UNIWERSYTET
WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE
WYDZIAŁ GEOINŻYNIERII
INSTYTUT INŻYNIERII I OCHRONY ŚRODOWISKA
KATEDRA BIOTECHNOLOGII W CHRONIE ŚRODOWISKA

Prof. dr hab. inż. Agnieszka Cydzik-Kwiatkowska,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Wydział Geoinżynierii

Olsztyn, 23 sierpnia 2023 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Mateusza Jackowskiego
pt. „Produkcja piwa o obniżonej zawartości alkoholu”

1. Podstawa formalna recenzji

Formalną podstawą recenzji jest pismo o sygnaturze RDND05/31/2023 z dnia 6 lipca 2023 r. od Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Pani prof. dr hab. inż. Grażyny Gryglewicz, informujące, że zostałam powołana na recenzentkę rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Mateusza Jackowskiego zatytułowanej „Produkcja piwa o obniżonej zawartości alkoholu”.

2. Uzasadnienie celowości badań

Obserwacja trendów na rynku alkoholi wskazuje, że konsumenci mocnych alkoholi coraz chętniej sięgają po słabsze trunki, takie jak np. piwo. Analiza profilu konsumpcji piw wskazuje, że w ostatnich latach notowano silny spadek sprzedaży w segmencie piw mocnych na korzyść piw bezalkoholowych. W związku z tym przed branżą piwowarską stoi wyzwanie związane ze zmianą proponowanego asortymentu i poszerzeniem oferty piw bezalkoholowych. Wiąże to się z koniecznością zarówno optymalizacji procesu produkcji piwa, jak i doboru najbardziej efektywnych i uzasadnionych ekonomicznie metod. Obniżoną zawartość alkoholu w piwie można uzyskać albo usuwając etanol z gotowego piwa albo prowadząc proces fermentacji tak, by produkcja alkoholu była na bardzo niskim poziomie. Ingerencja w proces produkcji piwa może skutkować zmianą jego walorów organoleptycznych, co może zniechęcać potencjalnych konsumentów.

Poruszone w pracy doktorskiej zagadnienia są istotne ponieważ odpowiadają na aktualne zapotrzebowania rynku browarniczego, a uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę

decyzji dotyczących wyboru sposobu produkcji piw bezalkoholowych. Przygotowana praca zawiera informacje, które mogą być cenne zarówno dla małych browarów rzemieślniczych, jak i dużych firm browarniczych, które, ze względu na zmieniające się preferencje konsumenckie, muszą zapewnić w ofercie asortyment piw nisko- lub bezalkoholowych.

Temat rozprawy doktorskiej został wybrany trafnie. Badania mają charakter interdyscyplinarny i wpisują się w dyscyplinę inżynieria chemiczna.

3. Ocena pracy

Zgodnie z przepisami określonymi ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r., poz 478 z poźn zm.), rozprawa doktorska ma formę mongrafii naukowej pt. „Produkcja piwa o obniżonej zawartości alkoholu".

W skład monografii wchodzą następujące rozdziały:

- Wstęp,
- Przegląd piśmiennictwa,
- Cel pracy,
- Materiały i metodyka,
- Wyniki,
- Podsumowanie i wnioski,
- Spis oznaczeń,
- Spis ilustracji,
- Spis tabel,
- Literatura,
- Materiały dodatkowe.

Układ monografii nie jest typowy. Zabrakło mi w nim streszczenia pracy. Nie ma również wyodrębnionego rozdziału poświęconego dyskusji uzyskanych wyników badań. Lektura rozdziału „Wyniki" wskazuje, że występują w nim paragrafy, w których Doktorant porównuje uzyskane przez siebie rezultaty z danymi literaturowymi prezentowanym przez innych autorów (np. paragrafy na str. 108 oraz na str. 110). Z tego względu uważam, że z punktu formalnego korzystniej byłoby przemianować rozdział „Wyniki" na „Wyniki i dyskusja".

Monografię rozpoczyna obszerny przegląd piśmiennictwa, obejmujący setki pozycji literaturowych, który szeroko prezentuje tematykę badawczą. Przedstawiono w nim rys historyczny związany z produkcją piwa, surowce stosowane w produkcji piwa, proces produkcji piwa czy walory prozdrowotne tego napoju. Szeroko zaprezentowano również metody fizyczne i biologiczne, które mogą być wykorzystane do produkcji piwa bezalkoholowego. Tę część monografii oceniam wysoko.

Następnie Doktorant prezentuje cel pracy, którym było porównanie, sklasyfikowanie oraz optymalizacja powszechnie stosowanych oraz nowatorskich technologii produkcji piwa o obniżonej zawartości alkoholu. Cel pracy realizował przez dealkoholizację piwa metodami termicznymi i membranowymi oraz przez produkcję piw o obniżonej zawartości alkoholu metodami biologicznymi.

W rozdziale „Materiały i metodyka" obszernie scharakteryzowano zastosowane w badaniach materiały, instrumenty oraz metody analityczne. Wyjaśniono szczegółowo sposoby produkcji brzeczek i parametry fermentacji, zaprezentowano też układ poszczególnych eksperymentów. Opisano sposób przeprowadzenia testów organoleptycznych. Spis materiałów nie jest kompletny – zabrakło w nim np. chmielu styrian czy słodów Carawheat oraz red X. Brakuje doprecyzowania, jakie bieżące pomiary prowadzono przy użyciu Fermento Flash (str. 64).

Kolejny rozdział jest poświęcony prezentacji wyników badań. Doktorant najpierw prezentuje szczegółowo wyniki uzyskane z wykorzystaniem metod biologicznych. Omawia wpływ zmian reżimu zacierania, przerwanej fermentacji, zimnego kontaktu oraz fermentacji i kofermentacji z wykorzystaniem rożnych szczepów mikroorganizmów. Opis wyników zamyka charakterystyka niefermentowanych substytutów piwa, co jest jednym z nowatorskich aspektów pracy. Następnie doktorant prezentuje wyniki badań nad separacją etanolu z piwa z wykorzystaniem perwaporacji, destylacji prostej, rektyfikacji oraz destylacji próżniowej pod ciśnieniem 150 oraz 90 mbar. Jak wspomniałam wcześniej, w tekście pojawiają się fragmenty o charakterze dyskusji wyników.

Doktorant powinien unikać prezentowania tych samych danych w formie tabelarycznej, a następnie na wykresach (np. Tabela 20, Rysunek 69, Rysunek 70, Rysunek 71). Cenne byłoby przeanalizowanie uzyskanych wyników z wykorzystaniem narzędzi statystycznych, czego

zabrakło w pracy. Jednocześnie Doktorant powinien unikać używania sformułowań „znaczny" czy „istotny", w odniesieniu do prezentowanych wyników, jeśli nie ma to poparcia w rezultatach analiz statystycznych. Doktorant operuje w tekście średnimi stężeniami np. cukrów (± odchylenie standardowe), jednak nie znajduje to odzwierciedlenia na wykresach, na których brakuje słupków odchyleń standardowych oraz informacji o liczbie powtórzeń eksperymentu. Wykresy powinny być staranniej przygotowane. Enigmatyczne opisy w górnej części wykresów np. „S-33 zawartość cukrów" (Rysunek 38) mogą być stosowane w materiałach roboczych, natomiast w finalnej wersji rozprawy należy zadbać o jasność prezentacji wyników. Na wykresach z wynikami testów organoleptycznych brakuje informacji o liczbie respondentów biorących udział w badaniach.

W związku z przeprowadzonymi badaniami nasuwa mi się kilka zagadnień, które chcę poddać dyskusji:

- Dlaczego w poszczególnych wariantach eksperymentalnych stosowano inne rodzaje słodów/drożdży?
- Zabrakło jasnej wytycznej dotyczącej zakończenia eksperymentów fermentacyjnych. Dlaczego w przypadku *Sachcaromycodes ludwigii* eksperyment zakończono po 16 dniach a np. dla *Monasus ruber* po 23 dniach? Długość fermentacji będzie wpływała na własności organoleptyczne piwa, więc powinna być zbliżona w porównywanych wariantach badawczych.
- Jakie było uzasadnienie zastosowania określonych temperatur i ciśnień podczas perwaporacji oraz dealkoholizacji, jak też czasów i temperatury podczas produkcji piwa metodą przerwanej fermentacji?
- Dlaczego nie charakteryzowano organoleptycznie piwa, kiedy stężenie alkoholu wynosiło dopuszczalne w Polsce maksimum dla piw bezalkoholowych; takie stężenie osiągnięto np. po 79. dniach fermentacji metodą zimnego kontaktu lub w 7. dniu fermentacji z wykorzystaniem *Monascus ruber*.

Uwagi szczegółowe

Doktorant nie uniknął w pracy licznych błędów edytorskich. Dotyczą one zarówno rysunków (Rysunek 2 – powinno być „stosowane" zamiast „stodsowane", DEAE-celuloza str. 58-59 vs. DAE celuloza na Rysunku 29, brak wyjaśnienia skrótów V1, V2 i V3 na Rysunku 32, z tekstu wynika ze na Rysunku 36 powinny być zaprezentowane użyte szczepy drożdży, na

Rysunku 68 brakuje jednostki na osi x), jak i tekstu pracy (Oceania nie oceania str. 38, brak kropek na końcach zdań, „sepracaji" str. 107).

W pracy należałoby zunifikować jednostkę objętości, ponieważ Doktorant raz stosuje l, raz dm^3. W pracy występują błędy stylistyczne i językowe („zakażenie wody" str. 14, „duża cześć składników piwa…..pochodzi…… z w wyniku metabolizmu drożdży" str. 50, „blad! Nieprawidłowy odsyłacz do zakładki: wskazuje na nią samą", str. 23), jak też potoczne sformułowania np. „4-winylogwajakol nie został wykryty, co widać w (Tabela 17)." W literaturze stosowane są anglojęzyczne słowa i skróty (vol., No., access, March, 5^{th}), nazwy rodzajowe i gatunkowe powinny być pisane kursywą. Skąd się wzięła wartość 14,4 +/-0,2 °Blg w pierwszym zdaniu paragrafu pierwszego na str. 88? Takiej wartości nie ma na Rysunku 47. Zgodnie z nomenklaturą chemiczną nie należy używać sformułowania „azotyny" (str. 14) a azot azotanowy(III).

4. Podsumowanie

Przedstawione w doktoracie badania mają charakter interdyscyplinarny łącząc w sobie zagadnienia inżynierii chemicznej, technologii żywności i mikrobiologii. Na podkreślenie zasługuje nowatorski charakter prowadzonych badań, ponieważ tak szeroka analiza procesów umożliwiających produkcję piwa bezalkoholowego połączona z charakterystyką uzyskiwanych piw nie była do tej pory prezentowana w literaturze.

W oparciu o wyniki badań sformułowano szereg wniosków, z których za najistotniejsze uznaję:

- najskuteczniejsze usuwanie etanolu z piwa (80-100%) zapewniają metody fizyczne, jednak ze względu na znaczne koszty inwestycyjne i skomplikowanie instalacji są polecane dużym browarom,
- destylacja i rektyfikacja pod ciśnieniem atmosferycznym powodowała utratę cennych właściwości organoleptycznych piwa, czego nie obserwowano w przypadku perwaporacji, która jest jednak mało wydajna,
- najskuteczniejszymi metodami biologicznymi były przerwana fermentacja oraz proces zimnego kontaktu; w wyniku przerwanej fermentacji możliwe było bardzo wyzokie obniżenie

stężenia alkoholu w produkowanym piwie, jednak miało ono odmienne parametry organoleptyczne od piwa alkoholowego,

- zmiany w sposobie zacierania umożliwiły wyraźne obniżenie stężenia etanolu w produkowanym piwie, a kluczowym czynnikiem zapewniającym dobre efekty był wybór szczepu drożdży; spośród badanych szczepów najlepsze wyniki uzyskano dla szczepu Voss Kveik,

- zastosowania szczepu *Saccharomycodes ludwigii* umożliwiło około 40 procentową redukcję zawartości etanolu w piwie w porównaniu do piwa fermentowanego z wykorzystaniem drożdży *Saccharomyces cerevisiae*,

- fermentacja z jednoczesnym wykorzystaniem *Saccharomyces cerevisiae* oraz *Lactobacillus brevis* umożliwiła redukcję poziomu alkoholu nawet o 70% w porównaniu do piwa produkowanego w warunkach standardowych,

- warto prowadzić badania nad niefermentowanymi substytutami piwa, których walory organoleptyczne i odżywcze mogą stanowić podniesieniu atrakcyjności asortymentu sprzedawanego przez browary.

5. Wniosek końcowy

Przedstawiona dysertacja ma wysoki poziom merytoryczny, jest spójna tematycznie i wskazuje na umiejętność samodzielnej realizacji badań naukowych przez Doktoranta. Praca jest interdyscyplinarna, wpisuje się w tematykę badawczą w dyscyplinie inżynieria chemiczna, a uzyskane wyniki mają bardzo duży potencjał aplikacyjny. Oceniana rozprawa mgr. inż. Mateusza Jackowskiego spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r., poz 478 z poźn zm.) stawiane rozprawom doktorskim. Wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Agnieszka Cydzik-Kwiatkowska