Warszawa, 22.11.2022

Dr hab. inż. Marek Kieliszek, prof. SGGW
Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności
Instytut Nauk o Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Iwony Niedźwiedź

pt. „*Wykorzystanie zimnej plazmy w konserwacji win czerwonych*”
wykonanej w Katedrze Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywienia Człowieka na Wydziale Nauk o Żywności i Biotechnologii
Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie
przygotowanej pod kierunkiem Promotora
Dr hab. Magdaleny Polak-Bereckiej, prof. UP w Lublinie

Podstawa prawna sporządzenia recenzji

Recenzja została wykonana na zlecenie Prorektora ds. Kadr Prof. dr hab. Andrzeja Marczuka oraz Przewodniczącego Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Prof. dr hab. Waldemara Gustawa w dn. 27.10.2022 r. do pełnienia funkcji recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora nauk rolniczych dyscyplina technologia żywności i żywienia mgr inż. Iwony Niedźwiedź. Postępowanie jest prowadzone na podstawie przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2021 poz. 478 z późn. zm.).

Ocena formalna pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mg inż. Iwony Niedźwiedź jest cyklem 4 publikacji naukowych ogłoszonych w bardzo dobrych czasopismach (*Polish Journal of Microbiology, Scientific Reports, Food Chemistry, Molecules*), które zostały opublikowane w latach 2019-2022. Prace te łącznie były cytowane przez innych naukowców 34 razy. Warto podkreślić, że przedstawione publikacje naukowe były recenzowane przez specjalistów

w tej dziedzinie. Pierwsza praca P1 (przeglądowa) przedstawia mechanizm działania zimnej plazmy na komórki mikroorganizmów oraz wirusy. W przypadku publikacji P2, P3 i P4 (artykuły oryginalne) autorka omówiła nową metodę utrwalania żywności na przykładzie wina czerwonego. Teksty publikacji naukowych zostały dodane pod koniec dysertacji doktorskiej. Warto podkreślić, że przedstawione do oceny artykuły zostały opublikowane z czasopismach przypisanych do dyscypliny technologia żywności i żywienia. Publikacje naukowe zawierają od 4 do 8 autorów. Pani mgr inż. Iwona Niedźwiedź we wszystkich przedstawionych artykułach naukowych jest pierwszym autorem, natomiast w dwóch artykułach jest autorem korespondującym. Dołączone informacje o procentowym udziale Doktorantki (60-80%) świadczą o jej dominującym przedsięwzięciu w powstaniu prac. Suma punktów za publikacje stanowiące przedmiot rozprawy doktorskiej według listy MEiN wynosi 520, natomiast sumaryczny Impact Factor zgodnie z rokiem opublikowania prac wynosi: 19,434. Doktorantka jest również współautorką monografii opublikowanej w roku 2021 pt. „*Innovative technologies in sustainable Food production: cold plasma processing*" in Sustainable Production Technology in Food, Academic Press, strony 165-177, nie wchodzącej w cykl publikacyjny rozprawy doktorskiej. Niniejszy rozdział jest podsumowaniem uzyskanych informacji naukowych na temat wykorzystania oraz znaczenia zimnej plazmy w produkcji żywności. Warto zaznaczyć, że Doktorantka jest współautorką 15 doniesień konferencyjnych (krajowe), trzech rozdziałów w monografiach naukowych. O aktywności naukowej Pani mgr inż. Iwony Niedźwiedź świadczy również udział w powstaniu dwóch publikacji, z których pierwsza przedstawia aktywność biologiczną *Epilobium angustifolium* L. po trawieniu in vitro oraz drugą publikację omawiającej interakcje bakterii z fermentowanymi matrycami pochodzenia roślinnego. Jest to dość ciekawy wynik jeśli chodzi o ten etap dorobku naukowego.

Przedstawiona do oceny praca doktorska została napisana poprawnym językiem. Stylistyka pracy jest na wzorowym poziomie. W niektórych miejscach występują błędy interpunkcyjne (np. strona 19, 25, 39). Praca wykazuje typowy układ poprzez wyodrębnienie części teoretycznej: *Wprowadzenia* oraz eksperymentalnej w które Doktorantka zawarła: *Materiały i Metody Badawcze, Prezentacje Wybranych Wyników Badań oraz ich Dyskusja,* jak również *Wnioski i Stwierdzenia*.Dodatkowo, w części początkowej pracy autorka zawarła streszczenie w języku polskim oraz angielskim. W spisie treści zabrakło informacji o *Hipotezach badawczych i Celu Pracy*, który został umieszczonych na stronie 18 rozprawy doktorskiej. Praca doktorska została opatrzona 7 rycinami oraz 4 tabelami, które precyzyjnie przedstawiają problem badawczy. Opracowanie liczy 64 ponumerowane strony maszynopisu

(razem z dodanymi publikacjami stron jest 119). Bibliografia obejmuje 69 pozycji literatury w większości w języku angielskim. Autorka cytując literaturę znamiennie wprowadza skróty „et al.” lub „i in”. Uważam, że powinno być to ujednolicone w całej pracy. Na uwagę zasługują również przedstawione przypisy, które wynikają z dogłębnego przeanalizowania przez Doktorantkę informacji naukowych oraz problematyki w formułowaniu wniosków wynikających z realizacji poszczególnych etapów w pracy badawczej.

Ocena merytoryczna pracy

Poszukiwanie nowych metod badawczych oraz stale zwiększająca się wiedza w zakresie przetwarzania oraz bezpieczeństwa żywności świadczy o nieustającym rozwoju przemysłu biotechnologicznego na świecie. Do najważniejszych czynników decydujących o możliwym zagrożeniu jest rozwój niektórych grup drobnoustrojów stanowiących poważne zagrożenie mikrobiologiczne dla przemysłu spożywczego. Zakażenie mikrobiologiczne może wystąpić podczas procesu wytwarzania, jak i przechowywania końcowego produktu. Dlatego tak ważną rolę zaczynają odgrywać nowe technologie oraz wykorzystanie ich potencjału w praktyce. Niwelowanie zanieczyszczeń mikrobiologicznych z jednoczesnym zachowaniem wysokiej jakości produktu stwarza duże możliwości w biotechnologii a zarazem może wpływać na nieustający wzrost zainteresowania konsumentów końcowym produktem. Należy podkreślić, że przemysł winiarski w Polsce dynamicznie się rozwija a produkcja wina w przeciągu roku 2021/2022 wynosiła 18 444,79 hL. Jest to wzrost produkcji w stosunku do roku poprzedniego 2020/2021 o ponad 4 216,89 hL wina. Odpowiednio prowadzone zabiegi produkcji wina oraz przestrzeganie poszczególnych aspektów technologicznych powinno zabezpieczać wino przed wystąpieniem zanieczyszczenia mikrobiologicznego. Pojawiające się potrzeby ciągłego doskonalenia oraz opracowywania i weryfikacji innowacyjnych metod badawczych ma bardzo duże znaczenie w lepszym zrozumieniu znaczenia postawionego problemu badawczego. Przykładem takiej metody w ograniczeniu rozwoju mikroorganizmów może być wykorzystanie zimnej plazmy. Przedstawiona technologia może być obiecującym rozwiązaniem w dekontaminacji produktów spożywczych w wyniku działalności różnych procesów fizykochemicznych. Temat zaprezentowany w dysertacji doktorskiej jest innowacyjny (pt. „*Wykorzystanie zimnej plazmy w konserwacji win czerwonych”*) w obszarze technologii żywności. Na uwagę również zasługuje fakt, że zimna plazma (ang. cold plasma, CP) jest procesem, który może być wykorzystywany nie tylko w przemyśle spożywczym ale również w medycynie, m.in. do dezynfekcji tkanek, czy selektywnego zabijania różnych linii komórek nowotworowych. Warto podkreślić, że literatura światowa jest uboga o liczbę

doniesień naukowych omawiających działania zimnej plazmy na mikroorganizmy zanieczyszczające wino oraz charakterystykę cech fizykochemicznych oraz technologicznych przedstawionego produktu. Z tego względu zaproponowana tematyka badawcza przedstawiona w pracy doktorskiej jest jak najbardziej aktualna.

Pani mgr inż. Iwona Niedźwiedź przedstawiła we *Wprowadzeniu* pracy doktorskiej charakterystykę wina jako napoju alkoholowego, którego tradycja wytwarzania jest znana na całym świecie, jak również charakterystykę drobnoustrojów mogących zanieczyszczać wino. Doktorantka w dalszej części swojej pracy przedstawiła informacje, że bakterie fermentacji mlekowej (LAB) są głównymi producentami amin biogennych (ang. BAs – Biegenic amines). Warto podkreślić, że literatura naukowa informuje, że za produkcję tych związków w moszczu gronowym ponadto odpowiedzialne są m.in. drożdże *Metschnikowia pulcherrima, Candida krusei, Brettanomyces bruxellensis.* Aminy biogenne powstają głównie w wyniku procesów mikrobiologicznej dekarboksylacji aminokwasów. Ponadto produkcja tych związków zależy od aktywności metabolicznej mikroorganizmów wchodzących w skład produktu. Warto zaznaczyć, że niektóre bakterie LAB są w stanie degradować aminy biogenne występujące w winie. W kolejnej części dysertacji doktorskiej Pani mgr inż. Iwona Niedźwiedź opisała możliwości utrwalania tego produktu z zastosowaniem powszechnie obowiązujących metod z wykorzystaniem pirosiarczynu potasu ($K_2S_2O_5$). W nawiązaniu do przedstawionych informacji proszę Doktorantkę o wyjaśnienie jakie są obowiązujące normy zastosowania związków siarki w utrwalaniu produktów winiarskich? Czy są stosowane inne metody utrwalania wina?

W kolejnych podrozdziałach Autorka przedstawiła charakterystykę i mechanizm działania zimnej plazmy, który polega na generowaniu kontrolowanych ilości określonych chemicznie reaktywnych form. Nadal jednak mechanizmy działania zimnej plazmy na komórki nie są w pełni wyjaśnione. Dlatego uważam, że wybrany temat badawczy jest w pełni uzasadniony. Pani mgr inż. Iwona Niedźwiedź szczegółową uwagę poświęciła zastosowaniu zimnej plazmy w produkcji żywności. Autorka zwróciła uwagę na możliwości wykorzystania zimnej plazmy w sektorze rolnictwa zrównoważonego. Chciałbym zapytać Doktorantkę w jaki sposób może wyglądać takie zastosowanie CP? Czy metoda nie wymagałaby wykorzystania specjalistycznej aparatury zważywszy na liczbę oraz czas wegetacji roślin (nie nasion), jakie powinny zostać poddane działaniu tej metody utrwalania w porównaniu do zastosowania chemicznych środków ochrony roślin? Jaki może być orientacyjny koszt całego przedsięwzięcia działalności plazmy w tym sektorze przemysłowym?

W następnym rozdziale opracowania przedstawiono główną hipotezę badawczą oraz trzy szczegółowe. Głowna hipoteza zakładała wykorzystanie zimnej plazmy jako alternatywnej metody konserwacji czerwonego wina. Z kolei szczegółowe hipotezy przedstawiały odpowiednio: możliwości antybakteryjnego działania zimnej plazmy na bakterie *Lentilactobacillus hilgardii,* wpływ zimnej plazmy w sposób jakościowy i ilościowy na zawartość związków bioaktywnych w czerwonym winie oraz na jego właściwości fizykochemiczne. Ostatnia hipoteza szczegółowa omawiała możliwości porównania wpływu zastosowania zimnej plazmy oraz pirosiarczynu potasu jako metody alternatywnej w poprawie jakości wina. Należy zaznaczyć, że ambitnie zostały przedstawione cele badawcze, które charakteryzują się wyraźnym aspektem poznawczym. Warto zauważyć, że Doktorantka wskazała zasadność prowadzonych badań oraz rozwijania tematyki badawczej w obszarze zastosowania zimnej plazmy w utrwalaniu wina. Jest to o tyle ważne, ponieważ na świecie jest brak opracowań literaturowych w tym temacie. Przedstawienie naukowych odpowiedzi na postawione pytania w celu pracy doktorskiej przez Autorkę należy ocenić zdecydowanie pozytywnie. Bardzo ważny jest również aspekt praktyczny, który może być wykorzystany w przyszłym rozwoju przemysłu spożywczego.

W kolejnym rozdziale pracy doktorskiej Pani mgr inż. Iwona Niedźwiedź przedstawiła *Materiały i Metody Badawcze,* które szczegółowo zostały opisane w dołączonych publikacjach naukowych. Dysertacja doktorska została zrealizowana z wykorzystaniem zaawansowanych metod i technik badawczych. Wszystkie wybory Doktorantki odnośnie wykorzystania aparatury badawczej były uzasadnione w realizacji postawionych celów. Niezależnie od przedstawionych informacji proszę o komentarz Doktorantki dlaczego w *Systemie Plazmowania* (str. 19) wykorzystano ciekłą próbkę o obj. tylko 6 mL (zważywszy że mikroorganizmy *L. hilgardii* były zawieszone w wodzie a nie w próbce wina), natomiast w przypadku badania wina (*System Plazmowania,* str. 23) próbka miała już objętość 50 mL? W przypadku podpunktu 3 w skróconym opisie wykorzystanych metod badawczych (strona 21) Autorka wykorzystuje błędne określenie „*resuscytacja komórek*". Pojęcie to w polskiej terminologii bardziej odzwierciedla proces polegający na uratowaniu zdrowia i życia poszkodowanej osoby poprzez uciskanie klatki piersiowej. Według mnie lepiej można byłoby zastosować zdanie „*Określenie wzrostu badanych mikroorganizmów podczas hodowli przeprowadzono poprzez pomiar zmian gęstości optycznej według procedury Liu i wsp. (2018)*". Ponadto nie jestem zwolennikiem zapisu „*w temperaturze powietrza*" (strona 21, 27). Doktorantka powinna szczegółowo podać temperaturę w jakiej prowadzony był proces przeniesienia do kadzi fermentacyjnych miazgi oraz prowadzenie fermentacji. Różnie można

interpretować temperaturę powietrza, np. 15, 25 lub nawet 37°C. Uważam, że Autorka miała na myśli „temperaturę pokojową”. Pomimo powyższych uwag chciałbym zaznaczyć, że Doktorantka odpowiednio wykorzystała statystyczne metody badawcze w interpretacji uzyskanych wyników. Na szczególną uwagę zasługuje wykorzystanie metod chemometrycznych; analizy skupień hierarchicznej i niehierarchicznej.

W rozdziale *Prezentacja Wybranych Wyników Badań oraz ich Dyskusja* Doktorantka przedstawiła wykonane prace eksperymentalne w publikacjach naukowych. W pierwszym artykule Autorka podjęła próbę ustalenia mechanizmów działania zimnej plazmy na komórki *L. hilgardii* (Publikacja P2). W wyniku przeprowadzonych badań Doktorantka stwierdziła, że zastosowanie zimnej plazmy przez okres czasu 5 min powodowało wydłużenie fazy lag oraz czasu podziału odpowiednio o 263 i 46% w stosunku do próby kontrolnej. W przypadku 10 i 15 min ekspozycji bakterii na zimną plazmę skutkowało to zahamowaniem wzrostu badanych mikroorganizmów w stosunku do próby kontrolnej nie poddanej CP. Na podstawie otrzymanych wyników Pani mgr inż. Iwona Niedźwiedź odnotowała, że strumień zimnej plazmy generuje wystąpienie stresu komórkowego w cytozolu bakterii opóźniając ich podział oraz wzrost. Chciałbym wyrazić szczególne uznanie dla Doktorantki w aspekcie przedstawienia obrazowania komórek *L. hilgardii* za pomocą mikroskopii sił atomowych. W pracy doktorskiej przedstawiono wartości, które omawiają charakter powierzchni zespołu ścianowo-błonowego komórek, adhezję oraz sprężystość bakterii. W wyniku uzyskanych rezultatów Doktorantka stwierdziła, że występowanie zmian morfologicznych bakterii jest wynikiem przystosowania się komórek do niesprzyjających warunków hodowlanych spowodowanych strumieniem zimnej plazmy. Zastosowanie cytometrii przepływowej umożliwiło analizę stanu fizjologicznego bakterii na trzy stany: komórki martwe (Q1), pośrednie (Q2) oraz martwe (Q4). Dzięki otrzymanym wynikom badań Autorka wykazała, że zastosowanie CP przez 10 min spowodowało otrzymanie 77,5% komórek w stanie pośrednim. Doktorantka potwierdziła hipotezę, że bakterie *L. hilgardii* występujące w stanie Q2 wykazywały charakter komórek uszkodzonych lub występujących w stadium VBNC (ang. viable but not culturable), a więc zdolnych do rozwoju, ale nie nadających się do prowadzenia hodowli w warunkach laboratoryjnych. W tym miejscu należy podkreślić, że przedstawione wyniki badań są interesujące oraz poszerzają dotychczasową wiedzę o charakterystykę stanów żywotności mikroorganizmów w zależności od warunków stresowych jakim niewątpliwie było zastosowanie zimnej plazmy. Ostatnią analizą w recenzowanej pracy do której chciałbym się odnieść było wykorzystanie techniki FT-IR. Z obowiązku recenzenta chciałbym poprosić Panią mgr inż. Iwonę Niedźwiedź o krótką

dyskusję dlaczego w wyniku zastosowania zimnej plazmy odnotowano spadek intensywności widma przy długości fali 2920 cm^{-1}? Jakie mogą wystąpić zaburzenia w zespole ścianowo-błonowym komórek bakterii w wyniku przeprowadzonego procesu? Autorka rozprawy doktorskiej w tym etapie pracy bardzo wnikliwie analizuje oraz omawia uzyskane wyniki. Otrzymywane wnioski oraz stwierdzenia będące uzupełnieniem omawianej publikacji wykorzystuje w kierunku realizacji kolejnych metod badawczych w ramach dalszych etapów badawczych w pracy doktorskiej.

W kolejnym etapie pracy (publikacja P3) zostały zaprezentowane wyniki określenia wpływu zimnej plazmy oraz dodatku pirosiarczynu potasu na jakość wina. Doktorantka w wyniku otrzymanych rezultatów badań wykonanych w pierwszym etapie pracy (publikacja P2) do dalszych badań wybrała dwa systemy prowadzenia plazmowania z wykorzystaniem gazów: mieszanina He/O_2 oraz He/N_2. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że proces 3-miesięcznego przechowywania wina powodował redukcję antocyjanów. Wykorzystując aparaturę w postaci ultrasprawnej chromatografii cieczowej (UPLC-PDA-MS/MS) Autorka oznaczyła 24 związki z grupy antocyjanów, 7 flawonoli oraz kwasów fenolowych, 12 katechin, oraz 4 związków należących do stilbenów. W przypadku badań mających na celu konserwację wina poprzez sprawdzenie dodatku pirosiarczynu potasu stwierdzono niewielki wzrostu zawartości antocyjanów w porównaniu z próbką kontrolną. W przeciwieństwie do kolejnej metody utrwalania z zastosowaniem strumienia zimnej plazmy przez 10 min w atmosferze He/O_2 zawartość antocyjanów ulegała zmniejszeniu w stosunku do kontroli. Również 3-miesięczny czas przechowywania próbek wina po konserwacji zimną plazmą wobec próby kontrolnej powodował spadek zawartości antocyjanów. Otrzymane rezultaty mogły być wynikiem generowania przez plazmę odmiennych reaktywnych związków. Chciałbym wyrazić uznanie dla Autorki w aspekcie przedstawienia oraz przeprowadzenia dyskusji zawartości siedmiu kwasów fenolowych oraz flawanoli w próbkach wina poddanych różnym metodom utrwalania oraz przechowywania. W wyniku przeprowadzonych badań Doktorantka wykazała wzrost zawartości kwasów fenolowych w próbkach wina poddanych zimnej plazmie. Otrzymane wyniki mogą być rezultatem zmniejszenia stężenia antocyjanów w winie. W przypadku flawanoli na przykładzie cis-resweratrolu stężenie tego związku było na bardzo zbliżonym poziomie w zależności do czasu przechowywania oraz zastosowania zimnej plazmy przez 10 min (He/O_2). Pani mgr inż. Iwona Niedźwiedź stwierdziła, że otrzymane rezultaty zawartości kwasów fenolowych są niejednoznaczne i mogą być wynikiem różnic w we właściwościach chemicznych poszczególnych związków. Podsumowując ten etap pracy warto pochwalić

Doktorantkę, że przedstawiona część rozprawy doktorskiej została przygotowana rzetelnie i z wielką dbałością. Otrzymana duża ilość danych liczbowych świadczy o staranności Autorki w wyjaśnieniu przedstawionego problemu badawczego. Ponadto na uwagę zasługuje przedstawienie przez Doktorantkę zawartości sześciu amin biogennych (tryptaminy, putrescyny, histaminy, tyra miny, kadaweryny, 2-PE-2-fenyloetyloaminy) oznaczonych w próbkach wina poddanych utrwaleniu oraz po czasie przechowywania. Doktorantka wykazała, że w próbce kontrolnej przed przechowywaniem oraz nie konserwowanej stwierdzono najwyższą zawartość histaminy (HIS) (818 μg/L). Zastosowanie strumienia zimnej plazmy (10 min, He/O_2) w metodzie łączonej z dodatkiem pirosiarczynu potasu (30 mg/L) wpływało na redukcję zawartości przedstawionego związku do poziomu 584 μg/L. Wartościowe jest wskazanie przez Doktorantkę, że ww. metoda łączona powodowała najwyższą redukcję amin biogennych. Uzyskany efekt utrzymywał się przez cały okres przechowywania próbek wina.

W ostatnim etapie prac Pani mgr inż. Iwona Niedźwiedź przeprowadziła badania dotyczące oceny wpływu metod utrwalania na zawartość związków polifenolowych, potencjał antyoksydacyjny, liczbę bakterii mezofilnych oraz zmianę barwy w winie czerwonym. Rezultaty badań zostały przedstawione w publikacji P4. Wykazano, że związki fenolowe w winie bezpośrednio wpływają na uzyskaną aktywność przeciwutleniającą. Najwyższą aktywność antyoksydacyjną oznaczoną metodami DPPH, ABTS oraz FRAP otrzymano w próbce nieprzechowywanej, konserwowanej z zastosowaniem pirosiarczynu potasu w dawce 100 mg/L. Otrzymane rezultaty wynosiły odpowiednio 77,31%, 95,56% i 12,41 mmTE/L. Opublikowano, że czas trwania procesu utrwalania próbek na otrzymaną aktywność antyoksydacyjną jest niejednoznaczny. Nie wskazano jaką kontrolę zastosowano do porównania aktywności przeciwutleniającej próbek wina. Za istotną uważam ocenę potencjału antyoksydacyjnego na bazie jakiegoś powszechnie stosowanego w przemyśle spożywczym przeciwutleniacza (na przykład BHA, BHT, TBHQ itp.). Warto pochwalić Panią mgr inż. Iwonę Niedźwiedź za przeprowadzenie korelacji wykorzystanych metod utrwalania a właściwościami fizykochemicznymi i biologicznymi próbek wina. Przedstawione rezultaty wykazały, że zastosowanie zimnej plazmy wpływa na aktywność antyoksydacyjną czerwonego wina, która jest silnie skorelowana z zawartością związków fenolowych. W kolejnym etapie pracy przedstawiono ogólną zawartość bakterii mezofilnych w próbkach czerwonego wina. W wyniku przeprowadzonych badań Doktorantka stwierdziła, że każda z zastosowanych metod utrwalania wpływała na redukcję ogólnej liczby mikroorganizmów. Dlaczego po zastosowaniu metody łączonej (10 min, He/O_2) odnotowano

w próbce wina wzrost liczby bakterii, mimo że przed czasem przechowywania nie zaobserwowano obecności mikroorganizmów? Prosiłbym Doktorantkę o komentarz w tej sprawie w trakcie obrony pracy doktorskiej. Dalsze badania wykazały, że zastosowanie metod konserwacji wpływa na wzrost jasności produktu. Należy jednak podkreślić, że 5-minutowa obróbka samą zimną plazmą (He/N_2) jak również z dodatkiem pirosiarczynu potasu (30 mg/L) nie wpływała na zmianę wartości parametru L* w porównaniu z próbą kontrolną. Największą wartość parametru wskazującego na zaczerwienienie produktu (a*) zarejestrowano w próbce z dodatkiem pirosiarczynu potasu w dawce 100 mg/L. Pani mgr inż. Iwona Niedźwiedź konkluduje, że otrzymane wyniki mogą być związane z ozonem i rodnikami hydroksylowymi powstającymi w wyniku wytwarzania zimnej plazmy. Związki te mogą powodować oksydacyjne rozszczepianie chromoforów, co prowadzi do rozkładu antocyjanów i utraty barwy przez produkt. Pomimo przedstawionych uwag problem badawczy zaprezentowany przez Autorkę nie jest szeroko omawiany w literaturze światowej tym bardziej chciałbym wyrazić uznanie dla pracy i dociekliwości Pani mgr inż. Iwony Niedźwiedź w omówieniu i dyskusji otrzymanych wyników. W ostatnim rozdziale pracy mgr inż. Iwona Niedźwiedź kompleksowo omówiła poszczególne wnioski i stwierdzenia w liczbie 13. Świadczy to o dojrzałości Doktorantki oraz jej naukowej dociekliwości. W świetle powyższych informacji badawczych chciałbym wyrazić uznanie dla wykonanej pracy badawczej przez Autorkę oraz ocenić recenzowaną pracę doktorską bardzo wysoko.

Podsumowanie

W mojej opinii rozprawa doktorska Pani mgr inż. Iwony Niedźwiedź spełnia wymagania ustawowe stawiane rozprawom doktorskim zawarte w ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym. Cel pracy został przez Doktorantkę zrealizowany. Przedstawiona tematyka pracy jest aktualna i wciąż rozwijana na świecie przez najbardziej zaawansowane ośrodki naukowe. Omawiana praca zasługuje na uznanie, bowiem świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu merytorycznym Doktorantki w uzyskaniu odpowiedzi na postawione pytania badawcze. Rozprawa doktorska stanowi ciekawe rozwiązanie problemu naukowego, potwierdzając wiedzę i umiejętności prowadzenia badań naukowych z zastosowaniem zaawansowanej aparatury badawczej przez Doktorantkę. Warto podkreślić, że rezultaty otrzymane w wyniku prowadzonych badań zostały opublikowane w prestiżowych czasopismach naukowych. Przedstawione ww. argumenty świadczą, że technologie z zastosowaniem strumienia zimnej plazmy wymagają prowadzenia dalszych badań zmierzających do poznania i zrozumienia podstawowych mechanizmów działania tej metody

na liczne matryce i komórki. Dlatego wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o dopuszczenie Doktorantki do publicznej dyskusji nad rozprawą doktorską. Jednocześnie wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Iwony Niedźwiedź.