

Warszawa, 19.12.2025

Dr hab. Ewa Ostrowska-Ligęza prof. SGGW  
Katedra Chemii, Instytut Nauk o Żywności  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

### RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr Yolandy Victorii Rajagukguk pt.  
„Charakterystyka fizykochemiczna, termiczna i spektroskopowa olejów  
z produktów ubocznych nasion owoców w kontekście oceny  
autentyczności”

wykonanej pod kierunkiem

Pani prof. dr hab. Jolanty Tomaszewskiej-Gras

W Katedrze Technologii Żywności Produktów Pochodzenia Roślinnego

Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu

---

**Szkoła Główna  
Gospodarstwa  
Wiejskiego w Warszawie**

**Instytut Nauk o Żywności**

ul. Nowoursynowska 159 C  
02-776 Warszawa  
+48 22 593 75 10  
inoz@sggw.edu.pl  
www.sggw.edu.pl

Nasiona owoców jagodowych są produktem odpadowym, który można ponownie wykorzystać do wzmocnienia produktu końcowego lub uzyskania wysokiej jakości oleju w przemyśle spożywczym lub innych gałęziach przemysłu. Wytłoki owocowe charakteryzują się zawartością związków bioaktywnych, błonnika czy pektyn co obecnie pozwala na wykorzystanie ich jako dodatek do żywności albo przerabianie na cenną paszę dla zwierząt. Nasiona owocowe stanowią część wytlóków, oprócz nich znajdują się tam resztki miąższu owoców, skórki, łodygi czy liście. Nasiona owocowe jako produkt uboczny mogą stanowić w przemyśle spożywczym cenny surowiec. Olej pozyskiwany z tych nasion charakteryzuje się wysoką zawartością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Inną zaletą takiego oleju jest również wysoka zawartość związków bioaktywnych oraz swoisty i unikalny skład frakcji

polisacharydowej. Popyt na oleje roślinne pozyskiwane z nasion owoców jagodowych stale rośnie. Oleje te wykorzystywane są nie tylko jako surowiec spożywczy (suplementy diety czy nutraceutyki), ale też jako surowiec używany w przemyśle kosmetycznym. Niestety nie zostały jeszcze opracowane szczegółowe regulacje dotyczące jakości tych olejów, co powoduje narażenie konsumentów na nieuczciwe praktyki związane z ich pozyskiwaniem, przechowywaniem i dystrybucją. Rozprawa doktorska Pani mgr Yolandy Rajagukguk doskonale odpowiada na zapotrzebowanie rynku na pozyskiwanie takich olejów o ściśle określonej jakości i sprawdzonej autentyczności.

Rozprawa doktorska jaką przedstawiono do oceny składa się z cyklu sześciu publikacji, dołączone również zostały streszczenie, cele i hipotezy badawcze, szczegółowy zakres badań i metody badawcze, a także omówienie wyników i ich dyskusję. Doktorantka na podstawie przeprowadzonych obszernych badań sformułowała 9 wniosków, dzieląc je według założonych celów. Do pracy dołączono również spis wszystkich publikacji naukowych z afiliacją UPP (13) oraz komunikatów naukowych (5) Autorki rozprawy doktorskiej.

W recenzowanej rozprawie doktorskiej Pani mgr Yolanda Rajagukguk przedstawiła główny cel. Głównym celem jej badań było opracowanie szybkich i wiarygodnych metod oceny autentyczności olejów z pestek owoców jagodowych (malin, truskawek, czarnej porzeczki) na podstawie ich profili fizykochemicznych, termicznych i spektroskopowych.

- Główny cel zweryfikowano na podstawie szczegółowych celów i hipotez roboczych:
- optymalizacja metod termicznych i spektroskopowych do oceny autentyczności olejów z pestek owoców jagodowych
- charakterystyka właściwości fizykochemicznych autentycznych olejów z pestek owoców jagodowych
- ocena autentyczności olejów z pestek owoców jagodowych różniących się czasem przechowywania, pochodzeniem botanicznym od próbek olejów komercyjnych oraz zróżnicowaniem ich metod ekstrakcji.
- Zgodnie z celami, hipotezy badawcze analiz Pani mgr Yolandy Rajagukguk podzielono następująco:
- H1: Świeżość nasion, proces oczyszczania i warunki prowadzenia analiz wpływają na właściwości termiczne i spektroskopowe olejów z pestek owoców jagodowych.

- H2: Autentyczne oleje z pestek owoców jagodowych posiadają charakterystyczne właściwości fizykochemiczne, które mogą być wykorzystane jako wskaźniki referencyjne autentyczności.
- H3: Oleje z pestek owoców jagodowych różniące się czasem przechowywania można odróżnić wykorzystując analizę lotnych substancji za pomocą nosa elektronicznego (E-nose).
- H4: Różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC) i spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR) to dwie metody umożliwiające wykorzystanie ich do szybkiej kontroli autentyczności komercyjnych olejów z pestek owoców jagodowych.
- H5: Oleje z pestek owoców jagodowych otrzymane różnymi metodami ekstrakcji (tj. tłoczenie na zimno, ekstrakcja n-heksanem, ekstrakcja nadkrytycznym CO<sub>2</sub>) charakteryzowały się profilami termicznymi i spektroskopowymi pozwalającymi na ich rozróżnienie.

Doktorantka przedstawiła wyniki badań w cyklu sześciu artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowym (wszystkie zostały wydane w czasopiśmie posiadającym indeks cytowań w bazie JRC – IF):

P1 – Rajagukguk, Y. V., Islam, M., Tomaszewska-Gras, J. (2023). Influence of Seeds' Age and Clarification of Cold-Pressed Raspberry (*Rubus Idaeus L.*) Oil on the DSC Oxidative Stability and Phase Transition Profiles. *Foods*, 12(2), 358.

P2 - Rajagukguk, Y. V., Islam, M., Grygier, A., Tomaszewska-Gras, J. (2023). Thermal and Spectroscopic Profiles Variation of Cold-Pressed Raspberry Seed Oil Studied by DSC, UV/VIS and FTIR Techniques. *Journal of Food Composition and Analysis*, 124, 105723.

P3 - Rajagukguk, Y. V., Islam, M., Grygier, A., Siger, A., Rudzińska, M., Tomaszewska-Gras, J. (2024). Physicochemical Characteristic of Cold-Pressed Blackcurrant-, Strawberry- and Raspberry Seed Oils During Storage and Its Influence on Thermo-Oxidative Stability. *NFS Journal*, 37, 100195.

P4 - Rajagukguk, Y. V., Cevoli, C., Grigoletto, I., Tomaszewska-Gras, J. (2024). Rapid Determination of the Storage Time of Cold-Pressed Berry Seed Oil Using Flash Gas Chromatography E-Nose Coupled with Chemometrics. *Journal of Food Engineering*, 364, 111795.

P5 - Rajagukguk, Y. V., Tomaszewska-Gras, J. (2025). Advanced Authenticity Screening of Commercial Berry Seed Oils Using Full FTIR Spectra and DSC Curves Coupled with Chemometrics. LWT, 117680.

P6 - Rajagukguk, Y. V., Ryszczyńska, S., Grygier, A., Siger, A., Waśkiewicz, A., Tomaszewska-Gras, J. (2025). Data Fusion of DSC Melting Curves and FTIR Spectra in Relation to Physicochemical Properties for Distinguishing Berry Seed Oils by Various Extraction Methods. Journal of Food Composition and Analysis, 148(3), 108475.

Doktorantka była pierwszym autorem w 6 artykułach. Treść rozprawy doktorskiej (6 publikacji) stanowi obszerną dokumentację pracy Doktorantki. Opanowanie przez Panią mgr Yolandę Rajagukguk tak szerokiego warsztatu pracy zasługuje na szczególną uwagę, przyczyniło się to do zapewnienia wysokiej jakości i rzetelności badań naukowych. Pozwala to na wysoką ocenę wiedzy, doświadczenia, umiejętności rozwiązywania problemów badawczych, korzystania z pozycji literaturowych oraz interpretacji wyników przez Doktorantkę.

W pierwszym etapie badań sprawdzono świeżość nasion, proces oczyszczania i warunki prowadzenia analiz termicznych i spektroskopowych. Zbadano czy powyższe parametry mają wpływ na właściwości termiczne i spektroskopowe olejów z pestek owoców jagodowych. Badano olej tłoczony na zimno z trzech partii pestek malin. Analizy wykonano dla świeżo wytłoczonych olei oraz po 10 i 20 miesiącach przechowywania. Niższa jakość nasion i proces klarowania oleju miały negatywny wpływ na właściwości antyoksydacyjne i stabilność oksydacyjną. Profile przejść fazowych DSC nie wykazywały różnic w zależności od procesu klarowania. Wykonano bardzo dużą ilość analiz termicznych o różnych szybkościach ogrzewania i chłodzenia (1; 2 i 5 °C/min).

W związku z tak licznie przeprowadzonymi analizami mam pytanie:

Jakimi przesłankami podyktowane zostało wykonanie tak dużej ilości analiz termicznych?

Pani mgr Yolanda Rajagukguk stwierdziła, że najlepszą prędkością ogrzewania jest prędkość 5 °C/min., natomiast ochładzania 2 °C/min. Proszę o dokładne i szerokie uzasadnienie tego wyboru. Wykonano także analizy spektroskopowe UV-VIS i następnie FTIR. Wniosek, że UV-VIS jest metodą mało przydatną jest już znany, analiza ta jest mało wiarygodna w badaniu tak skomplikowanych matryc jak oleje.

Opierając się na wynikach analiz FTIR zasadnym jest wykorzystanie techniki spektroskopowej NMR (jądrowy rezonans magnetyczny) do badań olejów.

Czy wykorzystanie metody NMR jest zasadne w poszerzeniu analiz dotyczących badań autentyczności olejów?

W następnym etapie badań ocenie poddano właściwości fizykochemiczne olejów z pestek malin, truskawek i czarnej porzeczki. Najwyższy poziom zawartości karotenoidów, chlorofilu i kwasu  $\gamma$ -linolenowego zaobserwowano dla oleju z nasion czarnej porzeczki. Oleje z pestek malin charakteryzowały się najwyższą aktywnością antyoksydacyjną (DPPH), zawartością tokoferoli i stabilnością termo-oksydacyjną (OIT). W oleju z nasion truskawek zaobserwowano najwyższą zawartość kwasu  $\alpha$ -linolenowego. W trakcie pierwszego roku przechowywania wszystkie oleje pozyskane z nasion owoców jagodowych charakteryzowały się wysokim wskaźnikiem OIT, pomimo obniżenia zawartości antyoksydantów. Doktorantka wykorzystała do oceny zmian profili związków lotnych aparat Flash GC E-Nose połączony z modelami PLSR, pozwoliło to na określenie czasu przechowywania olejów. Wykorzystanie tej techniki bardzo wzbogaciło pracę.

Konwencjonalne metody ekstrakcji są czasochłonne, energochłonne i wymagają rozpuszczalników organicznych. Doktorantka ekstrahowała olej z nasion trzech gatunków roślin (malin, truskawek i czarnej porzeczki) wykorzystując: tłoczenie na zimno, ekstrakcję z użyciem n-heksanu i ekstrakcję nadkrytycznym  $\text{CO}_2$ . Uzyskanie widm FTIR oraz profili termicznych tak pozyskanych olejów pozwoliło na określenie jakiej metody używano do ekstrakcji. Dane te pozwolą na ocenę „czystości etykiety” olejów komercyjnych.

Ostatni etap pracy stanowiła ocena autentyczności olejów z nasion owoców jagodowych. Modele PLS-DA oparto na danych DSC i FTIR, modele te zostały zoptymalizowane i wykazały skuteczność w klasyfikacji olejów komercyjnych według ich pochodzenia botanicznego. Stworzony został nowy zestaw danych „DSC-FTIR” dzięki nowatorskiemu podejściu w postaci połączenia danych otrzymanych z wykorzystaniem dwóch różnych metod analizy instrumentalnej. Za pomocą modelu SIMCA wykonano szybką klasyfikację wykorzystując połączenie danych „DSC-FTIR”. Zastosowanie modelu opartego na zestawie danych DSC-FTIR umożliwiło osiągnięcie istotnie lepszych wyników klasyfikacji typów olejów oraz metod ekstrakcji w porównaniu z podejściami wykorzystującymi pojedyncze metody analityczne.

Biorąc pod uwagę jakość przedstawionej dysertacji doktorskiej Pani mgr Yolandy Rajagukguk oraz oryginalność uzyskanych rezultatów zwracam się z wnioskiem o wyróżnienie rozprawy.



Istotnym i nowatorskim osiągnięciem tej dysertacji jest wykorzystanie pełnych danych otrzymanych z analiz DSC i FTIR i połączenie ich z chemometrią. Dotychczas dane uzyskane z profili mięknienia i krystalizacji czy diagramów termicznych DSC były wykorzystywane punktowo. Analizowano temperatury onset i maksymalne; entalpie oraz intensywność przejść fazowych (wysokość maksymalną pików). Doktorantka wykorzystwała pełne dane co spowodowało skrócenie czasu potrzebnego do analizy otrzymanych wyników, spowodowało również rozszerzenie zbioru wykorzystanych danych i zredukowało liczbę błędów interpretacyjnych. Połączenie pełnych danych termicznych DSC z danymi spektroskopowymi FTIR umożliwiło ocenę metody ekstrakcji oleju z nasion owoców jagodowych. Na tej podstawie istnieje możliwość oceny użytego rozpuszczalnika (np. n-heksanu) co pozwala na wydanie opinii o czystości etykiety komercyjnego oleju z nasion owoców jagodowych. Pani mgr Yolanda Rajagukguk wykorzystwała analizę danych termicznych, spektroskopowych i fizykochemicznych z użyciem chemometrii do oceny autentyczności badanych olejów z pestek owoców jagodowych. Opracowanie tego modelu może zostać wykorzystane do badań autentyczności olejów co spowoduje opracowanie odpowiednich standardów dotyczących jakości olejów z nasion owoców jagodowych i innych roślin oleistych.

Osiągnięcie to zostało opublikowane w bardzo dobrych periodykach (Foods, Journal of Food Composition and Analysis, LWT, Journal of Food Engineering i NFS Journal) wszystkie czasopisma charakteryzują się wysokimi współczynnikami oddziaływania IF. Dodatkowym atutem pracy jest bardzo szeroki zakres badań oraz duża staranność w przygotowaniu artykułów stanowiących dysertację.

Jest to pierwsze takie opracowanie tematu i stanowi bardzo istotny wkład do wiedzy na temat oceny autentyczności i jakości olejów z nasion owoców jagodowych. Praca doktorska Pani mgr Yolandy Rajagukguk w doskonały sposób łączy analizę instrumentalną olejów i metody statystyczne opracowania danych analitycznych. W rozprawie doktorskiej zdarzyły się drobne błędy edytorskie np. zastosowanie liczby pojedynczej zamiast mnogiej, ale nie umniejsza to wartości całej pracy.

## WNIOSEK KOŃCOWY

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska w pełni odpowiada wymaganiom stawianym pracom doktorskim i wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i



Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wniosek o dopuszczenie Pani mgr Yolandy Rajagukguk do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Uzyskane przez Panią mgr Yolandę Rajagukguk rezultaty badań stanowią duży wkład w dziedzinę nauk o żywności i żywieniu. Informacje, które zostały przez nią pozyskane są bardzo cenne i znacznie poszerzają wiedzę o możliwościach oceny jakości i autentyczności olejów otrzymywanych z nasion owoców jagodowych. Uzyskane informacje, oprócz wartości poznawczej, mają także wartość aplikacyjną. Rozprawa doktorska została przygotowana poprawnie i bardzo starannie warsztatowo z wykorzystaniem wielu metod analitycznych, narzędzi chemometrycznych i analiz statystycznych. Biorąc powyższe pod uwagę, zgłaszam wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

*Ewa Piotrowska-Ligzue*