

Prof. dr hab. inż. Sławomir Kocira
Wydział Inżynierii Produkcji
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Lublin, 08.02.2025 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
Mgr inż. Justyny Belcar pt. „Opracowanie optymalnej technologii uprawy pszenicy ozimej
z wykorzystaniem w przemyśle słodowniczym i browarniczym” wykonanej pod opieką
prof. dr hab. inż. Józefa Gorzelanego i dr inż. Miłosza Zardzewiałego

Recenzja została przygotowana na wniosek Rady Naukowej Kolegium Nauk Przyrodniczych
Uniwersytetu Rzeszowskiego z dnia 9 grudnia 2024 r.

Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L.) jest jedną z podstawowych roślin uprawianych na świecie na cele konsumpcyjne i paszowe. W ostatnim okresie w wyniku poszukiwania nowych receptur produkcji piwa wzrosło zainteresowanie wykorzystaniem ziaren pszenicy w produkcji słodu i piwa. Z danych rynkowych wynika, że piwo pszeniczne zyskało liczne grono konsumentów, co wpłynęło na zwiększenie zapotrzebowania na ziarna pszenicy o odpowiednich parametrach jakościowych, odpowiadających potrzebom procesu produkcji tego napoju alkoholowego. Dlatego też coraz częściej w literaturze przedmiotu można znaleźć publikacje poświęcone wykorzystaniem tego surowca w procesie produkcji piwa. Brak jest jednak kompleksowego podejścia, które obejmowałoby opracowanie technologii uprawy pszenicy na cele browarnicze wraz z analizą ekonomiczną oraz zastosowaniem uzyskanego surowca do produkcji piwa o odpowiednich parametrach jakościowych. Takie podejście badawcze wpisuje się w strategię od pola do stołu i obejmuje praktycznie pełny cykl od uprawy poprzez obróbkę pozbiorczą po wytworzenie gotowego do konsumpcji wyrobu. Wybierając tę tematykę Pani mgr inż. Justyna Belcar wpisała się w istniejący trend badawczy starając się wypełnić lukę w wiedzy dotyczącą pozyskiwania surowca o odpowiednich parametrach jakościowych wykorzystywanego w przemysłowych procesach produkcji słodu i piwa. Według mojej opinii dobór tematu rozprawy doktorskiej jest jak najbardziej trafny i aktualny pod względem naukowym i użytkowym.

Rozprawa składa się z ośmiu rozdziałów głównych: Wstęp; Przegląd literatury; Cel, zakres pracy i hipotezy badawcze; Materiał i metody badań; Warunki prowadzenia doświadczenia; Wyniki badań i dyskusja; Podsumowanie; Wnioski. Po rozdziałach głównych Autorka zamieściła bibliografię, spis tabel i rysunków oraz streszczenie.

W pierwszym rozdziale *Wstęp* Doktorantka przedstawiła skrótowo informacje o skali uprawy *T. aestivum* na świecie i w Polsce oraz jej wykorzystania przemysłowego, głównie do produkcji mąki



i innych produktów konsumpcyjnych oraz paszy dla zwierząt. Zwróciła też uwagę na zainteresowanie produkcją słodu i piwa z innych surowców (m.in. z pszenicy) niż jęczmień jary. Zasygnalizowała także problemy związane z opracowaniem odpowiedniej technologii uprawy pszenicy na cele browarnicze wynikające z połączenia wielu czynników. *Wstęp* został napisany i przedstawiony w sposób zwięzły i rzetelny, spełniając swoją rolę wprowadzającą czytelnika w tematykę poruszaną w dysertacji.

Rozdział drugi to *Przegląd literatury*, w którym mgr inż. Justyna Belcar szczegółowo omówiła pochodzenie pszenicy, jej morfologię i anatomię. Dokonała także dokładnej analizy agrotechniki uprawy tego zboża na cele browarnicze omawiając wymagania glebowo-klimatyczne, dobór odmian wraz z terminem i gęstością siewu, nawożenie oraz pielęgnację w okresie wegetacji, zbiór i obróbkę pozbiorową ziarna. Przedstawiła też czynniki wpływające na kosztochłonność uprawy pszenicy na cele browarnicze. Kolejnym zagadnieniem poruszonym w tym rozdziale jest zastosowanie ziarna pszenicy w przemyśle spożywczym. W rozdziale tym Doktorantka przedstawiła na podstawie danych literaturowych właściwości technologiczne jakimi powinny cechować się ziarna pszenicy przeznaczone na cele browarnicze. Dwoma bardzo ważnymi elementami tego rozdziału są informacje przedstawione w zakresie procesu słodowania ziaren pszenicy i wyróżników jakości słodu. W ostatniej części przeglądu literatury mgr inż. Justyna Belcar omówiła technologię produkcji piw pszennych. Przedstawiła i scharakteryzowała piwa pszenne i omówiła ich właściwości. Rozdział *Przegląd literatury* został zamieszczony na 19 stronach. Doktorantka zamieściła w nim 7 rysunków wykonanych i wykorzystanych prawidłowo. Reasumując rozdział ten został wykonany bardzo rzetelnie z dbałością o szczegóły, pozwalając czytelnikowi w pełni zrozumieć poruszane w nim zagadnienia, co pozwala mi stwierdzić, że Doktorantka w umiejętny sposób przedstawia aktualny stan wiedzy z zakresu objętego dysertacją.

Kolejny rozdział to *Cel, zakres pracy i hipotezy badawcze*. Rozdział ten został podzielony na 3 podpodziały. W pierwszej części tego rozdziału mgr inż. Justyna Belcar sformułowała i przedstawiła cel pracy doktorskiej, którym było *określenie kosztochłonności produkcji i sprawdzenie czy zaproponowane odmiany pszenicy ozimej i warianty nawożenia azotowego będą miały wpływ na plonowanie, wartość technologiczną ziarna pszenic, jakość uzyskanego słodu i piwa jako produktu finalnego*. W dalszej części tego podrozdziału zostały przedstawione etapy realizacji celu stanowiące wg Doktorantki cele cząstkowe:

1. *Założenie doświadczeń: 3-letnich polowych i 2-letnich łanowych, przeprowadzenie obserwacji i badań w okresie wegetacji pszenicy;*
2. *W warunkach doświadczeń łanowych opracowanie optymalnej technologii uprawy pszenicy ozimej z określeniem kosztochłonności produkcji;*
3. *Określenie wartości technologicznej uzyskanego ziarna;*
4. *Przeprowadzenie procesu słodowania ziarna badanych odmian pszenic oraz określenie jakości uzyskanych słodów;*

5. Przeprowadzenie procesu warzenia piw pszenicznych wraz z analizą wyróżników jakościowych.

W mojej ocenie nie są to cele cząstkowe a jedynie zakres realizowanych prac koniecznych do wykonania przy realizacji celu jaki został założony. Jedynie drugi punkt można uznać częściowo jako cel cząstkowy.

W drugim podrozdziale przedstawiono zakres pracy będący w większości powtórzeniem etapów realizacji celu zawartych w podrozdziale pierwszym tego rozdziału.

Trzeci podrozdział dotyczy hipotez badawczych. Mgr inż. Justyna Belcar postawiła 4 hipotezy badawcze:

H₁ – Uprawa pszenicy ozimej na cele słodownicze i browarnicze jest możliwa przy zastosowaniu odpowiedniej agrotechniki, w tym głównie dotyczącej nawożenia azotowego;

H₂ – Zaproponowane ograniczone dawki nawożenia azotowego w uprawie pszenicy z przeznaczeniem na sód, w porównaniu do uprawy pszenicy na cele spożywcze i paszowe, wpłyną pozytywnie na cechy fizjologiczne roślin w trakcie wegetacji, plon, wartość technologiczną ziarna oraz jakość uzyskanego siodu i piwa pszenicznego;

H₃ – Minimum jedna wytypowana do badań odmiana pszenicy paszowej (Elixer, Lawina, Gimantis, Rockefeller), uprawiana w południowo – zachodniej oraz południowo – wschodniej Polsce, znajdzie zastosowanie do produkcji siodu pszenicznego;

H₄ – Opracowana technologia uprawy pszenicy ozimej na cele słodownicze i browarnicze wpłynie pozytywnie na jakość surowca i wskaźnik efektywności ekonomicznej produkcji.

Podsumowując rozdział ten został dobrze opracowany i nie budzi zastrzeżeń oprócz nazwania zadań do zrealizowania celami cząstkowymi i powielenia informacji w dwóch podrozdziałach.

Następny rozdział to *Materiał i metody badań*. Rozdział został podzielony na 7 podrozdziałów. W pierwszy podrozdziale Autorka zamieściła szczegółowe informacje dotyczące modelu doświadczenia polowego opartego na 3 letnim doświadczeniu polowym wykonanym jako doświadczenie dwuczynnikowe w 4 powtórzeniach w układzie bloków losowych. Drugi podrozdział to informacje dotyczące modelu doświadczeń łanowych przeprowadzonych w 7 gospodarstwach rolnych. W podrozdziale trzecim zawarto charakterystykę 4 odmian pszenicy zwyczajnej ozimej: Elixer, Lawina, Gimantis i Rockefeller, które były uprawiane w doświadczeniach polowych i łanowych. Podrozdział czwarty zawiera informacje dotyczące metod pomiarów i obserwacji wzrostu i rozwoju roślin w poszczególnych fazach rozwojowych (np. wysokość roślin, obsada kłosów) oraz metody pomiarów fizjologicznych roślin takich jak np. zawartość chlorofilu. W podrozdziale czwartym Doktorantka szczegółowo omówiła metodykę obliczania kosztocłonności produkcji pszenicy ozimej na cele browarnicze. Doktorantka zawężając ten podrozdział tylko do metodyki kosztocłonności uprawy pszenicy na cele browarnicze sprowokowała pytanie: **Czym różni się metodyka obliczania kosztocłonności uprawy pszenicy na cele browarnicze od np. na cele konsumpcyjne?** Przedstawiona metoda obliczania kosztocłonności została oparta na metodzie

kalkulacyjno-bilansowej i jest poprawna oraz nie budzi zastrzeżeń z wyjątkiem błędnie podanej jednostki dotyczącej wartości ubezpieczenia (U) przy określaniu ubezpieczeniem maszyn i urządzeń (Kub). Podano dla ubezpieczenia (U) jednostkę zł/h a powinno być zł/rok. W kolejnym podrozdziale dotyczącym analiz laboratoryjnych Doktorantka przedstawiła zakres i metody wykorzystane przy ocenie towaroznawczej ziarna pszenicy. Przedstawiła proces śladowania oraz procedurę i metody analiz jakościowych słoju pszenicznego. Następnie omówiła proces warzenia piwa pszenicznego oraz procedury i metody analizy jakościowe tego piwa np. zawartość polifenoli ogółem i profil polifenolowy oraz aktywność przeciwutleniającą piw pszenicznych. W podrozdziale tym została też przedstawiona metodyka analizy organoleptycznej wraz z przyjętymi kryteriami w ocenie punktowej. Ocena organoleptyczna została przeprowadzona zgodnie z normą dotyczącą oceny sensorycznej piwa w modyfikacji własnej. **Doktorantka nie przedstawiła jakich modyfikacji dotyczył zakres oceny sensorycznej, dlatego też proszę o wyjaśnienie dlaczego i jakie modyfikacje wprowadzono w tej ocenie.** Ostatni podrozdział dotyczy analizy statystycznej uzyskanych wyników. Doktorantka zastosowała analizę wariancji ANOVA przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ a do porównania wartości średnich zastosowano test HSD-Tukeya. Zabrakło w tej części dysertacji informacji czy zbadano normalność rozkładu analizowanych zmiennych oraz czy stwierdzono jednorodność wariancji. **Spełnienie tych dwóch warunków jest podstawą do stosowania ww. testu Tukey'a, dlatego też proszę o informację w tej kwestii.**

Reasumując rozdział ten zawiera prawidłowo omówione warunki i metody badań pozwalając na powtórzenie przeprowadzonych doświadczeń wg przedstawionej metodyki a ww. uwagi i pytania mają charakter uzupełniający.

Następny rozdział 5 to *Warunki prowadzenia doświadczeń*. W rozdziale tym mgr inż. Justyna Belcar przedstawiła warunki glebowe i pogodowe prowadzenia doświadczeń polowych i łanowych. Przy omawianiu warunków pogodowych posłużyła się oprócz wartości średnich dotyczących opadów i temperatur także współczynnikiem hydrotermicznym opracowanym przez Sielaniowa. Warunki glebowe to m.in. typ gleby, odczyn i zasobność gleby w podstawowe składniki makroskładniki, zastosowane nawożenie. Rozdział ten został opracowany poprawnie i jedynie zabrakło podania informacji przy określaniu współczynnika hydrotermicznego Sielaniowa dotyczącej ograniczenia jego stosowania w przypadku wystąpienia ujemnych średnich temperatur dobowych oraz dla jakich minimalnych średnich temperatur dobowych był obliczany, gdyż zgodnie z przejętymi w literaturze ograniczeniami przyjmuje się, że jest on stosowany wtedy gdy średnia dobową temperatura przekracza 8°C .

Zasadniczą część dysertacji (ponad 55%) stanowi rozdział 6 *Wyniki badań i dyskusja*. Tak obszerny rozdział został podzielony na 14 podrozdziałów, które usystematyzowały analizę i pozwoliły na przejrzyste zapoznanie się z wynikami i ich interpretacją. W rozdziale tym wyniki badań wraz z wykonaną analizą statystyczną przedstawiono w 70 tabelach i na 42 rycinach w pełni przedstawiając wszystkie uzyskane wyniki. Zarówno tabele jak i ryciny wykonano przejrzysto i starannie.

W pierwszym podrozdziale Doktorantka szczegółowo omówiła i zinterpretowała wyniki dotyczące przebiegu wegetacji roślin w doświadczeniach polowych. Na początku tego podrozdziału omówiła warunki pogodowe w analizowanych sezonach wegetacyjnych dotyczące opadów i temperatur powietrza. Wykorzystała w tym opisie także współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa. W przypadku omawiania tego współczynnika dokonano zbyt daleko idących interpretacji dotyczących miesięcy zimowych (ograniczenie stosowania tego współczynnika przedstawiłem przy omawianiu rozdziału 5). Mgr inż. Justyna Belcar w dalszej części tego podrozdziału dokładnie omówiła wysokość roślin wskazując brak istotnych różnic dla tego parametru w fazie kłoszenia i wykazując istotne różnice w fazie dojrzałości młeczej dla wariantów nawożenia a w fazie dojrzałości zbiorczej dla odmian. Kolejnym badanym parametrem była względna zawartość chlorofilu (SPAD) w liściach pszenicy ozimej. Omówienie tego parametru oraz dokonana analiza statystyczna i omówienie SPAD zostało przeprowadzone prawidłowo a umiejętnie wkomponowana dyskusja pozwala na pełne zrozumienie istniejących różnic między latami badań, odmianami i wariantami nawożenia. Następnymi parametrami interpretowanymi w doświadczeniu polowym były wskaźniki powierzchni liści (LAI) oraz kąty nachylenia liści (MTA). Omówienie wartości LAI i MTA zostało przeprowadzone prawidłowo i nie budzi zastrzeżeń. Kolejny podrozdział to analizy uzyskanych wyników w doświadczeniu łanowym w zakresie wysokości roślin, względnej zawartości chlorofilu, wskaźnika powierzchni liści oraz kąta nachylenia liści. W podrozdziale tym omówiono także warunki pogodowe w sezonach wegetacyjnych dla realizacji tego doświadczenia. Wyniki te zostały bardzo dobrze opisane i zinterpretowane, jedynie przy obliczaniu i interpretacji współczynnika hydrotermicznego Sielanianowa dokonano nadinterpretacji takiej jak w poprzednim podrozdziale.

Następne dwa podrozdziały dotyczą elementów plonowania pszenicy w doświadczeniu polowym i łanowym. Mgr inż. Justyna Belcar dokładnie przedstawiła uzyskane wyniki, w obu realizowanych doświadczeniach, dotyczące: obsady kłosów, liczby ziaren w kłosie, masy 1000 ziaren i plonu ziarna. Doktorantka stwierdziła istotne różnice w plonowaniu pszenicy między kombinacją kontrolną a wszystkimi wariantami nawożenia, z tym że w III wariantcie uzyskano najwyższy plon ziaren pszenicy, który różnił się istotnie od plonów uzyskanych w pozostałych wariantach. Doktorantka uzyskała największą masę ziaren w doświadczeniu łanowym (11,28 t/ha) dla odmiany Gimantis w gospodarstwie D w 2 roku badań. Uzyskane wyniki zostały odpowiednio zinterpretowane a dokonana dyskusja została przeprowadzona prawidłowo. W podrozdziale tym wystąpił błąd edytorski polegający na błędnym zapisie skrótu sucha masa. Został on zapisany ze spacją między literami (s. m.) a przyjęte jest pisanie łącznie (s.m.). Błędny zapis ten jest powielany w całej dysertacji. Występują też nieliczne błędy stylistyczne dotyczące pisowni np. str. 114 zamiast *Najniższą obsadę kłosów zaobserwowano w gospodarstwie E (II rok badań), wynosiła ona 738 szt. m⁻² i była o 15,99% niższa w stosunku do średniej dla tej odmiany z pozostałych gospodarstw*. Powinno być *Najniższą obsadę kłosów zaobserwowano w gospodarstwie E (II rok badań), wynosiła ona 738 szt. m⁻² i była o 15,99% niższa w stosunku do średniej z dwóch lat badań w gospodarstwie D*. Odmiana ta była

uprawiana w doświadczeniu łanowym tylko w tych 2 gospodarstwach (E i D).

Następny pododdział dotyczy analizy skupień jako elementu analizy statystycznej wyników uzyskanych w okresie wegetacji pszenicy. W tej części dysertacji mgr inż. Justyna Belcar dokonała pogrupowań analizowanych odmian pszenicy ozimej oraz badanych wariantów nawożenia azotowego na podstawie cech fizjologicznych, plonu i elementów kształtujących plon. Doktorantka prawidłowo wykonała analizę skupień, co pozwoliło stwierdzić, że najbardziej przydatnymi odmianami w produkcji pszenicy ozimej i cechującymi się największą odpornością na zróżnicowane warunki pogodowe była odmiana Lawina, a w mniejszym stopniu odmiana Gimantis. Analiza skupień dotycząca badanych wariantów nawożenia pozwoliła wyodrębnić dwa istotnie różniące się skupienia. Pierwsze to kontrola i wariant I nawożenia a drugie skupienie to wariant II i III nawożenia. Także analiza skupień przeprowadzona dla doświadczenia łanowego pozwoliła wyodrębnić 2 skupienia a mianowicie odmiany Elixer i Gimantis w pierwszym skupieniu oraz odmiany Lawina i Rockefeller w drugim.

Kolejny podrozdział dotyczy kosztochłonności uprawy pszenicy ozimej na cele browarnicze. Analiza ta oprócz kosztów zawiera także przychody uzyskane ze sprzedaży ziarna i wyliczony dochód błędnie nazwany przez Autorkę zyskiem. **Dlatego proszę Doktorantkę o informację czym różni się dochód z produkcji roślinnej w gospodarstwie rolnym od zysku?** Ogólnie analiza kosztów uprawy pszenicy została wykonana poprawnie i przedstawiona w tabelach dla odmian, roku doświadczeń i gospodarstw, w których prowadzono badania łanowe. W ostatniej tabeli w tym podrozdziale Doktorantka dokonała porównania poszczególnych kategorii kosztów dla badanych odmian pszenicy oraz przedstawiła obliczony wskaźnik efektywności ekonomicznej. Niestety w podrozdziale dotyczącym metodyki obliczania kosztochłonności mgr inż. Justyna Belcar nie podała formuły obliczania tego wskaźnika. Doktorantka wskazała na wzrost kosztów materiałów w 2 roku badań względem pierwszego o kilkanaście procent. **Proszę o wyjaśnienie skąd tak duży wzrost tych kosztów produkcji?** Reasumując podrozdział ten mimo ww. nieodciągnięć oceniam wysoko głównie ze względu na jego praktyczny aspekt dla rolników.

Kolejne dwa podrozdziały dotyczą wyników analiz towaroznawczych ziarna pszenicy ozimej pozyskanego z doświadczeń polowych i łanowych. Jest to bardzo ważna część dysertacji, gdyż badane parametry pozwalają na wskazanie przeznaczenia technologicznego zebranego plonu.

Mgr inż. Justyna Belcar szczegółowo omówiła zawartość wody ziarnie, gęstość usypową ziarna, wyrównanie ziarna, energię i zdolność kiełkowania ziarna oraz zawartość białka ogółem w ziarnach pozyskanych z doświadczeń polowych i łanowych. Prawidłowo przeprowadzone analizy parametrów towaroznawczych pozwoliły Doktorantce stwierdzić brak istotnych różnic w zawartości wody między badanymi odmianami oraz wariantami nawożenia, a także istotną różnicę między pierwszym rokiem badań polowych a dwoma następnymi. Istotne różnice wystąpiły w gęstości usypowej i wyrównaniu ziaren pozyskanych z doświadczenia polowego zarówno między latami badań, jak i odmianami oraz wariantami nawożenia. Analiza zdolności i energii kiełkowania ziaren nie wykazała żadnych istotnych

różnic między badanymi wariantami, odmianami i latami. Natomiast zawartość białka ogółem istotnie różniła się tylko między wariantami nawożenia. W badaniach łanowych Doktorantka wykazała większą zmienność badanych parametrów towaroznawczych w odniesieniu do poszczególnych badanych odmian. Przeprowadzona analiza i interpretacja wyników tego istotnego podrozdziału została przeprowadzana bardzo dobrze, co pozwoliło mgr inż. Justynie Belcar stwierdzić, że spośród analizowanych odmian pszenicy uprawianej na cele słodownicze ziarno pszenicy odmiany Gimantis cechowało się najwyższą wartością badanych parametrów. Podsumowując podrozdział ten oceniam bardzo wysoko zarówno pod względem naukowym, jak i użytkowym.

Kolejny podrozdział to analiza statystyczna wyróżników jakościowych ziarna pszenicy ozimej. Doktorantka dokonała analizy skupień polegającej na pogrupowaniu badanych odmian pszenicy ozimej oraz wariantów nawożenia na podstawie wyróżników jakościowych uzyskanego ziarna takich jak: wyrównanie, zawartość białka ogółem oraz energia i zdolność kiełkowania. Analiza ta została wykonana prawidłowo a dokonana interpretacja dostarcza istotnych informacji w zakresie jakości pozyskanego ziarna pszenicy w odniesieniu do wariantów nawożenia. Przeprowadzona analiza skupień pozwoliła Doktorantce stwierdzić, że odmiana Gimantis może być najbardziej (spośród badanych odmian) przydatna w produkcji browarniczej.

Kolejny podrozdział dotyczy ubytków procesu słodowania ziaren pozyskanych z doświadczeń polowych. Zarówno proces słodowania jak i analiza ubytków zostały wykonane prawidłowo a przeprowadzona dyskusja wykazała na dużą zmienność uzyskiwanych wyników w odniesieniu do wyników innych badaczy. Podrozdział ten dostarcza pełnych informacji na temat ubytków słodowania ziaren z doświadczeń polowych ale **brak jest informacji na temat ubytków słodowania ziaren z doświadczeń łanowych, dlatego proszę o wyjaśnienie dlaczego nie ma tych badań w dysertacji?**

Kolejne dwa podrozdziały są bardzo obszernymi opracowaniami dotyczącymi analizy jakościowej słodów otrzymywanych z ziarna pszenicy uzyskiwanego w doświadczeniach polowych i łanowych. Pierwszym z analizowanych parametrów była granulacja słodu mająca istotne znaczenie przy fermentacji. Doktorantka stwierdziła, że najmniejsze nakłady energetyczne poniesiono na zmielenie ziaren odmiany Rockefeller a najtrudniej proces przebiegał dla odmiany Lawina. Niestety mgr inż. Justyna Belcar nie podała metodyki pomiaru energochłonności tego procesu ani wielkości poniesionych nakładów energetycznych. **Dlatego proszę o informacje w jaki sposób zmierzono energochłonność i jaki był nakład energii na zmielenie określonej masy ziarna?** Kolejnym analizowanym parametrem była wilgotność słodów. Wyniki uzyskane przez Doktorantkę korespondują z wynikami innych badaczy i nie budzą zastrzeżeń. W dalszej części Autorka przedstawiła analizę masy 1000 ziaren słodów uzyskując istotne różnice między odmianami i latami. Stwierdziła też istotne różnice między latami badań natomiast nie zaobserwowała istotnych różnic między wariantami nawożenia i obiektem kontrolnym. Następnym parametrem była zawartość białka ogółem w wytworzonych słodach. Mgr inż. Justyna Belcar stwierdziła istotną różnicę w zawartości białka ogółem między wariantami nawożenia azotowego, natomiast brak było istotnych różnic zarówno

między odmianami jak i latami doświadczeń. Kolejny analizowany parametr to zawartość białka rozpuszczalnego. Doktorantka uzyskała wyniki zbieżne z wynikami innych badaczy. Następny parametr to Liczba Kolbacha. Doktorantka uzyskała wartość tego parametru nieznacznie wyższą od optymalnej, co było związane z poziomem nawożenia azotowego pszenicy, odmianą oraz warunkami klimatycznymi. W dalszej części Autorka analizuje zawartość wolnego azotu aminowego (FAN). Parametr ten został dobrze przedstawiony i opisany a uzyskane wyniki nie budzą zastrzeżeń. Analiza ekstraktywności słodu pozwoliła Doktorantce stwierdzić, że jedna badana odmiana (Elixer) nie spełnia minimalnej wartości tego parametru, natomiast żadna nie uzyskuje minimalnej wartości optymalnej. Siła diastatyczna jest następnym analizowanym przez Doktorantkę parametrem, który to osiągał wartości minimalne dla wszystkich badanych odmian pszenicy, a dla dwóch odmian (Elixer i Rockefeller) przyjmował wartości optymalne. Kolejne badane parametry dotyczyły brzezki i były to: odfermentowanie, barwa, pH i lepkość. Zarówno analiza otrzymanych wyników tych parametrów, jak też ich interpretacja oraz porównanie z wynikami uzyskiwanymi przez innych badaczy zostało przeprowadzone prawidłowo i nie budzi zastrzeżeń. Podsumowując te dwa obszernie podrozdziały stwierdzam, że przeprowadzona analiza opisowa i statystyczna ww. parametrów oraz ich interpretacja połączona z informacjami literaturowymi jest wartościowym opracowaniem naukowym i użytecznym. Kolejny podrozdział to ocena jakościowa sładów z analizą statystyczną. W tej części dysertacji Doktoranta wykazała, że jakość sładu z ziaren pozyskanych w pierwszym sezonie badań była zdecydowanie niższa niż w dwóch kolejnych okresach. Słód otrzymany z ziaren odmiany Rockefeller z doświadczeń polowych uzyskał najwyższą wartość punktową w ocenie jakości sładu. Natomiast najwyższą wartość z doświadczeń łanowych uzyskał słód z ziaren pszenicy odmiany Elixer. Analiza ta oraz interpretacja wyników nie budzi zastrzeżeń.

Ostatni podrozdział w rozdziale *Wyniki badań i dyskusja* dotyczy oceny parametrów fizykochemicznych piw pszenicznych wyprodukowanych ze sładów otrzymanych z czterech odmian pszenic uprawianych w 3 letnim doświadczeniu polowym. Podrozdział ten jest bardzo obszerny i zawiera analizy takich parametrów jak: granulacja sładów pszenicznych, zawartość ekstraktu pozornego i rzeczywistego, zawartość ekstraktu brzezki podstawowej, stopień odfermentowania pozornego i rzeczywistego, zawartość alkoholu etylowego, barwa piw pszenicznych, kwasowość piw pszenicznych, pH piw pszenicznych, zawartość goryczki, zawartość CO₂, wartość energetyczna piw pszenicznych, zawartość polifenoli ogółem i profil polifenolowy piw pszenicznych oraz aktywność antyoksydacyjna piw pszenicznych. W podrozdziale tym Doktoranta zamieściła też analizę oceny organoleptycznej piw pszenicznych zawierającą: ocenę zapachu, smaku, stabilności piany, uczucia goryczki, nasycenia i ogólnego wrażenia. Podrozdział ten zakończony jest analizą skupień, której celem było pogrupowanie analizowanych odmian pszenicy ozimej na podstawie wyróżników jakościowych uzyskanych piw pszenicznych. Przeprowadzona przez Doktorantkę analiza i ocena parametrów fizykochemicznych połączona z analizą i oceną organoleptyczną i uzupełniona analizą skupień jest kompleksowa, co czyni ją bardzo istotnym elementem dysertacji. W tej części rozprawy



doktorskiej wystąpiły nieliczne błędy i niedociągnięcia w przygotowywaniu rycin, a mianowicie użycie kropek zamiast przecinków jako separatorów dziesiętnych (np. ryc. 23 i 29) oraz brak wyjaśnienia pod rysunkami, co oznacza żółta linia pozioma na rycinach. Z tekstu można wywnioskować, że jest to wartość średnia, ale ryciny powinny być zrozumiałe i czytelne same w sobie.

Podsumowując rozdział *Wyniki badań i dyskusja* stwierdzam, że został bardzo dobrze opracowany merytorycznie a przeprowadzona analiza statystyczna pozwoliła na wyciągnięcie prawidłowych wniosków i zweryfikowanie postawionych hipotez badawczych oraz osiągnięcie założonego celu. Nieliczne błędy i niedociągnięcia nie wpływają na wartość merytoryczną tej części dysertacji. Na podkreślenie zasługuje natomiast liczba i jakość interpretacja przeprowadzanych analiz.

Kolejny rozdział to *Podsumowanie*, w którym to Doktorantka zawarła najważniejsze spostrzeżenia wynikające z przeprowadzonych badań polowych i łanowych oraz analiz laboratoryjnych. Rozdział ten został napisany poprawnie i zawiera najistotniejsze informacje dotyczące przeprowadzonych badań. W mojej ocenie powinien być połączony z kolejnym rozdziałem *Wnioski*, w którym to mgr inż. Justyna Belcar zamieściła 8 wniosków. Wnioski te są poprawnie sformułowane i wynikają z przeprowadzonych badań oraz w pełni korespondują z celem i zakresem pracy.

Następny rozdział to *Bibliografia*, w którym Doktorantka zamieściła dane bibliograficzne 284 pozycji literatury wykorzystanej w dysertacji. Literatura została dobrze dobrana do tematyki rozprawy doktorskiej. Jest ona w zdecydowanej większości autorstwa badaczy zagranicznych napisana w j. angielskim w ostatnich kilkunastu latach.

Dysertacja zakończona jest rozdziałami zawierającymi *Spis tabel i rycin* oraz *Aneks* i *Streszczenie* w j. polskim i angielskim. Te elementy dysertacji zostały opracowane prawidłowo i nie budzą zastrzeżeń.

Recenzowana praca doktorska jest poprawnie napisana zarówno stylistycznie, jak i językowo. Podział pracy na rozdziały i poddziały jest prawidłowy, układający się w logiczną całość. Na podkreślenie zasługuje fakt podjęcia przez Doktorantkę ogromnego wyzwania dotyczącego realizacji bardzo rozbudowanych badań interdyscyplinarnych zarówno polowych, łanowych, jak i laboratoryjnych. Mgr inż. Justyna Belcar założyła i realizowała bardzo ambitny cel badawczy, którego rozwiązanie wymaga w zasadzie udziału specjalistów z różnych dziedzin nauki. Moim zdaniem przedstawiona w dysertacji tematyka jest ważna z naukowego i praktycznego punktu widzenia oraz wnosi nowe informacje z zakresu realizowanych badań i powinna być rozwijana przez Doktorantkę w dalszej swojej pracy badawczej. Przedstawiona dysertacja jest niewątpliwie bardzo interesującym opracowaniem naukowym jednak nie jest pozbawiona pomyłek i niejasności dlatego proszę Autorkę o ustosunkowanie się do wymienionych w recenzji pytań i uwag, które w większości mają charakter uzupełniający informacje zawarte w rozprawie doktorskiej.

Podsumowując swoją recenzję stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska mgr inż. Justyny

Belcar pt.: „Opracowanie optymalnej technologii uprawy pszenicy ozimej z wykorzystaniem w przemyśle słodowniczym i browarniczym” spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1668 z późn. zm.). Wobec powyższego, wnoszę do Rady Naukowej Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Justyny Belcar do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie zakres i jakość zrealizowanych badań oraz ponadprzeciętna ich analiza uzupełniona o bardzo dobrze wkomponowaną dyskusję upoważnia mnie do wystąpienia do Rady Naukowej Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego o wyróżnienie dysertacji mgr inż. Justyny Belcar.