 57. Średnia zawartość fenoli w mg kg⁻¹ ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w drugim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).

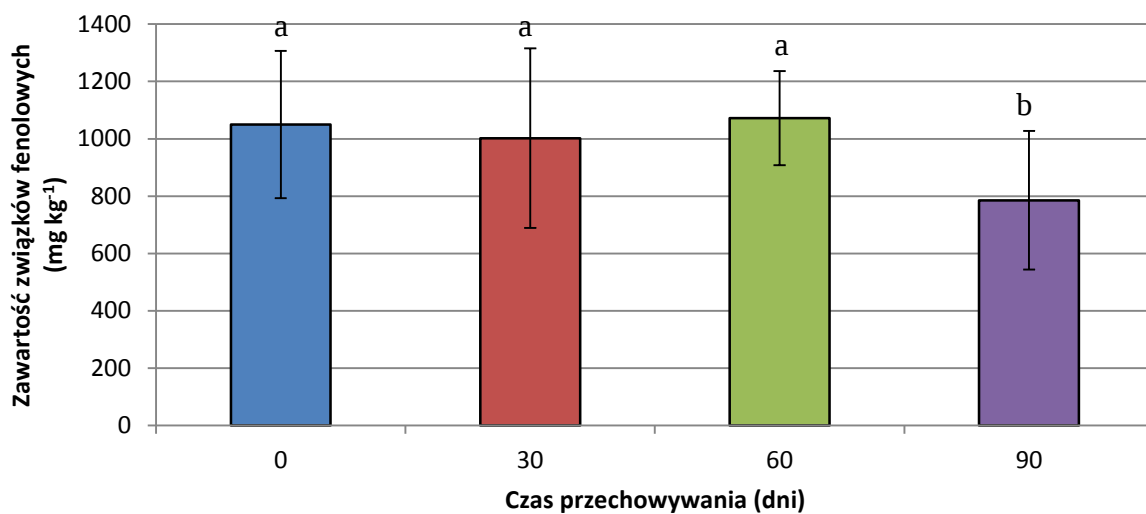
Dwuczynnikowa analiza wariancji w trzecim roku badań, wykazała występowanie efektu głównego w postaci rodzaju badanego zboża i czasu jego przechowywania. Nie stwierdzono interakcji pomiędzy badanymi czynnikami.

Na podstawie testu Duncana zaobserwowano największą zawartość fenoli w ziarnie pszenżyta 1219,6 mg kg⁻¹, najmniej fenoli zawierało ziarno jęczmienia (745,1 mg kg⁻¹ $\pm$ 143,8). Zawartość fenoli w ziarnie pszenicy wyniosła 1116,6 mg kg⁻¹, natomiast w ziarnie żyta 828 mg kg⁻¹ (Ryc. 58.)

Analizując wyniki za pomocą testu Duncana w trzecim roku doświadczenia, zaobserwowano największą zawartość fenoli w ziarnie w okresie 60 dni przechowywania 1072,1 mg kg⁻¹, najmniejszą zaś w ziarnie po trzymiesięcznym okresie przechowywania (785,4 mg kg⁻¹ $\pm$ 241,5). Po miesięcznym okresie przechowywania stwierdzono zawartość związków fenolowych w ziarnie na poziomie 1002 mg kg⁻¹, a w czasie złożenia do silosu na poziomie 1049,7 mg kg⁻¹ masy ziarna (Ryc. 59).



Ryc. 58. Średnia zawartość fenoli ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w trzecim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).



Ryc. 59. Średnia zawartość fenoli ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w trzecim roku doświadczenia (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).

5.12. Zawartość kwasu chlorogenowego

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) zawartości kwasu chlorogenowego, nie wykazała istotności wpływu roku prowadzenia doświadczenia. Istotny okazał się efekt główny, znaczenia rodzaju badanego zboża.

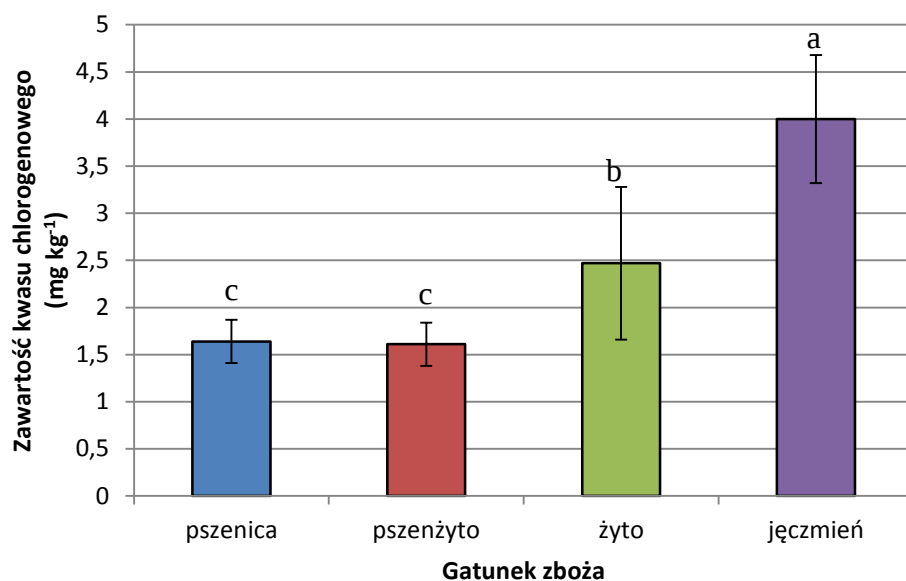
Na podstawie testu Duncana (Tab. 20) stwierdzono, iż największą zawartość kwasu chlorogenowego zawierało ziarno jęczmienia $4,00 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,68$, najmniej kwasu chlorogenowego zaś ziarno pszenżyta ($1,61 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,23$). Zawartość kwasu chlorogenowego w ziarnie pszenicy wyniosła $1,64 \text{ mg kg}^{-1}$, a w ziarnie żyta $2,47 \text{ mg kg}^{-1}$.

Tabela 20. Zawartość kwasu chlorogenowego wyrażona w mg kg^{-1} mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.

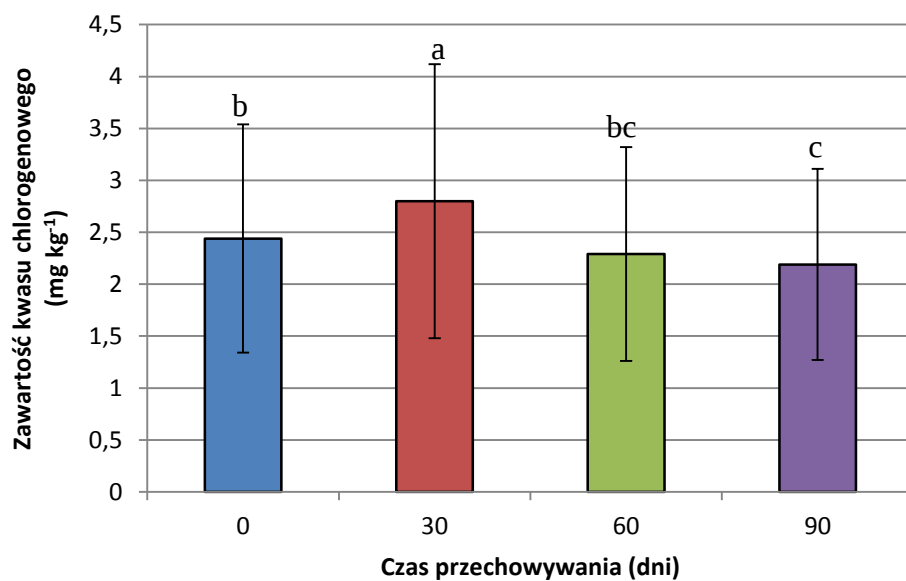
Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	$1,17 \pm 0,21 \text{ def}$	$1,77 \pm 0,21 \text{ def}$	$2,08 \pm 0,21 \text{ def}$	$4,18 \pm 0,75 \text{ ab}$	$2,44 \pm 1,10 \text{ b}$
30	$1,70 \pm 0,25 \text{ def}$	$1,63 \pm 0,26 \text{ ef}$	$3,50 \pm 1,07 \text{ c}$	$4,39 \pm 0,36 \text{ a}$	$2,80 \pm 1,32 \text{ a}$
60	$1,64 \pm 0,25 \text{ ef}$	$1,58 \pm 0,22 \text{ f}$	$2,14 \pm 0,23 \text{ d}$	$3,82 \pm 0,86 \text{ bc}$	$2,29 \pm 1,03 \text{ bc}$
90	$1,52 \pm 0,21 \text{ f}$	$1,48 \pm 0,17 \text{ f}$	$2,15 \pm 0,75 \text{ d}$	$3,62 \pm 0,86 \text{ c}$	$2,19 \pm 0,92 \text{ c}$
Średnia (A)	$1,64 \pm 0,23 \text{ c}$	$1,61 \pm 0,23 \text{ c}$	$2,47 \pm 0,81 \text{ b}$	$4,00 \pm 0,68 \text{ a}$	
0	$1,17 \pm 0,21 \text{ B a}$	$1,77 \pm 0,21 \text{ B a}$	$2,08 \pm 0,21 \text{ B b}$	$4,18 \pm 0,75 \text{ A ab}$	
30	$1,70 \pm 0,25 \text{ C a}$	$1,63 \pm 0,26 \text{ C ab}$	$3,50 \pm 1,07 \text{ B a}$	$4,39 \pm 0,36 \text{ A a}$	
60	$1,64 \pm 0,25 \text{ C a}$	$1,58 \pm 0,22 \text{ C ab}$	$2,14 \pm 0,23 \text{ B b}$	$3,82 \pm 0,86 \text{ A ab}$	
90	$1,52 \pm 0,21 \text{ C a}$	$1,48 \pm 0,17 \text{ C b}$	$2,15 \pm 0,75 \text{ B b}$	$3,62 \pm 0,86 \text{ A b}$	

a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=12$

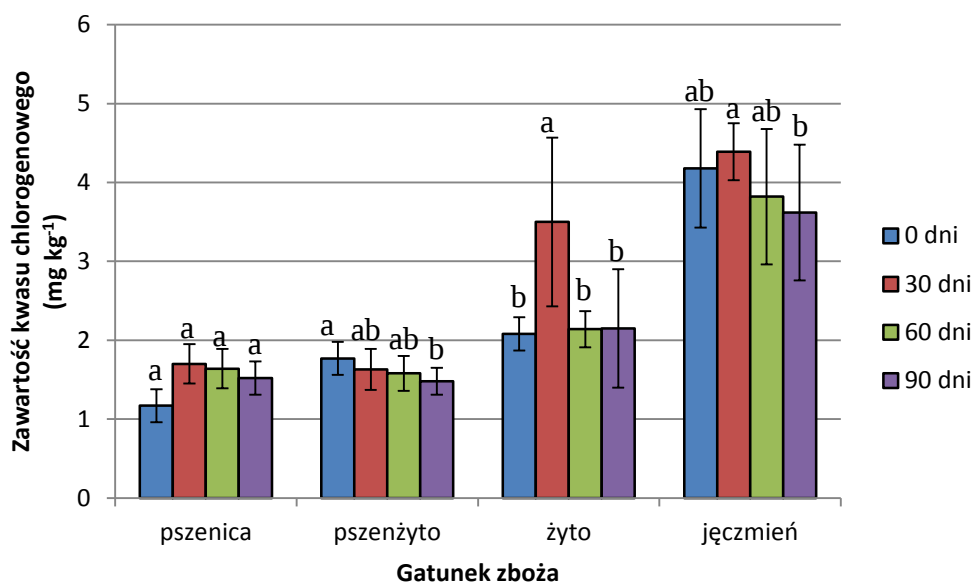
A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.



Ryc. 60. Średnia zawartość kwasu chlorogenowego ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).



Ryc. 61. Średnia zawartość kwasu chlorogenowego ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).



Ryc. 62. Zmiany zawartości kwasu chlorogenowego ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=12$).

5.13. Zawartość chlorofilu a

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) zawartości chlorofilu a, nie wykazała istotności wpływu roku prowadzenia doświadczenia. Istotny okazał się efekt główny, znaczenia rodzaju badanego zboża i efekt główny przechowywania.

Dwuczynnikowa analiza kowariancji zawartości chlorofilu a, wykazała występowanie interakcji pomiędzy gatunkiem zboża a czasem przechowywania.

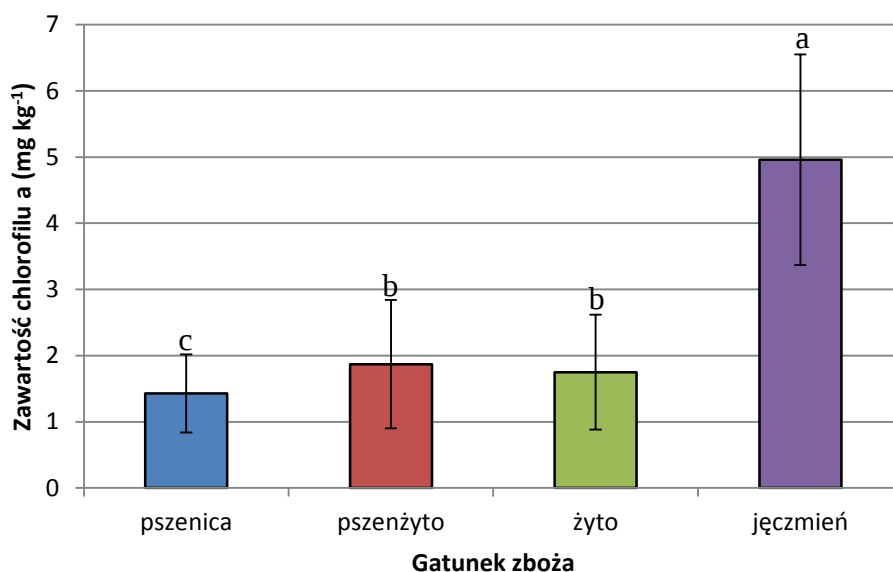
Tabela 21. Zawartość chlorofilu a wyrażona w mg kg⁻¹ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	1,88 ± 0,42 e	2,57 ± 0,61 d	2,64 ± 0,38 d	7,06 ± 1,23 a	2,44 ± 1,10 a
30	1,66 ± 0,54 e	2,63 ± 0,53 d	1,85 ± 0,79 e	4,86 ± 1,12 b	2,80 ± 1,32 b
60	1,51 ± 0,28 e	1,69 ± 0,62 e	1,81 ± 0,57 e	4,23 ± 0,85 c	2,29 ± 1,03 c
90	0,66 ± 0,16 f	0,59 ± 0,14 f	0,69 ± 0,15 f	3,68 ± 0,45 c	2,19 ± 0,92 d
Średnia (A)	1,43 ± 0,59 c	1,87 ± 0,97 b	1,75 ± 0,87 b	4,96 ± 1,59 a	
0	1,88 ± 0,42 C a	2,57 ± 0,61 BC a	2,64 ± 0,38 B a	7,06 ± 1,23 A a	
30	1,66 ± 0,54 C a	2,63 ± 0,53 B a	1,85 ± 0,79 C b	4,86 ± 1,12 A b	
60	1,51 ± 0,28 B a	1,69 ± 0,62 B b	1,81 ± 0,57 B b	4,23 ± 0,85 A bc	
90	0,66 ± 0,16 B b	0,59 ± 0,14 B c	0,69 ± 0,15 B c	3,68 ± 0,45 A c	

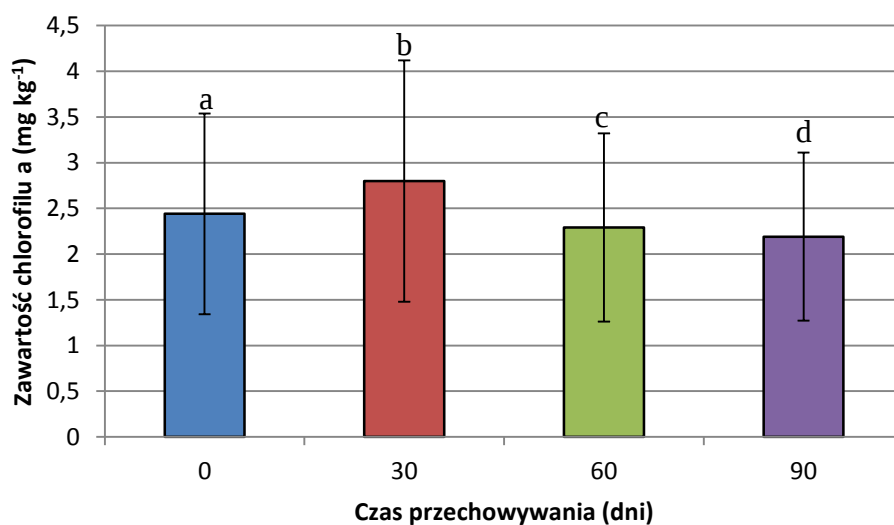
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, n=12

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Na podstawie testu Duncana (Tab. 21, Ryc. 63) wykazano, że największą zawartość chlorofilu a miało ziarno jęczmienia - 4,96 mg kg⁻¹ ± 1,59, najmniejszą zawartość chlorofilu a posiadała pszenica - 1,43 mg kg⁻¹ ± 0,59. Zawartość chlorofilu a w ziarnie pszenżyta wyniosła 1,87 mg kg⁻¹, a w ziarnie żyta 1,75 mg kg⁻¹.

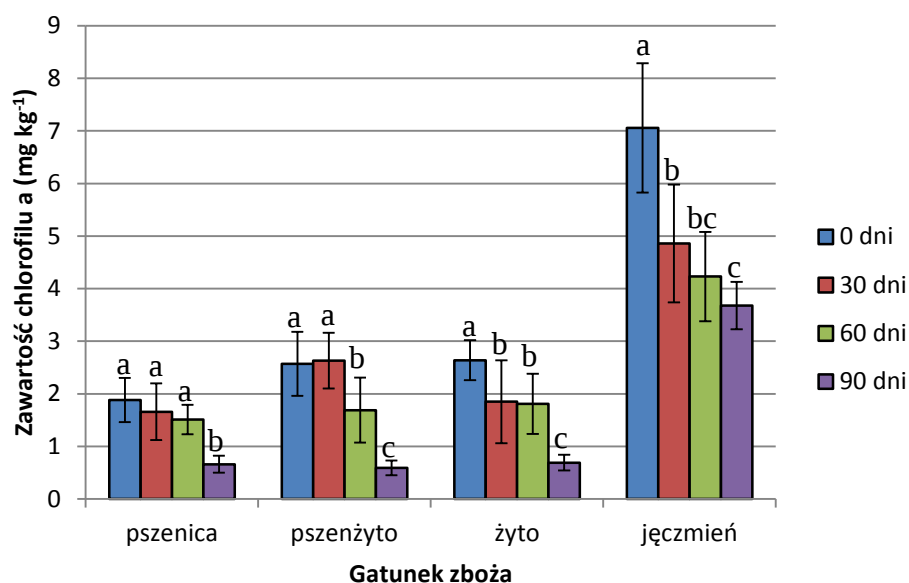


Ryc. 63. Średnia zawartość chlorofilu a ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$)



Ryc. 64. Średnia zawartość chlorofilu a ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).

Średnia zawartość chlorofilu a po 30 dniach przechowywania zwiększa się nieznacznie do poziomu $2,80 \pm 1,32 \text{ mg kg}^{-1}$. Następnie spada wraz z okresem przechowywania do poziomu $2,19 \pm 0,92 \text{ mg kg}^{-1}$ po okresie 90 dni. (Ryc. 64.)



Ryc. 65. Zmiany zawartości chlorofilu a ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=12$).

Zawartość chlorofilu a w trakcie przechowywania wszystkich badanych gatunków zbóż, ulega stopniowemu obniżaniu się. Dla pszenicy od $1,88 \pm 0,42 \text{ mg kg}^{-1}$ do $0,66 \pm 0,16 \text{ mg kg}^{-1}$, dla pszenżyta od $2,57 \pm 0,61 \text{ mg kg}^{-1}$ do $0,59 \pm 0,14 \text{ mg kg}^{-1}$, dla żyta od $2,64 \pm 0,38 \text{ mg kg}^{-1}$ do $0,69 \pm 0,15 \text{ mg kg}^{-1}$ i dla jęczmienia od $7,06 \pm 1,23 \text{ mg kg}^{-1}$ do $3,68 \pm 0,45 \text{ mg kg}^{-1}$. (Ryc. 65.)

5.14. Zawartość chlorofilu b

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) zawartości chlorofilu b, nie wykazała istotności wpływu roku prowadzenia doświadczenia. Istotny okazał się efekt główny, znaczenia rodzaju badanego zboża oraz efekt główny przechowywania.

Dwuczynnikowa analiza wariancji zawartości chlorofilu b wykazała występowanie interakcji pomiędzy gatunkiem zboża a czasem przechowywania.

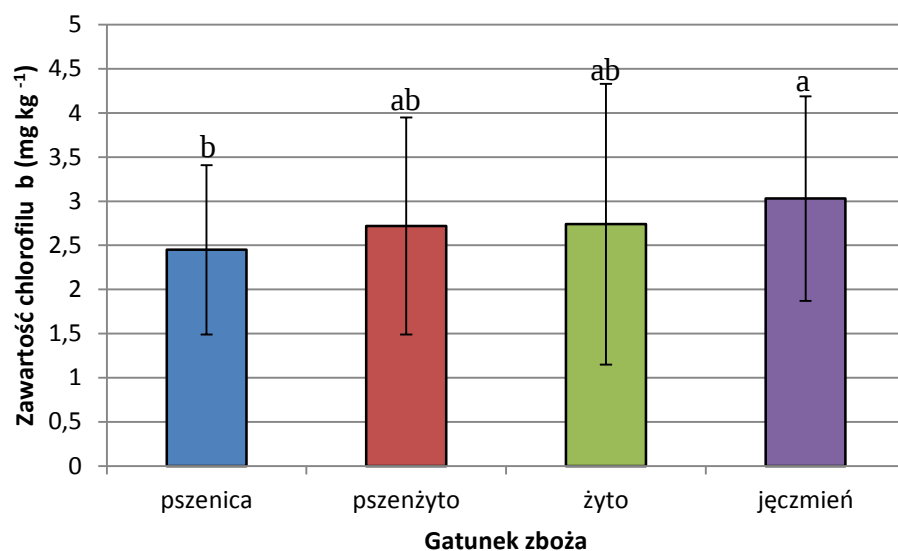
Tabela 22. Zawartość wartości chlorofilu b wyrażona w mg kg^{-1} mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	$3,22 \pm 0,68$ cd	$3,24 \pm 1,56$ cd	$4,94 \pm 0,74$ a	$4,38 \pm 1,35$ ab	$3,94 \pm 1,33$ a
30	$2,97 \pm 0,66$ de	$3,70 \pm 0,80$ bc	$2,59 \pm 0,97$ de	$2,90 \pm 0,77$ de	$3,00 \pm 0,89$ b
60	$2,69 \pm 0,39$ de	$2,44 \pm 0,56$ de	$2,45 \pm 0,73$ de	$2,57 \pm 0,61$ de	$2,54 \pm 0,57$ c
90	$1,08 \pm 0,17$ f	$1,49 \pm 0,29$ f	$0,98 \pm 0,15$ f	$2,28 \pm 0,38$ e	$1,46 \pm 0,58$ d
Średnia (A)	$2,45 \pm 0,96$ b	$2,72 \pm 1,23$ ab	$2,74 \pm 1,59$ ab	$3,03 \pm 1,16$ a	
0	$3,22 \pm 0,68$ B a	$3,24 \pm 1,56$ B ab	$4,94 \pm 0,74$ A a	$4,38 \pm 1,35$ AB a	
30	$2,97 \pm 0,66$ B ab	$3,70 \pm 0,80$ A a	$2,59 \pm 0,97$ B b	$2,90 \pm 0,77$ B b	
60	$2,69 \pm 0,39$ A b	$2,44 \pm 0,56$ A b	$2,45 \pm 0,73$ A b	$2,57 \pm 0,61$ A b	
90	$1,08 \pm 0,17$ C c	$1,49 \pm 0,29$ B c	$0,98 \pm 0,15$ C c	$2,28 \pm 0,38$ A b	

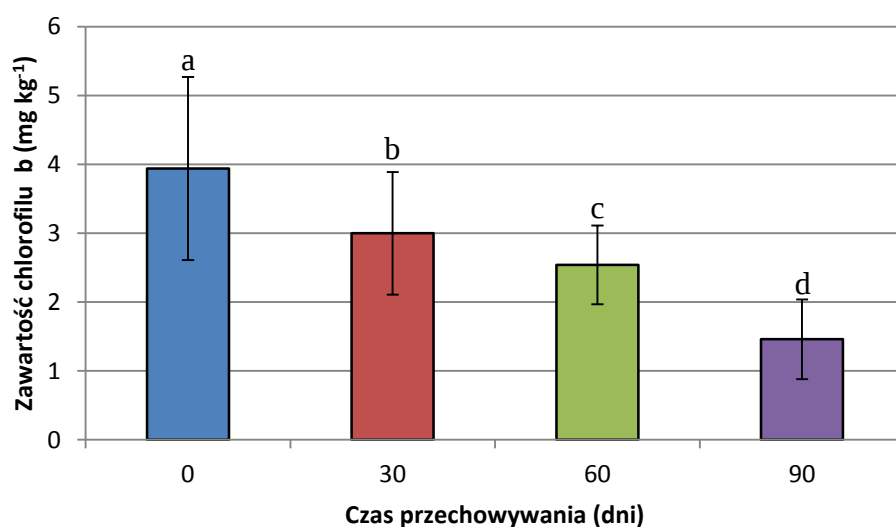
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=12$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Na podstawie testu Duncana (Tab.22, Ryc.66) stwierdzono największą zawartość chlorofilu b w ziarnie jęczmienia $3,03 \text{ mg kg}^{-1}$. Najmniejszą zawartość chlorofilu b zawierało ziarno pszenicy $2,45 \text{ mg kg}^{-1}$. Zawartość chlorofilu b w ziarnie pszenżyta wyniosła $2,72 \text{ mg kg}^{-1}$, a w ziarnie żyta $2,74 \text{ mg kg}^{-1}$.

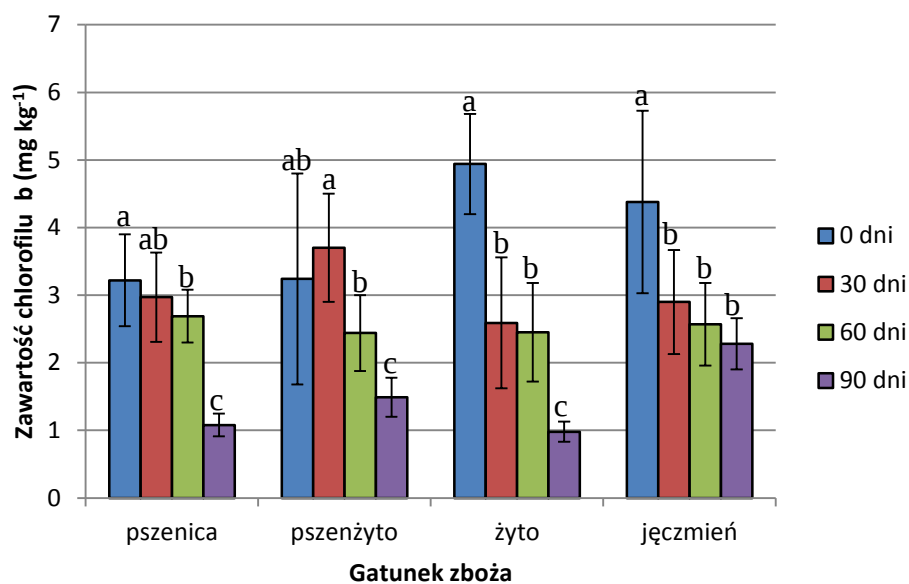


Ryc. 66. Średnia zawartość chlorofilu b ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).



Ryc. 67. Średnia zawartość chlorofilu b ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).

Średnia zawartość chlorofilu b spada wraz z okresem przechowywania. W 0 okresie poziom wynosi $3,94 \pm 1,33 \text{ mg kg}^{-1}$, a po okresie 90 dni obniża się do $1,46 \pm 0,58 \text{ mg kg}^{-1}$. (Ryc. 67.)



Ryc. 68. Zmiany zawartości chlorofilu b ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=12$).

W przypadku zawartości chlorofilu b istnieje analogiczna sytuacja jak dla chlorofilu a. Mianowicie w trakcie przechowywania wszystkich badanych gatunków zbóż, zawartość chlorofilu b ulega stopniowemu obniżaniu się. Dla pszenicy od $3,22 \pm 0,68 \text{ mg kg}^{-1}$ do $1,08 \pm 0,17 \text{ mg kg}^{-1}$, dla pszenżyta od $3,24 \pm 1,56 \text{ mg kg}^{-1}$ do $1,49 \pm 0,29 \text{ mg kg}^{-1}$, dla żyta od $4,94 \pm 0,74 \text{ mg kg}^{-1}$ do $0,98 \pm 0,15 \text{ mg kg}^{-1}$ i dla jęczmienia od $4,38 \pm 1,35 \text{ mg kg}^{-1}$ do $2,28 \pm 0,38 \text{ mg kg}^{-1}$. (Ryc. 68.)

5.15. Sumaryczna zawartość chlorofilu a i b

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) sumarycznej zawartości chlorofilu a i b, nie wykazała istotności wpływu roku prowadzenia doświadczenia. Istotny okazał się efekt główny, znaczenia rodzaju badanego zboża i efekt główny przechowywania.

Dwuczynnikowa analiza wariancji sumarycznej zawartości chlorofilu a i b wykazała występowanie interakcji pomiędzy gatunkiem zboża a czasem przechowywania.

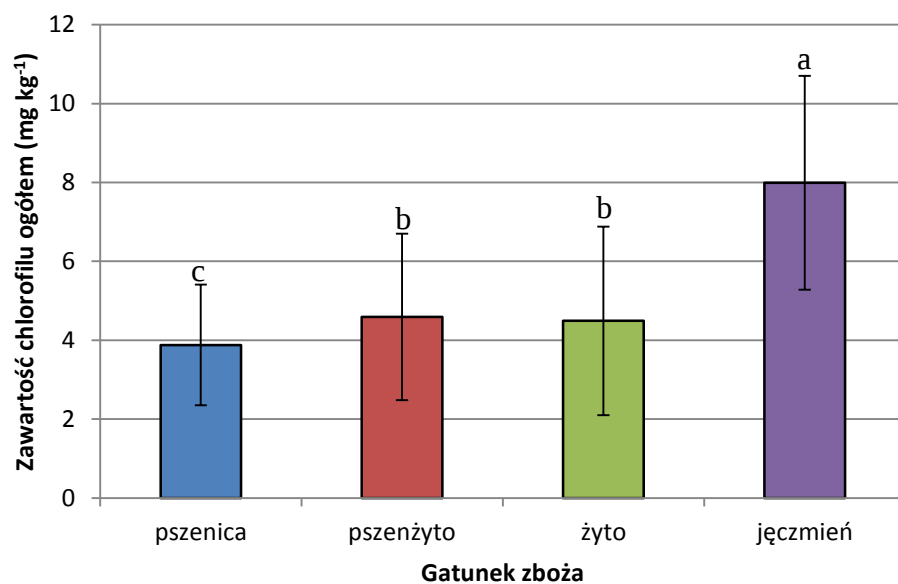
Tabela 23. Sumaryczna zawartość chlorofili a i b wyrażona w mg kg⁻¹ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	5,10 ± 1,04 ef	5,81 ± 2,09 de	7,85± 1,06 bc	11,44 ± 2,56 a	7,48 ± 3,03 a
30	4,45 ± 1,19 f	6,33 ± 1,12 cde	4,45 ± 1,63 f	7,77 ± 1,82 b	5,75 ± 1,99 b
60	4,20 ± 0,62 f	4,13 ± 1,16 f	4,26± 1,17 f	6,81 ± 1,40 bcd	4,85± 1,57 c
90	1,75± 0,29 g	2,09 ± 0,39 g	1,67 ± 0,27 g	5,97 ± 0,81 de	2,87 ± 1,88 d
Średnia (A)	3,88 ± 1,53 c	4,59 ± 2,11 b	4,49 ± 2,39 b	7,99 ± 2,71 a	
0	5,10 ± 1,04 C a	5,81 ± 2,09 C a	7,85± 1,06 B a	11,44 ± 2,56 A a	
30	4,45 ± 1,19 C ab	6,33 ± 1,12 B a	4,45 ± 1,63 C b	7,77 ± 1,82 A b	
60	4,20 ± 0,62 B b	4,13 ± 1,16 B b	4,26± 1,17 B b	6,81 ± 1,40 A bc	
90	1,75± 0,29 B c	2,09 ± 0,39 B c	1,67 ± 0,27 B c	5,97 ± 0,81 A c	

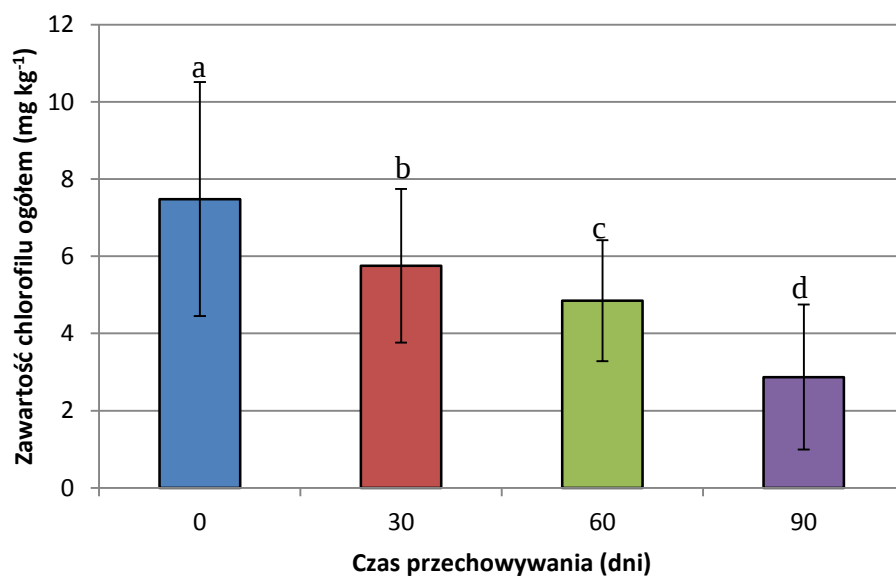
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, n=12

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

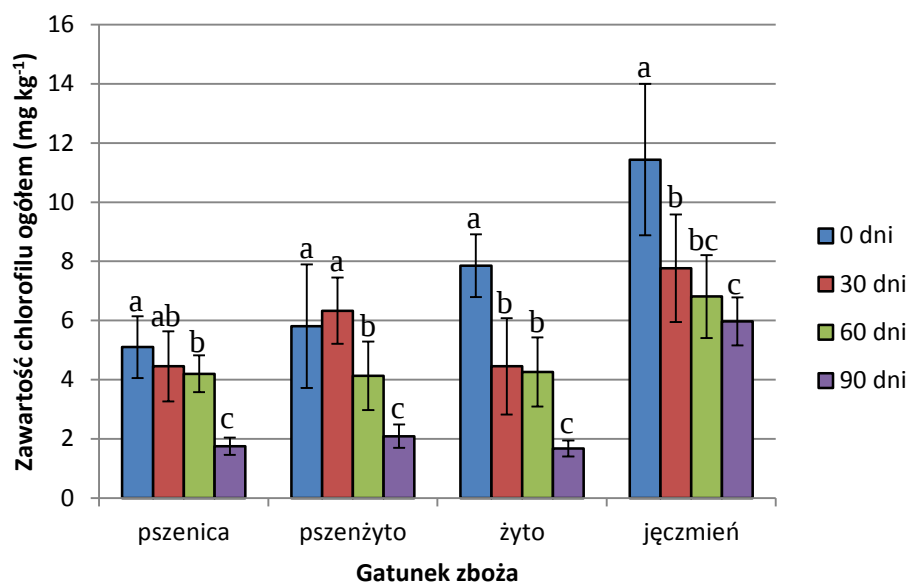
Na podstawie testu Duncana (Tab. 23, Ryc.69) zauważono największą zawartość chlorofili a i b w ziarnie jęczmienia - 7,99 mg kg⁻¹. Najmniejszą zawartość chlorofili a i b posiadało ziarno pszenicy - 3,88 mg kg⁻¹. Zawartość chlorofili a i b w ziarnie pszenżyta wyniosła 4,59 mg kg⁻¹, a w ziarnie żyta 4,49 mg kg⁻¹.



Ryc. 69. Średnia zawartość chlorofili a i b ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).



Ryc. 70. Średnia zawartość chlorofili a i b ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).



Ryc. 71. Zmiany zawartości chlorofilu a i b ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=12$).

Zawartość chlorofilu a i b analogicznie do poszczególnych ich wartości, ulega obniżeniu w ciągu okresu przechowywania (Ryc. 71).

5.16. Zawartość karotenoidów w ziarnie zbóż

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) zawartości karotenoidów, nie wykazała istotności wpływu roku prowadzenia doświadczenia. Istotny okazał się efekt główny, znaczenia rodzaju badanego zboża. Efekt przechowywania okazał się nieistotny.

Dwuczynnikowa analiza wariancji zawartości karotenoidów wykazała występowanie interakcji pomiędzy gatunkiem zboża a czasem przechowywania. Efekt główny przechowywania okazał się nieistotny statystycznie.

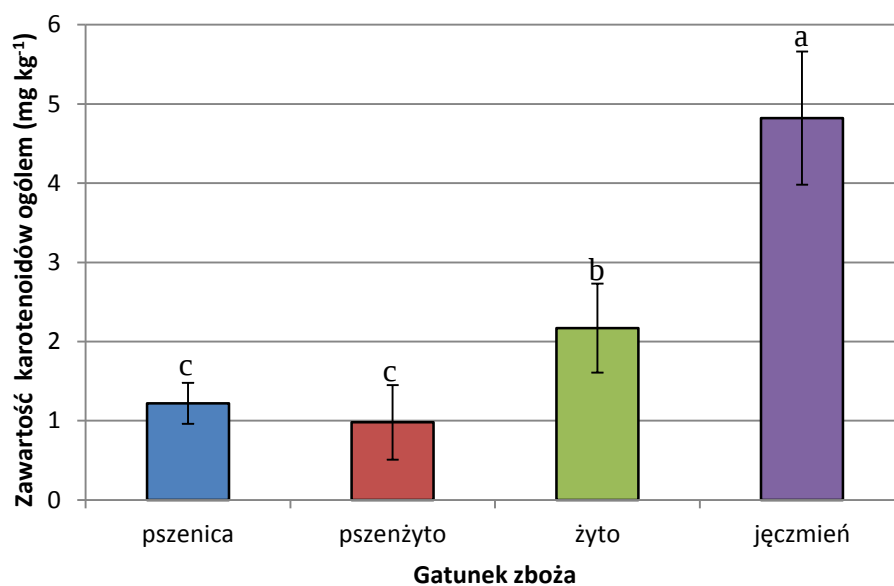
Tabela 24. Zawartość karotenoidów wyrażona w mg kg⁻¹ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	1,44 ± 0,17 ef	1,15 ± 0,56 fg	2,80± 0,66 c	4,27 ± 0,40 b	2,28 ± 1,38 a
30	0,98 ± 0,11 fg	0,84 ± 0,74 g	1,79 ±0,35 de	5,46 ± 1,11 a	2,27 ± 2,02 a
60	1,05 ± 0,17 fg	0,86 ± 0,11 g	1,94± 0,27 d	5,05 ± 0,68 a	2,42 ± 1,34 a
90	1,42± 0,16 ef	1,06 ± 0,18 fg	2,16 ± 0,20 d	4,48 ± 0,50 b	2,22 ± 1,75 a
Średnia (A)	1,22 ± 0,26 c	0,98 ± 0,47 d	2,17 ± 0,56 b	4,82 ± 0,84 a	
0	1,44 ± 0,17 C a	1,15 ± 0,56 C a	2,80± 0,66 B a	4,27 ± 0,40 A c	
30	0,98 ± 0,11 C b	0,84 ± 0,74 C a	1,79 ±0,35 B b	5,46 ± 1,11 A a	
60	1,05 ± 0,17 C b	0,86 ± 0,11 C a	1,94± 0,27 B b	5,05 ± 0,68 A ab	
90	1,42± 0,16 C a	1,06 ± 0,18 D a	2,16 ± 0,20 B b	4,48 ± 0,50 A bc	

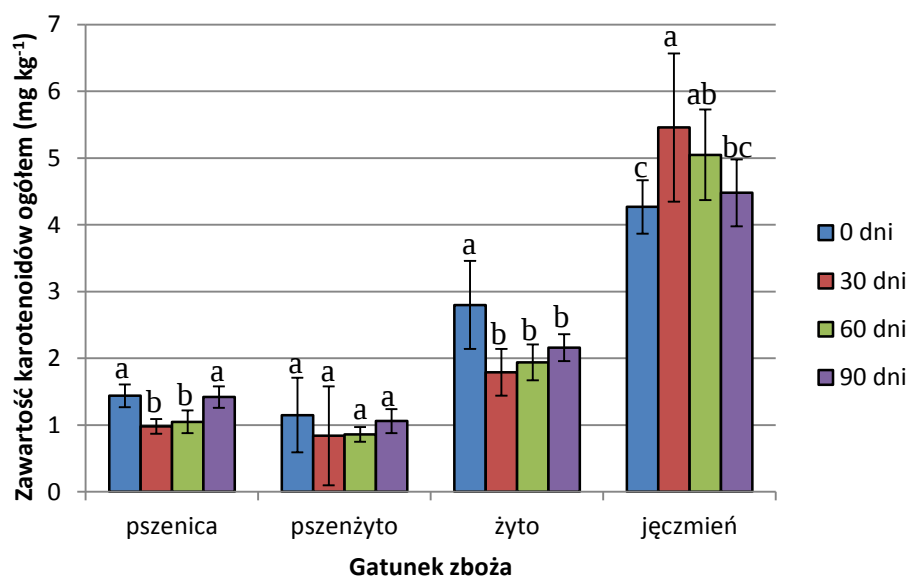
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, n=12

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Na podstawie testu Duncana (Tab. 24, Ryc. 72) stwierdzono największą zawartość karotenoidów w ziarnie jęczmienia (4,82 mg kg⁻¹ ± 0,84). Najmniejszą ilość zawierało ziarno pszenżyta (0,98 mg kg⁻¹ ± 0,47). Zawartość karotenoidów w ziarnie pszenicy wyniosła 1,22 mg kg⁻¹, a w ziarnie żyta 2,17 mg kg⁻¹.



Ryc. 72. Średnia zawartość karotenoidów ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).



Ryc. 73. Zmiany zawartości karotenoidów ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=12$).

5.17. Zawartość witaminy C

Podczas badań nad zawartością witaminy C wystąpiły trudności związane z ograniczoną czułością metody. Ilość tej witaminy była śladowa, co ograniczało efektywny pomiar tego parametru.

5.18. Badanie wartości wypiekowej [cm³]

Dwuczynnikowa analiza kowariancji z zastosowaniem roku jako czynnika zmiennego (ANCOVA) dla wartości wypiekowej, wykazała istotność wpływu roku prowadzenia doświadczenia, jak również występowania efektu głównego, jakim jest rodzaj badanego zboża. Ze względu na znaczenie roku wpływ badanych czynników głównych rozpatrzony został oddzielnie dla każdego roku prowadzenia doświadczeń.

Dwuczynnikowa analiza wariancji wartości wypiekowej wykazała występowanie interakcji pomiędzy gatunkiem zboża a czasem przechowywania.

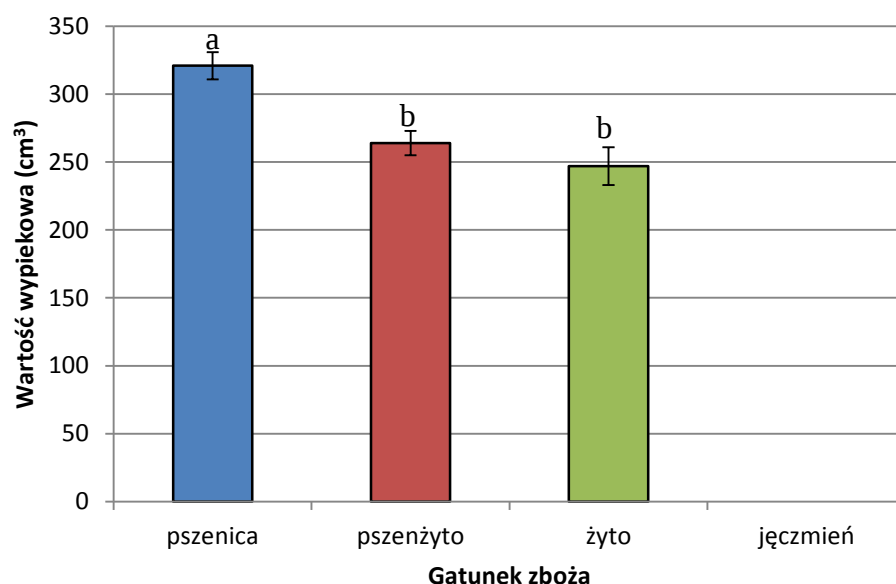
Tabela 25. Badanie próbnego wypieku wyrażone w cm³mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w pierwszym roku badań.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	323 ± 7 b	246 ± 2 e	260 ± 3 d	0g	207 ± 129 a
30	313 ± 6 c	245 ± 4 e	235 ± 5 f	0g	198 ± 124 b
60	332 ± 5 a	236 ± 5 f	258 ± 8 d	0g	207 ± 130 a
90	315 ± 8 bc	258 ± 6 d	234 ± 5 f	0g	202 ± 126 b
Średnia (A)	321 ± 10 a	264 ± 9 b	247 ± 14 b	0 c	
0	323 ± 7 A ab	246 ± 2 C b	260 ± 3 B a	0 D a	
30	313 ± 6 A b	245 ± 4 B b	235 ± 5 C b	0 D ab	
60	332 ± 5 A a	236 ± 5 C c	258 ± 8 B a	0 D a	
90	315 ± 8 A b	258 ± 6 B a	234 ± 5 B b	0 D b	

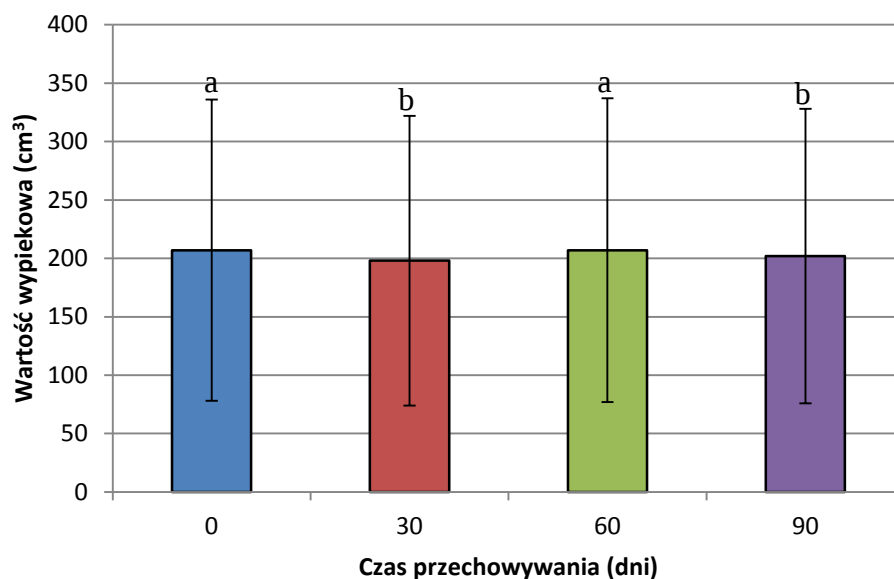
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=4$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

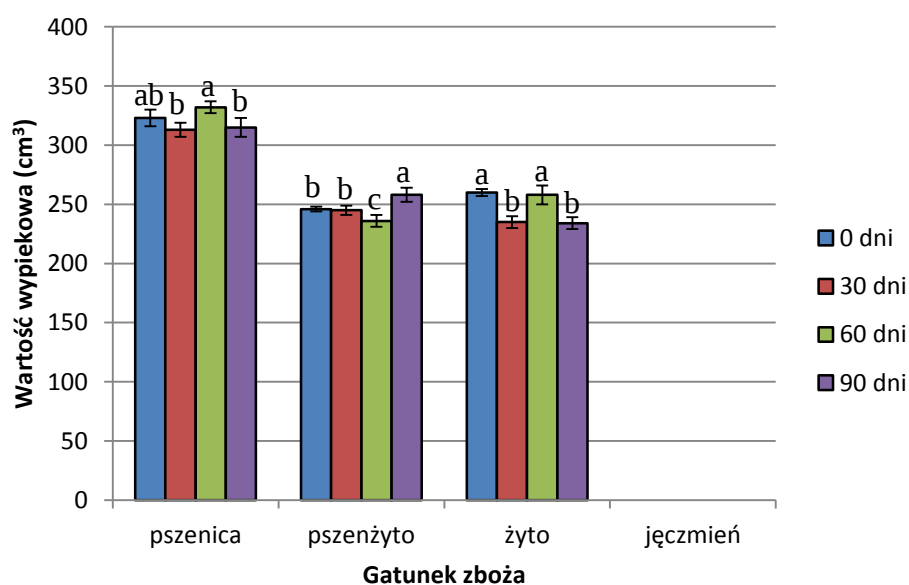
Na podstawie testu Duncana (Tab. 25, Ryc. 74) zaobserwowano największą wartość wypiekową w ziarnie pszenicy – 321. Najmniejszą zawartość wypiekową zawierało ziarno żyta – 247. Wartość wypiekowa w ziarnie pszenżyta wyniosła $264 \pm 9 \text{ cm}^3$. Brak pomiarów dla ziarna jęczmienia.



Ryc. 74. Średnia wartość wypieku ogółem cm^3 w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).



Ryc. 75. Średnia wartość wypieku ogółem cm^3 w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).



Ryc. 76. Zmiany wartości wypiekowej ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=4$).

Dwuczynnikowa analiza wariancji w drugim roku doświadczenia wykazała występowanie interakcji pomiędzy gatunkiem zboża i czasem przechowywania.

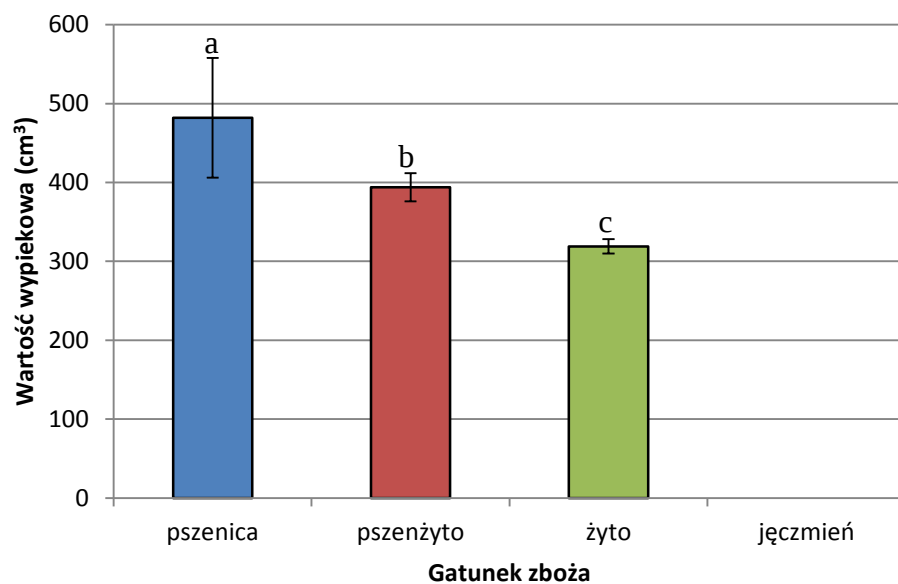
Tabela 26. Próbný wypiek wyrażony w cm³ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w drugim roku doświadczenia.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	484 ± 8 c	417 ± 9 d	318 ± 6 gh	0 i	305 ± 194 b
30	516 ± 6 b	389 ± 9 e	309 ± 5 h	0 i	304 ± 199 b
60	365 ± 8 f	396 ± 11 e	327 ± 5 g	0 i	272 ± 166 c
90	562 ± 11 a	374 ± 6 f	309 ± 4 h	0 i	311 ± 211 a
Średnia (A)	482 ± 76 a	394 ± 18 b	319 ± 9 c	0 d	
0	484 ± 8 A c	417 ± 9 B a	318 ± 6 C ab	0 D a	
30	516 ± 6 A b	389 ± 9 B bc	309 ± 5 C b	0 D ab	
60	365 ± 8 B d	396 ± 11 A b	327 ± 5 C a	0 D a	
90	562 ± 11 A a	374 ± 6 B c	309 ± 4 C b	0 D b	

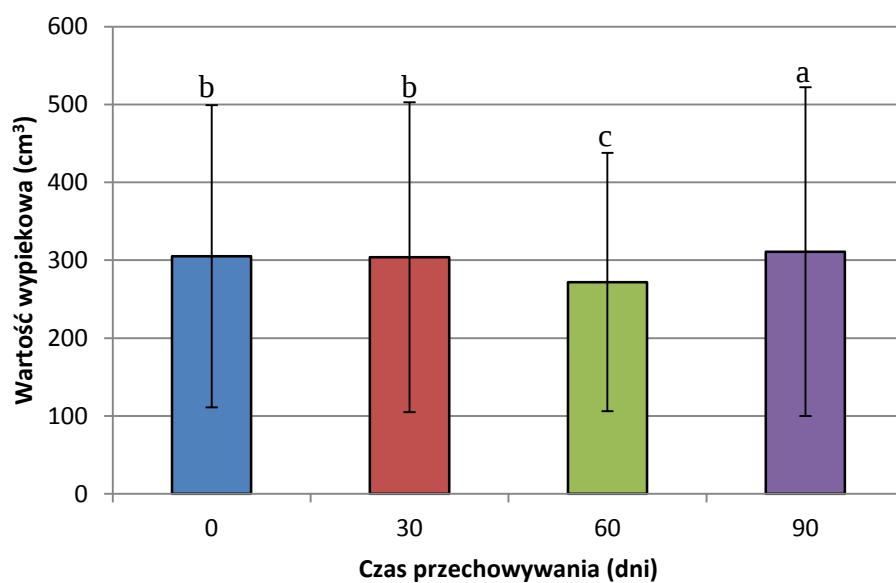
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=4$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

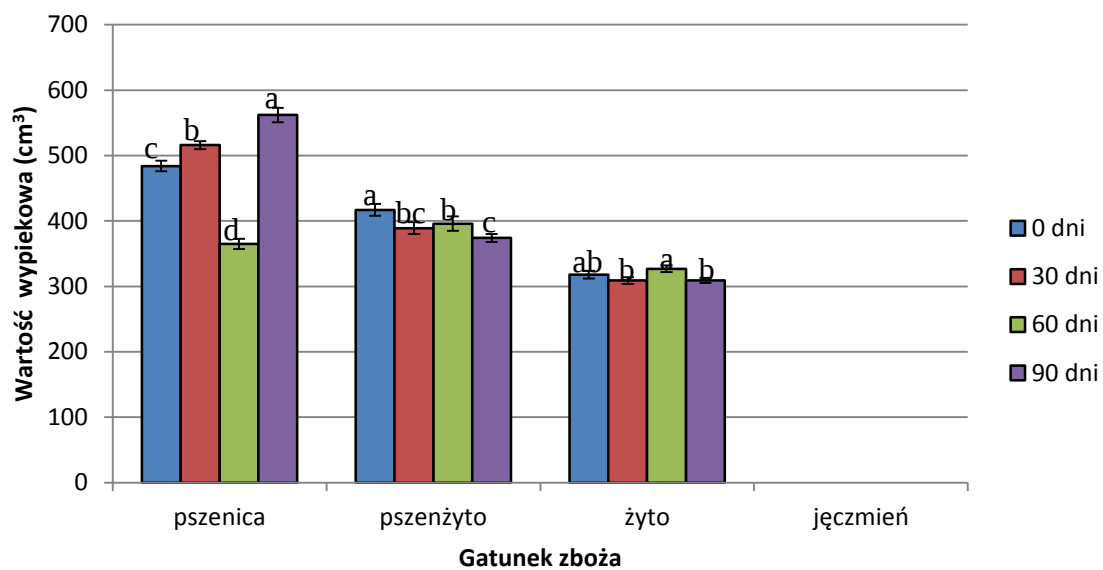
Na podstawie testu Duncana (Tab.26, Ryc. 77.) zaobserwowano największą wartość wypiekową dla ziarna pszenicy - 482 cm³, najmniejszą wartość wypiekową charakteryzowało się ziarno żyta - 316 cm³. Wartość wypiekowa w ziarnie pszenżyta wyniosła - 394 cm³. Brak pomiarów dla ziarna jęczmienia.



Ryc. 77. Średnia wartość wypiekowa ogółem cm³ w zależności od zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=16).



Ryc. 78. Średnia wartość wypiekowa ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=16).



Ryc. 79. Zmiany wartości wypiekowej ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=4$).

W trzecim roku oprowadzenia doświadczenia dwuczynnikowa analiza wariancji wykazała występowanie interakcji pomiędzy odmianą zboża a czasem przechowywania.

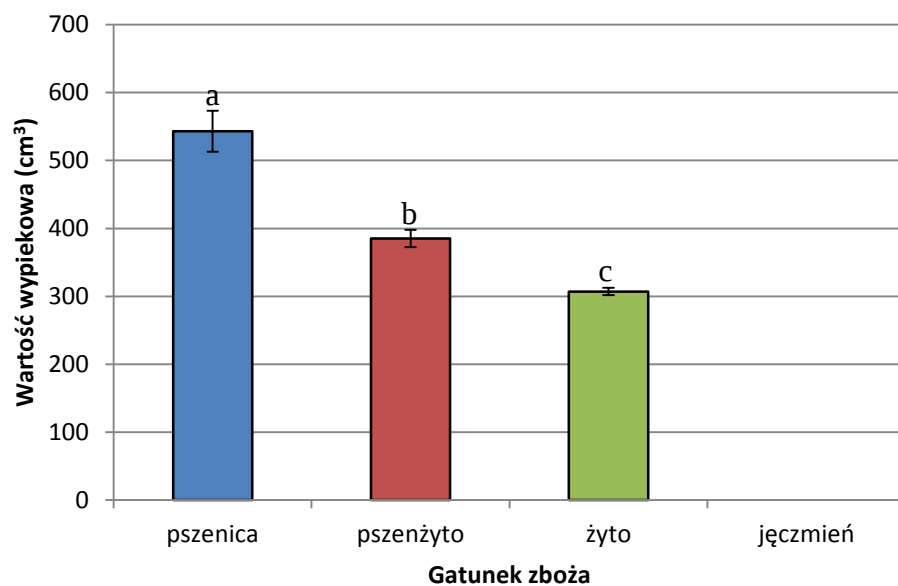
Tabela 27. Wartość wypiekowa wyrażona w cm^3 mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w trzecim roku badań.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	499 ± 9 a	402 ± 1 d	312 ± 8 g	0 i	303 ± 195 a
30	457 ± 2 b	389 ± 8 e	307 ± 1 gh	0 i	288 ± 182 b
60	427 ± 2 c	378 ± 9 f	307 ± 1 gh	0 i	278 ± 173 c
90	431 ± 1 c	373 ± 3 f	303 ± 6 h	0 i	277 ± 173 c
Średnia (A)	453,13 ± 30,10 a	385,13 ± 12,64 b	307 ± 5,44 c	0 d	
0	499 ± 9 A a	402 ± 1 B a	312 ± 8 C a	0 D a	
30	457 ± 2 A b	389 ± 8 B b	307 ± 1 C a	0 D ab	
60	427 ± 2 A c	378 ± 9 B bc	307 ± 1 C a	0 D a	
90	431 ± 1 A c	373 ± 3 B c	303 ± 6 C a	0 D b	

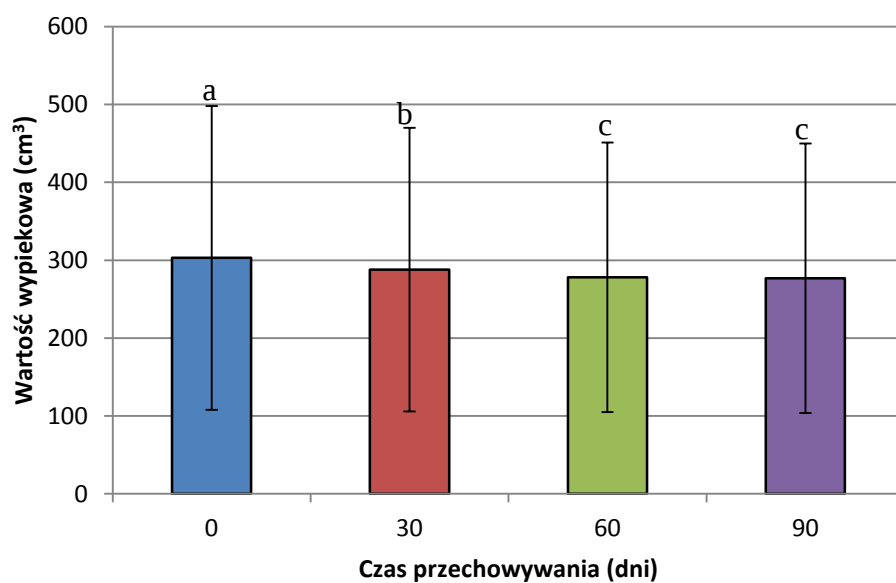
a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=4$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

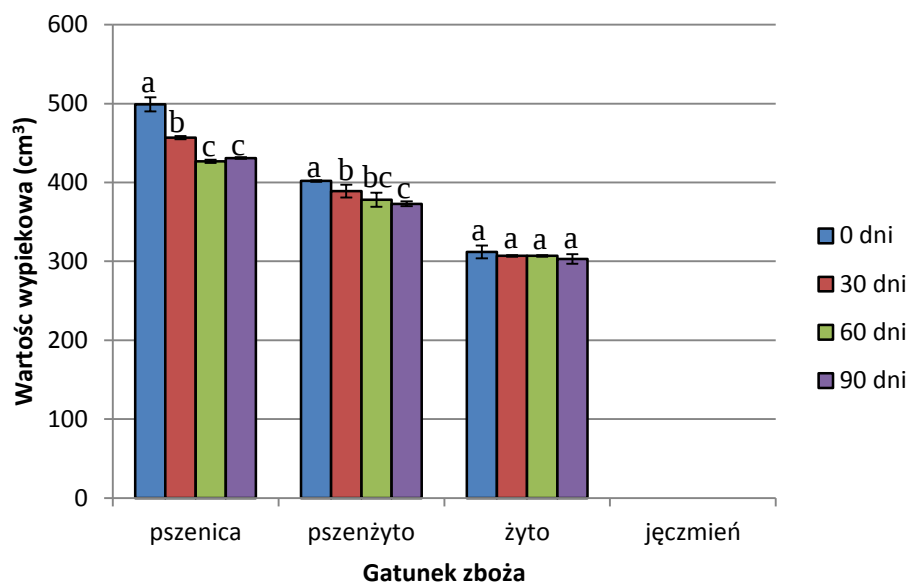
W trzecim roku badań na podstawie testu Duncana zaobserwowano największą wartość wypiekową dla ziarna pszenicy - $453,1 \text{ cm}^3 \pm 30,10$, najmniejszą zawartość wypiekową charakteryzowało się ziarno żyta ($307 \text{ cm}^3 \pm 5,44$). Wartość wypiekową w ziarnie pszenżyta oznaczono na poziomie $385,13 \text{ cm}^3$. Brak pomiarów dla ziarna jęczmienia (Tab. 27, Ryc. 80).



Ryc. 80. Średnia wartość wypiekowa ogółem cm³ w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).



Ryc. 81. Średnia wartość wypiekowa ogółem cm³ w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).



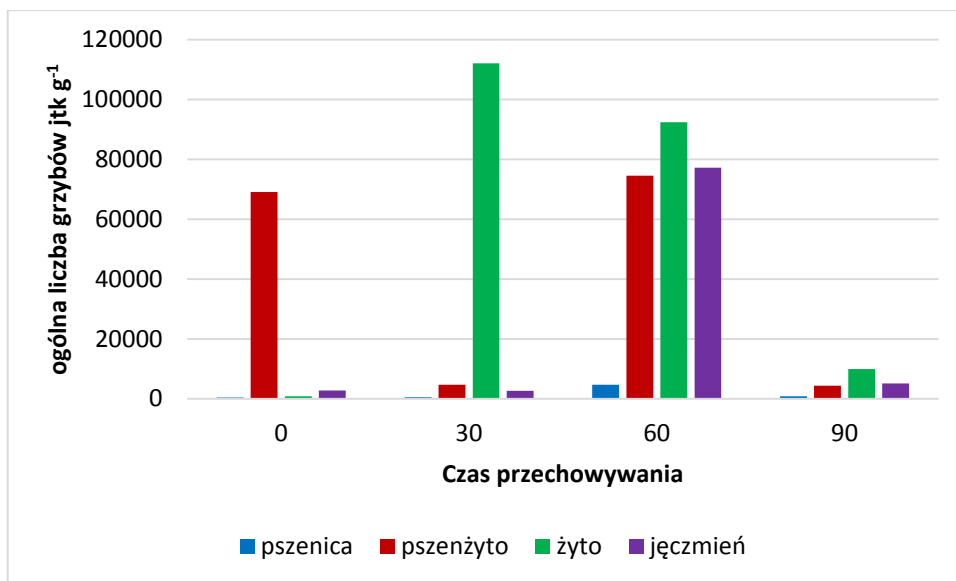
Ryc. 82. Zmiany zawartości wypiekowej ogółem cm^3 w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=4$).

5.19. Zawartość grzybów w ziarnie zbóż

Ze względu na ograniczoną liczbę pomiarów wykonanych w celu oznaczenia ilości oraz rodzaju występujących grzybów nie można było przeprowadzić analizy statystycznej, jednakże dla pełności obrazu przedstawiono tabelarycznie oraz graficznie występujące w poszczególnych gatunkach zbóż rodzaje mikroflory (grzybów, pleśni oraz drożdży) z uwzględnieniem okresu przechowywania jak i roku prowadzonych badań.

Tabela 28. Zawartość grzybów w badanych zbożach w 2010 roku wyrażona jtk g^{-1} w zależności od czasu przechowywania.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)			
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień
0	346	69091	773	2727
30	497	4697	112121	2636
60	4697	74545	92424	77273
90	873	4303	9970	5091

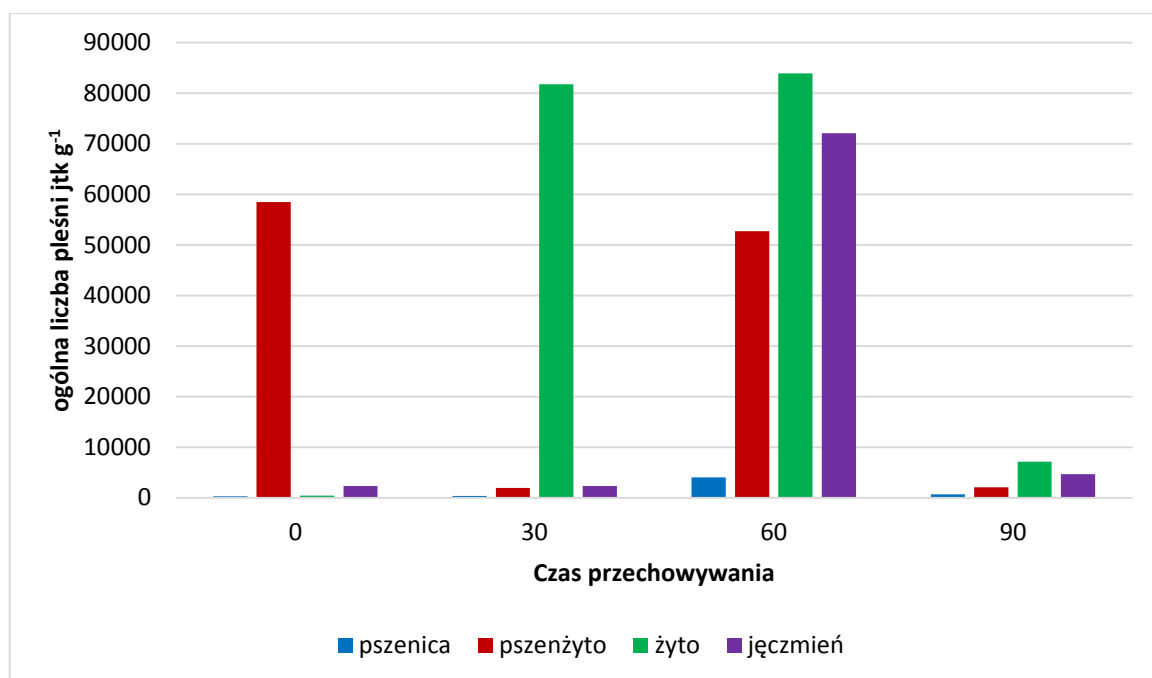


Ryc. 83. Ogólna liczba grzybów wyrażona w jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2010 roku (pierwszy rok badań).

Najwięcej grzybów w momencie złożenia ziarna zbóż do silosu zaobserwowano w ziarnie pszenżyta (69091 jtk g⁻¹, Tab. 28). Po 30 dniach składowania znacznie wzrosła zawartość grzybów w ziarnie żyta osiągając poziom 112121 jtk g⁻¹. Największą zawartość grzybów stwierdzono po 60 dniach przechowywania, w szczególności w ziarnie żyta. Po 90 dniach składowania zawartość grzybów we wszystkich badanych ziarnach zbóż uległa obniżeniu do nieznacznych ilości (Ryc. 84, Tab. 28).

Tabela 29. Zawartość pleśni w badanych ziarnach zbóż w 2010 roku wyrażona jtk g⁻¹ w zależności od czasu ich składowania.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)			
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień
0	294	58485	409	2333
30	376	1970	81818	2333
60	4030	52727	83939	72121
90	670	2091	7152	4636

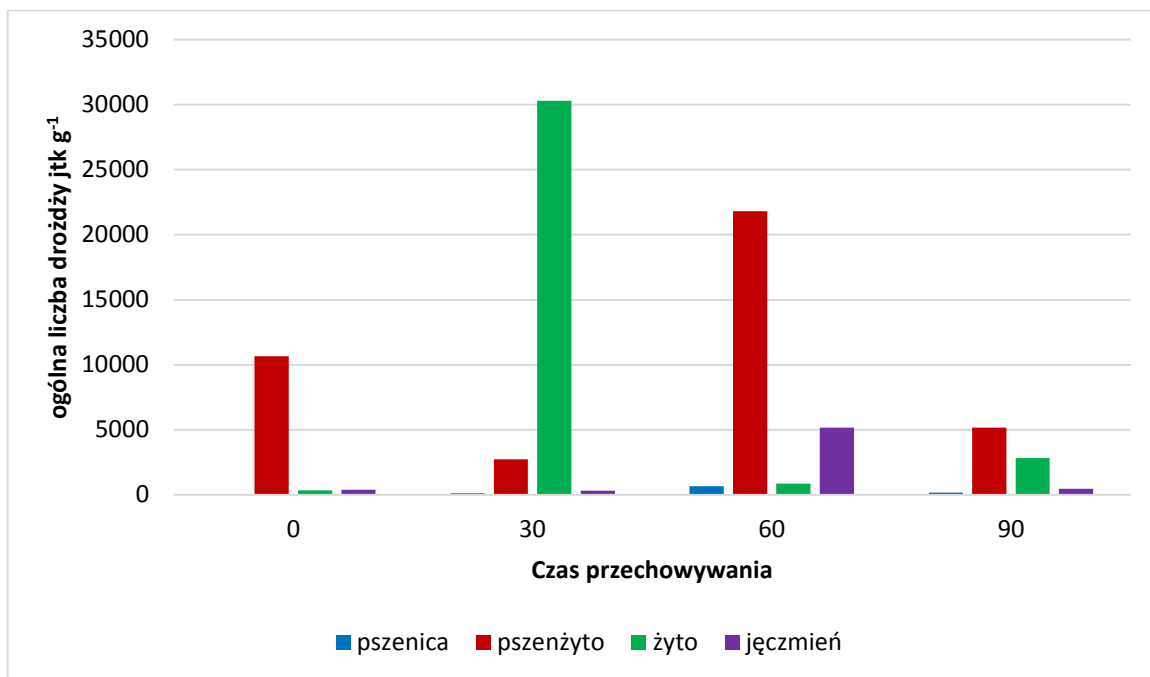


Ryc. 84. Ogólna liczba pleśni wyrażona w jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2010 roku (pierwszy rok badań).

Najwięcej pleśni (Tab. 29) w momencie złożenia zbóż do silosu stwierdzono w ziarnie pszenżyta (58485 jtk g⁻¹). Po 30 dniu składowania znacznie wzrosła zawartość pleśni w ziarnie żyta, osiągając poziom 81818 jtk g⁻¹, a po kolejnych 30 dniach składowania znów następuje wzrost zawartości pleśni w ziarnie pszenżyta. Wysoki poziom utrzymuje się również w przypadku jęczmienia (72121 jtk g⁻¹). Po 90 dniach składowania zawartość pleśni we wszystkich badanych zbożach, podobnie jak w przypadku grzybów ogółem uległa znacznemu obniżeniu do nieznacznych ilości (Ryc. 85).

Tabela 30. Zawartość drożdży w badanych zbożach w 2010 roku wyrażona jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)			
	pszenica	Pszenżyto	żyto	jęczmień
0	52	10666	346	394
30	121	2727	30303	303
60	666	21818	850	5152
90	167	5152	2818	455



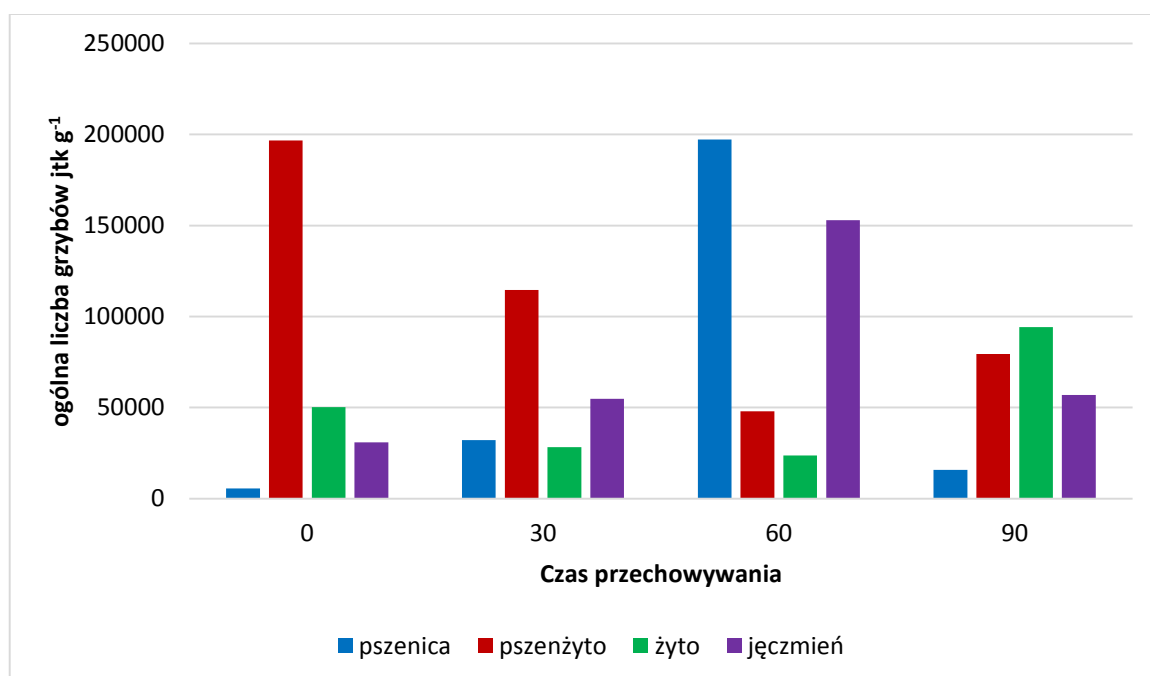
Ryc. 85. Ogólna liczba drożdży wyrażona w jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2010 roku (pierwszy rok badań).

Najwięcej drożdży (Tab. 30) w momencie złożenia zbóż do silosu oznaczono w ziarnie pszenżyta (10666 jtk g⁻¹). Po 30 dniu składowania znacznie wzrosła zawartość drożdży w ziarnie żyta, do 30303 jtk g⁻¹, a po kolejnych 30 dniach znów nastąpił wzrost zawartości drożdży w pszenżycie. Dodatkowo nieznacznie wyższy poziom utrzymuje się w jęczmieniu 5152 jtk g⁻¹. Po 90 dniach składowania, zawartość drożdży we wszystkich badanych zbożach uległa obniżeniu do ilości śladowych, podobnie jak w przypadku zawartości grzybów i pleśni (Ryc. 86).

W drugim roku prowadzenia badań największą zawartość grzybów w momencie złożenia zbóż do silosu stwierdzono w ziarnie pszenżyta (196667 jtk g⁻¹). Po 30 dniach składowania nadal największą ilość zaobserwowano w przypadku pszenżyta, chociaż na znacznie niższym poziomie niż we wcześniejszym okresie (Tab. 31). Po dwóch miesiącach przechowywania zaobserwowano wzrost zawartości grzybów w ziarnie pszenicy do 197273 jtk g⁻¹, a po kolejnych 30 dniach ilość ta spadła do wartości śladowych, podobnie jak zawartość grzybów w ziarnie jęczmienia (Ryc. 87).

Tabela 31. Zawartość grzybów w badanych ziarnach zbóż w 2011 roku wyrażona w jtk g⁻¹ w badanych okresach przechowywania.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)			
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień
0	5484	196667	50303	30909
30	32061	114545	28182	54848
60	197273	47879	23637	153030
90	15731	79394	94242	56970



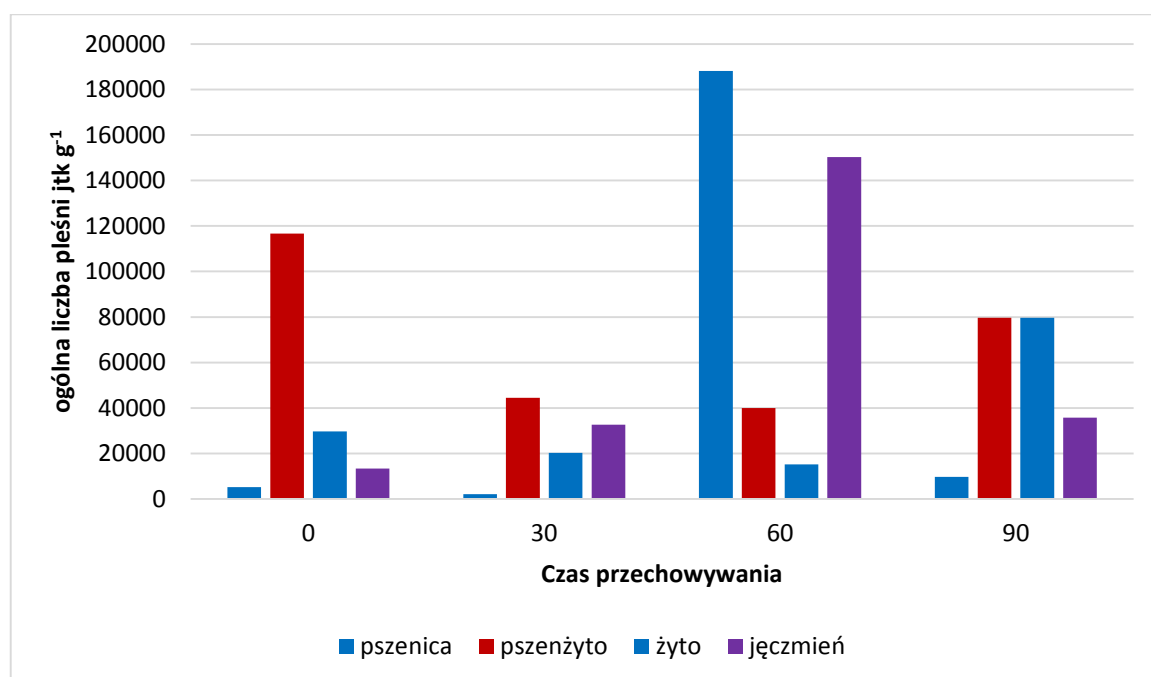
Ryc. 86. Ogólna liczba grzybów wyrażona w jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2011 roku (drugi rok badań).

Zawartość pleśni, podobnie jak i grzybów w drugim roku badań, była najwyższa dla ziarna pszenżyta bezpośrednio po zbiorze i wyniosła 116667 jtk g⁻¹ (Tab. 32, Ryc. 88). Po okresie zarówno miesiąca jak i dwóch miesięcy wartość ta znacznie spadła i dopiero po trzech miesiącach składowania wzrosła do poziomu 79697 jtk g⁻¹. Po dwóch miesiącach przechowywania znacznie wzrosła zawartość pleśni w ziarnie pszenicy, do 188182 jtk g⁻¹ oraz w ziarnie jęczmienia, do 150303 jtk g⁻¹. W ostatnim badanym okresie zawartość pleśni jest

najwyższa w przypadku ziarna pszenżyta i żyta, ale obie wartości znajdowały się poniżej 80000 jtk g⁻¹ (Ryc. 88).

Tabela 32. Zawartość pleśni w badanych ziarnach zbóż w 2011 roku wyrażona jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)			
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień
0	5242	116667	29697	13333
30	2061	44545	20303	32727
60	188182	39909	15152	150303
90	9697	79697	79697	35758



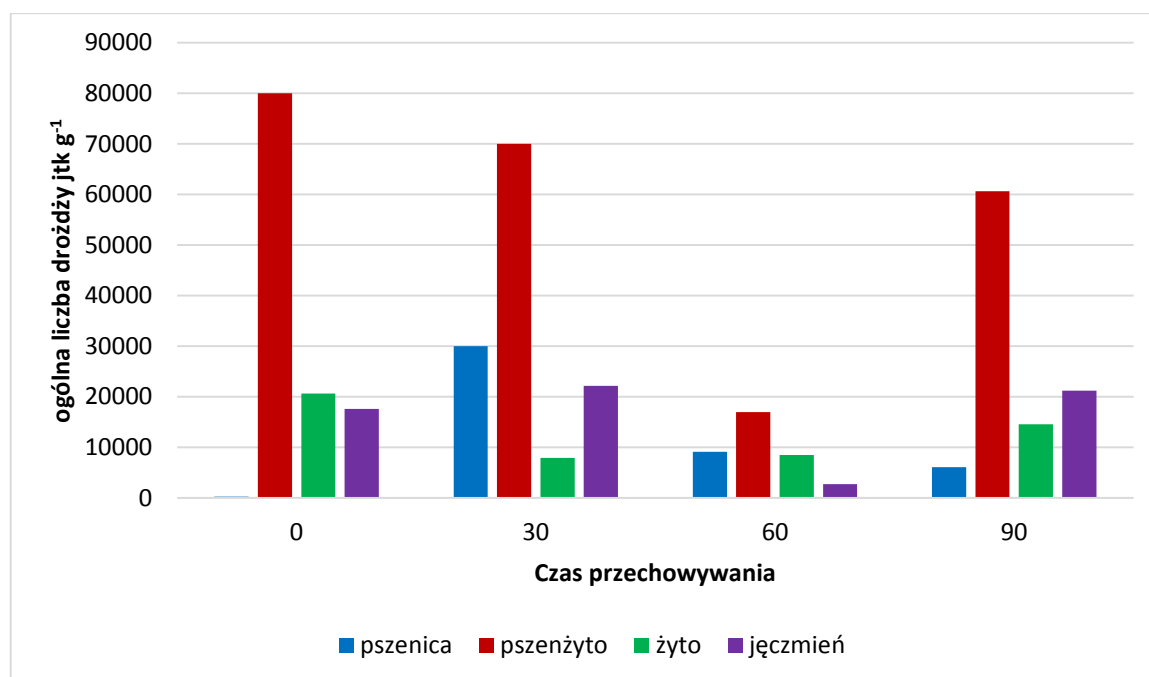
Ryc. 87. Ogólna liczba pleśni wyrażona w jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2011 roku (drugi rok badań).

Zawartość drożdży (Tab. 33, Ryc. 89), podobnie jak grzybów i pleśni była najwyższa w przypadku ziarna pszenżyta w momencie złożenia do silosu i wyniosła 80000 jtk g⁻¹. W trakcie przechowywania wartość ta uległa obniżeniu, jednakże po 3 miesiącach

składowania zanotowano ponowny jej wzrost do poziomu 60610 jtk g⁻¹. Po dwóch miesiącach przechowywania zawartość drożdży dla wszystkich badanych zbóż była śladowa (Ryc. 89).

Tabela 33. Zawartość drożdży w badanych zbożach w 2011 roku wyrażona jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)			
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień
0	242	80000	20606	17576
30	30000	70000	7879	22121
60	9091	16970	8485	2727
90	6061	60610	14545	21212



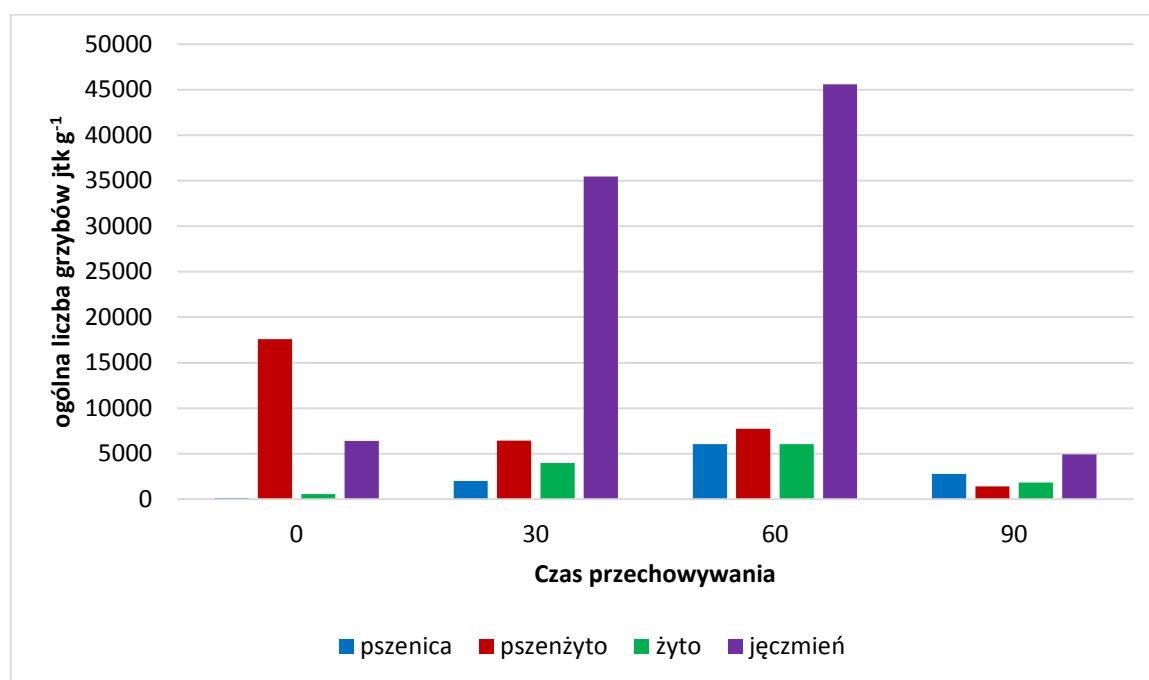
Ryc. 88. Ogólna liczba drożdży wyrażona w jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2011 roku (drugi rok badań).

W trzecim roku badań po raz kolejny w pierwszym okresie przechowywania, największa zawartość grzybów występuje w ziarnie pszenżyta, ale jest to wartość niewielka rzędu 17576 jtk g⁻¹ (Tab. 34, Ryc. 90). Następnie stwierdzono jej stopniowy spadek, aż do

ilości śladowych po trzech miesiącach przechowywania. Niezależnie od rodzaju zboża, po 90 dniach składowania stwierdzono tylko śladowe ilości grzybów (Ryc. 90).

Tabela 34. Zawartość grzybów w badanych zbożach w 2012 roku wyrażona jtk g⁻¹ w badanych okresach przechowywania.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)			
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień
0	139	17576	576	6394
30	2000	6454	3967	35455
60	6060	7756	6060	45592
90	2788	1393	1816	4939



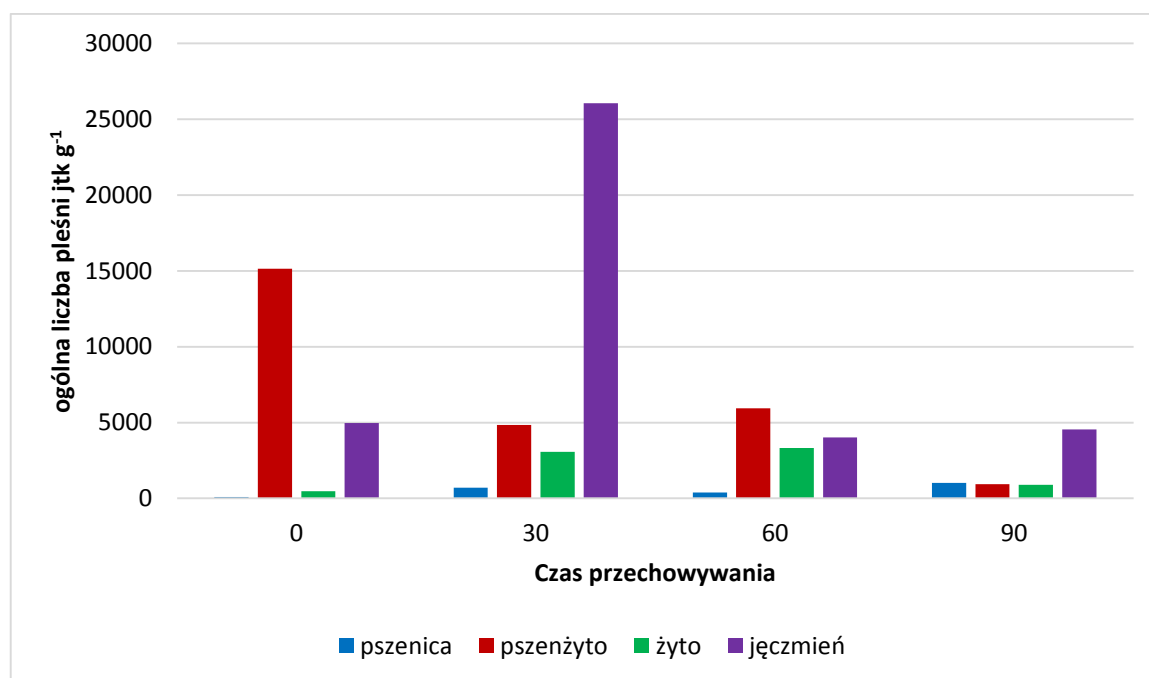
Ryc. 89. Ogólna liczba grzybów wyrażona w jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2012 roku (trzeci rok badań).

W przypadku badanych pleśni, podobnie jak i grzybów bezpośrednio po zbiorze stwierdzono największą ich zawartość ziarnie pszenżyta (Tab. 35, Ryc. 91). Również i w tym przypadku wartość ta jest niewielka - 15152 jtk g⁻¹, która uległa zmniejszeniu podczas składowania i po trzech miesiącach osiągnęła wartość śladową. Po 30 dniach

przechowywania, wzrosła również zawartość pleśni w ziarnie jęczmienia do 26061 jtk g⁻¹, a po kolejnych 30 dniach spadła i to znacznie do poziomu 4030 jtk g⁻¹. Po trzech miesiącach przechowywania wszystkie zboża zawierały tylko śladowe ilości pleśni (Ryc. 91).

Tabela 35. Zawartość pleśni w badanych zbożach w 2012 roku wyrażona jtk g⁻¹ w badanych okresach przechowywania.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)			
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień
0	103	15152	479	4970
30	697	4848	3061	26061
60	393	5938	3333	4030
90	1030	939	907	4545



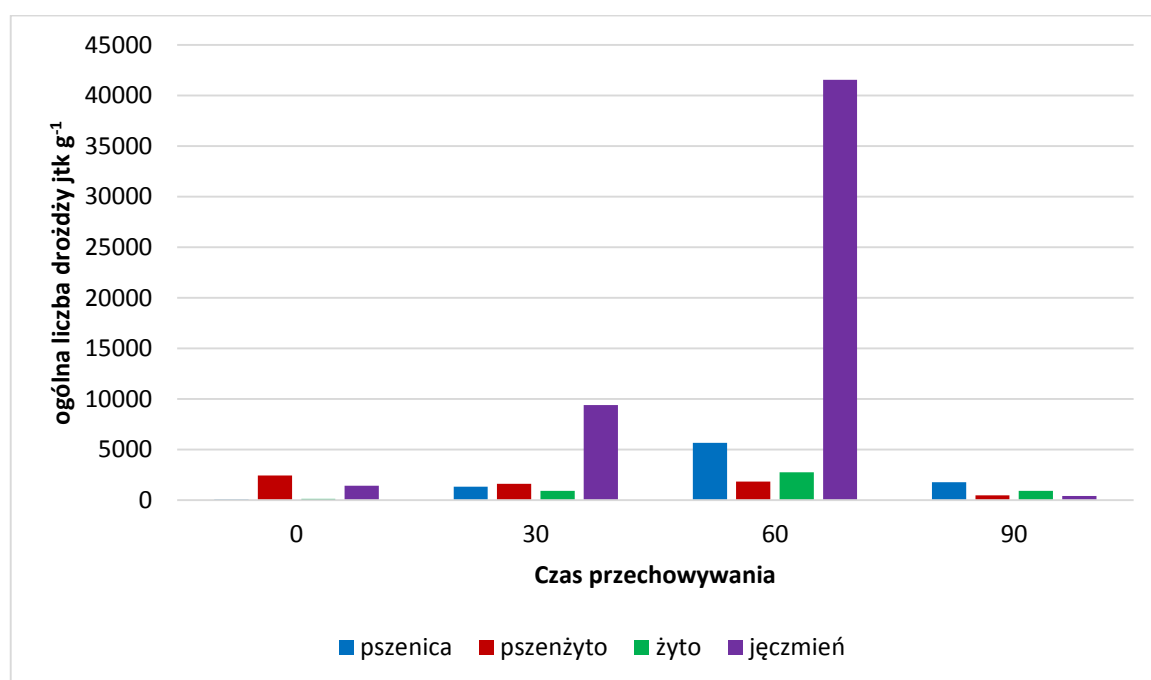
Ryc. 90. Ogólna liczba pleśni wyrażona w jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2012 roku (trzeci rok badań).

W przypadku oznaczenia zawartości drożdży stwierdzono ich bardzo niskie poziomy (Tab. 36, Ryc. 92). Tylko ziarno jęczmienia odznaczało się nieznacznie większą ilością

drożdży po 30 dniach przechowywania - 9394 jtk g⁻¹ oraz po 60 dniach przechowywania - 41562 jtk g⁻¹. Inne zboża w badanych okresach zawierały śladowe ilości drożdży (Ryc. 92).

Tabela 36. Zawartość drożdży w badanych zbożach w 2012 roku wyrażona jtk g⁻¹ w badanych okresach przechowywania.

Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)			
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień
0	36	2424	97	1424
30	1303	1606	906	9394
60	5667	1818	2727	41562
90	1758	454	909	394



Ryc. 91. Ogólna liczba drożdży wyrażona w jtk g⁻¹ w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2012 roku (trzeci rok badań).

Jak wynika z zestawienia w Tab. 37 w roku 2010 w badanych zbożach stwierdzono najwięcej grzybów pleśniowych z rodzaju *Penicilium* po 60 dniach przechowywania w ilości 234%. Najniższą koncentrację grzybów tego rodzaju zaobserwowano po miesiącu przechowywania, tj. 123%. Pozostałe rodzaje grzyby występują w znacznie mniejszych

ilościach. Nieco większe ilości stwierdzono jeszcze w przypadku grzybów z rodzaju *Aureobasidium* oraz *Cladosporium* (Tab. 37).

Tabela 37. Rodzaje grzybów występujące w poszczególnych gatunkach badanych zbóż w roku 2010.

Czas przechowywania	Gatunek zboża	<i>Penicillium</i> [%]	<i>Endomyces</i> [%]	<i>Epicoccum</i> [%]	<i>Aspergillus</i> [%]	<i>Mucor</i> [%]	<i>Aureobasidium</i> [%]	<i>Cladosporium</i> [%]	<i>Absidia</i> [%]	<i>Alternaria</i> [%]	<i>Fusarium</i> [%]	NZ [%]
0	pszenica	95	2		1	1	1					
	pszenżyto	29				1	13	36		12		9
	żyto	77				7	15	4	1			1
	jęczmień	30		7	1	5	5	4		1	24	14
Razem okres		231	2	7	2	14	34	44	1	13	24	24
30	pszenica	54			3	15	6	3			3	13
	pszenżyto						38	40		11	3	
	żyto	2					70	21				1
	jęczmień	67		8			1	1	1		22	
Razem okres		123	0	8	3	15	115	65	1	11	28	14
60	pszenica	92			3	1	1		1	1	1	
	pszenżyto	1			2		28	47				1
	żyto	69					12	11		2		1
	jęczmień	72	1		19		4	2				1
Razem okres		234	1	0	24	1	45	60	1	3	1	3
90	pszenica	87			2	3	1	3				1
	pszenżyto					2	23	46		23	2	2
	żyto	2		1			42	43				3
	jęczmień	66			19	4	4	7				
Razem okres		155	0	1	21	9	70	99	0	23	2	6

W drugim roku badań (2011) wystąpiła znacznie mniejsza ilość grzybów z rodzaju *Penicillium* (Tab. 38). Jedynie po 90 dniach przechowywania ilość ich wzrosła do 177%, pomimo, że na początku składowania ich ilość była śladowa - na poziomie 9%. W roku tym największą liczbę grzybów stwierdzono w przypadku rodzaju *Fusarium*, bezpośrednio po złożeniu do silosa (151%). Podczas składowania zanotowano spadek zawartości *Fusarium* do poziomu 141% po 30 dniach, 15% po 60 dniach oraz po 90 dniach przechowywania do 35%. W badanym roku wystąpiła również duża ilość grzybów niezidentyfikowanych (NZ).

Tabela 38. Rodzaje grzybów występujące w poszczególnych gatunkach badanych zbóż w roku 2011 (drugi rok badań).

Czas przechowywania	Gatunek zboża	<i>Penicillium</i> [%]	<i>Endomyces</i> [%]	<i>Epicoccum</i> [%]	<i>Aspergillus</i> [%]	<i>Mucor</i> [%]	<i>Aureobasidium</i> [%]	<i>Cladosporium</i> [%]	<i>Absidia</i> [%]	<i>Alternaria</i> [%]	<i>Fusarium</i> [%]	NZ [%]
0	pszenica			12			6	12		33	16	21
	pszenżyto			6		3		3		11	46	31
	żyto			2		2	25	3		8	50	10
	jęczmień	9					9	7		20	39	16
Razem okres		9	0	20	0	5	40	25	0	72	151	78
30	pszenica			16		3		3		24	34	17
	pszenżyto	16				1		22		5	37	19
	żyto	76								2	19	3
	jęczmień						8	7		11	51	23
Razem okres		92	0	16	0	4	8	32	0	42	141	62
60	pszenica	1										99
	pszenżyto	4		3		1	5			3		29
	żyto	12						16		24	14	6
	jęczmień	11			6			1		1	1	80
Razem okres		28	0	3	6	1	5	17	0	28	15	214
90	pszenica	6						6		63	13	3
	pszenżyto	89				2		5		1	1	2
	żyto	73				1	10	7		2		7
	jęczmień	9					5	5		4	21	19
Razem okres		177	0	0	0	3	15	23	0	70	35	31

Analizując trzeci rok badań (2012) pod względem występowania poszczególnych grzybów pleśniowych, należy zauważyć, iż największa ilość w pierwszym okresie składowania stanowiły grzyby z rodzaju *Aureobasidium* 84%, *Fusarium* 77% oraz *Alternaria* 63% (Tab. 39). Ich ilość w kolejnych okresach znacznie się nasilała osiągając wartość 143% po trzech miesiącach składowania. Zawartość *Fusarium* utrzymuje się również na wysokim poziomie przez cały okres składowania.

Tabela 39. Rodzaje grzybów występujące w poszczególnych gatunkach badanych zbóż w roku 2012 (trzeci rok badań).

Czas przechowywania	Gatunek zboża	<i>Penicillium</i> [%]	<i>Endomyces</i> [%]	<i>Epicoccum</i> [%]	<i>Aspergillus</i> [%]	<i>Mucor</i> [%]	<i>Aureobasidium</i> [%]	<i>Cladosporium</i> [%]	<i>Absidia</i> [%]	<i>Alternaria</i> [%]	<i>Fusarium</i> [%]	<i>humicola</i>	<i>arthrinium</i>	<i>acremonium</i>	<i>syncephalastrum</i>	<i>rhizopus</i>	<i>nigrospora</i>	<i>scopulariopsis</i>	<i>biopolaris</i>	<i>oidiodendron</i>	NZ [%]
0	pszenica	9				6		6		23	44										12
	pszenżyto						68	2		10	8	6	2								2
	żyto	19				10	12			18	1		13	10							17
	jęczmień						4			12	24	4		32							8
Razem okres		28	0	0	0	16	84	8	0	63	77	10	15	42	0	0	0	0	0	0	39
30	pszenica	39				31									4	4					18
	pszenżyto	1				1	24	12		15	36		2			1					8
	żyto	1		2			3	20		34	7	1	12	9			3				6
	jęczmień	11				1		15			27			14							9
Razem okres		52	0	2	0	33	27	47	0	49	70	1	14	23	4	5	3	0	0	0	41
60	pszenica	38		8	23	8		8						15							
	pszenżyto	11		1		2	21	22		16	12		1	8			1				5
	żyto			3		2		7		59	5	10	5				2				7
	jęczmień			3						22	36	4	1	29							5
Razem okres		49	0	15	23	12	21	37	0	97	53	14	7	52	0	0	3	0	0	0	17
90	pszenica	9				3	3	18		32	6			3				12			14
	pszenżyto	3					14			35			3	3				3	7		32
	żyto			3	3		3			49		13	13							3	13
	jęczmień			1		5	1	3		27	49			3							11
Razem okres		12	0	4	3	8	21	21	0	143	55	13	16	9	0	0	0	15	7	3	70

5.20. Zawartość deoksyniwalenolu

Przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji zawartości deoksyniwalenolu (DON) w ziarnie zbóż nie wykazała statystycznie istotnego wpływu badanych czynników doświadczenia jak i wpływu roku prowadzenia doświadczeń (Tab. 40).

Na podstawie przeprowadzonych badań można zauważyć tendencyjnie zwiększoną zawartość DON w ziarnie jęczmienia, najniższą zaś u pszenżyta i żyta (Tab. 40). Rozpatrując okres przechowywania zaobserwowano nieznaczny spadek zawartości DON po 90 dniach przechowywania – spadek o średnio 5,05 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Tab. 40).

Tabela 40. Zawartość deoksyniwalenolu w ziarnie zbóż wyrażona w $\mu\text{g kg}^{-1}$ wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania.

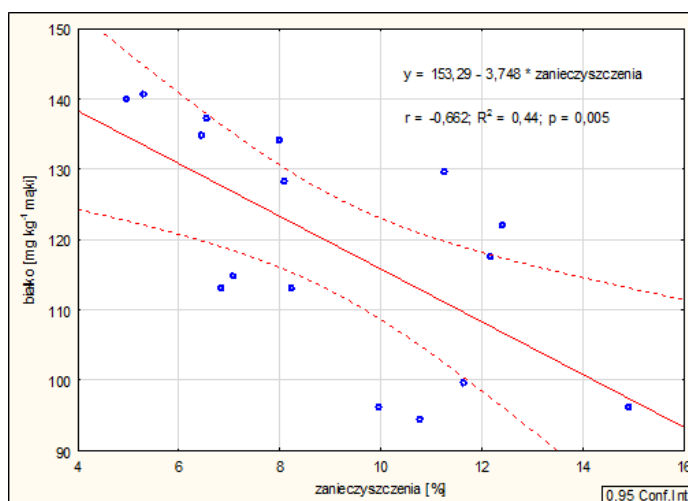
Czas przechowywania (liczba dni) (B)	Rodzaj zboża (A)				Średnia (B)
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	
0	17,77 ± 16,68 a	6,97 ± 8,13 a	10,21 ± 11,78 a	32,64 ± 52,50 a	16,90 ± 22,27 a
90	12,37 ± 18,96 a	9,46 ± 11,91 a	6,44 ± 7,72 a	19,14 ± 14,19 a	11,85 ± 13,20 a
Średnia (A)	15,07 ± 17,82 A	8,22 ± 10,02 A	8,33 ± 9,75 A	25,89 ± 33,35 A	

a,b,c... - dane w kolumnach oznaczone tą samą, małą literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha=0,05$, $n=8$

A, B, C... - dane w wierszach oznaczone tą samą, wielką literą alfabetu, nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

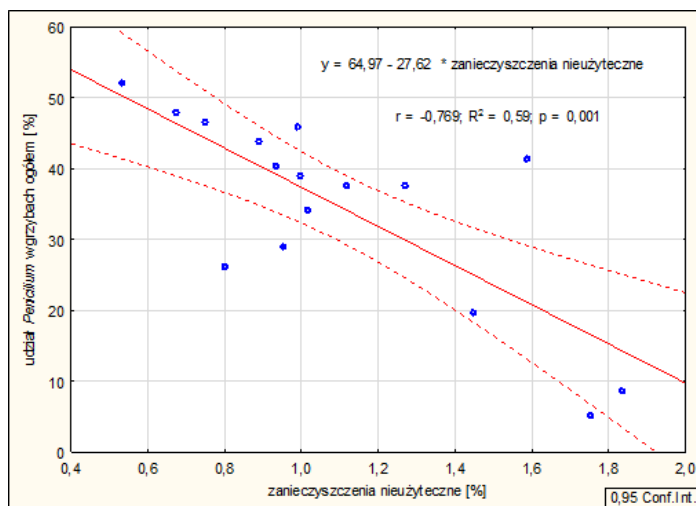
5.21. Zależności pomiędzy badanymi cechami

W celu określenia zależności pomiędzy badanymi cechami ziarna przeprowadzono analizę regresji.



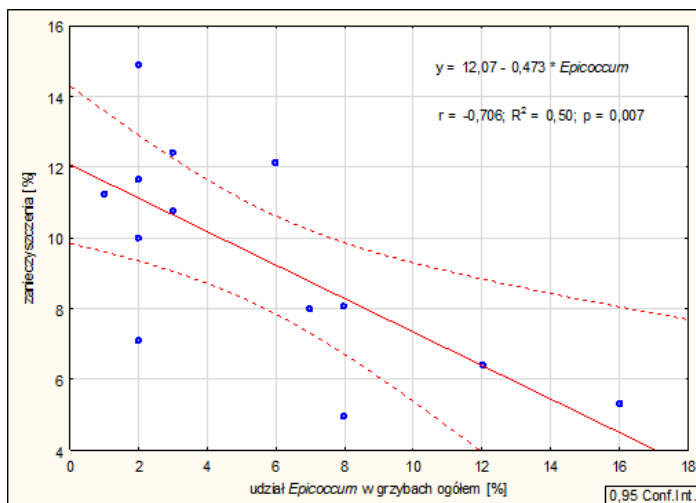
Ryc. 92. Zależność liniowa pomiędzy zawartością zanieczyszczeń w ziarnie zbóż, a zawartością białka, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

Badania wykazały negatywną zależność pomiędzy zawartością białka a ilością zanieczyszczeń ogółem w ziarnie zbóż (Ryc. 92). Model okazał się dobrze dopasowany do danych $F(1,14) = 10,941$; $p = 0,01$ świadczy to o tym że zmienna zanieczyszczenie pozwala w istotny sposób przewidywać poziom białka ($\beta = -0,66$). Danym równaniem zostało opisane 44% przypadków. Interpretując uzyskane wartości współczynników można stwierdzić, że im większe zanieczyszczenie tym niższy poziom białka.



Ryc. 93. Zależność liniowa pomiędzy zawartością zanieczyszczeń w ziarnie zbóż, a zawartością białka, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

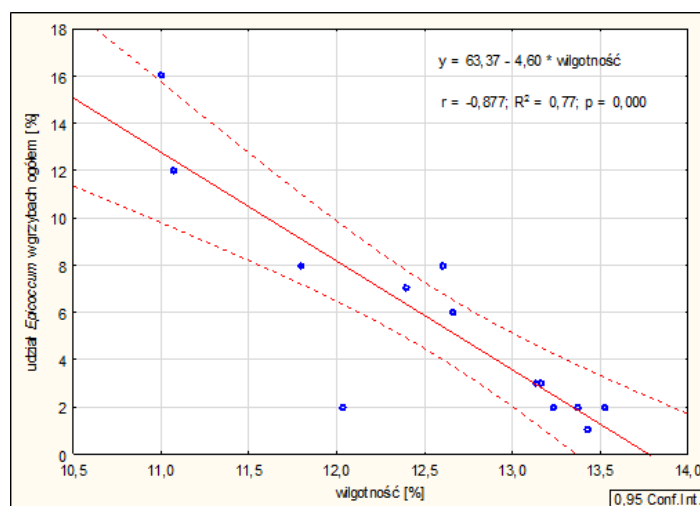
Ponadto stwierdzono, że im większy jest procentowy udział *Penicillium* w grzybach ogółem tym niższy poziom zanieczyszczeń nieużytecznych w ziarnie (Ryc. 93). Zależność ta opisuje 59% przypadków niezależnie od rodzaju zboża i czasu jego przechowywania.



Ryc. 94. Zależność liniowa pomiędzy udziałem *Epicoccum* w grzybach ogółem, a zawartością zanieczyszczeń w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

Podobną zależność zaobserwowano w przypadku procentowego udziału *Epicoccum* w grzybach ogółem (Ryc. 94). Zależność ta opisuje 50% przypadków. Interpretując uzyskane

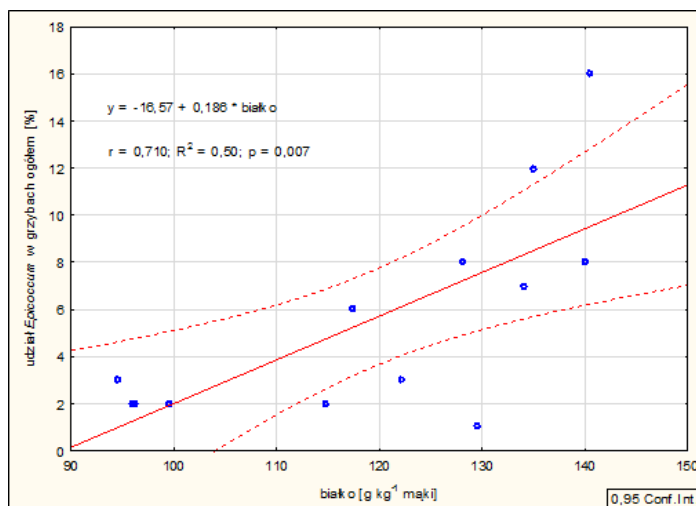
wartości współczynników można stwierdzić, że im wyższy poziom zanieczyszczeń w ziarnie tym niższy udział *Epicoccum* w grzybach ogółem niezależnie od rodzaju zboża i czasu jego przechowywania.



Ryc. 95. Zależność liniowa pomiędzy udziałem *Epicoccum* w grzybach ogółem, a wilgotnością ziarna zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

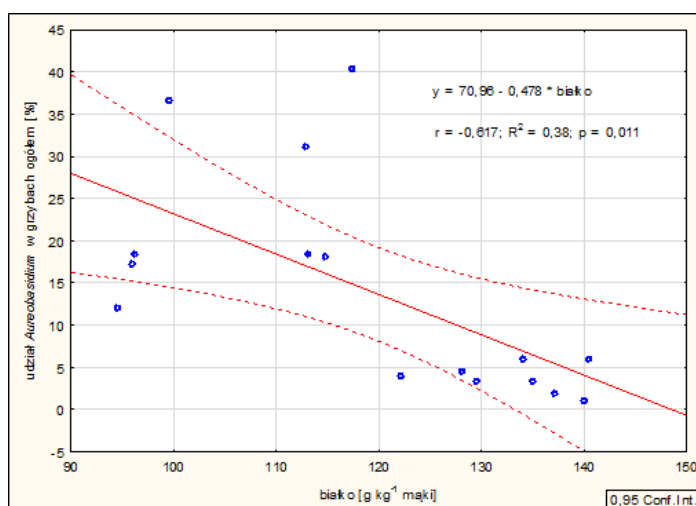
Udział *Epicoccum* w grzybach ogółem zależny był równocześnie od wilgotności badanego ziarna zbóż (Ryc. 95). Badania wykazały dobre dopasowanie modelu, gdzie zależność to opisuje 77% wszystkich przypadków. Interpretując uzyskane wartości współczynników można stwierdzić, że im większa wilgotność tym niższy udział *Epicoccum* w grzybach ogółem.

Ponadto stwierdzono pozytywną zależność pomiędzy udziałem *Epicoccum* w grzybach ogółem a zawartością białka w ziarnie zbóż (Ryc. 96), gdzie zależność ta opisuje 50% badanych przypadków. Interpretując uzyskane wartości współczynników można stwierdzić, że im wyższy poziom białka tym większy udział *Epicoccum* w grzybach. Prawdopodobnie zależność ta związana jest jednocześnie z zawartością wody w ziarnie i efektem koncentracji składników w nich występujących.



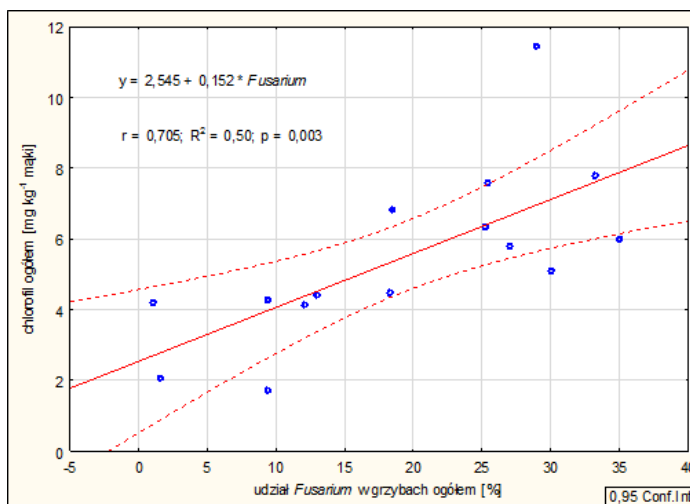
Ryc. 96. Zależność liniowa pomiędzy zawartością białka w ziarnie zbóż oraz udziałem *Epicoccum* w grzybach ogółem, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

Przeprowadzona analiza wykazała również zależność pomiędzy zawartością białka a udziałem *Aureobasidium* w grzybach ogółem (Ryc. 97). Zależność ta jest dosyć słaba, ponieważ równaniem tym opisane zostało 38% badanych przypadków. Interpretując uzyskane wartości współczynników można stwierdzić, że im większy poziom białka tym niższy udział *Aureobasidium* w grzybach ogółem.

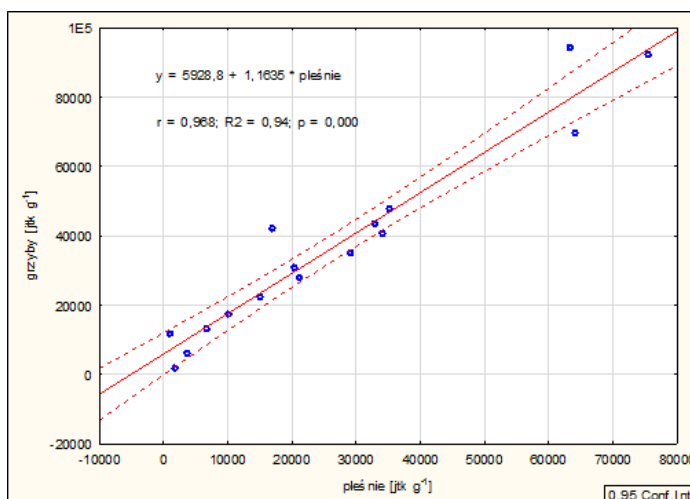


Ryc. 97. Zależność liniowa pomiędzy zawartością białka w ziarnie zbóż, a udziałem *Aureobasidium* w grzybach ogółem, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

Struktura rodzajów grzybów występujących w ziarnie badanych zbóż wywarła również wpływ na poziom chlorofilu w ziarnie (Ryc. 98). Analiza występujących zależności wykazała pozytywny wpływ zwiększonego procentowego udziału *Fusarium* w grzybach ogółem na zawartość chlorofilu ogółem, gdzie otrzymanym równaniem opisane zostało 50% przypadków.

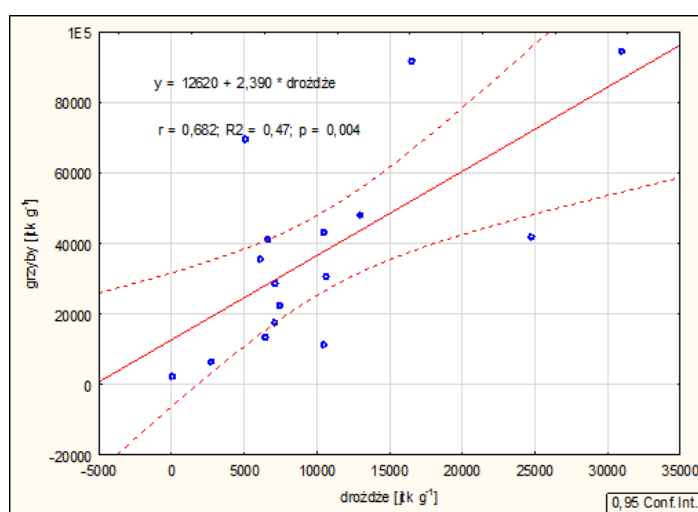


Ryc. 98. Zależność liniowa pomiędzy udziałem *Fusarium* w grzybach ogółem, a zawartością chlorofilu ogółem w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

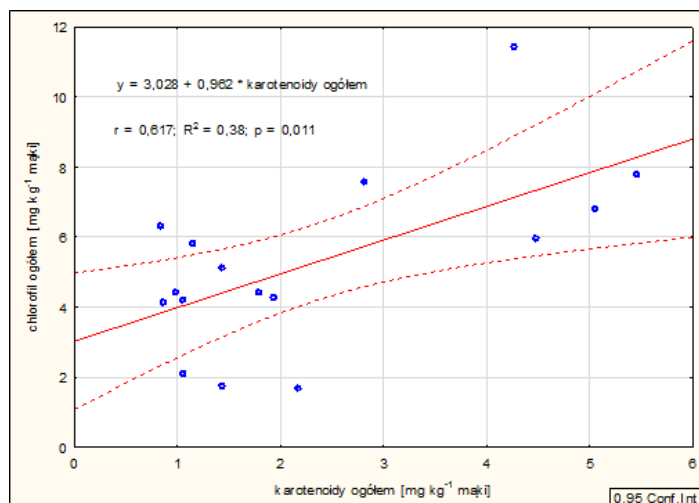


Ryc. 99. Zależność liniowa pomiędzy zawartością pleśni, a ilością grzybów występujących w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

Badając strukturę występujących grzybów w wybranym ziarnie zbóż stwierdzono znaczący pozytywny udział pleśni (Ryc. 99) jak i również nieco mniej istotny wpływ występujących w ziarnie kolonii drożdży (Ryc. 100). W przypadku pleśni wyznaczono wysoką korelację ($p = 0,001$) pomiędzy badanymi cechami, gdzie uzyskany model opisuje 94% badanej populacji. Im tym wyższy poziom grzybów. Rozpatrując wpływ udziału drożdży na strukturę mikroflory otrzymano raczej słabą korelację opisującą tylko 47% badanych przypadków, przy czym można stwierdzić, że im wyższy poziom pleśni tym wyższa zawartość mikroflory w ziarnie zbóż.

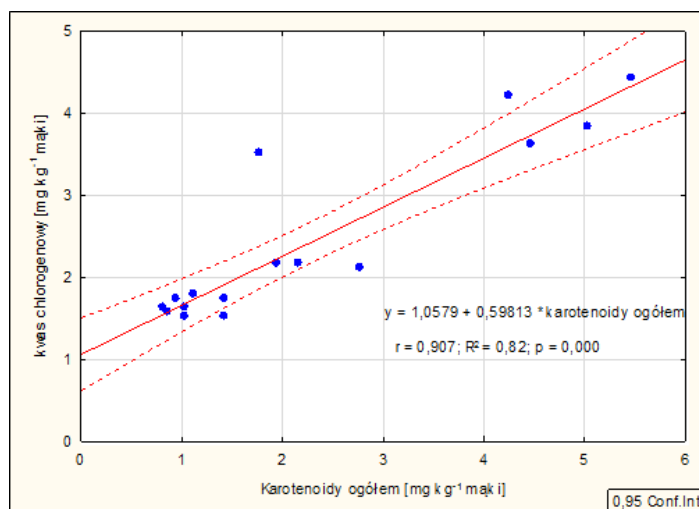


Ryc. 100. Zależność liniowa pomiędzy zawartością drożdży, a ilością grzybów występujących w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.



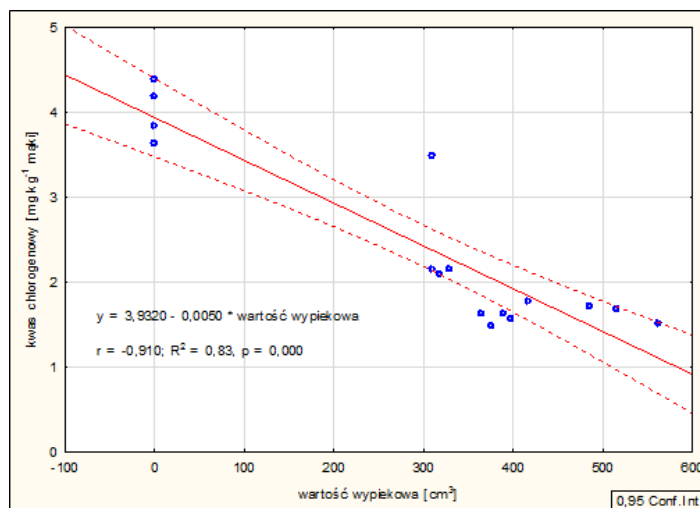
Ryc. 101. Zależność liniowa pomiędzy zawartością karotenoidów ogółem, a poziomem chlorofilu ogółem w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

Dalsze analizy wykazały pozytywną zależność pomiędzy poziomem chlorofilu ogółem a zawartością karotenoidów ogółem (Ryc. 101), przy czym zależność ta była raczej słaba, ponieważ dotyczyła 38% badanej populacji.



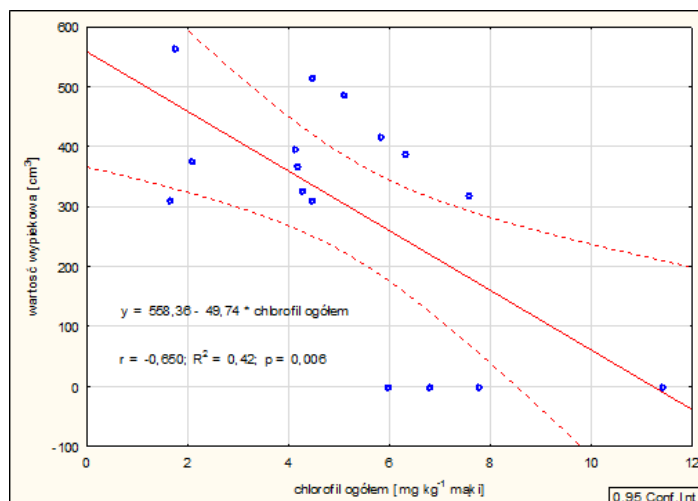
Ryc. 102. Zależność liniowa pomiędzy zawartością karotenoidów ogółem, a poziomem kwasu chlorogenowego w ziarnie zbóż niezależnie, od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

Ponadto zaobserwowano pozytywną korelację pomiędzy zawartością karotenoidów ogółem a poziomem kwasu chlorogenowego w ziarnie zbóż (Ryc. 102). Zależność ta okazała się dosyć silna, gdzie przy $p=0,001$ 82% badanych przypadków zostało opisane tą zależnością. Interpretując uzyskane wartości współczynników można stwierdzić, że im wyższy poziom karotenoidów tym większa zawartość kwasu chlorogenowego.



Ryc. 103. Zależność liniowa pomiędzy wartością wypiekową mąki, a zawartością kwasu chlorogenowego w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

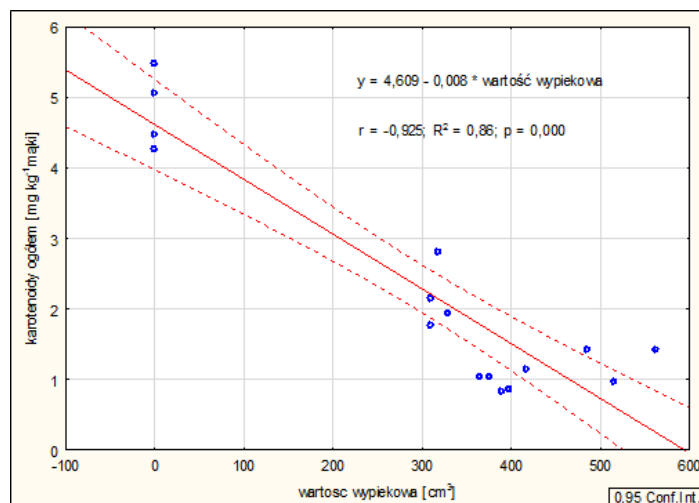
Zawartość kwasu chlorogenowego miała również istotny wpływ na ważną cechę mąki pozyskanej z ziarna badanych zbóż jaką jest wartość wypiekowa (Ryc. 103). W badaniach stwierdzono negatywną korelację pomiędzy tymi cechami, gdzie zależność ta okazała się dosyć silna ($p = 0,001$), opisując 83% badanej populacji. Interpretując uzyskane wartości współczynników można stwierdzić, że im większa wartość wypiekowa tym niższy poziom kwasu chlorogenowego.



Ryc. 104. Zależność liniowa pomiędzy zawartością chlorofilu ogółem w ziarnie zbóż, a wartością wypiekową mąki, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

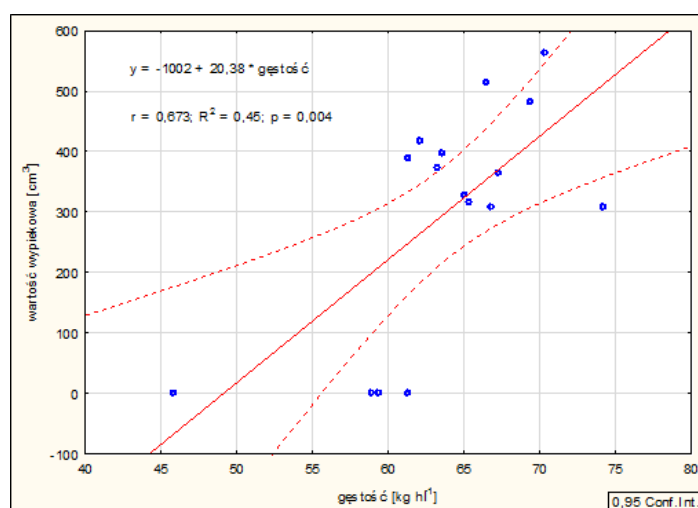
Dalsze badania wykazały negatywną zależność wartości wypiekowej mąki od zawartości chlorofilu w ziarnie zbóż (Ryc. 104). Zależność ta opisuje jednakże tylko 42% rozpatrywanych przypadków. Interpretując uzyskane wartości współczynników można stwierdzić, że im wyższy poziom chlorofilu tym niższa wartość wypiekowa.

Ponadto zaobserwowano zależność wartości wypiekowej mąki od poziomu karotenoidów w ziarnie zbóż (Ryc. 105). Zależność ta jest dosyć silna, gdzie przy $p = 0,001$ 86% badanej populacji została opisana otrzymanym równaniem regresji. Na podstawie analizy można stwierdzić, że im większa wartość wypiekowa tym niższy poziom karotenoidów.



Ryc. 105. Zależność liniowa pomiędzy wartością wypiekową mąki, a zawartością karotenoidów ogółem w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

Przeprowadzona analiza występujących korelacji pozwoliła stwierdzić występowanie zależności wartości wypiekowej mąki od gęstości uwzględnionego ziarna zbóż (Ryc. 106). Zależność ta jest stosunkowo słaba, gdzie przy $p = 0,01$ tylko 45% przypadków zostało opisane uzyskanym równaniem. Interpretując uzyskane wartości współczynników można stwierdzić, że im większa gęstość ziarna tym wyższa wartość wypiekowa mąki.



Ryc. 106. Zależność liniowa pomiędzy gęstością ziarna, a wartością wypiekową mąki z niego uzyskanej, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.

6. Dyskuzja Wyników

Odpowiednie przechowywanie zbóż jest zagadnieniem równie ważnym jak odpowiednia ich uprawa. Postęp w uprawie, nawożeniu i ochronie zboża, powoduje ciągły wzrost wielkości plonów. Równolegle z tym zagadnieniem rozwija się temat odpowiedniego przechowywania dużych ilości zbóż oraz utrzymania odpowiedniej ich jakości i czystości.

Powyższe badania polegały na ocenie czterech gatunków zbóż: pszenicy, pszenżyta, jęczmienia oraz żyta pod względem ich cech jakościowych (ilości zanieczyszczeń, wilgotności, zawartości białka), technologicznych (liczby opadania, gęstości, zawartości glutenu, sedymentacji oraz wartości wypiekowej) oraz prozdrowotnych (pojemności antyoksydacyjnej FRAP, zawartości związków fenolowych ogółem, zawartości kwasu chlorogenowego, zawartości chlorofilu a i b oraz karotenoidów i wit. C). Zbadano również zawartość mikotoksyny DON oraz grzybów, pleśni i drożdży w okresie ich przechowywania, od momentu złożenia w silosie do trzech miesięcy składowania. Jest to okres newralgiczny dla zbóż nazywany dojrzewaniem późniwym.

Zanieczyszczenia ziarnowe oznaczają ziarna pomarszczone oraz ziarna innych zbóż, które są uszkodzone przez szkodniki, z przebarwionym zarodkiem (jedynie w przypadku zawartości >8 %) i ziarna, które są przegrzane w trakcie suszenia. Różnorodne zanieczyszczenia oznaczają obce nasiona oraz ziarna uszkodzone (w tym ziarna, które są porażone fuzariozą), ciała obce oraz plewy, sporysz, a także ziarna zbutwiałe i zanieczyszczenia pochodzenia zwierzęcego.

Na podstawie badań własnych można stwierdzić, iż zarówno gatunek badanego zboża jak i rok badań istotnie wpływał na ilość zanieczyszczeń znajdujących się w próbach pobranych do badań. W pierwszym roku badań największą ilość zanieczyszczeń zawierał jęczmień i był to poziom 14,12 %, natomiast najmniejszą ilość zanieczyszczeń zawierała pszenica na poziomie 3,19%. W poszczególnych okresach poziom tych zanieczyszczeń dla pszenicy wahał się w przedziale 2 – 3%. W przypadku pszenżyta oraz żyta sytuacja była bardzo wyrównana w okresie badanego czasu przechowywania, zawartość zanieczyszczeń dochodziła maksymalnie do 5 %.

Pogoda w okresie wegetacji w sezonie 2009/2010 zapewne nie pozostaje bez wpływu na ilość zanieczyszczeń zbóż. W okresie wegetacji i dojrzewania ziarna, od kwietnia do lipca, średnia temperatura utrzymywała się mniej więcej na tym samym poziomie, co średnia temperatura w tych miesiącach z ostatniego stulecia. Jedynie maj był nieco chłodniejszy (81,6% normy wieloletniej), a lipiec cieplejszy (117,63% normy stuletniej). W maju

odnotowano też znacznie większą sumę opadów w porównaniu do średniej w ostatnim stuleciu. Suma opadów była prawie 4 razy większa (249,1% normy). Tak duża ilość opadów w tym okresie, bezsprzecznie wpłynęła na rozwój chwastów. Dodatkowo niska temperatura i wysoka wilgotność w maju nie sprzyjały wegetacji zbóż. W wyniku dużej wilgotności i napływu chłodnych mas powietrza, tempo wzrostu i rozwoju roślin uległo przejściowemu spowolnieniu oraz wystąpił nadmiar wody na polach. W czerwcu suma opadów była prawie trzykrotnie mniejsza (36,3% normy) niż średnia opadów w tym miesiącu w ostatnim stuleciu, ale po majowych deszczach nie wpłynęło to negatywnie na wegetację, ponieważ stopień uwilgotnienia gleby utrzymywał się na poziomie zabezpieczającym potrzeby wodne roślin. W lipcu suma opadów była znacznie mniejsza (77,1%) od średniej sumy opadów z ostatnich 100 lat. Panujące w lipcu warunki agrometeorologiczne, sprzyjały szybkiemu dojrzewaniu zbóż ozimych. Niepokojąca sytuacja wystąpiła w przypadku jęczmienia, w którym ilość zanieczyszczeń w ostatnim badanym okresie, czyli po 90 dniach przechowywania, znacząco wzrosła do ponad 27%. Może to świadczyć o różnorodności zebranego do silosu jęczmienia, ponieważ niekorzystna pogoda pogorszyła warunki zbioru oraz przyczyniła się do opóźnienia żniw jęczmienia i zwiększenia wilgotności ziarna zbieranych zbóż. Wilgotność jęczmienia złożonego w silosie, była na najwyższym poziomie w porównaniu do innych badanych zbóż. Dlatego też z miesiąca na miesiąc zwiększała się ilość zanieczyszczeń. Jako pierwszy, czyli 12 sierpnia zakończono zbiór pszenicy, do 18 sierpnia pszenżyta, do 23 żyta, a do 27 sierpnia jęczmienia. Średnia dobową temperatura w sierpniu wynosiła 18,16 °C i nie sprzyjała ona pierwszym dniom przechowywania. Za optymalną temperaturę przechowywania ziarna uważa się temperaturę otoczenia poniżej 18°C. Szczególnie wrażliwy na wyższą temperaturę przechowywania jest jęczmień. Kolejne 30 dni przechowywania (wrzesień) również charakteryzowały się znacznie wyższymi opadami (191,7% normy stuletniej). Opady we wrześniu były jeszcze bardziej intensywne niż w sierpniu. Temperatura we wrześniu była niewiele niższa od średniej temperatury z ostatnich 100 lat. Warunki pogodowe w październiku i listopadzie były znacznie korzystniejsze do przechowywania ziarna niż warunki w dniach złożenia ziarna do silosu i w pierwszym miesiącu przechowywania. Duża wilgotność powietrza w sierpniu, wrześniu i listopadzie nie sprzyjała przewietrzaniu ziarna w silosach. Świadczy o tym duża ilość zanieczyszczeń między innymi jęczmienia, który późno schodził z pola oraz jego intensywny wzrost zanieczyszczeń zwłaszcza po trzech miesiącach przechowywania.

Z kolei w drugim roku badań największą ilość zanieczyszczeń posiadało pszenżyto na poziomie 21,05%. Pierwsza próba i dwie kolejne były na podobnym poziomie, a po 90 dniach

przechowywania poziom wyniósł 12,6 % i jest najniższy. Podobnie dzieje się w przypadku żyta, gdzie newralgicznym dniem jest 60 dzień składowania zboża, z niewielkim, kilkuprocentowym, ale zauważalnym wahaniami poziomu zanieczyszczeń. Badania ukazały, że ilość zanieczyszczeń w pszenicy i jęczmieniu od pierwszego dnia magazynowania do sześćdziesiątego dnia maleje, po czym po dziewięćdziesięciu dniach poziom zanieczyszczeń znacznie wzrasta. W tym czasie obniża się też dość znacznie temperatura otoczenia silosu, ale i suma opadów jest bardzo niska.

W trzecim roku badań poziom zanieczyszczeń wszystkich zbóż był do siebie zbliżony, poza pszenicą, które podobnie jak w drugim roku badań posiadało największą liczbę zanieczyszczeń ($4,63\% \pm 0,67$). Najmniejszą średnią z całego okresu przechowywania posiadała pszenica na poziomie 3,11%. Zbliżone do pszenicy było żyto i jęczmień z poziomami odpowiednio $3,41\% \pm 0,58$ oraz $3,72\% \pm 0,34$. Pogoda w tym roku sprzyjała wegetacji zbóż. Utrudnienia wystąpiły przed samym zbiorem i w trakcie żniw, w postaci opadów deszczu (141,25% normy). Średnie wyliczenia dla czasu składowania ziarna, wykazały niewielkie zmniejszenie się zanieczyszczeń po dziewięćdziesięciu dniach przechowywania. W tym okresie przechowywania, opady deszczu były powyżej średniej, jednak utrzymywała się stosunkowo wysoka temperatura, co mogło pozytywnie wpływać na przewietrzanie ziarna.

W poszczególnych zbożach zbadano również ilość zanieczyszczeń nieżytecznych. Parametr ten jest ważniejszy od zanieczyszczeń badanych wcześniej, ponieważ duża zawartość zanieczyszczeń nieżytecznych może dyskwalifikować towar do dalszego użytku. Ziarna porośnięte, spleśniałe czy porażone szkodnikami, obniżają wartość przechowywanego towaru lub też powodują zmianę jego przeznaczenia albo całkowitą jego eliminację. Przeprowadzona analiza statystyczna, wykazała tylko istotność wpływu badanego gatunku zboża na ilość zanieczyszczeń nieżytecznych. Ilość zanieczyszczeń nieżytecznych nie była duża. Największą ich ilość posiadało pszenżyto. Średnia z całego badanego okresu utrzymywała się na poziomie 1,38%. Najmniej zanieczyszczeń nieżytecznych zawierała pszenica (0,80%). Procentowa zawartość zanieczyszczeń nieżytecznych dla pszenicy i żyta rosła w ciągu okresu przechowywania. W przypadku pszenżyta osiągnęła maksimum w ilości $1,83\% \pm 1,42$ po trzydziestu dniach przechowywania, po czym zaczęła spadać. Pobrane próbki jęczmienia wykazały natomiast znaczne wahania. W dniu złożenia ziarna do silosu poziom zanieczyszczeń wyniósł $1,45\% \pm 0,43$, aby obniżyć się do $1,2\% \pm 0,40$ po trzech miesiącach składowania. Doniesienia w literaturze wskazują, że dysponując nawet prymitywnym sprzętem, można oczyścić z zanieczyszczeń ziarno zbóż oraz zmniejszyć jego

wilgotność. Analizując wyposażenie gospodarstw rolnych, trudno jest mówić o zaawansowanym jakościowo sprzęcie oraz bezpiecznym przechowywaniu ziarna zbóż. Choć kwestia dosprzętowania gospodarstw rolnych z roku na rok zmienia się. Konieczne są inwestycje w nowoczesne oraz wysokowydajne czyszczalnie. Grudnik (2009) dokonał przeglądu sprzętu służącego do wstępnego oczyszczania ziarna zbóż, aż do złożonych, bardzo precyzyjnych czyszczalni, których wydajność wyniosła 10 – 160 ton na godzinę. W dzisiejszych czasach w celu określenia poziomu skażenia ziarna zbóż mikotoksynami, można wykorzystać analizę komputerową obrazu przy pomocy aplikacji komputerowej (Borusewicz, 2003). Stosując tę samą metodę, można określić jakie jest procentowe zanieczyszczenie zbóż oraz rzepaku (Szwedziak, 2007; Tukiendorf i in. 2008). Skarmianie ziarna zbóż, które są mocno zanieczyszczone nasionami chwastów jest niebezpieczne dla zdrowia zwierząt. Często, aby oddzielić nasiona od chwastów, należy użyć czyszczalni złożonej. Znane są chwasty, które mogą zagrażać zdrowiu, a także życiu zwierząt, m.in.: przytulia czepna oraz gorczyca polna, kąkol polny, a także komosa biała, poziewniki, rzodkiew świrzepa i życica roczna. Powodują one schorzenia, które dość trudno zdiagnozować, gdyż nasiona te nie powinny znajdować się w paszy. Krowy mleczne są bardzo wrażliwe na obecność nasion przytulii czepnej, która powoduje ciężkie uszkodzenia wątroby i ścinanie się mleka. W trakcie całych badań tylko dwukrotnie przekroczono średnie zawartości zanieczyszczeń ustalone w Załączniku I do Rozporządzenia Komisji (UE) nr 1272/2009 z dnia 11 grudnia 2009 roku (z późn. zm.). W pierwszym roku badań w przypadku jęczmienia oraz pszenżyta w drugim roku badań. Poziom zawartości substancji skażających nie może przekraczać dopuszczalnych poziomów tj. 12% ustanowionych przez prawodawstwo Unii Europejskiej.

Następny badany parametr to wilgotność przechowywanych zbóż. W tym przypadku rok prowadzenia badań okazał się nieistotny, istotny okazał się rodzaj badanego zboża oraz czas przechowywania. Największą wilgotnością odznaczało się ziarno pszenżyta 13,03%, a najmniejszą wilgotnością ziarno pszenicy 11,74%. Wilgotność zbóż czy jej odwrotność, czyli zawartość suchej masy, często są podstawowym parametrem decydującym o jakości przechowywanego surowca oraz długości okresu przechowywania. W opisywanym przypadku najwyższa wilgotność mieści się w granicach dopuszczalnej, bezpiecznej normy przyjętej na poziomie 14%. Badane ziarna wykazywały najwyższą wilgotność po trzech miesiącach przechowywania, a najniższą w okresie złożenia do silosu. Operując parametrem wilgotności ziarna, mówimy o średniej wilgotności zebranej masy ziarna, przy czym należy pamiętać, że ziarno zebrane kombajnem zbożowym charakteryzuje się istotną różnicą

wilgotności poszczególnych ziaren w stosunku do średniej wilgotności, co może mieć wpływ na trwałość i jakość ziarna podczas jego przechowywania. Stwierdzono, że bezpośrednio po zbiorze średnia wilgotność ziarna osiągała 15%, natomiast poszczególne ziarna miały wilgotność 10 – 12%, ale były także te o wilgotności 40-50% (Janowicz, 2005). Nierównomierność wilgotności ziarna, może stać się przyczyną powstawania procesów samozagrzewania się przy średniej wilgotności ziarna z zakresów uważanych za bezpieczne. Pszenżyto jare jest zbożem, które późno dojrzewa i jest podatne na porastanie ziarna, dlatego zbiór trzeba wykonać zaraz po osiągnięciu przez ziarno dojrzałości pełnej. Zebrane ziarno, aby mogło być przechowywane musi mieć odpowiednio niską wilgotność, która nie przekracza 14%. Niepokojącym objawem jest wzrost wilgotności wraz z okresem przechowywania bez względu na gatunek zboża (zmniejszanie się suchej masy wraz z okresem przechowywania). Wzrost wilgotności w trakcie przechowywania nie był jednak duży około 1,5 %. Przyczyną takiego zjawiska mogą być procesy biochemiczne, ale również może to oznaczać zły stan silosów (nieszczelność), wpływ warunków atmosferycznych na wilgotność zbóż lub rozwój szkodników. Jak wskazują badania, w 60-tym dniu przechowywania nastąpił również nagły wzrost ilości grzybów i pleśni. Zapewne nie bez znaczenia są warunki pogodowe zarówno w okresie żniw, jak i w okresie przechowywania. Według Sypuły i Dadrzyńskiej (2008), nieznaczny wzrost wilgotności podczas przechowywania, może być spowodowany spadkiem temperatury powietrza i wzrostem jego wilgotności, co jest zjawiskiem naturalnym w okresie jesiennym. Faktem jest, że w całym okresie badań warunki pogodowe były zmienne. Inną przyczyną takiego stanu rzeczy może być sytuacja opisana przez literaturę w sposób następujący: "zwiększanie gabarytów silosów, a także długi czas jego przechowywania powodują wyraźne obciążenia dolnych warstw ziarna. Stalowe silosy osiągają wysokość kilkunastu metrów oraz pozwalają na to, aby przechowywać kilkadziesiąt ton ziarna. Zjawiska samo sortowania oraz wzrostu ciśnienia słupa ziarna w czasie napelniania zbiorników skutkują zagęszczeniem masy ziarnowej, zmianą właściwości trybologicznych, co prowadzi do obniżenia zdolności materiału, do odzyskiwania pierwotnego kształtu po tym jak usunięte zostaną obciążenia" (Frączek i in., 2005). Decydujący wpływ na opór przepływającego powietrza mają przestrzenie międzyziarnowe. Gdy materiał wykazuje dużą gęstość, opory przepływu powietrza mogą wzrosnąć kilkakrotnie. Z analizy piśmiennictwa wynika, że zachowanie się masy ziarnowej pod wpływem dużych obciążeń w czasie długotrwałego przechowywania w silosach, jest poznane w niewystarczający sposób, ale może być przyczyną wzrostu wilgotności w okresie przechowywania (Janowicz, 2011). Duża wilgotność ziarniaków powoduje, że są one podatne

na odkształcenia plastyczne (Szyszło i Bochat, 2013). Może to spowodować powstawanie uszkodzeń wewnętrznych oraz mikrouszkodzeń w okrywie owocowo-nasiennej. Gdy jest niska wilgotność ziarniaki są kruche oraz mogą pojawiać się makro uszkodzenia w strukturach zewnętrznych.

W przypadku badania zawartości białka, które jest podstawowym wyróżnikiem charakteryzującym wartość wypiekową ziarna, istotny okazał się wpływ rodzaju badanego zboża. Białko składa się z wielu frakcji, z których w piekarnictwie najważniejsze są gliadyny i gluteniny tworzące gluten. Najwyższą zawartość białka, z pominięciem okresu przechowywania, podobnie jak w przypadku suchej masy posiadała pszenica średnio 13,81%, następnie jęczmień 12,84%, pszenżyto 11,46% oraz żyto 9,65%. Bez względu na długość okresu przechowywania zboża, zawartość białka nie uległa znaczącej zmianie, podobnie jak w badaniach Sypuły i Dadrzyńskiej (2008). Knapowski i in. (2015) badając białko kilku gatunków pszenicy ozimej, stwierdził istotny wpływ czynnika odmianowego na wydajność glutenu i zawartość białka, ale także niższe, w porównaniu do możliwości potencjału wg Listy Rejestracji, wartości tych cech uzyskane w praktyce rolniczej. Zdaniem Murawskiej i in. (2014), którzy badali odmiany ziarna pszenic ozimych polskich i brytyjskich, najniższą zawartość białka posiadały polska 'Bogatka' oraz angielskie 'Alchemy' i 'Oakley', dlatego nie kwalifikują się do odmian pszenic chlebowych.

W przypadku zawartości glutenu oraz sedimentacji, badania te były wykonane wyłącznie dla ziarna pszenicy. Poziomy tego czynnika w innych badanych zbożach były zbyt niskie by je analizować. Zawartość glutenu decyduje o przydatności mąki do wypieku. Piekarnicze wykorzystanie, pszenica zawdzięcza specyficznym właściwościom białek, które znajdują się w bielmie ziarniaków (Sitek, 2012). Wspomniane białka posiadają zdolność formowania glutenu w formie błon lekko sprężystych, utrzymujących właściwą konsystencję oraz strukturę wyrobionego ciasta w czasie jego fermentacji i wypieku, doprowadzając do wytworzenia gąbczastej tekstury miękkiszu chleba. Pod względem zawartości glutenu mokrego, do pierwszej klasy kwalifikuje się tylko polska odmiana 'Batuta', co wykazały badania Murawskiej i in. (2014). Najniższą ilością glutenu charakteryzowały się odmiany brytyjskie, które zaliczono do klasy II. Lepszym surowcem do produkcji mąki przeznaczonej do wyrobu chleba jest ten, który posiada niższą rozplywalność. Gluten zapewnia pieczywu porowatą strukturę i sprężystość. Ocena glutenu jest podstawową i wstępną czynnością w badaniu mąki. Jego właściwości, takie jak ciągliwość, sprężystość i odporność na rozplywanie warunkują właściwości ciasta. Zła jakość glutenu obniża zdolność zatrzymywania gazów przez ciasto lub powoduje ich nierówne rozmieszczenie. W rezultacie

pieczywo ma zakalec lub brzydki i suchy miękisz o dużych nieregularnych pęcherzach. Drugą ważną cechą glutenu jest jego wysoka wodorochłonność, wpływająca korzystnie na wydajność ciasta oraz chleba. Głównym sposobem określania wartości wypiekowej ziarna pszenicy, a więc jego przydatności do produkcji chleba, jest zbadanie właściwości fizycznych glutenu wyizolowanego za pomocą procesu wymywania. Może ono dostarczyć wielu użytecznych informacji, które dotyczą zarówno wodorochłonności oraz właściwości reologicznych testowanego glutenu. W praktyce jednak ocena jakościowa zawężona zostaje zazwyczaj do pomiaru rozpułchalności albo indeksu glutenu, zaś oznaczenia wodorochłonności z powodu braku znormalizowanych metod nie są zazwyczaj wykonywane (Sobczyk i Kaszuba, 2015). W przedstawionych badaniach ilość glutenu zmieniała się wraz z czasem przechowywania. Od momentu składowania systematycznie wzrastała i na początku wynosiła średnio 293,61 g k⁻¹, po 30 dniach składowania 315,33 g k⁻¹. Następnie po 60 dniach przechowywania delikatnie się obniżyła do 302,67 g k⁻¹, by po trzech miesiącach składowania wzrosnąć do 336,33 g k⁻¹. Przeprowadzone badania Murawskiej i in. (2014) wykazały zależność uzyskanych wyników z czynnikami genetycznymi i odmianowymi.

Jednym z popularnych wyróżników mąki pszennej (po za ilością i jakością glutenu) określających w przybliżeniu wartość wypiekową mąki otrzymanej z ziarna pszenicy jest oznaczanie wskaźnika sedymentacji. Wskaźnik sedymentacji Zeleny`ego stosuje się do oceny ilościowo – jakościowej glutenu. Jego wielkość zależy od ilości białek glutenowych i ich zdolności do pęcznienia. Odmiany jakościowe przy mniejszej zawartości białka mogą mieć wysoki wskaźnik sedymentacji. U odmian paszowych ziarno musi zawierać dużo białka, aby wskaźnik sedymentacji był relatywnie wysoki. (Piłat, 2014). W tym badaniu istotny okazał się wpływ samej pszenicy. Najniższy wskaźnik sedymentacji podobnie jak zawartość glutenu wynosił na początku składowania 32 cm³, najwyższy natomiast po 90-ciu dniach składowania i równał się 38,67 cm³. Sedymentacja po okresie 30 dni przechowywania wynosiła 37,33 cm³, a po sześćdziesięciu dniach spadła do 34,67 cm³. W testach sedymentacji według Knapowskiego i in. (2015) wartość tego wyróżnika ponad 30 cm³ świadczy o dobrej zdolności wypiekowej. Wartość koncentracji białka poniżej 115 g·kg⁻¹, oznacza gorszą jakość wypieku. Korzystniejsza sytuacja jest wtedy gdy, poziom białka wynosi powyżej tej wartości, a najlepiej jeśli ilość białka wynosi 140 kg⁻¹, a wartości liczby sedymentacji ponad 40 cm³.

Oznaczenie liczby opadania przeprowadzono dla pszenicy i żyta. Knapowski i in. (2015) badali liczbę opadania pszenicy ozimej. Średnie jej wartości mieściły się w granicach 274 s do 427 s. Wyniki te pozwoliły stwierdzić, że wybór odmiany pszenicy ma istotny wpływ na wartość wypiekową. Badania Murawskiej i in. (2014) pozwalają na ocenę liczby

opadania dwóch odmian pszenic ozimych: polskiej i brytyjskiej. Polska odmiana 'Batuta' wykazała się najwyższą liczbą opadania (463 s), a brytyjska odmiana była 'Oakley' była niższa o 27,8% spośród pozostałych.

Liczba opadania badanych zbóż przekraczała wartość 250 s tylko w jednym przypadku, a wartość 220 s w dwóch. Zdecydowana większość, bo aż 14 badanych próbek pszenicy posiadało liczbę opadania niższą niż 150 s. Wskazuje to na bardzo wysoki poziom aktywności enzymu α -amylazy w ziarnie pszenicy, pochodzącej ze zbiorów w 2011 r. w porównaniu do roku ubiegłego. Główny wpływ miały obfite opady deszczu, które wystąpiły w omawianym województwie w okresie dojrzewania ziarna pszenicy i spowodowały porastanie ziarna w kłosach. Minimalna liczba opadania wymagana w skupie na cele młynarskie wynosi 220 s.

Interpretacja liczby opadania mąki żytniej według ZBPP (Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego, 2012) w Bydgoszczy:

- poniżej 70s – mąka nie nadaje się do bezpośredniego wypieku. W małych ilościach można dodawać do mieszanki,
- 75s-100s – mąka nadaje się do sporządzania mieszanek,
- 125s-200s – odpowiednia do wypieku,
- powyżej 250s - mąka nie nadaje się do bezpośredniego wypieku pieczywa o wysokim stopniu ukwaszenia. Należy ją stosować do produkcji pszenno – żytniej bądź mieszanek.

Dla porównania, do mąki żytniej według powyższego Zakładu Badawczego Przemysłu Piekarskiego w Bydgoszczy, przedstawiono liczbę opadania mąki pszennej: czas opadania mąki wynoszący poniżej 80 s charakteryzuje się największą aktywnością α -amylazy, co czyni ją niezdolną do wypieków. Mąka pszenna, z której można sporządzić mieszanki, cechuje się liczbą opadania w przedziale 90-150 s. W mące tej występuje wysoka aktywność α -amylazy. Odpowiednim surowcem do wypieku jest mąka o liczbie opadania od 170 do 200 s. Posiada ona średnią aktywność α -amylazy. Mąka, której liczba opadania wynosi powyżej 300 s ma niską aktywność α -amylazy. Podczas analizy badawczej Zakładu Przemysłu Piekarskiego w Bydgoszczy określono następujący wniosek: im niższy czas liczby opadania, tym wyższa wartość wypiekowa.

Wartość wypiekowa mąki jest to wskaźnik określający odchylenie od ustalonego wzorca. Na pojęcie wartości wypiekowej mąki żytniej składa się: zdolność ciasta do wytwarzania gazów, która zależy od ilości cukrów fermentujących, czyli rozkładających się na dwutlenek węgla i kwasy organiczne, głównie kwas mlekowy i alkohol oraz zdolność ciasta do zatrzymywania gazów, która zależy od jakości skrobi zawartej w mące (Brandt,

2015, Brejwo, 2004). Badania wykazały, że rok prowadzonych badań, a co za tym idzie jakość zbóż w poszczególnych latach był istotny oraz, że wystąpiła interakcja między gatunkiem zboża i przechowywaniem. Największą wartością wypiekową charakteryzowało się badane ziarno pszenicy osiągając poziom 482 cm^3 , natomiast ziarno żyta 316 cm^3 pomimo, iż wypieki z pszenżyta nie są zbyt popularne, zboże to miało wartość wypiekową na poziomie 394 cm^3 , a więc wyższą niż żyto. Czas przechowywania nie wpływał znacząco na wartość wypiekową badanych zbóż, a jedynie rok zbioru i gatunek zboża. Warunki pogodowe w poszczególnych latach, ilość słońca lub deszczu w okresie dojrzewania determinowały ten parametr.

Liczba opadania zbóż i jego przetworów jest miernikiem aktywności enzymu alfa amylazy, która w ziarnach prawidłowo dojrzałych i zebranych w suchych warunkach występuje w niewielkich ilościach. W warunkach podwyższonej wilgotności zbóż powyżej 15%, szczególnie przy zbiorach w niesprzyjających warunkach atmosferycznych, występuje uaktywnienie alfa amylazy, powodującej groźne w skutkach uszkodzenie skrobi. Ciasto z takich mąk nabiera niekorzystnych właściwości fizykochemicznych, nie gwarantujących otrzymanie dobrego pieczywa. Podczas badania liczby opadania, analiza wariancji wykazała istotność rodzaju badanego zboża oraz okresu jego przechowywania, a także interakcji tych czynników. Liczba opadania dla pszenicy wynosiła średnio 179s natomiast dla żyta 94,25 s, co zgodnie z interpretacją ZBPP świadczy o dobrej jakości mąki żytniej. Wysoka gęstość ziarna pszenicy (pow. 76 kg hl^{-1}) wskazuje na dobre wypełnienie i wyrównanie ziarna, a to rokuje duży potencjał mąki.

Analiza wariancji gęstości badanych prób, wykazała istotność roku prowadzenia doświadczenia oraz gatunku zboża, a także interakcji gatunku zboża i czasu przechowywania. Niestety badana pszenica w pierwszym roku, odznaczała się ze stosunkowo niskim poziomem gęstości, średnio $67,6 \text{ kg hl}^{-1}$. Wyższy średni poziom uzyskało żyto, tj. $69,95 \text{ kg hl}^{-1}$, a stosunkowo wysoki poziom gęstości miało również pszenżyto w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia na poziomie 62 kg hl^{-1} . Najwyższą wartość jaką osiągnęło żyto wynosiło wtedy $89 \pm 1,7 \text{ kg hl}^{-1}$. Najniższy średni wynik uzyskał jęczmień z wartością $43,25 \text{ kg hl}^{-1}$, a po trzech miesiącach składowania wyniósł tylko $11,2 \text{ kg hl}^{-1}$. Wszystkie zboża z pominięciem jego rodzaju, uzyskały podczas składowania najwyższą gęstość po miesiącu przechowywania. W drugim i trzecim roku badań największą gęstość miało ziarno pszenicy, kolejno $67,6 \text{ kg hl}^{-1}$ oraz $69,93 \text{ kg hl}^{-1}$, a także żyta $66,95 \text{ kg hl}^{-1}$ oraz $66,5 \text{ kg hl}^{-1}$. Inne zboża miały zdecydowanie niższą gęstość: pszenżyto $60,90 \text{ kg hl}^{-1}$ i $64,80 \text{ kg hl}^{-1}$. Najmniejszą gęstością charakteryzował się jęczmień $61,75$ oraz $63,90 \text{ kg hl}^{-1}$. Gęstość ziarna w stanie

zsywnym (ciężar właściwy) świadczy o dorodności ziarna, czyli o masie 1 000 nasion. Im wyższa gęstość, tym lepsza przydatność do przemiału (większa wydajność mąki) (Trawczyńska, 2009).

Przeprowadzono również badania pojemności antyoksydacyjnej (FRAP). W tym przypadku istotny okazał się rok prowadzenia doświadczenia oraz gatunek badanego zboża i czas jego przechowywania. Największe różnice pomiędzy pojemnością antyoksydacyjną FRAP w czterech opisywanych odmianach zbóż są widoczne w pierwszym roku prowadzonych doświadczeń. Największą pojemnością antyoksydacyjną odznaczało się żyto ($11,82 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$), najmniejszą zaś pszenica ($5,8 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$). Żyto odznaczało się największą wartością FRAP w momencie złożenia do silosu, co wskazuje na największą zawartość substancji o charakterze antyoksydacyjnym. Poziom ten wynosił $14,89 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$. W kolejnych latach średni poziom pojemności antyoksydacyjnej utrzymuje się na tym samym poziomie, wynoszącym około $7,20 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ dla drugiego roku prowadzonych doświadczeń i $5,81 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ w trzecim. W przypadku żyta i pszenżyta w pierwszym roku badań, wraz z okresem przechowywania, pojemność antyoksydacyjna zmniejszała się sukcesywnie. Taka sama tendencja miała miejsce w innych latach prowadzenia doświadczeń u pszenżyta. Pojemność antyoksydacyjna ziarna żyta w drugim i trzecim roku badań wahała się tylko nieznacznie. W pszenicy tylko w drugim roku badań pojemność antyoksydacyjna (wyłącznie po 60 i 90 dniach przechowywania) nie różniła się istotnie od wartości pozostałych zbóż. W trzecim roku badań największą średnią pojemność antyoksydacyjną uzyskało ziarno pszenżyta ($6,43 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$) i w trakcie przechowywania wartość ta sukcesywnie ulegała obniżeniu. Tendencja ta występowała zarówno w pierwszym jak i drugim roku badań. Ponadto pszenica odznaczała się najmniejszą wartością FRAP przez cały okres badania. W ostatnim roku badań pojemność antyoksydacyjna osiągnęła wartość $5,08 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$, a najniższy jej poziom wystąpił po sześćdziesięciu dniach przechowywania. W przypadku ziarna pszenżyta i żyta podczas wszystkich lat badań, stwierdzono podobny spadek wartości FRAP podczas przechowywania. Warto dodać, że pojemność antyoksydacyjna FRAP w ziarnie jęczmienia znajdowała się na podobnym poziomie jak w ziarnie żyta. W badaniach Zielińskiej i Kozłowskiej (2000), jęczmień spośród trzech gatunków badanych zbóż (jęczmienia, pszenicy i żyta) osiąga największą pojemność antyoksydacyjną, co jednak nie zostało potwierdzone w badaniach własnych. Pozostałe zboża nie różniły się między sobą istotnie. Badania tego czynnika prowadziła również Gumul (2010) dla trzech odmian żyta, gdzie jego wartość osiągnęły poziom $10,9\text{-}11,98 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ masy ziarna.

Rok prowadzonych badań i gatunek zboża, a także czas przechowywania istotnie wpływał na badania zawartości związków fenolowych. W pierwszym roku badań zawartość tych związków we wszystkich badanych gatunkach jest dość wyrównana (pszenica $1120 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pszenżyto $1116 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, żyto $1177,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz jęczmień $1261 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Jednakże największą zawartość związków fenolowych zaobserwowano w ziarnie jęczmienia. Nieco niższą koncentrację stwierdzono w życie, najmniej zaś w pszenicy i pszenżycie, pomiędzy którymi nie stwierdzono istotnych różnic. W przypadku czasu przechowywania, w momencie składowania, najmniej omawianych związków stwierdzono w ziarnie żyta, bo tylko $996,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a najwięcej w ziarnie pszenżyta - $1219,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Badania wykazały, iż w pierwszym roku magazynowania podczas złożenia do silosu, ziarno pszenicy i pszenżyta, charakteryzowało się wysokim poziomem związków fenolowych. Podczas dłuższego przechowywania, powyżej miesiąca związki te podlegały znacznym wahaniom. W przypadku ziarna żyta stwierdzono przeciwną tendencję. Poziom związków fenolowych stopniowo rósł do 60 dnia przechowywania, by ulec lekkiemu obniżeniu do końca przechowywania. Z kolei ziarno jęczmienia wykazywało najwyższą ich ilość po dwóch miesiącach składowania, a najniższą po miesięcznym okresie przechowywania. W drugim i trzecim roku badań relacje te zmieniły się znacznie i największą zawartość polifenoli zawierało ziarno pszenżyta. Czas przechowywania zbóż różnicowanie wpływał na zawartość związków fenolowych, a mianowicie dla ziarna pszenicy i pszenżyta po dwóch miesiącach przechowywania, wartość ta uległa obniżeniu i utrzymywała się na tym poziomie do końca składowania. W przypadku ziarna żyta i jęczmienia zaobserwowano odwrotną sytuację. Zawartość związków fenolowych najpierw wzrosła, a od sześćdziesiątego dnia przechowywania utrzymywała się na wyrównanym poziomie. Według dostępnej literatury całkowita zawartość polifenoli zależy od genotypu zboża. Zbliżony poziom polifenoli uzyskali Vaher i in. w 2010 w swoich badaniach mąki pszennej, gdzie wartości znajdowały się na poziomie 1258 do $3157 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast Matilla i in. (2005) w swoich wynikach oznaczał polifenole w mące pełnoziarnistej żytniej i pszennej, które odpowiednio zawierały 1366 i $1342 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ związków fenolowych. Jonalla i in. (2010) badali ten czynnik w pszenżycie i uzyskali wyniki w przedziale 875 do $1556 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. W badaniach własnych uzyskano w ziarnie pszenżyta w kolejnych latach odpowiednio $1116 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, następnie $1181,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i w trzecim roku $1219,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Poziomy te są zgodne z zawartością związków fenolowych opublikowanych przez innych naukowców, potwierdzając prawidłowość przeprowadzonych badań.

Zboża w swoim składzie zawierają liczne frakcje związków fenolowych, spośród których 90% stanowi kwas chlorogenowy (Klepacka i Fornal, 2008.). Porównywalny udział występuje między innymi w bulwach ziemniaka. Kwas ten jest pochodną kwasu kawowego i charakteryzuje się wysoką aktywnością przeciwutleniającą, chroniącą przed nowotworami. W doświadczeniach na zwierzętach wykazano wysoką skuteczność kwasu chlorogenowego, jako substancji chroniącej komórki wątroby przeciwko skażeniu czterochlorkiem węgla oraz izotopami kobaltu i kadmu (Gawilik-Dziki, 2004). Zawartość kwasu chlorogenowego to kolejny badany związek, którego najwięcej zawierało ziarno jęczmienia – $4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, następnie żyta $2,47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pszenicy $1,64 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ oraz pszenżyta $1,61 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Najwyższą zawartość kwasu chlorogenowego w ziarnie jęczmienia stwierdzono po miesiącu przechowywania, podobnie jak w przypadku żyta. Z kolei najniższe wartości oznaczono po trzech miesiącach przechowywania ziarna jęczmienia oraz podczas złożenia ziarna żyta do silosu. Analizując wyniki dotyczące ziarna pszenicy, stwierdzono, że najniższy poziom omawianego parametru wystąpił w czasie złożenia zboża do silosu. Rok w jakim prowadzono badania okazał się statystycznie nieistotny, a jedynie rodzaj badanego zboża oraz okres przechowywania. W tym przypadku pomimo wzrostu po 30 dniach składowania, w kolejnych etapach następował stopniowy spadek zawartości tego kwasu.

Chlorofile są to barwniki absorbujące światło o długości fali poniżej 480 nm i pomiędzy 550 a 700 nm, czyli czerwoną i niebieską część spektrum światła. W budowie cząsteczek chlorofilu występuje układ wiązań podwójnych i pojedynczych. Określa się to mianem układu wiązań sprzężonych. Cząsteczki te są zdolne do absorpcji promieniowania świetlnego. Chlorofil zbudowany jest z atomu magnezu związanego z 4 atomami azotu. Do grupy karboksylowej pirolu przyłączony jest hydrofobowy 20-węglowy alkohol, fitol, utrzymujący cząsteczkę chlorofilu w błonie cytoplazmatycznej. U roślin wyższych występują dwa chlorofile: a i b, które różnią się grupą chemiczną w strukturze. W chlorofilu a podstawowym pierścieniem pirolowym jest grupa metylowa ($-\text{CH}_3$), a w chlorofilu b w tym miejscu znajduje się grupa formylowa ($-\text{CHO}$). Chlorofil a znajduje się w centrach reakcji fotosystemu pierwszego i drugiego, natomiast chlorofil b zbiera energię świetlną. U roślin wyższych stosunek ilościowy chlorofilu a do b wynosi około 3:1 (Pokorska i Urbański, 2011). Największa ilość chlorofilu a, bez względu na rok prowadzonych badań, występowała w jęczmieniu ($4,96 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). W pozostałych zbożach poziom utrzymywał się średnio na poziomie $1,68 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Największa zawartość występowała po miesiącu składowania. Podobna sytuacja wystąpiła w przypadku zawartości chlorofilu b, którego największą zawartość stwierdzono również w jęczmieniu, jednakże już nie na tak wysokim poziomie jak

chlorofilu a – $3,03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Im dłużej składowane były ziarna zbóż, tym mniejszą zawartość chlorofilu b stwierdzono w ich ziarnie. Wyjątek stanowiło pszenżyto, u którego najwyższą zawartość oznaczono po miesiącu składowania. W przedstawionych badaniach zawartość chlorofilu a i b zależna była bezpośrednio od gatunku badanego zboża oraz czasu przechowywania, gdzie największą sumaryczną zawartość chlorofilu zawierało ziarno jęczmienia $7,99 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, kolejno pszenżyta $4,59 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, żyta $4,49 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ oraz pszenicy $3,88 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zilic (2012) badając dwie odmiany pszenicy stwierdził podobny poziom chlorofilu dla pszenicy zwykłej $3,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ziarna i dla pszenicy durum $6,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ziarna, co zgodne jest z badaniami własnymi. W momencie złożenia ziarna do silosu, istotnie największą zawartością chlorofilu ogółem odznaczało się ziarno pszenicy, żyta i jęczmienia.

W przypadku pszenżyta największą wartość zaobserwowano po miesiącu składowania ziarna. Co oznacza, iż w trakcie dojrzewania późniejszego wraz z niewielką utratą masy ziarniaka zwiększa się ogólna zawartość chlorofilu.

Karotenoidy są barwnikami roślinnymi, nadającymi m.in. ziarnom zbóż barwę żółtą. Same w sobie są silnymi przeciwutleniaczami. Karotenoidy, zwłaszcza likopen, pochłaniają promieniowanie ultrafioletowe i neutralizują działanie wolnych rodników. Karotenoidy takie jak likopen i α -karoten hamują negatywny wpływ słońca, zanieczyszczonego powietrza oraz skutki nieprawidłowej diety. Karotenoidy przekształcają się w ściankach jelita cienkiego oraz w komórkach wątroby w retinol-witaminę A. β -karoten, α -karoten i kryptoksantina to najpopularniejsze tzw. prekursorzy tej witaminy.

Karotenoidy chronią błony śluzowe, wspomagają wzrost komórek, są niezbędne w procesie widzenia, poprawiają odporność organizmu na wirusy. Część spożytego karotenu jest magazynowana w skórze, tkance tłuszczowej, wątrobie i nerkach (Wójcik, 2012). W przeprowadzonych badaniach zawartość karotenoidów, gdzie jedynie istotny okazał się gatunek zboża, osiągnęła odpowiednio w przypadku ziarna jęczmienia $4,82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, żyta $2,17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pszenicy $1,22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ oraz pszenżyta $0,98 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Stwierdzono istotnie większą zawartość w przypadku ziarna jęczmienia, gdzie ziarno to odznaczało się dwukrotnie większą zawartością karotenoidów od drugiego, w kolejności ziarna żyta i ponad czterokrotnie od ziarna pszenżyta. Ponadto, pomiędzy ziarnem pszenicy i pszenżyta nie stwierdzono istotnych różnic. Największą zawartość tych składników oznaczono po trzydziestu dniach magazynowania jęczmienia, bo aż $5,46 \text{ mg/kg}$, po dwóch miesiącach wyniosła ona $5,05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, by ostatecznie zatrzymać się na poziomie $4,48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w ostatnim dniu składowania. W przypadku pszenżyta koncentracja karotenoidów pozostawała na w miarę

stabilnym poziomie ($0,84 \pm 0,74$ i $0,86 \pm 0,11$). W momencie złożenia zboża do silosu stwierdzono największą zawartość karotenoidów.

W przypadku oznaczenia kwasu askorbinowego stwierdzono śladowe ilości witaminy C. Brak jest literatury dotyczącej zawartości kwasu askorbinowego w zbożach. Wyjątkiem są kielki pszenicy i jęczmienia, zawierające 1 mg witaminy C w 100 g pszenicy oraz 3 mg w 100 g jęczmienia. (odczyt 14.01.2016). Można przyjąć, że ziarna zboża nie są polecane jako źródło badanej witaminy.

Analizując wyniki próbnego wypieku we wszystkich trzech latach prowadzenia doświadczenia, wykazano, że czas składowania ziarna nie wpływał na wartość wypiekową mąki zbóż. Badania wykazały, że najlepszą mąką do celów piekarniczych była mąka uzyskana z ziaren pszenicy, osiągając wartość $321 \pm 10 \text{ cm}^3$ w pierwszym roku magazynowania, $482 \pm 76 \text{ cm}^3$ w drugim roku oraz $453,13 \pm 30,10 \text{ cm}^3$ w trzecim. Najślabszą wartością wypiekową odznaczała się mąka żytnia, osiągając odpowiednio: w pierwszym roku badań $247 \pm 14 \text{ cm}^3$; $319 \pm 9 \text{ cm}^3$ w drugim roku doświadczenia oraz $307 \pm 5,44 \text{ cm}^3$ w ostatnim roku badań. Średnie wartości wypiekowe ogółem w zależności od czasu przechowywania, utrzymywały się mniej więcej na podobnym poziomie przez wszystkie trzy lata badań i wynosiły około 300 cm^3 . Próbując badać wartość wypiekową jęczmienia, natrafiono na trudności pomiarowe, ponieważ do wypieków używa się mąki jęczmiennej tylko jako dodatkowego składnika ciasta, gdyż mąka ta nie zawiera odpowiedniej ilości glutenu. Stąd brak danych dotyczących mąki jęczmiennej. Przyjmuje się, że mąka do produkcji chleba powinna zawierać powyżej 25% glutenu mokrego. Zawartość glutenu w odmianach mąk jarych i ozimych jest podobna. Jakość glutenu określa się podstawie jego rozpląwalności. Gluten mocny tylko w niewielkim stopniu rozpląwa się podczas termostatowania w temp. 30°C . Średnia rozpląwalność glutenu jest mała.

Czerwieńska (2010) oraz Karolini i in. (2006) podają, że wystarczy 5% dodatek ozimej mąki jęczmiennej do pieczywa, by posiadało ono udowodnione działanie profilaktyczne i lecznicze. Mąka jęczmienna zmniejsza poziom cholesterolu, zawiera witaminę E, szczególnie α -tokoferol. Białko jęczmienia jest bogatsze w lizynę, argininę, walinę i błonnik w porównaniu do białka pszennego. Ponadto zawiera wielonienasycone kwasy tłuszczowe w tym liczne egzogenne, w ilości przekraczającej poziomy oznaczone w innych zbożach. Duża zawartość β -glukanów w wyrobach piekarniczych jęczmienno – pszennych obniża indeks glikemiczny, co jest wskazane dla osób chorych na cukrzycę typu II oraz zapobiega jej powstawaniu. W obliczu światowej epidemii cukrzycy należy zwiększyć udział mąki jęczmiennej w codziennej diecie. Badanie Karolini i in. (2006), Subda i in.

(2000), określają wpływ 5% dodatku mąki z różnych odmian jęczmienia do wypieków pszennych, by uzyskać objętość chleba pszenno-jęczmiennego od 4 do 56 cm³. Natomiast Kawka i in. (1999) wykazali, że dodatek produktów jęczmiennych powyżej 5% do mąki pszennej powoduje obniżenie objętości chleba. Badacze sugerują, aby w wypiekach stosować gruboziarniste płatki jęczmienne i inne przetwory z jęczmienia.

Mikotoksyny są wszechobecne w naszym życiu. Występują w zbożach czy produktach piekarniczych i cukierniczych oraz powodują negatywne skutki w rolnictwie m.in. obniżając jakość mąki z pszenicy (Kaczmarek, 2009). Można je podzielić na występujące na uprawianych roślinach i w magazynowanych produktach. Na roślinach spotykane są często pleśnie z rodzaju *Fusarium*. Wymagają one do wzrostu wilgotności względnej powietrza na poziomie 90 – 100 %. Pleśnie *Aspergillus* i *Penicillium* najczęściej można spotkać w miejscach magazynowania zbóż. Rozwijają się już przy wilgotności powietrza 60 – 90% i temperaturze 5 – 50°C (Mehl, 2009).

Struktura chemiczna mikotoksyn jest bardzo zróżnicowana, a ich działanie upośledza układ odpornościowy człowieka i zwierząt. Najważniejsze toksyny to: *aflatoksyna* powodująca mutację genów i kancerogenność, *ochratoksyna* i *fumonizyna* (kancerogenne), toksyczny i immunotoksyczny *deoksyniwalenol*, *zearalenon* i *patulina* (podejrzewana o właściwości rakotwórcze) (Weber i Kita, 2014). Dawka toksyczna wynosi w zależności od rodzaju mikotoksyny LD₅₀ 10-20 mg kg⁻¹ masy ciała (Mehl, 2009). Dzienna dawka dopuszczalnego pobrania mikotoksyn waha się od 5 ng kg⁻¹ (ochratoksyna) do 2µg kg⁻¹ (fumonizyna). Najbardziej narażone na zatrucia są zwierzęta, spożywające porażoną paszę. W konsekwencji dochodzi do wystąpienia objawów w postaci zapalenia spojówek, podrażnienia skóry oraz podostrego, chronicznego schorzenia.

Deoksyniwalenol DON to mikotoksyna wytwarzana przez z rodzaju *Fusarium*, który należy do grupy trichotecenów. W grupie tej oprócz *deoksyniwalenolu* występuje również *niwalenol*. Razem z *fumonizynami* i *zearalenonem* tworzą szczególnie niebezpieczne mikotoksyny, działające niszcząco na zboża. Grzyby z rodzaju *Fusarium* powodują również chorobę zwaną fuzariozą kłosów, przez to obniża się plon i jakość zbóż. Dotyczy to ziarna konsumpcyjnego jak i siewnego. Choroba nasila się w okresie kwitnienia pszenicy. Rozwojowi zarazy sprzyjają: wiatr, wysoka wilgotność powietrza i opady deszczu. Przeprowadzone badania Sadowskiego nad ziarnem pszenicy ozimej i pszenicy orkisz wykazały, że bardziej odporna na zarażenie *Fusarium* spp. jest mieszanina odmian pszenic, niż odmian uprawianych w czystym siewie. Najwięcej fuzariozy kłosów obserwowano na pszenicy orkisz.

Do rozwoju wymagają wilgotności względnej w ilości 90 – 100% (Mehl, 2009). Poziom DON w zdrowym ziarnie wynosi około $0,05 \mu\text{g kg}^{-1}$. W momencie porażenia ziarna przez *Fusarium* spp. podwyższa się ilość DON do $30 \mu\text{g kg}^{-1}$ (Horoszkiewicz – Janka i in., 2008). Kraje Unii Europejskiej zalecają, ażeby zawartość DON w ziarnie pszenicy nie przekraczała wartości $1,75 \mu\text{g kg}^{-1}$, a w mące $0,75 \mu\text{g kg}^{-1}$. Zawartość *deoksyniwalenolu* w badanym materiale, w momencie złożenia ziarna do silosu wynosiła $16,90 \mu\text{g kg}^{-1}$, a po trzymiesięcznym okresie przechowywania zmniejszyła się do $11,85 \mu\text{g kg}^{-1}$. Taka sytuacja jest korzystna dla jakości przechowywanego ziarna. Grzyby z rodzaju *Fusarium* poza zmniejszaniem ilości plonu, obniżają zawartość skrobi w ziarnie oraz wartość wypiekową mąki zarażonej fuzariozą. Najczęściej porażają one kłosa pszenicy, jęczmienia, pszenżyta i owsa. W przechowywanych magazynach przy niewłaściwym składowaniu w jednym ziarnie można znaleźć nawet do 1 miliona zarodników grzybów (Mehl, 2009). Komisja Europejska uznała, że DON jest substancją niebezpieczną ze względu na ogólną toksyczność, niektóre badania DON wskazują, że istnieje możliwość zmian chorobowych krwi i układzie odpornościowym.

Dla porównania w zdrowym ziarnie zawartość zarodników mikotoksynowych wynosi 10 000 w 1 gramie (Horoszkiewicz-Janka i in, 2008). Podczas przechowywania zbóż w nadmiernej wilgotności, zawartość zarodników grzybów szybko wzrasta. Na szybkość rozwoju zarodników pleśniowych wpływa też temperatura ziarna. Już przy temperaturze 15°C i wilgotności powietrza 24%, w przeciągu 2 tygodni następuje znaczny rozwój grzybów pleśniowych, przy czym im niższa wilgotność w magazynie zbożowym, tym bardziej wydłuża się rozwój grzybów tworzących mikotoksyny. Z badań uzyskanych z Narkiewicz i in. (2005), wynika, iż występowanie porażenia grzybami żdźbła w pszenicy ozimej zwiększało się przy niekorzystnych warunkach pogodowych i zachwaszczenia roli. Zastosowanie herbicydów polepszało jakość ziarna i zmniejszenie ilości chwastów. Obniżenie plonów pszenicy ozimej jest decydowane przez złe warunki pogodowe. Narkiewicz i in. (2005) prowadząc badania wyciągnęła wniosek, że przyczyną zgorzeli żdźbła pszenicy ozimej były grzyby z rodzaju *Fusarium*. Patogeny te, wytwarzają *DON* i *zearalenon*, które porażają kłosa, kolby kukurydzy i ziarniaki zbóż, we wszystkich strefach klimatycznych świata. Wiele specyficznych i niespecyficznych toksyn ma duże znaczenie w patogenezie chorób rolniczych. Patogeny produkowane są w całym cyklu rozwojowym grzyba. Wytwarzane produkty metaboliczne są szkodliwe dla ludzi i zwierząt. Charakteryzuje je bowiem gorsza jakość wyrobów. W omawianym przypadku największą zawartością DON odznaczało się ziarno w momencie jego złożenia do silosu. Najmniejszą zawartość wykazało ziarno po trzy

miesięcznym okresie przechowywania, bez względu na rodzaj badanego zboża. Podczas badań napotkano na trudności w oznaczeniu zawartości *deoksyniwalenolu* po jedno i dwumiesięcznym okresie przechowywania, ze względu na duże koszty tych badań w owym czasie. Stąd brak danych dotyczących tego okresu składowania.

W przypadku zawartości grzybów pleśniowych, nie wykazano zależności pomiędzy rodzajem zboża, a gatunkiem grzybów i okresem przechowywania. Dlatego też, w niniejszej pracy przedstawione zostały tabelarycznie oraz graficznie poszczególne gatunki grzybów, pleśni oraz drożdży jakie występowały w badanych zbożach oraz ich poziomy.

Mimo dużej wilgotności powietrza i przekraczającej znacznie średnią opadów w roku 2010, zboża nie zostały wyjątkowo mocno porażone grzybami, nawet w jęczmieniu, który zbierany był w trudnych warunkach jako ostatni z pola. Nie odnotowano wysokich poziomów grzybów, pleśni oraz drożdży. Dopiero po 60-ciu dniach składowania poziom grzybów zwiększył się z ilości śladowych, aż do poziomu 77273 jtk g⁻¹. Podobny wzrost nastąpił w przypadku pleśni w tym samym badanym okresie. Najwyższy poziom grzybów i pleśni od momentu złożenia w silosie wystąpił w pszenzycie. Jednak po 90-ciu dniach składowania we wszystkich zbożach pozostały śladowe ilości grzybów, pleśni i drożdży. Spośród wszystkich występujących grzybów w analizowanym roku, najwięcej występuje grzybów z rodzaju *Penicylum* w 0 okresie 231% oraz w 60-tym dniu 234%. W dużej ilości występują również *Aureobasidium* oraz *Cladosporium*. Pozostałe grzyby w znacznie mniejszej ilości, również te których nie udało się zidentyfikować (NZ).

W sezonie żniwnym 2011 panowały bardzo sprzyjające warunki meteorologiczne. Pomimo tego w zbożu z tego okresu odnotowano najwyższe poziomy grzybów i pleśni. W pszenzycie bezpośrednio po zbiorze 196667 jtk g⁻¹ oraz pszenicy w 60-tym dniu składowania 197273 jtk g⁻¹. Górna dopuszczalna norma to 200 000 jtk g⁻¹, a więc na granicy bezpieczeństwa. Również pozostałe zboża cechowały się w tym roku wysokimi poziomami zawartości grzybów i pleśni. W 90-tym dniu składowania poziom grzybów, pleśni i drożdży znacznie się obniżyły, podobnie jak w roku poprzednim, co może również potwierdzać zmniejszający się w tym okresie poziom mikotoksyny *DON*. Najczęściej występujące grzyby to *Fusarium* zwłaszcza w 0 okresie przechowywania 151% oraz 30-tym dniu 141%. W tym roku wystąpiło również dużo grzybów niezidentyfikowanych zwłaszcza w 60-tym dniu na poziomie 214%.

W roku 2012 wystąpiły najniższe poziomy grzybów, pleśni i drożdży w porównaniu do innych lat. Jedynie jęczmień był bardziej porażony od innych gatunków zbóż, jednak po raz kolejny w 90-tym dniu składowania pozostały śladowe ilości tych czynników we

wszystkich rodzajach zbóż. Najczęściej występujące to *Alternaria* zwłaszcza w 90-tym dniu 143%, a także *Penicylum*, *Aureobasidium* oraz *Fusarium*. Na uwagę zasługuje fakt, że w roku 2012 pojawiła się możliwość badania nowych grzybów do tej pory nieznanych w ilości 9 szt. wskazanych w Tab. 39.

W celu analizy wpływu badanych czynników, przeprowadzono również analizę regresji, czyli metodę statystyczną pozwalającą na badanie związku pomiędzy wielkościami danych i przewidywanie na tej podstawie nieznanych wartości. Dzięki temu ustalono że:

- im większy poziom karotenoidów tym wyższy poziom kwasu chlorogenowego,
- im większa wartość wypiekowa tym niższy poziom kwasu chlorogenowego,
- im wyższy poziom karotenoidów tym wyższy poziom chlorofilu,
- im wyższy poziom chlorofilu tym niższa wartość wypiekowa,
- im większy procentowy udział *Fusarium* w grzybach tym wyższy poziom chlorofilu,
- im większa wartość wypiekowa tym niższy poziom karotenoidów,
- im większa gęstość tym wyższa wartość wypiekowa,
- im większe zanieczyszczenie tym niższy poziom białka,
- im większy procentowy udział *Epicoccum* w grzybach tym niższy poziom zanieczyszczenia,
- im wyższy poziom zanieczyszczenia nieużytecznego tym niższy udział *Penicylum* w grzybach,
- im większa wilgotność tym niższy udział *Epicoccum* w grzybach,
- im wyższy poziom białka tym większy udział *Epicoccum* w grzybach,
- im większy poziom białka tym niższy udział *Aureobasidium* w grzybach,
- im wyższy poziom pleśni tym wyższy poziom grzybów.

7. WNIOSKI

Przeprowadzone doświadczenia, polegające na badaniu wpływu czasu przechowywania na niektóre cechy jakości ziarna zbóż doprowadziły do następujących wniosków:

1. Należy potwierdzić hipotezę, iż ziarno różnych gatunków zbóż wykazuje zróżnicowaną podatność na porażenia grzybami, pleśniami oraz drożdżami, a także występuje odmienna stabilność utrzymania parametrów jakościowych, technologicznych oraz prozdrowotnych w okresie przechowywania.
2. Należy odrzucić hipotezę, że zmienność temperatur oraz ilość i rozkład opadów atmosferycznych w okresie prowadzenia upraw wpływa decydująco na jakość technologiczną oraz stabilność ziarna podczas jego przechowywania.
3. Należy potwierdzić część hipotezy, iż wysoka wilgotność w okresie wegetacyjnym, a zwłaszcza w okresie żniwnym, powoduje zwiększenie wilgotności ziarna oraz odrzucić tą część hipotezy, iż wpływa to na zwiększoną zawartość grzybów, pleśni i drożdży co w konsekwencji mogłoby wpływać negatywnie na wybrane parametry technologiczne ziarna badanych zbóż.
4. Większa wilgotność w trakcie wegetacji oraz żniw powoduje zwiększenie ilości zanieczyszczeń w zbożach, pogorszenie parametrów jakościowych i prozdrowotnych, jednak nie wpłynęła na zwiększenie ilości grzybów, pleśni i drożdży.
5. Badania własne wykazały najwięcej zanieczyszczeń nieużytecznych w przypadku ziarna pszenżyta oraz jęczmienia.
6. Największą liczbę zanieczyszczeń bez względu na rok prowadzonych badań wykazywał przechowywany jęczmień. Natomiast największa zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna, bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż występowała po trzech miesiącach przechowywania.
7. Największą wilgotnością spośród badanych zbóż odznaczało się ziarno pszenżyta, a najmniejszą ziarno pszenicy. Niezależnie od rodzaju badanego zboża największą wilgotność stwierdzono w ziarnie przechowywanym przez trzy miesiące, najmniejszą zaś w okresie składania ziarna do silosu. Nasuwa to stwierdzenie, że im krócej ziarno jest magazynowane, tym ma większą zawartość suchej masy.

8. Pszenica zawierała największy poziom suchej masy spośród wszystkich analizowanych zbóż, wskazując na bezpośrednią zależność zawartości suchej masy od gatunku zboża.
9. Przeprowadzone badania wykazały istotnie największą zawartość białka w ziarnie pszenicy niezależnie od roku badań i czasu przechowywania.
10. Najwyższa zawartość glutenu w pszenicy decyduje o jej szerokim zastosowaniu w piekarnictwie, jest spośród badanych gatunków, zbożem o najlepszej wartości wypiekowej.
11. Zawartość glutenu oraz sedymentacja w pszenicy wzrastały wraz z okresem przechowywania, najwyższy poziom stwierdzono po trzymiesięcznym okresie przechowywania, najniższy poziom tych wskaźników jakościowych stwierdzono w okresie składania zboża do silosu, co może być wynikiem dojrzewania późniejszego zboża.
12. Istotnie najwyższą liczbę opadania dla pszenicy i żyta odnotowano bezpośrednio po złożeniu w silosie.
13. Analiza gęstości ziarna badanych zbóż, wykazała istotność wpływu roku prowadzenia doświadczenia, wskazując na znaczną zależność gęstości ziarna od warunków pogodowych w czasie wegetacji. Najwyższym poziomem gęstości w pierwszym roku badań charakteryzowało się ziarno żyta po miesiącu przechowywania, natomiast w kolejnych dwóch latach najwyższy poziom tego parametru osiągało ziarno pszenicy.
14. Pojemność antyoksydacyjna FRAP w przeprowadzonym doświadczeniu nie była istotnie zależna od gatunku zboża oraz czasu przechowywania. Wszystkie gatunki wykazywały ją na wyrównanym poziomie.
15. Zawartość związków fenolowych w ziarnie zbóż zależała istotnie od roku prowadzenia badań. W pierwszym roku badań największą zawartość związków fenolowych posiadało ziarno jęczmienia, a w drugim i trzecim roku badań ziarno pszenżyta. Ziarno pszenicy i pszenżyta odznaczały się najwyższą zawartością tych związków po miesiącu ich przechowywania, natomiast ziarno jęczmienia i żyta po dwu- i trzymiesięcznym okresie składowania.
16. Badane gatunki zbóż, istotnie różniły się pod względem zawartości kwasu chlorogenowego. Niezależnie od czasu przechowywania, najbardziej zasobnym okazało się ziarno jęczmienia, zawierało ono ponad dwukrotnie więcej kwasu chlorogenowego w porównaniu do pszenicy i pszenżyta,
17. Największą zawartość chlorofili a i b posiadało ziarno jęczmienia, aż dwukrotnie więcej od innych gatunków zbóż. Zawartość ich zmniejszała się jednak wraz z okresem przechowywania w każdym gatunku badanego zboża.

18. Największą zawartością karotenoidów ogółem spośród badanych zbóż odznaczało się ziarno jęczmienia, wskazując na jego zwiększone właściwości prozdrowotne.
19. Dla wartości wypiekowej istotny okazał się rok prowadzenia badań, a co za tym idzie występujące w danym roku warunki klimatyczne. Jednakże niezależnie od roku prowadzonych badań, największą wartość wypiekową posiadało ziarno pszenicy i co jest niezmiernie istotne, parametr ten nie zmieniał się znacząco w poszczególnych okresach przechowywania zbóż.
20. Jęczmień z powodu małej przydatności w piekarnictwie (m.in. nie zawiera glutenu) nie nadaje się do wypieków jako główny składnik, jedynie jako dodatek.
21. Zawartość mikotoksyny *deoksyniwalenolu* DON jest jedynym parametrem zbóż, na który istotnie wpływał jedynie okres przechowywania. Badania wykonywane zostały wyłącznie w czasie złożenia do silosu oraz po 90 dniach przechowania zbóż. Poziom *deoksyniwalenolu* uległ istotnemu zmniejszeniu w trakcie przechowywania.
22. Wszystkie badane zboża były porażone różnymi szczepami grzybów pleśniowych. Jednak rok prowadzonych badań, a co za tym idzie zarówno temperatura, jak i wilgotność oraz rodzaj badanego zboża i czas przechowywania, nie wpływały istotnie na porażenie zbóż grzybami pleśniowymi. Zastosowane w okresie wegetacji środki grzybobójcze, powstrzymywały nadmierny rozwój pleśni w okresach nagłych zmian temperatur i wilgotności w trakcie przechowywania. Analizując warunki pogodowe w okresie przechowywania w sezonie 2009/2010 oraz porażenie w tym okresie grzybami, pleśniami oraz drożdżami można zauważyć, iż pomimo, że w 60 dniu przechowywania była najmniejsza liczba opadów, to poziom porażenia w tym okresie był największy.

SPIS RYSUNKÓW I TABEL

I. RYSUNKI

Ryc. 1. Budowa ziarniaka pszenicy (<i>Źródło: Grzebisz, 2009, rys. Dziuban</i>).....	12
Ryc. 2. Piramida zdrowia (<i>Źródło: Eufic, 2009</i>).....	31
Ryc. 3. Pszenica w łanie: odmiana ‘Barok’ (<i>Źródło: fotografia własna</i>).....	36
Ryc. 4. Żyto w łanie: odmiana ‘Dańkowskie Diament’ (<i>Źródło: fotografia własna</i>).....	36
Ryc. 5. Pszenżyto w łanie: odmiana ‘Magnat’ (<i>Źródło: fotografia własna</i>).....	37
Ryc. 6. Jęczmień w łanie: odmiana ‘Karakan’ (<i>Źródło: fotografia własna</i>).....	38
Ryc. 7. Warunki pogodowe w sezonie 2009/10: okres siewu (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	43
Ryc. 8. Warunki pogodowe w sezonie 2009/10: okres od siewu do żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	43
Ryc. 9. Warunki pogodowe w sezonie 2009 – 2010: okres żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	44
Ryc. 10. Warunki pogodowe w okresie pierwszych 90 dni przechowywania ziarna zebranego w sezonie 2009 – 2010 (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	45
Ryc. 11. Warunki pogodowe w sezonie 2010 – 2011: okres siewu (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	46
Ryc. 12. Warunki pogodowe w sezonie 2010 – 2011: okres od siewu do żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	47
Ryc. 13. Warunki pogodowe w sezonie 2010 – 2011: okres żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	48
Ryc. 14. Warunki pogodowe w okresie pierwszych 90 dni przechowywania ziarna zebranego w sezonie 2010 – 2011 (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	49
Ryc. 15. Warunki pogodowe w sezonie 2011 – 2012: okres siewu (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	49
Ryc. 16. Warunki pogodowe w sezonie 2011 – 2012: okres od siewu do żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	50
Ryc. 17. Warunki pogodowe w sezonie 2011 – 2012: okres żniw (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	51
Ryc. 18. Warunki pogodowe w okresie pierwszych 90 dni przechowywania ziarna zebranego w sezonie 2011 – 2012 (Opracowanie własne na podstawie danych IMGW Warszawa dla stacji meteorologicznej Piła).....	52
Ryc. 19. Przykładowy schemat budowy silosu lejowego BIN (<i>Źródło: BIN, 2012</i>).....	53
Ryc. 20. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od zboża z pominięciem okresu przechowywania w pierwszym roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).....	62
Ryc. 21. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w ziarnie zbóż w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w pierwszym roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).....	63

Ryc. 22. Zmiany zawartości zanieczyszczeń ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania w pierwszym roku badań (różnice wg testu Duncana w obrębie danego gatunku zboża dla $\alpha=0,05$, $n=4$).	63
Ryc. 23. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od zboża z pominięciem okresu przechowywania w drugim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	66
Ryc. 24. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w drugim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	66
Ryc. 25. Zmiany zawartości zanieczyszczeń ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna w drugim roku badań (różnice wg testu Duncana w obrębie danego gatunku zboża dla $\alpha=0,05$, $n=4$).	67
Ryc. 26. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od zboża z pominięciem okresu przechowywania w trzecim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	69
Ryc. 27. Średnia zawartość zanieczyszczeń ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w trzecim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	69
Ryc. 28. Zmiany zawartości zanieczyszczeń ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania (różnice wg testu Duncana w obrębie danego gatunku zboża dla $\alpha=0,05$, $n=4$).	70
Ryc. 29. Średnia zawartość zanieczyszczeń nieużytecznych ogółem w zależności od zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	71
Ryc. 30. Średnia zawartość zanieczyszczeń nieużytecznych ogółem w zależności okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	72
Ryc. 31. Zmiany zawartości zanieczyszczeń nieużytecznych ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ($n=12$).	73
Ryc. 32. Średnia wilgotność ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	75
Ryc. 33. Średnia wilgotność ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna zbóż bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	75
Ryc. 34. Średnia zawartość suchej masy ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	77
Ryc. 35. Średnia zawartość suchej masy ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna zbóż bez zróżnicowania na poszczególne gatunki (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	78
Ryc. 36. Średnia zawartość białka ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	79
Ryc. 37. Średnia zawartość glutenu w ziarnie pszenicy w zależności od okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	80
Ryc. 38. Poziom sedymentacji w ziarnie pszenicy wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=12$.	81
Ryc. 39. Średnia sedymentacja ziarna pszenicy w zależności od okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=12$).	82

Ryc. 40. Średnia zawartość liczby opadania w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w pierwszym roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	83
Ryc. 41. Średnia wartość liczby opadania ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	84
Ryc. 42. Zmiany wartości liczby opadania ogółem ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=48$).	84
Ryc. 43. Średnia gęstość ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	86
Ryc. 44. Średnia gęstość ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	86
Ryc. 45. Zmiany gęstości ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=12$).	87
Ryc. 46. Średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP ziarna zbóż wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w pierwszym roku badań ($n=16$).	90
Ryc. 47. Średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP ziarna zbóż wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w pierwszym roku badań ($n=16$).	90
Ryc. 48. Zmiany wartości FRAP wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania w pierwszym roku badań ($n=4$).	91
Ryc. 49. Średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP ziarna zbóż wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w drugim roku badań ($n=4$).	93
Ryc. 50. Średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP ziarna zbóż wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w drugim roku badań ($n=16$).	93
Ryc. 51. Zmiany wartości FRAP w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania w drugim roku badań ($n=4$).	94
Ryc. 52. Średnia pojemność antyoksydacyjna FRAP ziarna zbóż wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w trzecim roku badań ($n=16$).	96
Ryc. 53. Zmiany wartości FRAP w ziarnach zbóż wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ dla poszczególnych gatunków podczas przechowywania w trzecim roku badań ($n=4$).	96
Ryc. 54. Średnia zawartość związków fenolowych ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w pierwszym roku doświadczenia (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	99
Ryc. 55. Średnia zawartość fenoli ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w pierwszym roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	99
Ryc. 56. Zmiany zawartości fenoli w mg kg^{-1} ogółem ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna w pierwszym roku doświadczenia (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=4$).	100

Ryc. 57. Średnia zawartość fenoli w mg kg ⁻¹ ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w drugim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=16).	101
Ryc. 58. Średnia zawartość fenoli ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania w trzecim roku badań (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=16).	102
Ryc. 59. Średnia zawartość fenoli ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż w trzecim roku doświadczenia (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=16).	102
Ryc. 60. Średnia zawartość kwasu chlorogenowego ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=48).	104
Ryc. 61. Średnia zawartość kwasu chlorogenowego ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=48).	104
Ryc. 62. Zmiany zawartości kwasu chlorogenowego ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=12).	105
Ryc. 63. Średnia zawartość chlorofilu a ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=48)	107
Ryc. 64. Średnia zawartość chlorofilu a ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=48).	107
Ryc. 65. Zmiany zawartości chlorofilu a ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=12).	108
Ryc. 66. Średnia zawartość chlorofilu b ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=48).	110
Ryc. 67. Średnia zawartość chlorofilu b ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=48).	110
Ryc. 68. Zmiany zawartości chlorofilu b ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=12).	111
Ryc. 69. Średnia zawartość chlorofilu a i b ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=48).	113
Ryc. 70. Średnia zawartość chlorofilu a i b ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=48).	113
Ryc. 71. Zmiany zawartości chlorofilu a i b ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=12).	114
Ryc. 72. Średnia zawartość karotenoidów ogółem w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=48).	116
Ryc. 73. Zmiany zawartości karotenoidów ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=12).	116
Ryc. 74. Średnia wartość wypieku ogółem cm ³ w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, n=16).	118

Ryc. 75. Średnia wartość wypieku ogółem cm^3 w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	119
Ryc. 76. Zmiany wartości wypiekowej ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=4$).	119
Ryc. 77. Średnia wartość wypiekowa ogółem cm^3 w zależności od zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	121
Ryc. 78. Średnia wartość wypiekowa ogółem w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	121
Ryc. 79. Zmiany wartości wypiekowej ogółem w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=4$).	122
Ryc. 80. Średnia wartość wypiekowa ogółem cm^3 w zależności od gatunku zboża z pominięciem okresu przechowywania (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	124
Ryc. 81. Średnia wartość wypiekowa ogółem cm^3 w zależności od czasu przechowywania ziarna bez zróżnicowania na poszczególne gatunki zbóż (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=16$).	124
Ryc. 82. Zmiany zawartości wypiekowej ogółem cm^3 w ziarnach poszczególnych gatunków zbóż podczas przechowywania ziarna (różnice wg testu Duncana dla $\alpha=0,05$, $n=4$).	125
Ryc. 83. Ogólna liczba grzybów wyrażona w jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2010 roku (pierwszy rok badań).	126
Ryc. 84. Ogólna liczba pleśni wyrażona w jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2010 roku (pierwszy rok badań).	127
Ryc. 85. Ogólna liczba drożdży wyrażona w jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2010 roku (pierwszy rok badań).	128
Ryc. 86. Ogólna liczba grzybów wyrażona w jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2011 roku (drugi rok badań).	129
Ryc. 87. Ogólna liczba pleśni wyrażona w jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2011 roku (drugi rok badań).	130
Ryc. 88. Ogólna liczba drożdży wyrażona w jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2011 roku (drugi rok badań).	131
Ryc. 89. Ogólna liczba grzybów wyrażona w jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2012 roku (trzeci rok badań).	132
Ryc. 90. Ogólna liczba pleśni wyrażona w jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2012 roku (trzeci rok badań).	133
Ryc. 91. Ogólna liczba drożdży wyrażona w jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania oraz gatunku zboża w 2012 roku (trzeci rok badań).	134
Ryc. 92. Zależność liniowa pomiędzy zawartością zanieczyszczeń w ziarnie zbóż, a zawartością białka, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	138
Ryc. 93. Zależność liniowa pomiędzy zawartością zanieczyszczeń w ziarnie zbóż, a zawartością białka, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	139

Ryc. 94. Zależność liniowa pomiędzy udziałem <i>Epicoccum</i> w grzybach ogółem, a zawartością zanieczyszczeń w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	139
Ryc. 95. Zależność liniowa pomiędzy udziałem <i>Epicoccum</i> w grzybach ogółem, a wilgotnością ziarna zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	140
Ryc. 96. Zależność liniowa pomiędzy zawartością białka w ziarnie zbóż oraz udziałem <i>Epicoccum</i> w grzybach ogółem, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	141
Ryc. 97. Zależność liniowa pomiędzy zawartością białka w ziarnie zbóż, a udziałem <i>Aureobasidium</i> w grzybach ogółem, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	141
Ryc. 98. Zależność liniowa pomiędzy udziałem <i>Fusarium</i> w grzybach ogółem, a zawartością chlorofilu ogółem w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	142
Ryc. 99. Zależność liniowa pomiędzy zawartością pleśni, a ilością grzybów występujących w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	142
Ryc. 100. Zależność liniowa pomiędzy zawartością drożdży, a ilością grzybów występujących w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	143
Ryc. 101. Zależność liniowa pomiędzy zawartością karotenoidów ogółem, a poziomem chlorofilu ogółem w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	144
Ryc. 102. Zależność liniowa pomiędzy zawartością karotenoidów ogółem, a poziomem kwasu chlorogenowego w ziarnie zbóż niezależnie, od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	144
Ryc. 103. Zależność liniowa pomiędzy wartością wypiekową mąki, a zawartością kwasu chlorogenowego w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	145
Ryc. 104. Zależność liniowa pomiędzy zawartością chlorofilu ogółem w ziarnie zbóż, a wartością wypiekową mąki, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	146
Ryc. 105. Zależność liniowa pomiędzy wartością wypiekową mąki, a zawartością karotenoidów ogółem w ziarnie zbóż, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	147
Ryc. 106. Zależność liniowa pomiędzy gęstością ziarna, a wartością wypiekową mąki z niego uzyskanej, niezależnie od rodzaju zboża oraz czasu przechowywania przy poziomie istotności 0,05.	147

II. TABELE

Tabela 1. Skład chemiczny ziarniaków wybranych gatunków zbóż (<i>Źródło: Jasińska i Kotecki, 2003</i>).	14
Tabela 2. Bezpieczna graniczna zawartość wody w ziarnie (<i>Źródło: Olejarski, 2004</i>).	18
Tabela 3. Tymczasowe tolerowane dzienne pobranie (PTDI) mikotoksyn oraz grzyby je wytwarzające (<i>Źródło: Jurga, 2011</i>).	22
Tabela 4. Harmonogram pobierania materiału do badań.	35
Tabela 5. Średnia dobową temperatura w sezonach wegetacyjnych 2009/10, 2010/11, 2011/12.	40
Tabela 6. Miesięczna suma opadów w sezonach 2009/10, 2010/11, 2011/12.	41
Tabela 7. Zawartość zanieczyszczeń wyrażona w procentach wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w pierwszym roku doświadczenia.	61
Tabela 8. Zawartość zanieczyszczeń wyrażona w % wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w drugim roku doświadczenia.	65
Tabela 9. Zawartość zanieczyszczeń wyrażona w % wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w trzecim roku doświadczenia.	68
Tabela 10. Zawartość nieużytecznych zanieczyszczeń wyrażona w % wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.	71
Tabela 11. Wilgotność wyrażona w % wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania.	74
Tabela 12. Zawartość suchej masy wyrażona w % wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania.	76
Tabela 13. Poziom sedimentacji ziarna pszenicy wyrażony w cm^3 wraz z odchyleniem standardowym w zależności od czasu przechowywania.	81
Tabela 14. Wartość liczby opadania [s] mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.	83
Tabela 15. Gęstość ziarna [kg hl^{-1}] mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.	85
Tabela 16. Pojemność antyoksydacyjna FRAP wyrażona w $\text{mmol Fe}^{+2} \text{ kg}^{-1}$ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w pierwszym roku doświadczenia.	89
Tabela 17. Pojemność antyoksydacyjna ogółem FRAP wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w drugim roku doświadczenia.	92
Tabela 18. Pojemność antyoksydacyjna ogółem FRAP wyrażona w $\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w trzecim roku doświadczenia.	95
Tabela 19. Zawartość związków fenolowych wyrażona w mg kg^{-1} mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w pierwszym roku doświadczenia.	98

Tabela 20. Zawartość kwasu chlorogenowego wyrażona w mg kg^{-1} mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.	103
Tabela 21. Zawartość chlorofilu a wyrażona w mg kg^{-1} mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.	106
Tabela 22. Zawartość wartości chlorofilu b wyrażona w mg kg^{-1} mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.	109
Tabela 23. Sumaryczna zawartość chlorofilu a i b wyrażona w mg kg^{-1} mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.	112
Tabela 24. Zawartość karotenoidów wyrażona w mg kg^{-1} mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna.	115
Tabela 25. Badanie próbnego wypieku wyrażone w cm^3 mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w pierwszym roku badań.....	117
Tabela 26. Próbnny wypiek wyrażony w cm^3 mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w drugim roku doświadczenia.	120
Tabela 27. Wartość wypiekowa wyrażona w cm^3 mąki wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania ziarna w trzecim roku badań.	123
Tabela 28. Zawartość grzybów w badanych zbożach w 2010 roku wyrażona jtk g^{-1} w zależności od czasu przechowywania.	125
Tabela 29. Zawartość pleśni w badanych ziarnach zbóż w 2010 roku wyrażona jtk g^{-1} w zależności od czasu ich składowania.	126
Tabela 30. Zawartość drożdży w badanych zbożach w 2010 roku wyrażona jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania.	127
Tabela 31. Zawartość grzybów w badanych ziarnach zbóż w 2011 roku wyrażona w jtk g^{-1} w badanych okresach przechowywania.	129
Tabela 32. Zawartość pleśni w badanych ziarnach zbóż w 2011 roku wyrażona jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania.	130
Tabela 33. Zawartość drożdży w badanych zbożach w 2011 roku wyrażona jtk g^{-1} w zależności od okresu przechowywania.	131
Tabela 34. Zawartość grzybów w badanych zbożach w 2012 roku wyrażona jtk g^{-1} w badanych okresach przechowywania.	132
Tabela 35. Zawartość pleśni w badanych zbożach w 2012 roku wyrażona jtk g^{-1} w badanych okresach przechowywania.	133
Tabela 36. Zawartość drożdży w badanych zbożach w 2012 roku wyrażona jtk g^{-1} w badanych okresach przechowywania.	134
Tabela 37. Rodzaje grzybów występujące w poszczególnych gatunkach badanych zbóż w roku 2010.	135
Tabela 38. Rodzaje grzybów występujące w poszczególnych gatunkach badanych zbóż w roku 2011 (drugi rok badań).	136
Tabela 39. Rodzaje grzybów występujące w poszczególnych gatunkach badanych zbóż w roku 2012 (trzeci rok badań).....	137

Tabela 40. Zawartość deoksyniwalenolu w ziarnie zbóż wyrażona w $\mu\text{g kg}^{-1}$ wraz z odchyleniem standardowym w zależności od gatunku zboża i czasu przechowywania.....138

SPIS LITERATURY

1. Achremowicz B., Korus J., 2009, Antyoksydanty w żywności i ich wpływ na zdrowie człowieka. Zdr. Żyw. Zdr. Styl Życia, 85, 10-12.
2. Achremowicz B., Zając T., Styk B., 1993, Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy ozimej i jarej. Rocz. Nauk. Rol., A, 110 (1-2), 149-157.
3. Arseniuk E., 2006, Polskie pszenżyto na VI-tym Międzynarodowym Sympozjum pszenżyta. Hodowla Roślin i Nasiennictwo, Pol. Izba, Nasienna, Poznań, 4, 9-12.
4. Artyszak A., 2006, Zarobić na zbożach. Odczyt 12.08.2013, <http://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/zboza/zarobic-na-zbozach,545.html>.
5. Artyszak A., 2011, Docenić przechowywanie. Odczyt 12.08. 2013, <http://www.nowoczesnauprawa.pl/index.php?content=1461>.
6. Ball S., 2001, Antyoksydanty w medycynie i życiu człowieka. Medyk, Warszawa.
7. Bamforth C.W., Muller R.E., Walker M.D., 1993, Oxygen and oxygen radicals in malting and brewing: a review. J. Amer. Soc. Brew. Chem., 51(3), 79-88.
8. Basaga H., Tekkaya C., Acikiel F., 1997, Antioxidative and free radical scavenging properties of rosemary extract. Lebensm.-Wiss. Technol., 30, 105-108.
9. Bartosz G., 2008, Druga twarz tlenu: wolne rodniki w przyrodzie. PWN Warszawa, 16-18.
10. Baublis A.J., Lu C., Clydesdale F.M., Decker E.A., 2000, Potential of wheat-based cereals as a source of dietary antioxidants. J. Am. Coll. Nutr., 19, 308-311.
11. BIN, 2012, Silosy do magazynowania ziarna, przenośniki ślimakowe, kosze przyjęciowe, wyposażenie paszarni, suszarnie podłogowe i inne: informacja techniczno-handlowa. BIN Sp. z o.o., Aleksandrów Kujawski.
12. BIN 2008, Silosy do magazynowania ziarna, przenośniki ślimakowe, kosze przyjęciowe, suszarnie podłogowe i inne: informacja techniczno-handlowa. BIN Sp. z o.o., Bydgoszcz.
13. Błazej J., 2001. Metabolity grzybów toksynotwórczych i ich znaczenie. Zesz. Nauk. AR im. H. Kołataja, Kraków, 388, 51-54.
14. Bogumił A., Dawidek B., Pawelec M., Wojciechowski M., Wróblewska A., 2013, Rolnictwo w 2012 roku. GUS Dep. Rol., Warszawa.
15. Boros D., 2012, Charakterystyka ziarna odmian pszenicy i żyta uprawianych w Polsce pod względem wartości odżywczej i prozdrowotnej: zboża -

wszechstronne wykorzystanie: poradnik dla producentów. Spec. dod. Agro Serwis, 57-66.

16. Boros D., 2005, Aktualne wymagania jakościowe ziarna zbóż ze szczególnym uwzględnieniem pszenicy w zależności od sposobu użytkowania. Biul. IHAR, 235, 87 – 93.
17. Bourne L.C., Rice-Evans C., 1998, Bioavailability of ferulic acid. Biochem, Biophys. Res. Commun., 253, 222-227.
18. Brejwo B., 2004, Mąka mące nierówna. Lubuski Inf. Roln. 3. <http://serwis.lodr.pl/doradztwo/gospodarstwo-domowe/221-maka-mace-nierowna> (odczyt 25.02.2016).
19. Broda M., Grajek W., 2009, Mikroflora ziaren zbóż i metody redukcji skażenia mikrobiologicznego. Post. Nauk Rol., 2, 19.
20. Brandt M., Ganzle M., 2015 Zakwas : Technologia w piekarni. Przekł. z jęz. niem. Błaszczyk A., Wwa: Wydaw. Naukowe PWN SA, 2015, s. 408, il.24.
21. Bubniewicz P., Mrówczyński A., 2009, Szkodliwa entomofauna pszenżyta ozimego na odmianie tradycyjnej – ‘Witon’ i krótkoterminowej – ‘Magnat’. Post. Ochr. Rośl., 49 (1), 95-99.
22. Campos D., Noratto G., Chirinos R., Arbizu C., Roca W., Cisneros-Zevallos L., 2006, Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum* sp.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina), and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). J. Sci. Food Agric., 86, 1481-1488.
23. Chełkowski J., 1985, Mikotoksyny, wytwarzające je grzyby i mikotoksykozy. SGGW, Warszawa, 24-25.
24. Creppy E., 2002, Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. Toxicol. Lett. 127, 19–28.
25. Creppy E.E., Kane A., Dirheimer G., Lafarge-Frayssinet C., Mousset S., Frayssinet C., 1985, Genotoxicity of ochratoxin A in mice: DNA single-strand breaks evaluation in spleen, liver and kidney. Toxicol. Lett. 28, 29–35.
26. Czaban J., Wróblewska B., Stochmal A., Janda B., 2006, Growth of *Penicillium verrucosum* and production of ochratoxin A on nonsterilized wheat grain incubated at different temperatures and water content. Pol. J. Microbiol., 55, 4, 321-331.

27. Czerwiecki L., 1997, Mikotoksyny w żywności jako czynnik zagrożenia zdrowotnego. *Żywn., Żyw. Zdr.*, 4, 293-300.
28. Czerwieńska D., 2010, Wartość odżywcza i wykorzystanie pszenżyta. *Prz. Zboż. Młyn.*, 54, (1), 9-10.
29. Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o., 2013, Odmiany zbóż ozimych 2013/2014. 30, 36, 42.
30. Dipaulo N., Guarnieri A., Garosi G., Sacchi G., Mangiarotti, A.M., Dipaulo M., 1994, Inhaled mycotoxins lead to acute renal failure. *Dial. Transplant. Nephrol.* 9 (Supl. 4), 116–120.
31. Dziki D., Laskowski J., 2002. Wpływ nawożenia azotowego na podatność na rozdrabnianie ziarna pszenicy. *Inż. Rol.*, 7(40a). 337-343.
32. EUFIC, 2015, Pełne ziarna zbóż. (odczyt 24.05.2015), http://www.eufic.org/article/pl/4/34/rid/pelneziarna_zboz.
33. EUFIC, 2009, Produktowe wytyczne żywieniowe dla krajów europejskich. (odczyt 29.05.2015), www.eufic.org/article/pl/expid/Produktowe-wytyczne-zywieniowe-dla-krajow-europejskich.
34. FAO 2003, The State of Food Insecurity in the World. 2001, Rome.
35. FAOSTAT, 2010, Database.
36. Feder S., Pawlicki T., Kaźmierczak H., Górecki M., 1994, Kierunki rozwoju suszarń ziarnowych, cz. 1. *Prz. Tech. Rol. Leś.*, 2, 6-8.
37. Frączek J., Kaczorowski J., Ślipek Z., Horabik J., Molenda M., 2005 Standaryzacja metod pomiaru właściwości fizyczno-mechanicznych roślinnych materiałów ziarnistych. *Acta Agrophysica* 92. Rozprawy i monografie. Lublin, 3-20.
38. Gaines C.S., Finney P.L., Andrews C., 1997, Influence of kernel size and shriveling on soft wheat milling and baking quality. *Cereal Chem.*, 74, 700-704.
39. Gajęcki M., Obremski K., Zwierzchowski W., Jana B., Zielonka Ł., Gajęcka M., 2001. Mikotoksyny: substancje niepożądane w środkach żywienia zwierząt. *Życie Wet.*, 77 (2), 78–81.
40. Gani A., Wani SM., Masoodi FA., Gousia H., 2012, Whole-Grain Cereal Bioactive Compounds and Their Health Benefis. *J. Food Process. Technol.*, 3, 3.
41. Gawilik-Dziki U., 2004, Fenylokwasy jako bioaktywne składniki żywności. *Żywn. Nauka. Technol.*, 4, 24-40.
42. Gaworski M., 2015, Silosy zbożowe gotowe do sezonu. *Agrotechnika*, 4, 76-79.

43. Gaworski M., 2011, Oczyszczyć, wysuszyć i przechowywać. *Agrotechnika*, 7, 12-16.
44. Gąsiorowski H., 1997, Jęczmień: chemia i technologia. PWRiL, Poznań.
45. Gąsiorowski H., 1994, Żyto: chemia i technologia. PWRiL, Poznań.
46. Ginter A., Szarek S., 2010, Sytuacja dochodowa producentów zbóż na przykładzie uprawy pszenicy. *J. Agribusiness Rural Develop.*, 4 (18), 29-39.
47. Gnyś J., 2010, Przegląd biochemiczny zbóż najczęściej stosowanych w żywieniu zwierząt. MODR, (odczyt 6.12.2011). <http://www.modr.mazowsze.pl/porady-dla-rolnikow/produkcja-zwierzeca/200-przegląd-biochemiczny-zboz-w-zywieniu-zwierzat.html>.
48. Gondek E., Jakubczyk E., Sułek A., Cacek-Pietrzak G., 2009, Wpływ nawożenia azotem i prędkości ściskania na emisję akustyczną ziarna wybranych odmian pszenicy jarej. *Acta Agrophys.*, IA PAN, Lublin, 14, 323-334.
49. Grajewski J., Potkański A., Raczkowska-Werwińska K., Mikłaszewska B., Twarużek M., Woźniak A., Waszkiewicz K., 2004, Mikotoksyny i patogenne pleśnie w kiszonce z kukurydzy z biologicznym i chemicznym dodatkiem, *Mat. VII Międzynar. Konf. Nauk. „Mikotoksyny i patogenne pleśnie w środowisku“*, AB Bydgoszcz, 28-30 czerwca, 91-94.
50. Górniak W., 2010, Przechowywanie i konserwacja ziarna zbóż. *Prz. Zboż. Młyn.*, 1, 22-23.
51. Górniak W., Rothkaehl J., 2011, Zasady prawidłowego przechowywania ziarna zbóż: analiza ryzyka wystąpienia substancji skażających w ziarnie zbóż. *IBPRS*, 63-65.
52. Grajewski J., Twarużek M., 2009, Zabójcze pleśnie. *Wiedza Życie*, 5, 22-26.
53. Grajewski J., Twarużek M., 2004, Zdrowotne aspekty oddziaływania grzybów pleśniowych i mikotoksyn. *Alergia*, 3, 45-49.
54. Grudnik P., 2009, Oddzielić ziarno od plew. *Farmer*, 15, 36–38.
55. Grzebisz W., Szczepaniak W., (red.), 2009, *Produkcja roślinna*, t. 3, Technologie produkcji roślinnej, zboża. Hortpress, Warszawa.
56. Grzesiuk S., Kluka K., 1988, Budowa ziarniaków zbóż. PWN, Warszawa.
57. Grundas S., 2004, Charakterystyka właściwości fizycznych ziarniaków w kłosach pszenicy zwyczajnej. *Acta Agrophys.*, IA PAN, Lublin, 102, 27-30.
58. Gulbicka B., 2003, Bezpieczeństwo żywnościowe krajów rozwijających się. *Studia i Monografie 116*, IERiGŻ, Warszawa, 11.

59. Haddad Y., Mabilie F., Mermet A., Abecassis J., Benet J.C., 1999, Rheological properties of wheat endosperm with a view on grinding. *Powder Technol.*, 105, 89-94.
60. Hanczakowski P., 2002, Fenole – substancje antyodżywcze czy prozdrowotne. *Biul. Inf. IZ.*, 4, 33-39.
61. Holasova M., Fiedlerova V., Smrcinova H., Orsak M., Lachman J., Vavreinova S., 2002, Buckwheat – the source of antioxidant activity in functional foods. *Food Res. Int.*, 35, 207-211.
62. Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Korbas M., 2008, Wpływ grzybów toksynotwórczych na wybrane cechy jakościowe plonu zbóż i rzepaku. *Prog. Plant. Prot.*, 48 (3), 1039-1047.
63. Ignatowicz S., 2011, Przechowywanie zbóż. *Top Agrar Polska*, nr 06, 56.
64. International Grains Council., 2014, *Agra Europe 5 September 2014*, s. 19.
65. Jamroz D., Podkówka W., Chachułowa J., 2004, Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. t. 3, PWN, Warszawa, 209-233.
66. Janowicz L., 2005, Wilgotność ziarna zbóż. (odczyt 05.03.2016), <http://www.wrp.pl/wilgotno%C5%9B%C4%87-ziarna-zb%C3%B3%C5%BC>.
67. Janowicz L., 2006, Wpływ zmian mikrobiologicznych na jakość ziarna zbóż w czasie przechowywania. *Prz. Zboż. Młyn.*, 4, 33.
68. Janowicz L., 2007, Wpływ przechowywania na wilgotność ziarna zbóż. *Prz. Zboż. Młyn.*, 51, 6.
69. Janowicz L., 2007, Współczesne przechowywalnictwo ziarna zbóż. *Prz. Spoż.*, 61, (7), 24-27.
70. Janowicz L., 2009, Dobrze przechowywać ziarno. *Agrotechnika*, 6, 40-43.
71. Janowicz L., 2011, Przechowywanie ziarna w magazynie silosowym. *Agromechanika Technika w Gospodarstwie*, nr 10 s.26-27.
72. Jasińska Z., Kotecki A., 2003, *Szczegółowa Uprawa Roślin*. t. 1, AR, Wrocław, 155 - 160.
73. Jonnala R., Irmak S., MacRitchie F., Bean S., 2010, *Journal of Cereal Science*, 52, 509-515.
74. Jurga R., 2015, Sytuacja na krajowym rynku zbóż i jego przetwórstwa. *Prz. Zboż. Młyn.*, 59 nr 07, 2-4.
75. Jurga R., 2014, Podstawowe wybrane informacje o przechowywaniu ziarna zbóż. *Prz. Zboż. Młyn.*, 58, nr 04, 22.

76. Jurga R., 2011, Regulacje prawne i szybkie metody oznaczania mikotoksyn. *Prz. Zboż. Młyn.*, 4, 5-7.
77. Jurga R., 2005, Kilka uwag na temat bezpiecznego przechowywania ziarna zbóż. *Prz. Zboż. Młyn.*, 12, 38-39.
78. Jurga R., 2000, Prawidłowe przechowywanie ziarna warunkiem nie tylko utrzymania, ale i poprawy jego jakości. *Prz. Zboż. Młyn.*, 44, 11, 30.
79. Kaczmarek K., 2009, Zagrożenia dla zmagazynowanych zbóż. "Poradnik Gospodarski" nr 10, 30-33.
80. Kaleta A., Górnicki K., 2008, Bezpieczne przechowywanie ziarna-studium zagadnienia. *Inż. Rol.*, 1(99), 137-142.
81. Kaliora A.C., Dedoussis G.V., 2007, Natural antioxidant compounds in risk factors for CVD. *Pharmacol. Res.*, 56, 99-109.
82. Kanner J., 1994, Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Sci.* 36, 169-189.
83. Kapusta F., 2011, Zboża w rolnictwie i gospodarce Polski. *Prz. Zboż. Młyn.*, 4, 17-19.
84. Karakaya S., 2004, Bioavailability of phenolic compounds. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 44 (6), 453-464.
85. Karolini-Skaradzińska Z., Subda H., Czubaszek A., 2006, Wpływ dodatku mąki jęczmiennej na właściwości ciasta i pieczywa uzyskanego z mąki pszenic jarych i ozimych. *Żywn. Nauka. Technol.*, Ja., 2(47), 124-132.
86. Kawka A., 2010, Współczesne trendy w produkcji piekarskiej-wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość*, 3 (70), 25-43.
87. Keutgen A.J., Pawelzik E., 2007, Modifications of Strawberry Fruit Antioxidant Pools and Fruit Quality under NaCl Stress. *J. Agr. Food. Chem.*, 55, 4066-4072.
88. Kisała J.B., 2009, Antyutleniacze pochodzenia roślinnego – ich rola i właściwości. *Zesz. Nauk. Pol.-Wsch. Oddz. Tow. Inż. Ekol. i Pol. Tow. Gleboznaw.*, Rzeszów, 1, 109-114.
89. Kisiel M., 2004, *Produkcja Zbóż. Fundusz Współpracy*, Warszawa, 2.
90. Klepacka J., Fornal Ł., 2008, Określenie zależności między zawartością wybranych związków fenolowych a wartością przemiałową ziarna pszenicy. *Żywn.-Nauk. Technol.*, 6 (61), 55 -64.

91. Klotzel M., Lauber U., Humpf H., 2006, A new solid phase extraction clean-up method for the determination of 12 type A and B trichothecenes in cereals and cereal – based food by LC – MS/MS. *Mol. Nutr. Food Res.*, 50, 261-269.
92. Kłyszczko A., Kubus A., Żakowska Z., 2005, Mycological Analysis of cereal samples and screening of *Fusarium* strains ability to form deoxynivalenole [DON] and zearalenone [ZEA] mycotoxins- a pilot study. *J. Microbiol.*, 54, 21-25.
93. Knapowski T., Kozera W., Murawska B., Wszelaczyńska E., Pobereżny J., Mozolewski W., Keutgen A., 2015, Ocena parametrów technologicznych wybranych odmian pszenicy ozimej pod względem wypiekowym. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2015, 54 nr 5, 255-256.
94. Konopka I., Czaplicki S., Rotkiewicz D., 2006, Differences in content and composition of free lipids and carotenoids in flour of spring and winter wheat cultivated in Poland. *Food Chem.*, 95, 290-300.
95. Korbas M., Horoszkiewicz- Janka J., 2007, Znaczenie i możliwości ograniczenia szkodliwych metabolitów pochodzenia grzybowego. *Post. Ochr. Rośl.*, 47 (2), 141-148.
96. Korbas M., Mrówczyński M. (red.), 2011, *Metodyka integrowanej pszenicy ozimej i jarej*. PIORiN GI, Warszawa, 17-18, 39.
97. Kostryk Ł., Wawrzyniak Ł., 2013, *Pszenica ozima Barok*, Platinum Seeds. Top Farm Argo Sp. z o.o., Poznań, 9.
98. Kotowicz L., 2011, Żyto ozime: porównanie: planowania odmian populacyjnych i mieszańcowych w zależności od rodzaju gleb i intensywności uprawy: zarys technologii uprawy. *SDOO Zybiszów, Tomaszów Bolesławicki*, 1 (13), 17-24.
99. Krejpcio Z., Suliburska J., Król E., Kawka A., Marcinek K., 2015, Wpływ rodzaju ziarna zboża i stopnia jego przetworzenia na potencjalną biodostępność składników mineralnych w warunkach *in-vitro*. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1, 74-80.
100. Krejpcio Z., Król E., Suliburska J., Staniek H., Kawka A., Wójciak R., Marcinek K., 2014, Wpływ procesów przetwarzania na zawartość składników mineralnych (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu) w wybranych surowcach i produktach zbożowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 3, 531-535.
101. Krysińska-Traczyk E., Perkowski J., Kostecki M., Dutkiewicz J., Kiecana I., 2000, Grzyby pleśniowe i mikotoksyny jako czynniki narażenia zawodowego rolników sprzątających zboże kombajnami. *Medycyna Pracy*, 54 (2), 133-138.

102. Lisowski A., 2011, Suszenie ziarna po zbiorach. SGGW, Warszawa, 1-6.
103. Marciniak K., 2005, Uwarunkowania wykorzystania bazy odmianowej dla krajowej produkcji zbóż. *Prz. Zboż. Młyn.*, 4, 2-4.
104. Marciniak K., 2009, Znaczenie hodowli zbóż prowadzonej w spółkach ANR dla polskiego rolnictwa. *Hod. Rośl. Nasien.* 1, 8.
105. Matilla P., Philava J., Hellstrom J., 2005, Contents of Phenolic acids, alkyl and alkenyloresorcinols, and avertinamides in commercial grain products, *J. Agric. Food Chem.*, 53, 8290-8295.
106. Mishra H., Chitrangada D., 2003, A review on biological control and metabolism of aflatoxin. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 43, 245-264.
107. Miziolek D., Nieszczota S., 2013, Wstępny szacunek głównych ziemioplodów rolnych i ogrodnich w 2013 roku. GUS, Dep. Rol., Warszawa.
108. Mehl M., 2009, Szybkie i dokładne oznaczanie mikotoksyn. (tłum.) A. Tyburcy, *Prz. Zboż. Młyn.*, 9, 11-12.
109. Murawska B., Spychaj-Fabisiak E., Keutgen A., Wszelaczyńska E., Pobereżny J., 2014, Cechy technologiczne badanych odmian ziarna pszenicy ozimej uprawianych w warunkach Polski i Wielkiej Brytanii. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2014, 53 nr 2, 96-98.
110. Olejarski P., 2004, Nie strać plonów podczas ich przechowywania. *Por. Gosp.*, 11, 30-31.
111. Panasiewicz K., Faligowska A., 2013, Wartość starych nasion zbóż. *Top Agrar Polska*, nr 08, 68.-70.
112. Pardo E., Marin S., Sanchis V., Ramos A., 2004, Prediction of fungal growth and ochratoxin A production by *Aspergillus ochraceus* on irradiated barley grain as influenced by temperature and water activity. *Int. J. Food Microbiol.*, 95, 79- 88.
113. Piłat K., 2014, Pszenica ozima- parametry jakościowe i wypiekowe ziarna. (odczyt 24.10.2014), <http://www.scandagra.pl/448,l1.html>.
114. Pittet A., 1998, Natural occurrence of mycotoxins in foods and feeds – an updated review. *Rev. Med. Vet.*, 149 (6), 479-492.
115. PKN, 2002, Przechowywanie ziarna zbóż i roślin strączkowych, Część 2: Praktyczne zalecenia PN-ISO 6322-2, P. Warszawa.
116. Placinta C., D'Mello J., Macdonald A., 1999, A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 78, 21-37.

117. Plasch G., 2006. Die Bedeutung von Getreide in der menschlichen Ernährung. *Getreidetechnologie* 60 (4), 211.
118. PN-ISO 21527-1:2009. Mikrobiologia żywności i pasz- Horyzontalna metoda oznaczania liczby drożdży i pleśni- cz.1.
119. PN-ISO 3093:1996. Zboża. Oznaczanie liczby opadania.
120. PN-77A-74041:1989. Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie glutenu mokrego.
121. Pokorska B., Urbański J., 2011, Barwniki fotosyntetyczne (odczyt 24.05.2015), http://www.biocen.edu.pl/dmdocuments/skrypt_barwnikifotosynteczne.pdf.
122. Postupolski J., 2005, Dopuszczalne poziomy zawartości mikotoksyn w zbożach i ich przetworach w świetle wymagań Unii Europejskiej. *Prz. Zboż. Młyn.*, 11, 13-15.
123. Rothkaehl J., 2004, Standardy jakościowe ziarna pszenicy stosowane w krajach Unii Europejskiej. *Prz. Zboż. Młyn.*, 2, 20-22.
124. Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 roku o najwyższych dopuszczalnych poziomach niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. *Dz. Urz. WE L 364* z 20.12.2006.
125. Ryniecki A., Szymański P. (red.), 1999, Dobrze przechowane ziarno: jak suszyć, chłodzić, przewietrzać, czyścić i przechowywać ziarno zbóż, nasion rzepaku i innych roślin. *Poradnik. Pytania i odpowiedzi, Mr INFO Tow. Um. Rol.*, Poznań, 4, 14.
126. Sadkiewicz K., Sadkiewicz J., 2004, Bydgoska aparatura do badania zboża, mąki i pieczywa. *Wyd. Ucz. ATR, Bydgoszcz*.
127. Sadowski C., Lenc L., Kuś J., 2010, Fuzarioza kłosów i grzyby rodzaju *Fusarium* zasiedlające ziarno pszenicy ozimej, mieszaniny odmian i pszenicy Orkisz uprawianych w systemie ekologicznym. *Journal of Research and Applications in Agriculture*, 55 (4), 79-83.
128. Saleemullah, A. I., Iqtidar A. K., Hamidullah S., 2006, Aflatoxin contents of stored and artificially inoculated cereals and nuts. *Food Chem.*, 98, 699- 703.
129. Seńczuk W., 1999, Toksykologia. PZWL, Warszawa.
130. Sikorski Z. E., (red.), 2007 a, *Chemia żywności, Składniki żywności*, t. 1. WNT, Warszawa, 54-56.
131. Sikorski Z. E., (red.), 2007 b, *Chemia żywności, Składniki żywności*, t.3. WNT, Warszawa, 34-36.

132. Sitek K., 2012, Jakość ziarna pszenicy ze zbiorów w 2011 r., odczyt 15.06.2012), <http://www.podrb.pl/component/content/article/1442-jako-ziarna-pszenicy-ze-zbiorow-w-2011-roku.html>.
133. Skowron M., Cieśla A., 2008, Biostymulacja ziarniaków silnym, stałym polem magnetycznym. Pr. Inst. Elektrotech., AGH, 236, 144-167.
134. Slavin J.L., 2000, Mechanisms for the impact of whole grain foods on cancer risk. J. Am. Coll. Nutr., 19, 300-307.
135. Sobczyk A., Kaszuba J., 2015, Technologia zbóż. Cz.1. Ocena wartości technologicznej ziarna, przygotowanie do przemiału i przemiał ziarna. Wydaw. Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów.
136. Stasiak A., Ulanowska A., 2008, Aktywność przeciwutleniająca nowych odmian fasoli *Phaseolus vulgaris* L. Żywn.-Nauk. Technol., 1(56), 74-82.
137. Subda H., Piątek A., Augustowska I., Karolini-Skaradzińska Z., Czubaszek A., 2000, Charakterystyka wartości technologicznej ziarna i mąki odmian jęczmienia. Biul. Inst. Aklim, Rośl, 215, 167-177.
138. Sypuła M., Dadrzyńska A., 2008, Wpływ czasu przechowywania ziarna pszenicy na zmianę jego cech jakościowych, Inżynieria Rolnicza. 1(99) s. 372.
139. Sweeney M., Dobson A., 1998, Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium*, and *Penicillium* Species. Int. J. Food Microbiol., 43, 141-158.
140. Szwedziak K., 2007, Zastosowanie technik informatycznych do oceny zanieczyszczeń w magazynowanym ziarnie. Inżynieria Rolnicza. 9 (97), 219-223.
141. Szymczyk K., Szteke B., Goszcz H., 2004, Występowanie patuliny w krajowych sokach jabłkowych. Roczniki PZH, 3, 255-260.
142. Szymusiak H., Oszmiański J., Tyrakowska B., 1999, Trwałe i nietrwałe produkty utleniania flawonoidów. Mat. II Konf. Nauk. „Żywność a Zdrowie. Antyoksydanty w żywności.”, Wyd. Pol. Tow. Tech. Żyw., Łódź, 83.
143. Szyszło J., Bochat P., 2013, Przechowywanie ziarna zbóż o zróżnicowanych parametrach jakościowych. Przegląd Zbożowo - Młynarski tom 57 nr 03, 6-9.
144. Tomczak M., Wiśniewska H., Stępień Ł., Kostecki M., Chelkowski J., Goliński P., 2002, Deoxynivalenol, nivalenol and moniliformin in wheat samples with head blight (scab) symptoms in Poland (1998-2000). Eur. J. Plant Pathol., 108, 625-630.

145. Trawczyńska Z., 2009, Jakość ziarna pszenicy ze zbiorów 2009 r. (odczyt 05.03.2016), <http://www.kpodr.pl/index.php/archiwum/153-jako-ziarna-pszenicy-ze-zbiorow-2009-r>.
146. Trybulski J., Babalski M., 2006, Uprawa pszenicy orkisz: poradnik dla rolników. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie oddział w Radomiu, Radom, 4.
147. Tukiendorf M., Szwedziak K., Sobkowicz J., 2008, Określenie czystości ziarna konsumpcyjnego za pomocą komputerowej analizy obrazu. Inżynieria Rolnicza. 12 (87), 519–552.
148. Twarużek M., Grajewska-Worat N., Błajet-Kosicka A., Grajewski J., 2013, Występowanie grzybów rodzaju *Fusarium* oraz głównych mikotoksyn w ziarnie zbóż w latach 2011-2012. Post. Ochr. Rośl., 4, 801-806.
149. Varga J., Péteri Z., Tábori K., Téren J., Vágvolgyi C., 2005, Degradation of ochratoxin A and other mycotoxins by *Rhizopus* isolates. Int. J. Food Microbiol., 99, 321-328.
150. Vaher M., Matso K., Levandi T., Helmja K., Kaljurand M., 2010, Phenolic compounds and the antioxidant activity of the bran, flour and whole grain of different wheat varieties, Procedia Chemistry, 2, 76-82.
151. Warfield C.Y., Gilchrist D.G., 1999, Influence of kernel age on fumonisin B1 production in maize by *Fusarium moniliforme*. Appl. Environ. Microbiol., 65, 2853-2856.
152. Wasylińska K., 2001, Początki uprawy roślin: gdzie, kiedy, jak i dlaczego? Wiad. Botan., 45 (1-2), 7-31.
153. Weber R., Kita W., 2014, Zagrożenia i sposoby ograniczania chorób fuzaryjnych i mikotoksyn w zbożach i kukurydzy. Puławy: Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, 2014 ; 98s. ; il. Monografie i Rozprawy Naukowe z.43.
154. Weider S., Amarowicz R., Karamać M., Frączek E., 2000, Changes in endogenous phenolic acids during development of *Secale cereale* caryopses and after dehydration treatment of unripe rye. Plant Physiol. Biochem., 38, 595-602.
155. Wellburn A.R., 1994, The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. J. Plant Physiol. 144, 307-313.
156. Witamina C w żywności: jakie zboża i produkty zbożowe mają najwięcej witaminy C. Odczyt 14.01.2016, <http://world-population.net/food/pl/v67>.

157. Wiśniewska H., 2011, Mikotoksyny w żywności i paszach. Mat. Konf. „Fitopatologia: zdrowe rośliny, zdrowi ludzie”, 20-22 września, Wyd. Bydgoskie Tow. Nauk., Bydgoszcz, 18-22.
158. World Health Organization, 1984, Kryteria Zdrowotne środowiska. Mikotoksyny, t.11. PZWL, Warszawa.
159. Wójcik M., 2012, Karotenoidy-chronią nas przed rakiem. (odczyt 24.05.2015), <http://www.polskatimes.pl/artykul/493480,karotenoidychroniasprzedrakiem,id,t,html>.
160. Zakład Badawczy Przemysłu Piekarskiego Sp. z o.o. w Bydgoszczy, 2012, Urządzenie do badania liczby opadania. (odczyt 22.11.2012), http://www.zbpp.com.pl/index_pl.php?.cid=144.
161. Zieliński H., Kozłowska H., Lewczuk B., 2001, Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2-3, 159-169.
162. Zieliński H., Lewczuk B., Kozłowska H., 2000, Melatonin in cereal grains as a potential cancer prevention agent. In: *Dietary Anticarcinogens and Antimutagens. Chemical and Biological Aspects*, 1.t. Johnson and G.R. Fenwick, The Royal Society of Chemistry, Athenaeum Press Ltd, Gateshead, Tyne and Wear, UK, 266-273.
163. Zieliński H., Michalska A., Amigo-Benavent M., del Castillo M.D., Piskula M.K., 2009, Changes in protein quality and antioxidant properties of buckwheat seeds and groats induced by roasting. *J. Agric. Food Chem.*, 57, (77), 4771-4776.

WPLYW CZASU PRZECHOWYWANIA NA NIEKTÓRE CECHY JAKOŚCI ZIARNA ZBÓŻ

Julian Brewka

STRESZCZENIE

Odpowiednie przechowywanie zbóż to zagadnienie tak samo ważne jak odpowiednia uprawa. Postęp w uprawie, w nawożeniu oraz ochronie zboża, powoduje stały wzrost wielkości plonów. Równoległe z tym zagadnieniem rozwija się zagadnienie odpowiedniego przechowywania dużych ilości zbóż oraz utrzymania właściwej ich jakości i czystości. Powyższe badania polegały na ocenie czterech gatunków zbóż: pszenicy, pszenżyta oraz jęczmienia i żyta pod względem ich wartości jakościowych (ilość zanieczyszczeń oraz wilgotność, zawartość białka), technologicznych (liczby opadania, gęstości, zawartości glutenu i liczby opadania, sedymentacji, a także wartości wypiekowej) i prozdrowotnych (pojemności antyoksydacyjnej FRAP, zawartości związków fenolowych, kwasu chlorogenowego, zawartości chlorofilu a i b a także karotenoidów i wit.C). Zbadano też zawartość mikotoksyny DON i grzybów pleśniowych, w okresie ich przechowywania, od złożenia w silosie do 90 dnia składowania. Jest to okres newralgiczny dla zbóż, który jest nazywany dojrzewaniem późnym. Przeprowadzona analiza wariancji gęstości badanych prób, wykazała istotność roku prowadzenia doświadczenia i gatunku zboża oraz interakcji gatunku zboża i czasu przechowywania. Niestety badana pszenica w pierwszym roku, cechowała się stosunkowo niskim poziomem gęstości, wynoszącym średnio 67,6 kg hl⁻¹. Wyższy średni poziom gęstości uzyskało żyto tj. 69,95 kg hl⁻¹. Stosunkowo wysoki poziom gęstości miało też pszenżyto w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia na poziomie sięgającym 62 kg hl⁻¹. Najwyższą wartość, którą osiągnęło żyto wynosiło wtedy 89 +/- 1,7 kg hl⁻¹. Przeprowadzono też badania pojemności antyoksydacyjnej (FRAP). W tym przypadku istotny był rok prowadzenia doświadczenia i gatunek badanego zboża oraz czas jego przechowywania. Największą pojemność antyoksydacyjną miało żyto (11,82 mmol·kg⁻¹), a najmniejszą pszenica (5,8 mmol·kg⁻¹). Żyto miało odznaczać się najwyższą pojemnością antyoksydacyjną w momencie złożenia ziarna do silosu. Poziom ten wyniósł 14,89 mmol·kg⁻¹. W następnych latach średni poziom pojemności antyoksydacyjnej, utrzymywał się w tym samym przedziale, który wynosił około 7,20 mmol kg⁻¹ dla drugiego roku prowadzonych

doświadczeń oraz $5,81 \text{ mmol kg}^{-1}$ w trzecim roku badań. Rok prowadzonych badań oraz gatunek zboża, a także czas przechowywania w istotny sposób wpływał na zawartość związków fenolowych. W pierwszym roku prowadzonych badań, zawartość tych związków we wszystkich badanych gatunkach była dość wyrównana (pszenica $1120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pszenżyto $1116 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a żyto $1177,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ oraz jęczmień $1261 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Poziomy związków fenolowych stopniowo rosły do 60 dnia, aby obniżyć się o kilka procent do 90 dnia. Wzrost po 60 dniu, a także pod 90 dniu był zbliżony. Według dostępnej literatury całkowita zawartość polifenoli zależała od genotypu zboża. Zbliżony poziom polifenoli uzyskał Vahera w 2010 r. w swych badaniach mąki pszennej na poziomie 1258 do $3157 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, zaś Mitulla (2005) w swych wynikach, oznaczał polifenole w mące pełnoziarnistej żytniej i w mące pszennej 1366 i $1342 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zawartość chlorofilu a i b, w niniejszej pracy, gdzie istotny w badaniach był efekt główny, a więc gatunek badanego zboża i czas przechowywania, przedstawiał się w taki sposób: największą sumaryczną zawartość chlorofilu zawierało ziarno jęczmienia $7,99 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a pszenżyta $4,59 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, zaś żyta $4,49 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ oraz pszenicy $3,88 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zawartość karotenoidów, gdzie istotny okazał się tylko gatunek zboża ukazały poziomy takie jak: jęczmień $4,82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, żyto $2,17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, oraz pszenica $1,22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ i pszenżyto $0,98 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Badanie ukazało, że najlepszą mąką do celów piekarniczych jest mąka, którą uzyskiwano z ziaren pszenicy z wynikiem 321 ± 10 w pierwszym roku magazynowania, oraz 482 ± 76 w drugim roku, a także $453,13 \pm 30,10$ w trzecim. Najślabszą wartość wypiekową posiadało żyto: 247 ± 14 ; 319 ± 9 w drugim roku, a także trzecim na poziomie $307 \pm 5,44 \text{ mg/kg}$ mąki.

Influence of storage time on chosen quality parameters of cereal kernels

Julian Brewka

SUMMARY

Proper storage of cereals is a matter as important as adequate crop. Progress in cultivation, fertilization, and conservation of cereals causes a continued growth of yields, in parallel with this issue develops about the proper storage of large cereals quantities and maintain their adequate quality and clarity grade. These studies rely on an evaluation of four different types of cereals, wheat, Triticale, barley, and rye in terms of their qualitative value (amount of impurities, moisture content, protein content) technology (number of descent, density, gluten content, number of descent, sedimentation and the value of your baking) and healthy (capacity antioxidant, FRAP, phenolic compounds, chlorogenic acid content, the content of chlorophyll a and b, and carotenoids as well as vit. C. Also examined were the contents of mycotoxins, DON and filamentous fungi during their store since the submission into a silo up to the 90 days of storage. This is a critical period for cereals called later maturing. Performed analyses of variance revealed the significance of the year and the species of grain as well as the interactions of grain and storage time. Unfortunately, the test in the first year of the wheat has been the relatively low average density $67,6 \text{ kg hl}^{-1}$. Higher average level was obtained in rye IE. 69.95 hl^{-1} and a relatively high level of density also had Triticale in the first year of experiment at 62 hl^{-1} . The highest value which reached rye was then $89/-1.7 \text{ hl}^{-1}$. The highest antioxidant capacity was noted in rye ($11,82 \text{ mmol kg}^{-1}$) the smallest and wheat (5 mmol kg^{-1}). Rye was characterized by higher antioxidative capacity at the time directly after harvest. This level was $14,89 \text{ mmol kg}^{-1}$. In the following years, the average level of antioxidant capacity has remained in the same range of around $7.20 \text{ mmol kg}^{-1}$ for the second year of carried experiments and $5,81 \text{ mmol kg}^{-1}$ in the third one. Years of investigations and a species of grain, as well as storage time significantly affect the study of phenolic compounds content. In the first year of the study the contents of these compounds in all investigated species is fairly uniform (wheat 1120 mg kg^{-1} , Triticale 1116 mg kg^{-1} , rye $1177,2 \text{ mg kg}^{-1}$ and barley 1261 mg kg^{-1}). The storage time affected the contents of total phenolics in different cereals, for wheat and Triticale after 60 days it declined and claimed up just after 90 days. For rye and barley, the situation was opposite. It increased and after 60 and 90 days the amounts were similarly high. According to the available literature on total

polyphenols depends on the genotype. A similar level of polyphenols obtained Vahera in 2010 in their studies of wheat flour at 1258 to 3157 mg kg⁻¹, while Mitulla (2005) in his findings marked the polyphenols in flour rye flour and wheat, 1366 and 1342 mg kg⁻¹, respectively. Chlorophyll contents a and b in this paper where relevant in studies, where the main effect were the species of grain and storage time, represented as follows: the largest total chlorophyll content contained grains of barley 7.99 mg kg⁻¹, Triticale 4,59 mg kg⁻¹, rye 4,49 mg kg⁻¹, and wheat 3,88 mg kg⁻¹. The content of carotenoids, where the main factor was only the species of cereals, showed the following levels: barley 4.82 mg kg⁻¹, rye 17.2 mg kg⁻¹, wheat 1.22 mg kg⁻¹, and Triticale 0.98 mg kg⁻¹. The study has shown that the best flour for bakery was the flour obtained from grains of wheat with a score of 321/-10 in the first year of storage, 482/-76 in the second year and 453,13/-30,10 in the third one. The lowest value of effectiveness has rye respectively: 247/-14; 319-9 in the second year, and 307/-5,44 mg kg⁻¹ of flour.

