

Łódź 28.03.2025r.

dr hab. inż. Andrzej Baryga prof. uczelni
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Katedra Cukrownictwa i Zarządzania Bezpieczeństwem Żywności
Politechnika Łódzka.

Recenzja

Rozprawy doktorskiej autorstwa Pani mgr inż. Joanny Kanabus pod tytułem „Wpływ modelowych procesów przetwórczych stosowanych w technologii żywności na stabilność i profil kannabinoidów oraz terpenów z *Cannabis sativa* L. var. *sativa*” wykonanej pod kierunkiem Pana dr hab. inż. Marka Łukasza Roszko, profesora IBPRS-PIB w Instytucie Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego im. Władysława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy.

Rośliny *Cannabis sativa* L. var. *sativa*, zwane także konopiami siewnymi, w ostatnich latach zyskują popularność jako składnik diety człowieka, szczególnie w postaci oleju konopnego, nasion, mąki konopnej oraz innych produktów spożywczych. Ich zastosowanie wynika głównie z zawartości cennych związków bioaktywnych, takich jak kannabinoidy i terpeny, które charakteryzują się działaniem prozdrowotnym i mogą korzystnie wpływać na zdrowie człowieka.

Skład związków bioaktywnych w *Cannabis sativa* L. var. *Sativa* to głównie:

- Kannabinoidy – organiczne związki chemiczne występujące w roślinach konopi, które z układem endokannabinoidowym człowieka, mogą wpływać na szereg procesów biologicznych,
- Tetrahydrokannabinol (THC) – główny psychoaktywny składnik konopi, który w niewielkich ilościach może wpływać na poprawę apetytu, łagodzenie bólu oraz redukcję objawów stresu i lęku,
- Kwas kannabidiolowy (CBDA) – prekursor kannabidiolu (CBD), który wykazuje właściwości przeciwzapalne, przeciwbólowe i może wspomagać redukcję objawów depresji oraz stanów lękowych,
- Kannabidiol (CBD) – substancja niepsychoaktywna, szeroko stosowana w medycynie naturalnej i suplementacji. Wykazuje działanie przeciwzapalne, przeciwbólowe, uspokajające, a także może wspierać zdrowie psychiczne i neurologiczne człowieka,
- Kwas tetrahydrokannabinolowy (THCA) – prekursor THC, który w naturalnym stanie rośliny jest nieaktywny, ale może przejść w formę psychoaktywną podczas obróbki termicznej,

- Terpeny – związki lotne, które nadają charakterystyczny zapach i smak.

Związki zawarte w *Cannabis sativa* L. var. *sativa*, zwłaszcza CBD, THC oraz terpeny podawane w niskich dawkach, wykazują szeroką gamę korzystnych właściwości zdrowotnych. Należy do nich redukcja stanów zapalnych, wspomaganie układu odpornościowego, poprawa jakości snu, zmniejszenie objawów lęku i depresji, a także wspieranie zdrowia serca. Produkty spożywcze z konopiami mogą być cennym dodatkiem do diety, szczególnie dla osób szukających naturalnych metod wspierania zdrowia i poprawy samopoczucia.

Warto jednak pamiętać, że stosowanie konopi w produkcji żywności wymaga przestrzegania odpowiednich regulacji prawnych, które różnią się w zależności od kraju.

Ocena formalna pracy

Przedstawiona do recenzji praca zawiera łącznie 199 stron, w tym wstęp, wykaz publikacji wchodzących w skład dysertacji hybrydowej. Obszerny przegląd piśmiennictwa zawiera opis i charakterystykę rośliny *Cannabis sativa* L. var. *Sativa*, jej główne metabolity wtórne rośliny, potencjalne możliwości i ograniczenia występowania w produkcji żywności oraz techniki analityczne pozwalające identyfikować kannabinoidy i terpeny. W pracy szczegółowo opisano materiał badawczy oraz metodykę badań. Charakterystyce oraz omówieniu poddano również część technologiczną wraz z określeniem konkretnych warunków prowadzenia procesów technologicznych produkcji żywności z wykorzystaniem konopi. Praca w tym zakresie ma charakter typowy dla eksperymentalnych prac badawczych. Autorka w sposób przejrzysty przedstawiła podstawowy problem badawczy oraz założenia pracy i zdefiniowane hipotezy badawcze.

Dyskusję, omówienie wyników oraz publikacje wchodzące w skład pracy i wnioski przedstawiono od strony 41 do 191. W pracy zamieszczono jej streszczenie w języku polskim i angielskim. Dysertacja zawiera liczne ryciny, rysunki i tabele, a także dokumentację fotograficzną. Literatura obejmuje 114 pozycji i większość z niej pochodzi z ostatnich trzech lat.

Wyniki w ocenie recenzenta są oryginalne i generalnie opracowane z zastosowaniem odpowiednich metod analitycznych i statystycznych.

Ocena merytoryczna pracy

W pracy doktorskiej autorka postawiła następujące hipotezy badawcze:

1. Dobór układu ekstrakcyjnego ma wpływ na wydajność ekstrakcji kannabinoidów i terpenów z materiału roślinnego,
2. Warunki suszenia elementów rośliny *Cannabis sativa* L. var. *sativa* wpływają na zawartość kannabinoidów oraz terpenów w suszu,
3. Proces pieczenia pieczywa cukierniczego z dodatkiem wsadu konopnego na bazie

liofilizowanego suszu konopnego z *Cannabis sativa* L. var. *sativa* wpływa na stabilność, skład i profil kannabinoidów oraz terpenów.

4. Proces fermentacji mlekowej produktu zawierającego wsad konopny na bazie rośliny *Cannabis sativa* L. var. *sativa* wpływa na stabilność, skład i profil kannabinoidów oraz terpenów.

W celu weryfikacji tak postawionych hipotez badawczych Pani mgr inż. Joanny Kanabus opracowała metody oznaczania kannabinoidów w świeżych i suszonych elementach rośliny i nasionach *Cannabis sativa* L. oraz modelowych produktach spożywczych. W ramach pracy autorka opracowała metody oznaczania terpenów w świeżych i suszonych elementach tej rośliny. Opracowane metody wykorzystano do porównania wpływu metod suszenia wybranych elementów *Cannabis sativa* L. na zawartość kannabinoidów oraz terpenów a także oceniono wpływ modelowych procesów przetwórczych (wypiek oraz fermentacja mlekowa) na stabilność i profil kannabinoidów oraz terpenów w modelowym produkcie spożywczym.

Przed rozpoczęciem realizacji badań doktorantka przeprowadziła obszerny przegląd literatury w celu zebrania aktualnej wiedzy na temat rośliny *Cannabis sativa* L. var. *sativa* oraz charakterystycznych dla niej związków bioaktywnych – kannabinoidów. Podała informacje dotyczące aspektów prawnych stosowania konopi w technologii żywności, głównie limitów dla Δ^9 -THC (wykazującego działanie psychoaktywne na organizm człowieka). Autorka opisuje możliwości analizy kannabinoidów za pomocą chromatografii cieczowej i gazowej. Opierając się na analizie danych literaturowych na potrzeby realizacji badań i wykonania oznaczeń zawartości kannabinoidów w badanych próbkach zdecydowała się na wykorzystanie techniki chromatografii cieczowej sprzężonej ze spektrometrią mas. Według przeprowadzonych przez autorkę analiz literaturowych zastosowanie tej techniki pozwoliło na jednoczesne oznaczanie neutralnych jak i kwasowych form kannabinoidów, które oznaczane z użyciem techniki chromatografii gazowej wymagałyby przeprowadzenia w odpowiednie pochodne. Doktorantka porównała także skuteczność ekstrakcji kannabinoidów ze świeżego jak i suszonego ziela konopnego z wykorzystaniem różnych cieczy ekstrakcyjnych takich jak metanol, etanol, acetonitryl, heksan oraz mieszanina etanolu z heksanem.

Autorka wskazała i opracowała metodę oznaczania terpenów w materiale suszonym. Do tego celu wykorzystowała technikę chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrem mas, dobierając doświadczalnie ciecz ekstrakcyjną, którą dla terpenów był octan etylu. Wykorzystanie tej cieczy pozwoliło na uzyskanie maksymalnej wydajności ekstrakcji tych związków.

Doktorantka w sposób umiemytny i przekonujący przedstawiła wyniki swoich badań, porównując je z aktualnym stanem wiedzy, co wskazuje na bardzo wysoki poziom merytoryczny i naukowy. Zastosowanie klarownej struktury pracy oraz logicznej argumentacji ułatwia czytelnikowi zrozumienie omawianych zagadnień. Postawione hipotezy i przedstawione

stwierdzenia i wnioski są uzasadnione, trafne i mają duże znaczenie praktyczne, zwłaszcza z perspektywy przemysłowej.

Autorka w toku przeprowadzonych badań potwierdziła prawdziwość postawionych w pracy hipotez badawczych.

Uwagi redakcyjne

W pracy zauważono drobne błędy maszynopisu i redakcyjne. W spisie literatury podane są poniższe pozycje literaturowe, których cytowania nie ma w tekście. Należą do nich:

5. Adro Y. (2006). *Flavour formation by amino acid catabolism. Biotechnology Advances*, 24, 238-242,

12. Bueno J., Leuer E., Kearney M., Green E.H., Greenbaum E.A. (2020). *The preservation and augmentation of volatile terpenes in cannabis inflorescence. Journal of Cannabis Research*, 2 (1), 1-11,

23. *Danish Veterinary and Food Administration (DVFA). Guidance Levels for Tetrahydrocannabinol Content in Foodstuffs from Industrial Hemp. 2018,*

92. Sokołowska B. Połaska M., Dekowska A., Woźniak Ł., Roszko M. (2020). *Degradation of Preservatives with the Formation of Off-Odor Volatile Compounds – The Case of Strawberry-Flavored Bottled Water. Beverage*, 6 (4), 67.

Cytowania literaturowe zamieszczone w tekście, w kilku przypadkach różnią się datą wydania publikacji. Poniżej podaję przykłady:

- Strona 153 akapit 6 „Wybrane związki lotne również były wykrywane przez Beshkova i wsp. [2004] oraz Zaręba i sp. [2008].”,

w spisie literatury pozycja 9

9. Beshkova D., Simova E., Frengova G., Simov Z. (1998). *Production of flavour compounds by yoghurt starter cultures. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 20, 180-186.

- Strona 25 akapit 18 “W celu zmniejszenia tych różnic należy wdrożyć ścisłą kontrolę nad odmianami i ich metodami uprawy [Fischedick i wsp. 2010, Aizpurua-Olaizola i wsp. 2014, EIHA 2017].”

w spisie literatury pozycja 31

31. EIHA (2020). *EIHA contribution on maximum levels for THC in food.*

- Strona 22, 24 akapit 12 „Profil aminokwasowy białka z nasion konopi jest porównywalny z profilem jaj kurzych, ale także z profilem białek soi, która charakteryzuje się wysokim stężeniem argininy, glicyny i histydyny [Leonard i wsp. 2019].”

w spisie literatury pozycja 65

65. Leonard W., Zhang P., Ying D., Fang Z. (2020). *Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19 (1), 282-308.

- Strona 24 akapit 5 i 13 „Enzym ten katalizuje pierwszy etap syntezy kannabinoidów w wyniku którego powstaje CBGA [ElSohly i wsp. 2017, Ujváry i Hanuš 2017, Citti i wsp. 2018a, Leonard i wsp. 2019, Karas i wsp. 2020].”

w spisie literatury pozycja 106

106. Ujváry I., Hanuš L. (2016). *Human metabolites of cannabidiol: A review on their formation, biological activity, and relevance in therapy. Cannabis and Cannabinoid Research*, 1, 90-101.

Szczegółowa analiza przedłożonej pracy nasuwa sugestie w zakresie brakujących elementów badawczych w pracy. W szczegółach wskazuję je poniżej. Ich brak w pracy nie umniejsza jej wartości, ale należy je uwzględnić przy planowaniu dalszych badań.

1. Warto byłoby rozszerzyć badania produktów powstających podczas degradacji termicznej kannabinoidów, zwłaszcza w kontekście ich potencjalnych zagrożeń dla zdrowia konsumentów. Szczegółowe scharakteryzowanie tych związków wzbogaciłoby wartość merytoryczną pracy.

2. Zalecane jest uwzględnienie badań stabilności analizowanych związków podczas dłuższego okresu przechowywania produktów gotowych zawierających w swym składzie dodatki konopi. Uwzględnienie aspektów długoterminowej stabilności mogłoby przynieść dodatkową wiedzę istotną z punktu widzenia praktycznego zastosowania wyników badań.

3. Przydatnym uzupełnieniem pracy byłoby wykonanie badań konsumenckich dotyczących akceptacji sensorycznej produktów z dodatkiem konopi, co dałoby dodatkowy wymiar praktyczny oraz rynkowy, jako wdrożenie nowych produktów na rynek,

4. Praca mogłaby być dodatkowo wzbogacona o analizę ekonomiczną możliwości wdrożenia na szerszą skalę technologii wykorzystania konopi przemysłowych w produkcji żywności, co zwiększyłoby jej wartość praktyczną i aplikacyjną.

Ocena końcowa

Na podstawie wnikliwej analizy przedłożonej rozprawy doktorskiej, uważam, że oceniana praca dokumentuje szeroką wiedzę Pani mgr inż. Joanny Kanabus oraz znakomite opanowanie warsztatu analitycznego, naukowego i co bardzo ważne także praktycznego. Praca posiada istotną wartość naukową i wpływa na obecny stan wiedzy i techniki w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie technologii żywności i żywienia.

Reasumując ocenę merytoryczną pracy chciałbym zaznaczyć, że doktorantka postawiła przed sobą jasno sprecyzowane cele badawcze, które konsekwentnie zrealizowała, obejmujące między innymi opracowanie i walidację metod analitycznych służących do oznaczania kannabinoidów oraz terpenów. Następnie zastosowała te metody do oceny wpływu różnych procesów technologicznych – takich jak suszenie, pieczenie oraz fermentacja mlekowa – na stabilność tych bioaktywnych substancji. Dobór metod analitycznych – chromatografii cieczowej oraz gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas – jest w pełni uzasadniony i pozwala na uzyskanie szczegółowych i precyzyjnych wyników. Metodologia badań została starannie dobrana i szczegółowo opisana, co ułatwia interpretację wyników oraz ich ewentualne odtworzenie w dalszych badaniach. Autorka wykazała się dużą dokładnością, szczegółowo opisując warunki eksperymentów, zwłaszcza dotyczących analizy wpływu metod suszenia (liofilizacja, suszenie konwekcyjne), fermentacji mlekowej oraz warunków wypieku. Rezultaty badań jednoznacznie potwierdzają, że temperatura oraz sposób wprowadzenia dodatku konopnego do żywności mają istotny wpływ na końcową zawartość oraz profil analizowanych związków.

W świetle przedstawionej pozytywnej oceny recenzowanej pracy doktorskiej, stwierdzam, że dysertacja zarówno pod względem wartości merytorycznej uzyskanych wyników, jak i ich sposobu prezentacji spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późniejszymi zmianami).

W związku z powyższym zwracam się do Rady Naukowej Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno – Spożywczego im. Władysława Dąbrowskiego, Państwowego Instytut Badawczy o dopuszczenie Pani mgr inż. Joanny Kanabus do dalszych etapów ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora nauk rolniczych.

Z uwagi na wartość naukową pracy składam wniosek do Rady Naukowej Instytutu o wyróżnienie niniejszej pracy.

