

dr hab. inż. Joanna Kawa-Rygielska, prof. nadzw.  
Katedra Technologii Fermentacji i Zbóż  
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

## RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Moniki Sterczyńskiej

pt. „**Technologiczne aspekty klarowania brzezki piwnej z uwzględnieniem  
zmodyfikowanej metody separacji osadów w kadzi wirowej**”

wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Aleksandra Poredy

w Katedrze Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej,

na Wydziale Technologii Żywności, Uniwersytetu Rolniczego im Hugona Kołłątaja

w Krakowie

### I. Dobór i znaczenie tematu

Tematyka pracy doktorskiej wpisuje się w obserwowany od kilku lat rozwój rynku piwowarskiego w Polsce i na świecie. Głównymi kierunkami rozwoju branży piwowarskiej są: innowacyjność, projektowanie piw niszowych o cechach funkcjonalnych i właściwościach prozdrowotnych. Zwiększenie wartości biologicznej oraz trwałości produktów spożywczych w tym piwa jest możliwe poprzez poszukiwanie nowych niekonwencjonalnych surowców piwowarskich oraz modyfikację procesu technologicznego. Dotychczasowe badania nad możliwością zastosowania surowców niesłodowanych w produkcji piwowarskiej dotyczyły głównie wykorzystania takich surowców jak: niesłodowane ziarno jęczmienia (obłuszczone lub nieobłuszczone), kukurydza (w postaci kaszek i grysów), sorgo, a także syropy glukozy, maltozy. Surowce niesłodowane są stosowane jako zamienniki części słodu piwowarskiego w celu podniesienia ekstraktu brzezki oraz obniżenia kosztów produkcji. Z uwagi na odmienny skład chemiczny surowców niesłodowanych, nawet ich niewielki udział we wsadzie surowcowym wpływa na parametry jakościowe brzeczek i piw, ich profil smakowo-zapachowy oraz stabilność w czasie przechowywania. Pewną trudnością przy przerobieniu tego typu surowców może być duża zawartość beta-glukanów, która przekłada się bezpośrednio na lepkość brzezki oraz utrudniony proces jej filtracji. Dlatego też zastosowanie nietypowych surowców browarniczych, często wymaga modyfikacji procesu technologicznego.

Badania prowadzone przez Doktorantkę dobrze wpisują się w ten obszar badawczy. W przedstawionej do oceny rozprawie doktorskiej Pani mgr inż. Monika Sterczyńska prowadziła badania nad określeniem wpływu dodatku surowców niesłodowanych w postaci ziarna jęczmienia i orkiszu na jakość brzeczek i przebieg procesu ich klarowania w kadzi wirowej. Ważną częścią tych badań były technologiczne aspekty klarowania brzeczki piwnej z uwzględnieniem zmodyfikowanej metody separacji osadów w kadzi wirowej. Wybór tematyki rozprawy uważam za trafny, aktualny oraz istotny dla rozwoju technologii piwowarstwa.

## II. Ocena formalna pracy.

Praca obejmuje łącznie 265 stron maszynopisu w tym: 79 rysunków, 8 tabel oraz 29 załączników. Jej struktura jest typowa dla rozpraw naukowych i obejmuje następujące części: spis treści, wprowadzenie, przegląd literatury, cel badań, tezy badawcze, materiał i metody badań, wyniki badań, dyskusja, wnioski, streszczenie w języku polskim i angielskim, literaturę, wykaz rysunków i tabel oraz załączniki. Autorka wykorzystała 405 pozycji literatury źródłowej. Układ pracy jest przejrzysty i czytelny. Rozprawa została przygotowana z należytą starannością i wskazuje na dobrą orientację Doktorantki w obszarze poruszanych zagadnień.

## III. Ocena merytoryczna pracy

*Tytuł* pracy koresponduje z jej treścią. *Wprowadzenie i przegląd literatury* są ściśle związane z tematyką badań. Przedstawiono w nich technologię produkcji brzeczki piwnej ze szczególnym uwzględnieniem procesu jej klarowania. Autorka wiele uwagi poświęciła charakterystyce osadu gorącego powstającego podczas gotowania brzeczki, omówiła środki pomocnicze klarujące brzeczki oraz rozwiązania konstrukcyjne służące do oddzielania osadu gorącego. Przedstawiła jedną z najbardziej efektywnych oraz najtańszych metod oddzielenia i usuwania gorącego osadu z wykorzystaniem kadzi wirowej. Zaprezentowała rezultaty badań nad wpływem konstrukcji kadzi wirowej, wykorzystywanej w browarnictwie, na skuteczność formowania stożka osadu. W kolejnych rozdziałach Doktorantka omówiła potencjał wykorzystania nowoczesnych metod pomiarowych, w tym cyfrowej anemometrii obrazowej PIV, przydatnej podczas analiz prędkości przepływów brzeczki. Następnie opisała wpływ jonów wybranych metali ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) na aktywność fermentacyjną drożdży, przebieg i wydajność procesu fermentacji alkoholowej. Przedstawiła także charakterystykę surowców niesłodowanych (jęczmienia i orkiszu) oraz potencjał ich wykorzystania w technologii piwowarskiej.

Przegląd literatury jest ciekawy i wieloaspektowy. Treść tego rozdziału oceniam pozytywnie. Autorka zebrała w nim ważne merytorycznie informacje, udokumentowane pozycjami literatury, co wskazuje na bardzo dobre przygotowanie teoretyczne Doktorantki w zakresie realizowanego tematu. Stanowi też dobre wprowadzenie do kolejnych rozdziałów pracy.

W oparciu o dokonany przegląd piśmiennictwa Autorka sformułowała *cel badań*, którym było określenie wpływu dodatku surowców niesłodowanych jęczmienia i orkiszu na jakość brzeczki i przebieg procesu jej klarowania w kadzi wirowej. Dodatkowo podjęto próbę poprawy warunków przepływowych podczas oddzielenia osadów gorących od brzeczki w kadzi wirowej, przez modyfikację konstrukcji zbiornika.

Materiałem badawczym I etapu badań były brzeczki piwne, wytworzone w warunkach laboratoryjnych na bazie słodu jęczmiennego z udziałem surowców niesłodowanych w postaci ziarna jęczmienia oraz orkiszu w ilości od 5 do 30%. W przypadku orkiszu podjęto także próby przygotowania brzeczki z wyższym (40-60%) udziałem ziarna w próbce. Do sporządzenia brzeczki wykorzystano wodę dejonizowaną lub uzdatnioną wodę technologiczną pobraną z browaru przemysłowego. Podczas gotowania wykorzystano granulaty chmielowe - goryczkowe i aromatyczne. Wszystkie komponenty wykorzystane w pracy do przygotowania brzeczki zostały scharakteryzowane i opisane w sposób nie budzący zastrzeżeń w rozdziale materiały i metody badawcze (p.6.1). Do przygotowania brzeczki laboratoryjnej wykorzystano metodę zacierania infuzyjnego, zgodnie ze schematem (rys. 6.3). Podczas realizacji doświadczeń nie stosowano dodatku preparatów enzymatycznych, ani środków wspomagających klarowanie. Do wytworzenia brzeczki oraz analizy założonych parametrów posłużono się procedurami zgodnymi z European Brewery Convention, (Analytica-EBC, 1998). Jako kryterium oceny I etapu badań przyjęto następujące parametry: wartość pH, barwę, stężenie ekstraktu oraz zmętnień (p.6.2.3), czas scukrzania, objętość uzyskanych brzeczki, a także stężenie jonów wybranych metali ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) w brzeczki klarownych i oddzielonych osadach gorących (p.6.2.4). Na podstawie objętości brzeczki obliczono uproszczoną wydajność warzelnicy (p.6.2.2). Ponadto w pracy wykorzystano metodę skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) do analizy topografii powierzchni, określenia kształtów i rozmiarów fragmentów: osadów gorących, granulatu chmielowego (przed i po gotowaniu) oraz skrobi w analizowanych ziarnach zbóż (p.6.2.5).

Istotną częścią pracy były badania eksperymentalne dotyczące modyfikacji kadzi wirowej. Podjęto próbę intensyfikacji zjawiska symetryzacji przepływu pierwotnego w

zbiorniku w oparciu o badania eksperymentalne w skali laboratoryjnej (etap II) i półtechnicznej (etap III). Wykonano modyfikacje konstrukcji separatora z wykorzystaniem przegród o różnej geometrii, umiejscowionych przy ścianie na dnie zbiornika separatora w tych samych położeniach. Badania wykonano na stanowisku pomiarowym zbudowanym w laboratorium w Katedrze Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego Politechniki Koszalińskiej. Wykonano cykle wirowania dla kolejnych 6 różnych geometrii przegród (rys. 6.9). Pomiary PIV wykonano dla mieszaniny roboczej, którą stanowiła woda demineralizowana o temp. 20°C i cząstki poliamidu (PA). Na podstawie map wektorowych i rozkładów prędkości przepływu dokonano selekcji wstępnej (p.6.4.1) i zasadniczej (p.6.4.2) wariantów zabudowy. Kryterium wyboru stanowiły korzystne uformowania przepływu pierwotnego. Badania te wymagały niewątpliwie dobrze opanowanego warsztatu pracy i stanowią istotną wartość opracowania.

W ostatnim III etapie pracy realizowano badania eksperymentalne z wykorzystaniem zbiorników w skali półtechnicznej. Dokonano weryfikacji oddziaływania wybranego, w etapie II pracy, kształtu i umiejscowienia przegrody na formowanie osadu gorącego w kadzi wirowej. Badania przeprowadzono we współpracy z Uniwersytetem Rolniczym w Nitrze. Proces zacierania przeprowadzono metodą infuzyjną w przedziale temperatur od 50 do 78°C, dla wariantu brzezki ze słodu jęczmiennego z 30% udziałem niesłodowanego jęczmienia.

Stosowane metody i analizy nie budzą zastrzeżeń. Oceniając tę część pracy stwierdzam, że Doktorantka dobrze zaplanowała doświadczenie i prawidłowo dobrała metody analityczne. Na uwagę zasługuje szeroki zakres wykonanych badań. Efekty badań laboratoryjnych zostały zweryfikowane w skali półtechnicznej. Realizacja etapu II i III wymagała specjalistycznej aparatury, do której Doktorantka uzyskała dostęp dzięki współpracy z innymi ośrodkami naukowymi, co w znacznym stopniu podniosło wartość naukową i aplikacyjną pracy.

Do tej części mam kilka uwag/pytań:

- założone parametry technologiczne procesu zacierania w etapie I (laboratoryjnym) i III (skali półtechnicznej) były różne, proszę o uzasadnienie jakimi kryteriami kierowano się przy ich wyborze.
- w etapie III ( p.6.4.4) brak informacji na ten temat analizy parametrów fizyko-chemicznych brzezki i osadów gorących uzyskanych w skali półtechnicznej. Czy zakładano wykonanie takich analiz?

Rezultaty przeprowadzonych badań przedstawiono w postaci 2 tabel i 52 rysunków prezentując obszerny materiał badawczy w formie uporządkowanej, przejrzystej i zrozumiałej dla czytelnika. Badania w pracy realizowano w trzech etapach. Efektem pierwszego etapu

badania było wytworzenie 17 wariantów brzeczek kongresowych z różnym udziałem surowców niesłodowanych (jęczmienia i orkiszu) na bazie wody dejonizowanej lub technologicznej. Na podstawie analizy parametrów fizyko-chemicznych brzeczek stwierdzono, że zastąpienie słodu jęczmiennego ziarnem niesłodowanego jęczmienia lub orkiszu w ilości powyżej 15% powoduje wydłużenie czasu scukrzania i filtracji zacieru, zmniejszenie objętości brzeczek po filtracji i zmniejszenie uproszczonej wydajności w porównaniu do prób kontrolnych, przygotowanych wyłącznie ze słodu jęczmiennego. Ponadto udział surowca niesłodowanego (jęczmienia lub orkiszu) w ilości od 15 do 30% powodował zwiększenie masy osadu gorącego wytraczonego z brzeczeki podczas gotowania w porównaniu do próby kontrolnej. Brzeczki wytworzone na bazie wody technologicznej charakteryzowały się niższym stężeniem jonów  $Mg^{+2}$  oraz wyższym stężeniem jonów  $Mn^{+2}$  w porównaniu do brzeczek wytworzonych z wody dejonizowanej. Znaczna część jonów cynku obecnych w brzeczce została utracona w osadzie gorącym niezależnie od zastosowanej wody.

W I etapie pracy podjęto także próby przygotowania brzeczek z wyższym (40-60%) udziałem ziarna orkiszu w próbce. Ze względu na brak scukrzenia zacieru nie kontynuowano dalszych badań. Jakie możliwości technologiczne rozwiązania tego problemu proponuje Doktorantka.

W efekcie realizacji etapu II i III pracy zastosowanie modyfikacji konstrukcji zbiornika separatora z zawirowaniem w postaci przegrody, pozwoliło na skrócenie czasu występowania przepływu pierwotnego. Kształt przegrody, o podstawie trójkąta równoramiennej, umiejscowionej przy dnie zbiornika kadzi wirowej, w położeniu  $270^\circ$  w stosunku do otworu wlotowego, najskuteczniej poprawił warunki wirowania mieszaniny w zbiorniku napełnionym stycznie. Modyfikacja zbiornika przyczynia się do poprawy warunków klarowania brzeczeki piwnej w kadzi wirowej. W warunkach półtechniki (etap III) umożliwiło to uzyskanie bardziej zbitego stożka osadu w centralnej części dna zbiornika. Cenne byłoby uzupełnienie tej części badań o analizy parametrów fizyko-chemicznych brzeczek i osadów gorących uzyskanych w skali półtechnicznej.

Uzyskane wyniki niewątpliwie stanowią dużą wartość pracy. Zakres prowadzonych badań był szeroki, a jego wykonanie pracochłonne. Realizacja badań wykonanych przez Doktorantkę świadczy o Jej dobrym przygotowaniu do prowadzenia badań w obszarze biotechnologii oraz o umiejętności współpracy w realizacji badań z innymi zespołami w kraju i zagranicą. Autorka dobrze opanowała umiejętność interpretacji uzyskanych wyników. Za szczególnie cenne uważam osiągnięcia naukowe i praktyczne wynikające z realizacji II i III

etapu badań (*przy czym zalecałabym jego uzupełnienie o część analityczną*). Podkreślam charakter aplikacyjny pracy.

Kolejny rozdział obejmuje *Dyskusję wyników* uzyskanych przez Autorkę z wynikami innych badaczy. Świadczy ona o dobrej wiedzy Doktorantki z zakresu tematyki pracy i umiejętności doboru literatury w celu interpretacji wyników badań własnych oraz umiejętności wnioskowania.

Najważniejsze osiągnięcia z przeprowadzonych badań Autorka przedstawiła w postaci 9 wniosków. Świadczą one o realizacji wyznaczonego celu pracy. Doktorantka wskazała także proponowane kierunki dalszych badań. Zaproponowała możliwość wykorzystania innych surowców niesłodowanych czy prace nad obróbką i wykorzystaniem odpadów poprodukcyjnych. Zachęcałabym rozszerzenie tych propozycji o dobór optymalnych warunków procesu zacierania.

Wykorzystane w pracy materiały źródłowe obejmują 405 pozycji bibliograficznych ściśle związanych z tematyką pracy. Opracowania w języku angielskim stanowią 70% (120), znaczna część publikacji pochodzi z ostatnich 5 lat.

#### Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Moniki Sterczyńskiej pt. **„Technologiczne aspekty klarowania brzezki piwnej z uwzględnieniem zmodyfikowanej metody separacji osadów w kadzi wirowej”** spełnia wymagania formalne i merytoryczne stawiane rozprawom na stopień doktora. Charakteryzuje się oryginalnością naukową i jednocześnie łączy aspekty naukowe z praktycznymi. Istotnie rozszerza wiedzę na temat wykorzystania surowców niesłodowanych w technologii piwowarskiej oraz modyfikacji technologicznych procesu usuwania osadów gorących z tego typu brzeczek. Sposób realizacji pracy wskazuje, że Doktorantka jest dobrze przygotowana do prowadzenia badań naukowych i spełnia warunki Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 r. (Dz.U. z 2016r., poz. 882 ze zm.). Na tej podstawie wnioskuję do Rady Wydziału Technologii Żywności, Uniwersytetu Rolniczego im Hugona Kołłątaja w Krakowie o dopuszczenie mgr inż. Moniki Sterczyńskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.