



UNIWERSYTET
WARSZAWSKI

Wydział Chemii



Prof. dr hab. Beata Krasnodębska-Ostręga
Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego
Pracownia Chromatografii i Analityki Środowiska
ul. Pasteura 1, 02-093 Warszawa
Tel: (22) 5526375
Email: bekras@chem.uw.edu.pl

16 sierpnia 2020 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr Wiktora Lorenca

*”Badanie specjacji pierwiastków toksycznych w badaniu żywności ciekłej i stałej
technikami sprzężonymi LC/ICP-DRC-MS i ESI-MS/MS”*

Rozprawa doktorska Pana mgr Wiktora Lorenca została przedłożona do recenzji w formie maszynopisu zawierającego: wprowadzenie merytoryczne, cele naukowe, opis własnych eksperymentów oraz podsumowanie. Co oczywiście ustawa z dn. 14 marca 2003 roku o stopniach i tytułach naukowych dopuszcza w ust. 2 artykułu 13. Praca ta została wykonana i opisana pod kierunkiem Pani Prof. dr hab. Danuty Barańkiewicz z Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Badania częściowo były finansowane ze środków projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki (OPUS 2017/25/B/ST4/00374) pt. „Wielopierwiastkowa analiza specjacyjna ciekłych i stałych próbek żywności zaawansowana techniką sprzężoną HPLC/ICP-DRC-MS. Nowe procedury analityczne dla oznaczania toksycznych form specjacyjnych pierwiastków: As, Pb, Cd, Cr i Sb”. Kierownikiem grantu była Pani Promotor ocenianej rozprawy doktorskiej.

Zgodnie z danymi załączonymi do rozprawy (Spis dorobku naukowego str. 139 i danymi z Resaerch Gate dn. 11.08.20) stwierdzam, że Doktorant jest współautorem 8 wieloautorskich publikacji naukowych o zasięgu międzynarodowym, udostępnionych w latach 2016-2020, średni IF tych prac jest powyżej 3,86. Prace opublikowano w czasopiśmie

JK



UNIwersytet
Warszawski

Wydział Chemii



takich, jak *Talanta* czy *Chemosphere*, czasopisma te są liczącymi się w dziedzinie aplikacyjnej chemii analitycznej. Cztery (4) artykuły naukowe są ściśle powiązane z rozprawą doktorską, w 3. z nich Doktorant jest pierwszym autorem. Na aktywność naukową Pana Wiktora Lorenca składają się także: 3 prace o zasięgu krajowym, 10 plakatów konferencyjnych w tym 3. na konferencji zagranicznej oraz 7 komunikatów ustnych, w tym 1 komunikat wygłoszony samodzielnie na konferencji międzynarodowej.

Pan Lorenc aktywnie działał na rzecz Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu prowadząc dydaktykę w zakresie chemii analitycznej i metrologii, sekretariat studiów podyplomowych oraz współorganizując konferencję o zasięgu krajowym. Swoje kompetencje podnosił zarówno, jako uczestnik studiów III stopnia, na dodatkowych krajowych i międzynarodowych szkoleniach. Jego aktywność naukowa została zauważona na nie tylko na UAM, ale był też beneficjentem mikro-grantu, który umożliwił mu prezentację swoich wyników na prestiżowej konferencji międzynarodowej w 2019 roku.

Tematyka badawcza recenzowanej rozprawy doktorskiej mieści się doskonale w nurcie publikacji naukowych związanych z oceną jakości produktów spożywczych. Tzw. żywność to trudny obiekt badań analitycznych, gdyż matryca jest bardzo złożona i zawiera znaczne ilości niezidentyfikowanych substancji nieorganicznych, jak i organicznych. Praca ta dotyczy bardzo szeroko nakreślonych i wykonanych badań związanych z oznaczaniem różnych form chemicznych Cr, Sb i głównie As, co dodatkowo komplikuje i podnosi poziom trudności prowadzonych i opisanych w tej rozprawie doktorskiej eksperymentów. Wykorzystanie połączenia technik rozdzielania związków chemicznych, różnych form jonizacji i detekcji z spektrometrią mas doprowadziło do ciekawych wyników i stworzenia analitycznie procedur. Walidacja zaproponowanych metod, czy oceny jakości uzyskanych wyników dotyczyła praktycznie każdego etapu badań. Schemat prowadzonych eksperymentów przez pana Lorenca świadczy o dobrym rozeznaniu teoretyczny i praktycznym w nowych trendach związanych z rozwojem chemii analitycznej. Głównym obiektem badań były wody mineralne, napoje zawierające substancje odżywcze i wody



UNIwersytet
Warszawski

Wydział Chemii



smakowe. Określono całkowite zawartości As, Cr i Sb, wskazano formy specjacyjne tych pierwiastków a w przypadku arsenu przeprowadzono złożoną analizę specjacyjną, określając nieorganiczne i organiczne formy tego metaloidu. Metaloid ten jest już toksycznym w niewielkich dawkach a dawka zagrażająca życiu silnie zależy od formy. Ciekawym wzbogaceniem interpretacji uzyskanych danych było oszacowanie ryzyka związanego z spożywaniem wód mineralnych, smakowych i tzw. funkcjonalnych. Znaczna ilość uzyskanych danych dotyczących As(III), As(V), Cr(VI) i Sb(V) pozwoliła na obliczenie szacunkowego dziennego spożycia oraz oszacowanie ryzyka związanego z długoterminowy spożyciem form chemicznych uznawanych za toksyczne. Wyniki były na szczęście uspokajające, woda spożywcza to przecież główny składnik diety każdego z nas.

Na recenzowaną pracę składa się 108 stron tekstu i graficznych ilustracji takich jak schematy, chromatogramy, krzywe kalibracyjne oraz bardzo liczne tabele z danymi literaturowymi oraz eksperymentalnymi. Szata graficzna jest estetyczna oraz przyjazna czytelnikowi. Praca podzielona została na szereg rozdziałów i podrozdziałów. Na początku chciałam podkreślić, że rozprawa ta zawiera sporo tabel z przyjaźnie przedstawioną syntezą danych literaturowych. Ograniczyło to czytelnikowi brnięcie przez znaczą liczbę zdań o podobnym brzemieniu. Dobrze, że Autor wprowadził spis skrótów, których jest sporo w ocenianym tekście.

Poniżej omawiać w mojej recenzji będę poszczególne rozdziały, w sekwencji tożsamej z pojawiania się ich w tekście.

Pan mgr Lorenc w części nazwanej Wstępem zarysował potrzeby analityczne i możliwości jakie niesie ze sobą rozwój technik jonizacji w spektrometrii mas oraz chromatografii cieczowej. Kolejny podrozdział - Części Literaturowej to opis „toksycznych” i „niezbędnych” pierwiastków. Chciałam zauważyć, że toksyczność to cecha dawki a nie związku. A substancje niezbędne do życia w nadmiarze też są szkodliwe tak, jak to ma miejsce w przypadku Se i Cu, zaś w kwestii chromu istotna jest tylko i wyłącznie forma chemiczna, gdyż w jednej z nich jest niezbędny. Szeroko przedstawione zostały właściwości kilku pierwiastków. Znalazły się tam opisy form specjacyjnych, czy źródeł zanieczyszczenia



środowiska tymi pierwiastkami. Był to opis As, Cr i Sb, ale także Cd, Ni, Hg, Sn, Se, Zn i Cu. Te ostatnie nie były w ogóle przedstawione w części eksperymentalnej. Z ciekawością przeczytałam podrozdziały dotyczące Cd, Ni, Sn, Zn i Cu. Metale te są trudnym obiektem badań specjacyjnych, a formy w jakich występują w wodach i roślinach znacznie wpływają na ich „biotoksyczność” a ich wskazanie jest niezmiernie trudne i wymaga szerokiej analizy specjacyjnej, nie tylko dotyczącej różnych stopni utlenienia, ale i stopnia skompleksowania nieorganicznymi ligandami. Domyślam się, że w badanych próbkach były praktycznie nie do wykrycia, dlatego nie zaistniały w części praktycznej. W podrozdziale 1.1.4 użyto według mnie dyskusyjnego sformułowania „mobilności ołowiu w roślinach”, kolejna część tego zdania sugeruje, że chodziło o zdolność akumulacji lub/i translokacji w obrębie poszczególnych organów rośliny, co szczególnie istotne jest w kontekście badań roślinnych produktów spożywczych. Należy tu wspomnieć, że w części eksperymentalnej skupiono się na glonach. Rozdział 2. opisujące różne rodzaje żywności zdziwił mnie nomenklaturą. Wydaje się, że nazwanie alg i ryb, czy „olei rybnych” żywnością pochodzenia wodnego jest dość dyskusyjne. Algi to produkt spożywczy pochodzenia roślinnego nie mam tych wątpliwości. Tytuł granty współfinansujący te badania jest według mnie trafniejszy (ciekłe i stałe produkty spożywcze).

Kolejną część przeglądu literaturowego stanowi przedstawienie metod a nie technik wykorzystywanych w badaniu specjacji w próbkach ciekłych, czyli rozdział 3. Opisywane metody to metody sprzężone połączenie spektrometrii mas z różnymi technikami rozdzielania form specjacji, z różnymi technikami jonizacji. Podrozdziały 3.1 i 3.2 to opis sposobu uzyskania informacji o formach specjacyjnych w wyniku zastosowania spektrometrii mas z jonizacją poprzez elektrorozpraszanie, czy plazmie sprzężonej indukcyjnie po rozdzieleniu na różnych kolumnach w chromatografii cieczowej. Tabela 6 to przejrzystą formą przeglądu literatury fachowej. Rozdział 4 to pozornie nie związany z tematem fragment informacji literaturowych. Zgadzam się z Autorem, że właśnie uregulowania prawne to nieodłączny element chemii analitycznej. To one generują potrzeby analityczne i stymulują rozwój procedur analitycznych. Nie tylko metod analizy, ale i metod pobrania i przygotowania próbki tak, aby nie zaburzyć pierwotnej specjacji. Osobiście ten fragment procedur analitycznych



uwazam za krytyczny ich etap. Ciekawie ilustruje to tabela (Tab.7). Istotne jest komplementarne badanie produktów spożywczych, choć zgadzam się z Doktorantem, że ocena produktu wyjściowego nie jest tym docelowym obiektem, produkty spożywcze poddawane są przetwarzaniu, co znacząco wpływa na formy specyjalne, co w konsekwencji odbija się na jakości tej żywności. W przypadku napoi i wody przetwarzanie jest ograniczone.

Jedynie w części literaturowej zabrakło mi rozdziału o metodach walidacji, czy metodach ekstrakcji, te elementy procedur analitycznych są istotnym elementem części eksperymentalnej.

Cel Pracy jest sformułowany wręcz bardzo zwięźle, jak na taki zakres prac. Wymienione są tu analizy dyskutowane w części eksperymentalnej oraz wskazanie obiektów badań. Szkoda, że nie zapisano formułowanych też badawczych przed przystąpieniem do analiz, czy postawionych pośrednich celi eksperymentalnych wiodących do pozyskania danych, które posłużyły później do formułowania wniosków.

Cześć doświadczalna ma układ typowy dla rozpraw z zakresu chemii analitycznej. Podrozdział 5.3 przedstawił próbki, które analizowano. Bardzo ciekawe było porównanie tego samego produktu dostępnego w butelce PET i szklanej np. próbka 8.1 i 8.2, o różnym pH np. 3.1 i 3.2 i różnej zawartości ditelnku węgla np. 9.2 i 9.1, dane z tabeli 8. Nie znalazłam informacji, czy i jak były odgazowywane wody o wysokiej zawartości CO₂. Czy filtr strzykawkowy zatasowany w oddzielenia cząstek stałych (str. 49) był o porach o średniej średnicy 0,2 mm, czy 0,2 μm? Tabela 9 to opis ciekawych próbek takich, jak. A1 i A2, wody mineralnej i wody smakowej na bazie tej wody wytworzonej. Ciekawsze wydają się także porównania dotyczące takich próbek jak A, ale gdzie dochodzi czynnik ilości rozpuszczonego CO₂, czyli B.1 z B.2 i B.3. Chętnie bym zobaczyła na obronie ich wyekstrahowane z gąszczu danych oraz zestawienie uzyskanych informacji o ich składzie. Nie tylko dla próbek wód, ale i dla napoi smakowych i wzbogacanych minerałami lub/i witaminami (Tab. 20).

Rozdział 6. Wyniki i dyskusja część opisu eksperymentalnej części. Na str. 57 są raczej zdania i myśli pasują do celu lub części literaturowej: „Analiza specyjalna zazwyczaj składa się z szeregu etapów takich, jak: 1) przygotowanie próbek do analizy, 2) oznaczenia zawartości całkowitych pierwiastków w badanej próbce, 3) oznaczenia znanych form

510



specyjalnych ...”; „Woda jest istotnym elementem diety człowieka i jest niezbędna do utrzymania prawidłowego funkcjonowania organizmu.” Kolejne podrozdziały rozdziału 6 świadczą o opanowaniu w stopniu zaawansowanym warsztatu analitycznego. Interesujący aspekt badań to wyznaczenie krzywej kalibracji na matrycy próbki. Trochę się pogubiłam, czy metoda dodatku wzorca to metoda kalibracji, czy metoda wyznaczania zawartości, nieco odmienna od metody kalibracji (z lub bez dopasowania matrycowego). W tabeli 12 porównano metody oznaczenia ilościowego. Wyniki uzyskane dla metody dodatku wzorca były niższe niż dla kalibracji, a zważone uzyskane metodą kalibracji z dopasowaniem matrycowym. Dlaczego? Czy można te wyniki jakoś zinterpretować? Na stronie 60 pojawił się symbol R rozumiem, że chodzi o odzyski w tabeli np. 13. Na rysunku 3 zaskoczyła mnie wielkość drugiego dodatku (w stosunku do zerowego i pierwszego) w metodzie wielokrotnego dodatku wzorca. Był on ponad 5.krotnie wyższy od oczekiwanej zawartości w próbce, który zwykle estymuje się na podstawie 1. dodatku. W woltamperometrii inwersyjnej, gdzie kalibracja na wzorcach, nawet z dopasowaniem matrycowym nie wchodzi w grę, z racji specyfiki metody drugi dodatek zwykle to maksymalnie 100-150% przewidywanej wartości próbki.

Kolejne rozdziały to obliczenia i opis ich efektów, miały one na celu ocenę jakości uzyskanych wyników uzyskanych dla próbek naturalnych, nie „rzeczywistych” (str. 64). Nie mam zastrzeżeń do wyników zestawionych w tabeli 14, ale musiałam dopisać sobie kilka wartości z tabel opisujących próbki, aby móc docenić uzyskane dane. Rozumiem, że ta imponująca ilość cyfr znaczących była potrzebna do ewaluacji statystycznej, szczególnie, że stężenie wzorców w tabeli 12 było podane z jedną cyfrą znaczącą. Bardzo ciekawy wynik uzyskał Doktorant w przypadku As i napoju przechowywanego w opakowaniu z aluminium oraz dla Sb i napoju przechowywanego w opakowaniu szklanym. Co do Sb był komentarz a co do As nie. Fakt wpływu próbników z aluminium na specjację Hg jest znany [Bloom, N. S. *Analysis and stability of mercury speciation in petroleum hydrocarbons, Fresenius J. Anal. Chem.* 2000, 366, 438–443]. Czy Autor sprawdził, dlaczego te „zielone butelki” tak wpływają. Co odpowiada za sól za barwę szkła? Wiedza ta może mieć wagę podczas pobierania próbek wody do analizy. A według mnie jest bardzo ciekawy wynik.



Uzyskane wyniki Parz Pana Lorenca wskazały, że wody nie są „toksyczne”, pomimo, że zawierają ultra ślady As, Cr i Sb.

Od strony 67 zaczyna się opis procedur analitycznych: całkowitych zawartości, specjacji nieorganicznej i organicznej analitów. Większość tych danych przedstawiono w formie tabel i schematów, co ułatwia czytanie. Zwraca uwagę prosty acz skuteczny bilans (równanie 10 str. 71) estymacyjny zawartości As, Cr i Sb. W prosty sposób wskazywał on potrzebę poszukiwania bardziej złożonymi metodami analitycznymi innych (organicznych) form lub nie. Etap identyfikacji także został zwalidowany, głównie dla As. W przypadku niezidentyfikowanych form As, Cr i Sb walidację ograniczono do wyznaczenia precyzji i niepewność pomiaru. Następnie omówiono wyniki dotyczące napoi smakowych i funkcjonalnych (str. 78). W większości napoi dodaje się zagęszczony sok jabłkowy, nawet do tych z „pomarańczy, czy truskawek”. Czy to tu miało miejsce? Ten ewentualny dodatek zagęszczonego soku jabłkowego mogłoby mieć wpływ, co zacytowane dane literaturowe potwierdzają [137, 139, 140]. Ciekawa obserwacja dotyczyła powstrzymania naturalnego utleniania As(III) do As(V) (str. 80). Choć fakt stabilizacji Cr(III) w tych wodach wskazuje na niski pE. Dlatego dobrze byłoby znać wartość pH i pE oraz zawartość (na etykiecie) „antyoksydantów”, np. witaminy C w tych napojach. Istotne jest, czy pisząc o dominacji formy As(III) w wodach wzbogacanych w *nutrients* Autor miał na myśli formę anionową formę As(III) - arseniany(III).

Kolejny ważny etap pracy dotyczący ciekłych próbek żywności to oszacowanie ryzyka związanego ze znaczną konsumpcją analizowanych napoi i wód. Przy tej ilości danych było to wręcz konieczne. Według mnie zostały przyjęte poprawne założenia dla niedostępnych danych (brak wartości referencyjnych). W tabeli 26 zestawiono estymowane parametry dotyczące ryzyka spożycia. Na szczęście wyniki były uspokajające, nawet dla arsenu nie przekraczały dopuszczalnego dobowego spożycia.

Rozdział 6.2 jest wstępem do badania specjacji w próbkach glonów, które są tu przedstawione, jako próbki żywności stałej. Część tych informacji powinna być w części literaturowej. Mam drobna uwagę językową, ASE to przyspieszona ekstrakcja rozpuszczalnikowa. Z dużym zainteresowaniem zawodowym przeczytałam podrozdziały



6.2.1.1 do 6.2.1.4. W mojej ocenie wyjęcie nienaruszonej specjacji z matrycy stałe tak złożonej, jak matryca tkanki roślinnej to nie lada analityczne wyzwanie. Często lekceważonej przez zleceniodawców badań. Pan mgr. Lorenz przeprowadził tzw. optymalizację i ocenę skuteczności ekstrakcji form specjacyjnych arsenu, bo tylko dla tego analitu były one prowadzone. Mam kilka drobnych uwag i pytań, zabrakło mi kilka danych lub je „przegapiłam”. Rozumiem, że ekstrahowano kwasem azotowym(V), że ekstrakcja wspomagana mikrofalami jak i ultradźwiękami była prowadzona aż 30 minut, że każda porcja była ekstrahowana 3 razy a ekstrakty były łączone, że ekstrakcja wspomagana mikrofalami była prowadzona w zamkniętym naczyniu (bomba) a wspomagana ultradźwiękami w płuczce. Chciałbym dowiedzieć się, jak zagwarantowano po 30 minutowej ekstrakcji w płuczce ultradźwiękowej temperaturę pokojową roztworu o objętości równej 20 mL (Tab. 28). Zdziwiło mnie też, aż 30 minutowa ekstrakcja ME, tym bardziej, że zwykle do ekstrakcji z roślin zaleca się ekstrakcje wodą z lub bez enzymów w warunkach raczej łagodnych. Chciałabym wiedzieć, czy badano odzysk As(III) dla ekstrahenta o składzie $H_2O : MeOH$. Rysunek 16 tego nie wyjaśnia. Jakie formy nieorganiczne były podane w certyfikacie, według dostępnych danych w Internecie były tam głównie arseno-cukry i kwas arsenowy. Arseno-cukry mogły ulec degradacji podczas ME. Rozumiem, że efektywność ekstrakcji form arsenu przeprowadzono jedynie na bazie całkowitej zawartości As i porównaniu do tAs. A jaka była zmienność wartości $ex\ tA/tAs$? Ciekawe byłoby ich bardziej specyficzna ocena, ukierunkowana na poszczególne formy. Zdziwiło mnie zdanie na str. 109, wiadomo przecież, że w glonach muszą być formy arsenu powiązane z cukrami i białkami. Co zresztą Doktorant odkrył kolejnych badaniach.

Niezależnie od moich pytań, które są dla mnie istotne z racji moich zainteresowań naukowych chciałam pokreślić ogrom dobrej analitycznej pracy. Widoczne jest to nawet po przeczytaniu ostatniej części tekstu rozprawy, czyli Podsumowania i Wniosków. Tak przekornie chciałam podkreślić, że połączenie technik rozdzielania z technikami jonizacji i technika detekcji dało dobre wyniki uzyskane metodami analitycznymi a w połączeniu z metodami ekstrakcji dało kompletne procedury analityczne.



Część zawierająca odsyłacze - Literatura zawiera 177 odnośników, gdzie dominują anglojęzyczne publikacje, w mojej ocenie stanowi to rzetelny przegląd literaturowy. Znajdują się tam prace z lat 90. XX wieku jak i najnowsze z ostatnich 3 lat. Dołączenie bezpośrednich linków do publikacji ułatwia śledzenie dyskusji z danymi literaturowymi.

Moje uwagi edytorskie i stylistyczne, które w formie przykładów wymienię poniżej nie umniejszają walorów merytorycznych rozprawy i nie rzutują na końcowy wniosek. Ogólnie oceniając język rozprawy jest poprawny. Z obowiązku recenzenta odnotowałam w swoje ocenie kilka błędów w edycji. Są liczne błędy interpunkcyjne (np. str. 30, 50, 60) oraz kilka stylistycznych (np. str. 47, 87) i logicznych (np. str. 57, 64). Razi mnie używanie zwrotu „za pomocą”. Oznaczenia prowadzi się metodą lub techniką a nie za pomocą te techniki. W tekście powinny być zapis prawidłowym kwasów np. kwasu azotowego(V) (np. str. 47). Chciałam zauważyć, że istnieją skróty polskie na granicę wykrywalności i oznaczalności, ale ma świadomość, że chemiczny język edycji rozpraw upodobnia się w kwestii skrótów z językiem angielskim. Jako chemik preferuję zapis jednostek stężenia molowego w formie $\mu\text{mol L}^{-1}$ niż μM . Wiele czasopism dopuszcza taki zapis, ale w chemii (IUPAC) symbol M jest zarezerwowany dla masy molowej (np. str. 58). Schemat taki, jak na rysunku 11 powinien być zaprezentowany poziomo na osobnej stronie, zyskałby w odbiorze. Choć większość danych jest prezentowanych poprawnie.

Pomimo powyższych uwag edytorskich, pytań i drobnych zastrzeżeń, które oczywiście mają charakter dyskusyjny, chciałbym wyrazić moje uznanie dla ogromu wykonanej pracy laboratoryjnej i trudu żmudnej analizy chemometrycznej.

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy mogę stwierdzam, że przedłożona rozprawa doktorska przez Pana mgr Wiktor Lorenz stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i w pełni spełnia kryteria ustawowe zdefiniowane w art. 13 ust. 1 (ustawa z dn. 14.03.2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki) stawiane rozprawom doktorskim. Wnoszę o dopuszczenie Doktorantki do kolejnych etapów procedury i publicznej dyskusji nad rozprawą.

50



UNIwersytet
WARSAWski

Wydział Chemii



Dodatkowo wnioskuję o nadanie wyróżnienia tej rozprawie. Rozprawa Pana mgr Wiktora Lorenc jest spójna tematycznie, ma cechy przemyślanego i rozbudowanego eksperymentu przeprowadzonego szeregiem, uzupełniających się metod analitycznych oraz podsumowanego głęboką analizą chemometryczną. Prezentacja tych licznych uzyskanych danych eksperymentalnych była klarowna i przyjazna czytelnikowi, co jest godne podkreślenia. Otrzymane wyniki zostały opublikowane już w formie 4 artykułów anglojęzycznych, a co za tym idzie ocenionych przez kilku recenzentów wydawniczych w bardzo dobrych czasopismach naukowych, o wysokim średnim współczynniku oddziaływania (średni $IF > 3,56$). Należy podkreślić, że w 3. z nich Doktorant jest pierwszym autorem. Rozprawa ta zawiera znaczne novum naukowe a dotyczy ono opracowania kompletnych procedur analitycznych do definiowania tak trudnego zagadnienia analitycznego, jakim jest analiza specjacyjna na poziomie śladów w złożonych matrycach naturalnych. W mojej opinii wyniki mający wysoki potencjał aplikacyjny w ocenie jakości produktów żywnościowych. Dlatego nie mam wątpliwości, że rozprawa ta jest rozprawą wyróżniającą się a mgr Wiktor Lorenc jest dojrzałym naukowcem.

Beata Krasnodębska-Ostręga