



dr hab. inż. Anna Dankowska, prof. UEP
Katedra Jakości i Bezpieczeństwa Żywności
Instytut Nauk o Jakości
Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Poznań, dn. 08.09.2022 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
Qian Ying, M.Sc.

pt. „The composition of triacylglycerols as an indicator of edible oil adulteration”
napisanej pod kierunkiem prof. dr hab. Magdaleny Rudzińskiej.

Uwagi formalne

Podstawą wykonania recenzji była Uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu z dnia 13 lipca 2022 roku, na mocy której powołano mnie na recenzenta ww. rozprawy doktorskiej. Zgodnie z pismem prof. dr hab. Magdaleny Rudzińskiej Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia, przedłożona do recenzji rozprawa mieści się w dyscyplinie technologia żywności i żywienia. Oceniana rozprawa spełnia wymagania formalne stawiane tego typu pracom przedstawianym w postępowaniu na stopień naukowy doktora, tj. ma charakter eksperymentalny i zawiera wszystkie niezbędne rozdziały ułożone w typowej sekwencji. Opracowanie stanowi zwartą całość i jest poprawnie napisane jasnym i zrozumiałym językiem.

Struktura i układ pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska liczy 126 stron. Wyróżniono w niej streszczenia w językach angielskim i polskim, spis wykorzystanych skrótów, wstęp, wprowadzenie teoretyczne, sformułowanie celu badawczego, omówienie metod i materiału badawczego, przedstawienie wyników i dyskusję, podsumowanie, wnioski, wykaz tabel i rysunków oraz załączniki (43 strony). Spis literatury obejmuje 90 pozycji, w tym głównie anglojęzyczne artykuły naukowe z ostatnich lat. Ponadto w pracy znajduje się 20 tabel, 15 rysunków oraz liczne załączniki. Układ pracy jest logiczny i typowy dla tego typu opracowań badawczo - naukowych.

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Tematyka podjęta przez Doktorantkę ma bardzo istotne i praktyczne znaczenie. W ostatnich latach zagadnienia autentyczności produktów spożywczych coraz bardziej przyciągają uwagę otoczenia gospodarczego, jak również różnych instytucji krajowych i międzynarodowych ustanawiających prawo. Termin ten obejmuje zarówno produkty zafałszowane, jak również produkty podrobione, podmienione czy też imitacje. Zapewnienie autentyczności produktu jest ważne zarówno z punktu widzenia konsumenta (bezpieczeństwo ekonomiczne i zdrowotne), jak i producenta (zapewnienie uczciwej



konkurencji rynkowej). Konsument oczekuje, że zadeklarowana przez producenta lub dystrybutora jakość produktów nie jest zaniżona. Wykrywanie potencjalnych zagrożeń wynikających ze świadomego fałszowania produktów spożywczych opiera się przede wszystkim na zaawansowanych badaniach składu chemicznego, jak również na monitorowaniu właściwości fizyko-chemicznych opisujących jakość produktu oraz finalnie na właściwej interpretacji zgromadzonych danych analitycznych. Skuteczny nadzór nad przestrzeganiem prawa żywnościowego szczególnie w zakresie zafałszowań produktów wymaga opracowania metod analitycznych, które mogą być wykorzystane przez organy urzędowej kontroli żywności. W przedstawionej do oceny rozprawie doktorskiej Doktorantka, w głównej mierze, koncentruje swoje badania na zweryfikowaniu przydatności metod chromatograficznych w połączeniu ze sztucznymi sieciami neuronowymi pod kątem zapewnienia przez nie efektywnej charakteryzacji składu chemicznego próbek olejów roślinnych. Wskazuje jednocześnie na duży potencjał metod chromatograficznych w połączeniu z metodami sztucznych sieci neuronowych w potwierdzaniu autentyczności olejów jadalnych. Sztuczne sieci neuronowe są obecnie jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się gałęzi sztucznej inteligencji. Sztuczna sieć neuronowa to narzędzie obliczeniowe imitujące, w sposób uproszczony, działanie ludzkiego mózgu. Skrajne uproszczenie modelu neuronu nie powoduje jednak utraty najważniejszej cechy występującej w rzeczywistych sieciach neuronowych, czyli zdolności uczenia się. Obecnie sieci neuronowe są narzędziem pozwalającym dokonać odwzorowania bardzo złożonych funkcji. W porównaniu z dotychczas istniejącymi metodami modelowania liniowego, sieci neuronowe mają dużo większe możliwości z powodu swojego nieliniowego charakteru. Pozwalają na szybkie i skuteczne rozwiązywanie zagadnień z różnych dziedzin wiedzy. W ostatnich latach można było zaobserwować gwałtowny wzrost badań algorytmów uczących się, a wywodzących się ze sztucznej inteligencji oraz sieci neuronowych. Rozwój ten zaowocował licznymi zastosowaniami wspomnianych algorytmów w wielu dziedzinach nauki, jak np. w fizyce, medycynie, czy chemii. Ich zastosowanie w analizie danych związanych z jakością żywności może znacząco wpłynąć na poprawę efektywności metod kontroli jakości żywności. Opracowywanie, udoskonalanie i testowanie metod analitycznych w połączeniu z nowymi metodami chemometrycznymi uważam za zadanie bardzo istotne. Powinny być one wykorzystywane przez organy rządowe i różne gałęzie przemysłu, gdy przedmiotem analizy są dane wielowymiarowe w celu monitorowania jakości żywności, surowców i procesów. Wybór tematu pracy przez Doktorantkę uznaję za w pełni uzasadniony zarówno z punktu widzenia naukowego jak i mając na względzie potencjalne aspekty aplikacyjne.

Rozprawa doktorska składa się z 7 rozdziałów. Rozdział 1 *Introduction* stanowi krótkie wprowadzenie w tematykę omawianej dysertacji. Uzasadnia wybór przyjętego celu badawczego, wskazując na dużą rolę żywieniową olejów roślinnych, problem zapewnienia jakości i potwierdzania autentyczności tych produktów spożywczych. Wskazuje metody sztucznych sieci neuronowe jako te, które w połączeniu z metodami chromatograficznymi mogą, znacząco wspomóc kontrolę jakości. Pewne wątpliwości może budzić informacja, że przy pomocy istniejących metod instrumentalnych można wykryć mieszanki co najwyżej



dwóch lub trzech olejów. Być może nie jesteśmy w stanie poznać dokładnego składu ilościowego mieszanek ale jednak przy zastosowaniu właściwych metod analitycznych i chemometrycznych, jesteśmy w stanie stwierdzić, że badana próbka (również więcej niż trzyskładnikowa) jest produktem zafałszowanym.

W rozdziale 2 *Literature review* w sposób syntetyczny Autorka opisała główne składniki olejów jadalnych takie jak triacyloglicerole, kwasy tłuszczowe oraz sterole. Omówione zostały ponadto procesy otrzymywania olejów jadalnych, dane ekonomiczne dotyczące olejów jadalnych, ich sposoby fałszowania oraz metody wykrywania fałszerstw oraz podstawy z zakresu sztucznych sieci neuronowych (ANN). Omówione w tym rozdziale zagadnienia zostały trafnie dobrane i logicznie przedstawione, stanowiąc dobre wprowadzenie do dalszych rozdziałów. Uzupełniony mógłby zostać tytuł podrozdziału 2.4. *Methods of adulteration of edible oils*, ponieważ nie do końca obejmuje on całą treść. Obok sposobów fałszowania opisane są w nim bowiem metody wykrywania zafałszowań. Autorka rozprawy pisząc ten rozdział bez wątplenia udowodniła, że posiada ogólną wiedzę teoretyczną z dyscypliny technologia żywności i żywienia.

Rozdział 3 *Aims of the thesis* obejmuje przedstawienie celu głównego omawianej rozprawy doktorskiej, który polegać miał na ocenie przydatności sztucznych sieci neuronowych do identyfikowania olejów roślinnych na podstawie składników takich jak triacyloglicerole, kwasy tłuszczowe i sterole. W tym miejscu pojawiła się pewna nieścisłość, ponieważ cel przedstawiony we wprowadzeniu (Rozdział 1 *Introduction*: „*The objective of this study was to provide a method employing ANNs to detect adulteration by most kinds of edible vegetable oils*”) różni się nieco od tego przedstawionego w rozdziale 3 (Rozdział 3 *Aims of the thesis*: „*The main goal of this thesis was to evaluate the ability of an artificial neural network to identify vegetable oil making use of the composition and the content of endogenous components such as triacylglycerols, fatty acids and sterols*”). W moim odczuciu lepiej byłoby ujednoczyć w całej pracy sformułowania związane z celem badawczym, ściślej go powiązać z tematyką zafałszowań. W rozdziale 3 Doktorantka pisze ponadto, że wykrywanie zafałszowań olejów jadalnych jest sposobem na wzmocnienie obrony żywności (ang. food defence). Myślę, że warto byłoby tutaj przede wszystkim przywołać zapobieganie oszustwom żywnościowym (ang. food fraud). Termin obrona żywności (ang. food defence) jest bowiem w literaturze przedmiotu rozumiany jako zapobieganie umyślnym skażeniom różnymi substancjami chemicznymi, biologicznymi lub innymi substancjami szkodliwymi w kontekście działań terrorystycznych, natomiast termin oszustw żywnościowych (ang. food fraud) rozumiany jest jako celowe zastępowanie, niewłaściwe etykietowanie, zafałszowanie lub podrabianie żywności, surowców, składników lub opakowań wprowadzanych na rynek w celu uzyskania korzyści ekonomicznych. Przypadków działań w celu uzyskania korzyści ekonomicznych jest z pewnością zdecydowanie więcej niż przypadków związanych z działaniami, których celem jest zastraszanie. Ponadto w rozdziale tym Doktorantka przedstawia główne zadania badawcze, które obejmują kolejno:

- ocenę metody HTGC-FID do oznaczania triacylogliceroli w olejach roślinnych;

- ocenę metody HPLC-ELSD również do oznaczania triacylogliceroli w olejach roślinnych;
- zgromadzenie próbek olejów roślinnych;
- oznaczenie triacylogliceroli, kwasów tłuszczowych oraz steroli w blisko 50 próbkach każdego z 8 rodzajów olejów;
- zastosowanie PCA w celu zredukowania wymiarowości danych wprowadzanych do sztucznych sieci neuronowych (ANN);
- wybór najlepszego modelu ANN;
- przetestowanie modeli sztucznych sieci neuronowych i określenie progów wykrywalności.

Sformułowany cel pracy oraz zaprezentowane zadania badawcze jak najbardziej korespondują z tematem pracy. Zadania badawcze zostały zaplanowane w sposób prawidłowy i logiczny, dzięki czemu posłużyły zebraniu danych badawczych, wybraniu zmiennych zawierających najwięcej informacji o badanych próbkach i opracowaniu modelu ANN służącemu identyfikacji olejów jadalnych. Realizacja obranego celu oraz zaplanowanych zadań badawczych wymagało przeprowadzenia licznych badań empirycznych poprzedzonych wyborem materiału badawczego i metod badawczych. Na uwagę z pewnością zasługuje ogrom przeprowadzonych analiz badawczych. Zaprezentowany na s. 24 schemat prac badawczych pokazuje zarys przeprowadzonych prac, co ułatwia czytanie rozprawy doktorskiej. W moim odczuciu zamieszczony schemat nie do końca odzwierciedla ogromu wykonanej przez Autorkę pracy, związanej z bogatym warsztatem metodycznym, liczbą przebadanych próbek, wykonanych powtórzeń i analiz statystycznych.

Zastosowane w pracy metody badawcze oraz materiał badawczy dokładnie przedstawione zostały w rozdziale 4. *Materials and Methods*. Materiałem do badań było 8 rodzajów olejów roślinnych (kukurydziany, lniany, rzepakowy, słonecznikowy, sojowy, z pestek dyni, z nasion czarnuszki oraz oliwa z oliwek) pozyskanych bezpośrednio u producentów lub zakupionych w sieci detalicznej. Ilość próbek mieściła się w zakresie od 35 do 50 w zależności od rodzaju oleju. Nie znalazłam informacji czy badane oleje były tłoczone na zimno, czy rafinowane. Podczas procesu rafinacji usuwane są z oleju sterole, co mogło mieć wpływ na wybór zmiennych do analizy statystycznej. W badanych próbkach olejów oznaczono zawartość triacylogliceroli metodami HTGC-FiD oraz HPLC-ELSD, skład kwasów tłuszczowych (GC-FiD) oraz steroli (GC-FiD).

Łącznie dla każdego oleju oznaczonych zostało aż 59 parametrów. We wszystkich badanych olejach wykryto obecność C16:0, C18:1, C18:2, OPP, POL, OOL, LOL, kampesterolu, kampestanolu, stigmasterolu, β -sitosterolui, sitastanolu. Zbiór danych doświadczalnych poddano analizie składowych głównych (PCA) w wyniku, której wybrano najbardziej istotne zmienne. Wybrane zmienne, na podstawie analizy składowych głównych, stanowiły dane wejściowe dla sztucznych sieci neuronowych. Wybór zastosowanej w doktoracie metod statystycznych sztucznych sieci neuronowych uważam za bardzo trafny. Są to metody o bardzo dużym potencjale, które wysoką skuteczność udowodniono już w wielu obszarach



przemysłu spożywczego, a których możliwości zastosowania w wykrywaniu zafałszowań nie zostały jeszcze dobrze poznane i zbadane.

W ocenianej rozprawie założono zbudowane trzech typów modeli statystycznych w zależności od przyjętego kryterium doboru zmiennych:

- Modele typu pierwszego: zmiennymi były oznaczone triacyloglicerole, kwasy tłuszczowe oraz sterole wybrane na podstawie przeglądu literatury oraz danych eksperymentalnych
- Modele typu drugiego: zmiennymi były oznaczone triacyloglicerole, kwasy tłuszczowe oraz sterole wybrane na podstawie przeprowadzonej analizy składowych głównych
- Modele typu trzeciego: zmiennymi były wyłącznie triacyloglicerole wybrane na podstawie przeprowadzanej analizy składowych głównych.

Wyniki badań laboratoryjnych oraz analiz statystycznych, przedstawione w rozdziale 5 *Results and Discussion*, zostały zaprezentowane w sposób prawidłowy i logiczny. Zastosowanie analizy składowych głównych pozwoliło na wybór istotnych zmiennych pierwotnych, na podstawie których zbudowano następnie modele sztucznych sieci neuronowych pozwalających na identyfikację olejów roślinnych. W końcowym etapie badań, w sposób kontrolowany oryginalne próbki oleju sojowego oraz oleju z czarnuszki mieszano w różnej proporcji w celu uzyskania próbek zafałszowanych i przetestowania uzyskanego wcześniej modelu sztucznych sieci neuronowych ANN. Uzyskane przez Doktorantkę wyniki badań poddano naukowej dyskusji z wynikami uzyskanymi przez autorów, jak również wyjaśnione były prawdopodobne przyczyny uzyskanych wyników. Głęboka dyskusja wyników ukazuje po raz kolejny dużą wiedzę teoretyczną Doktorantki. Uzyskane wyniki zwiększają stan wiedzy w zakresie dyscypliny jak również mają ogromne znaczenie praktyczne przy opracowywaniu metod kontroli jakości i autentyczności olejów jadalnych. Przeprowadzenie zaplanowanych przez Doktorantkę badań pozwoliło na osiągnięcie celu pracy.

W rozdziałach 6 *Summary* i 7 *Conclusions* dokonano podsumowania uzyskanych wyników badań wykazując zrealizowanie postawionego celu badawczego. Sformułowanych zostało 10 końcowych wniosków. Przedstawione wyniki badań są bardzo cenne z punktu widzenia poznawczego i wskazują kierunek dalszych badań i w efekcie potencjalnego praktycznego ich zastosowania.

Do istotnych osiągnięć ocenianej rozprawy doktorskiej zaliczam m. in. :

1. Ustalenie istotnych zmiennych pierwotnych stanowiących dane wejściowe dla modeli statystycznych mających na celu późniejszą identyfikację olejów jadalnych.



2. Optymalizacja topologii sztucznej sieci neuronowej do wykrywania zafałszowań olejów jadalnych. Wykazano wyższą skuteczność sieci neuronowych typu MLP nad RFB do rozwiązywania tego typu problemów.
3. Przeprowadzenie analiz pozwalających na stwierdzenie, że model ANN oparty wyłącznie na triacylogliceroli pozwala na uzyskanie podobnych wyników jak modele statystyczne oparte o dodatkowe wyniki oznaczeń kwasów tłuszczowych i steroli. Wykazano, że nie ma konieczności przeprowadzania dodatkowych bardziej czasochłonnych oznaczeń i budowanie modelu statystycznego w oparciu o triacyloglicerole jest wystarczające.

Oceniana praca doktorska napisana jest z reguły starannie i poprawnym językiem. Zdarzają się jednak pewne błędy edytorskie związane z np. interpunkcją, zamianą liter, czy użyciu niefortunnnych sformułowań oraz drobne błędy gramatyczne, które jednak w żaden sposób nie wpływają na obniżenie wartości merytorycznej przedstawianej pracy. Przykłady:

- s. 12, niedokończone zdanie:
„ Some unconventional seed oils have total phytosterols.”
- s. 17, pewne nieścisłości polegające na tym, że Ukraina leży w Europie podobnie jak część Rosji.
“Russia, Ukraine and Europe were the main producers of sunflowers”
- s. 17, Nieścisłość polegająca na tym, że kraje śródziemnomorskie i kraje Unii Europejskiej to nie są dwie niezależne grupy krajów:
„...especially in Mediterranean countries and in the EU country”;
- s. 18, brakuje znaczników przy wymianie sposobów zafałszowania oliwy z oliwek, co utrudnia czytanie.
- s. 20, Autorka zapewne miała na myśli „machine – learning” a nie „machine – earning”.
- s. 20, drobne błędy językowe: „Fureri had to developement the software”.

Podczas czytania rozprawy doktorskiej Qian Ying, M.Sc. nasuwają się pewne kwestie o charakterze typowo dyskusyjnym:

1. Być może korzystniej byłoby w pierwszym etapie szukać odpowiedzi na pytanie czy badane oleje są autentyczne zamiast szukać informacji czym są zafałszowane. Sądzę, że konsumenta najbardziej interesuje kwestia, czy produkt w ogóle jest zafałszowany, czy też nie.
2. W rozdziale dotyczącym metod badawczych i materiału badawczego zabrakło informacji, czy oleje użyte w badaniach były tłoczone na zimno, czy rafinowane, a może były to oleje pochodzące z różnych procesów produkcyjnych. Wybór olejów mógł mieć znaczący wpływ np. na wybór zmiennych do dalszej analizy. Sterole np. podczas procesu rafinacji zostają przynajmniej częściowo usunięte.
3. Interesującym byłoby sprawdzenie, czy włączenie do modelu zmiennych charakterystycznych, typowych tylko dla wybranych olejów, (np. brassicasterolu), a nie tylko opieranie się na tych występujących we wszystkich olejach, nie pozwoliłoby jednak na poprawę skuteczności. Myślę tu zwłaszcza o sytuacji gdyby



poszukiwana była odpowiedź na pytanie, czy dany olej jest autentyczny, a nie czy jest on zafałszowany. Uważam, że takie badanie mogłoby być bardzo wartościowe.

Sformułowane przeze mnie komentarze mają charakter typowo dyskusyjny, nie wpływający na dobrą ocenę pracy.

Wniosek końcowy

Podsumowując chciałabym stwierdzić, że badania przeprowadzone przez Panią Qian Ying, M. Sc. mają zarówno wartość poznawczą jak i potencjalną wartość aplikacyjną. Ponadto uzyskane wyniki badań stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny technologia żywności i żywienia a przeprowadzone badania i analizy dowodzą umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Przyczyniają się one do znacznego poszerzenia wiedzy odnośnie możliwości wykorzystania metod chromatograficznych w połączeniu z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych do monitorowania jakości olejów jadalnych w tym także do kontroli ich autentyczności. Stwierdzam, że rozprawa „The composition of triacylglycerols as an indicator of edible oil adulteration” w pełni spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu o przyjęcie pracy i dopuszczenie Pani Qian Ying, M. Sc. do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Anna Dankowska

dr hab. inż. Anna Dankowska, prof. UEP