

Wrocław 8.03.2019r.

Prof. dr hab. inż. Aneta Wojdyło
Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Nutraceutyków Roślinnych
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Kingi Samborskiej

pt.: *”Wpływ dodatku wybranych składników wzbogacających na przebieg odwadniania osmotycznego i suszenia hybrydowego oraz jakość suszonych jabłek”*

wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Hanny Kowalskiej, profesora nadzwyczajnego,
z Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wprowadzenie

Surowce roślinne i ich produkty ze względu na wysoką koncentrację składników pożądaných o charakterze prozdrowotnym i odżywczym powinny zajmować w diecie człowieka szczególne miejsce. Zarówno owoce, jak i warzywa odpowiednio przetworzone mogą być doskonałą przekąską, alternatywą dla chipsów ziemniaczanych i słodczy lub zgodnie z nową piramidą zdrowego odżywiania A.D. 2016 stanowić podstawę codziennej diety.

Polska od wielu lat jest jednym z potentatów w produkcji owoców i warzyw, w szczególności jabłek. Jednakże na przestrzeni ostatnich lat obserwuje się znaczące problemy z nadwyżką produkcyjną, zagospodarowaniem jej oraz eksportem. Stan ten przyczynia się do tego, że nie tylko pracuje się nad koncepcjami asortymentowymi ale poszukuje się także nowych sposobów i metod ich przetwarzania. Obecnie wiele uwagi poświęca się technikom suszenia, ze szczególnym uwzględnieniem metod hybrydowych (np. konwekcyjno-mikrofalowo-próżniowej), które przy odpowiednim doborze parametrów prowadzenia procesu pozwala na zachowanie właściwości nie tylko fizycznych czy chemicznych, ale także wysokich walorów prozdrowotnych. Ponadto coraz popularniejsze staje się odwadnianie surowców roślinnych w tradycyjnych roztworach o różnym stężeniu sacharozy, ale zwraca się coraz częściej uwagę aby podczas tego procesu następowało wzbogacenie żywności o składniki bioaktywne. Stąd też niezmiernie ważna i godna rozpatrzenia staje się możliwość opracowania innowacyjnego rozwiązania produkcji przekąsek jabłkowych w oparciu o technikę hybrydową (odwadnianie

w specjalnie opracowanych roztworach o podwyższonym potencjale bioaktywnym z suszeniem metodą kombinowaną) celem otrzymania produktu o podwyższonych cechach prozdrowotnych. Łączenie kilku technik suszenia umożliwia kształtowanie właściwości fizykochemicznych suszonych przekąsek owocowych, ale także rachunku ekonomicznego ich produkcji. Możliwe jest również wyeliminowanie niektórych wad suszenia tradycyjnego, a także kreowania przekąsek owocowych o określonych cechach. Wykorzystanie energii mikrofalowej w celu dosuszenia materiału skraca czas wytwarzania suszy i wpływa na jakość produktu w porównaniu do suszy uzyskanych metodą suszenia konwekcyjnego lub w połączeniu z metodą konwekcyjną.

Ocena układu pracy i spełnienia wymogów formalnych

Odnosząc się do struktury pracy i stawianych wymogów formalnych stwierdzam, że jest ona prawidłowa i zgodna z wymogami pisania rozpraw doktorskich. Przedstawiona do oceny rozprawa składa się z dwóch zasadniczych części: teoretycznej (wprowadzenia literaturowego) i badawczej prezentującej metodykę, uzyskane wyniki, podsumowanie i wnioski, które stanowią odniesienie do sformułowanego celu pracy. W pracy zamieszczono syntetyczne streszczenie i słowa kluczowe w języku polskim i angielskim oraz wykaz stosowanych oznaczeń nazw próbek w części metodycznej pracy.

Praca liczy 221 stron maszynopisu i składa się z 8 rozdziałów. Całość pracy Doktorantka wieńczy rozdziałem *Podsumowanie i Wnioski*, w którym odnosi się do celu pracy i każdego z dwóch postawionych celów w ramach etapów. Uzyskane wyniki zaprezentowano na 25 rysunkach oraz w 115 tabelach, z czego 9 tabel zamieszczono w rozdziale 5. a resztę w dołączonym *Aneksie*.

W dysertacji wykorzystano 242 pozycje literatury, z czego tylko 12 pozycji zostało opublikowanych przed rokiem 2000, a ponad 50% to pozycje z ostatnich kilku lat. Jednakże niezależnie od roku wydania tych prac należy podkreślić, że dobrano je starannie i trafnie. Oparcie dyskusji niniejszej dysertacji o najnowszą literaturę tylko potwierdza znajomość obecnych trendów związanych z tematyką pracy.

Praca została wykonana w ramach projektu międzynarodowego ERA-Net SUSFOOD oraz grantu wewnętrznego SGGW w Warszawie. Ponadto część badań została zrealizowana podczas stażu naukowego i przeprowadzona na Uniwersytecie Bolońskim we Włoszech pod opieką prof. Marco Dalla Rosa w ramach własnego Funduszu Stypendialnego SGGW w Warszawie.

Cel pracy i jego uzasadnienie

Cel pracy został poprzedzony 1 -stronicowym *Wstępem* i 28-stronicowym *Przeglądem literatury*, który stanowi doskonale wprowadzenie do tematu rozprawy i aktualnego stanu wiedzy o obecnym stanie zagospodarowania surowca, odwadnianiu osmotycznym, możliwości modulowania na tym etapie jakości finalnych produktów w składniki prozdrowotne oraz metod suszenia. Zawarty w pracy *Przegląd literatury* pomimo, że jest wielowątkowy to jest on niezwykle zwarty ukazujący najważniejsze i najistotniejsze zagadnienia przez co stanowi dobrą podstawę do uzasadnienia wyboru tematu, oraz dalszej dyskusji wyników i wnioskowania. W rozdziale tym mgr inż. Kinga Samborska podaje podstawowe informacje na temat badanego surowca dokonując jego charakterystyki i przydatności do przetwórstwa przemysłowego, następnie nawiązuje do metod utrwalania tkanki roślinnej poprzez odwadnianie oraz metody suszenia. W tym celu rzeczowo i z pełnym profesjonalizmem przedstawia obecny stan wiedzy w zakresie mechanizmów odwadniania osmotycznego tkanki roślinnej, temperatury przemiany szklistej, żywotności komórek podczas procesu, czynniki wpływające na kinetykę procesu. Osobno rozwija także zastosowanie i wykorzystanie dodatków wzbogacających do roztworu osmotycznego przybliżając potencjał wykorzystania soków / koncentratów, które konkluduje, że istnieje szereg korzyści takiego postępowania gdyż „nie tylko wzbogacamy produkt finalny w składniki odżywcze, ale przede wszystkim bioaktywne oraz zwiększamy atrakcyjność sensoryczną”. Doktorantka wskazuje, że o ile w literaturze można już odnaleźć wiele prac prezentujących efekty odwadniania osmotycznego w soku / koncentracie to o tyle wciąż niewiele jest danych dostarczających informacji o odwadnianiu w roztworze mieszaniny sacharozy z koncentratem owocowym. Na tym etapie nawiązuje także do możliwości wykorzystania odpadów do pozyskania ekstraktów zasobnych w komponenty bioaktywne co może być nową alternatywą do zagospodarowania wytlóków. Mając powyższe na uwadze należy podkreślić fakt, iż Doktorantka w pełni zdaje sobie sprawę, jakie ograniczenia i nowe wyzwania niesie za sobą zagospodarowanie zużytych roztworów osmotycznych.

W drugiej części przeglądu literaturowego nawiązuje do metod suszenia stosowanych w technologii otrzymywania suszy wzbogaconych w bioskładniki. Charakteryzuje nie tylko najistotniejsze fakty związane z wybranymi metodami suszenia, ale także zwraca uwagę, że w otrzymaniu produktu finalnego o wysokiej jakości niezmiernie istotne jest zwrócenie uwagi na metodę oraz parametry procesu. Przegląd literaturowy pracy wieńczy informacją o właściwościach fizycznych i chemicznych suszy. Podkreśla, że z danych literaturowych wynika, iż wpływ zastosowanych parametrów suszenia na teksturę suszonej tkanki roślinnej jest niejednoznaczny i w znacznym stopniu zależy od rodzaju surowca roślinnego, przez co

optymalne warunki procesu powinny być dobierane indywidualnie do każdego surowca, tym bardziej że konsument ocenia produkt pod wieloma względami, m.in. na podstawie barwy, smaku czy tekstury.

Powyższe względy skłoniły mgr inż. Kingę Samborską do sformułowania *Celu i zakresu badań*.

Stąd też *Celem* prowadzonych badań była analiza zastosowania wybranych soków i ekstraktu z wycisków owocowych jako składników wzbogacających produkt finalny otrzymany na drodze utrwalania hybrydowego opartego o odwadnianie oraz suszenie hybrydowe.

Postawiony cel jest prawidłowo, chociaż w opinii recenzenta należałoby zmienić zapis, iż celem nie „była *analiza* wybranych ...” a „celem była *ocena wpływu* wybranych soków i ekstraktu z wycisków owocowych jako składników wzbogacających na przebieg odwadniania osmotycznego i właściwości tkanki jabłek”.

Zakres realizowanej pracy przez Doktorantkę obejmował dwa Etapy badań, gdzie etap I dotyczył określenia wpływu wybranych soków i ekstraktu z wycisków owocowych jako składników wzbogacających dodanych do roztworu osmotycznego na zmianę właściwości fizycznych i sensorycznych odwadnianej osmotycznie tkanki jabłek. Drugi etap dotyczył oceny wpływu wstępnego odwadniania osmotycznego w roztworach z dodatkiem składników wzbogacających na zmiany właściwości fizykochemicznych i sensorycznych suszonej tkanki jabłek.

W przypadku obu tych etapów prawidłowo zaproponowano zakres prowadzonych badań, który w etapie I związany był z: wyznaczeniem kinetyki wybranych wskaźników wymiany masy, matematycznego opisu poprzez dopasowanie modelu do ubytku masy, normalizowanej zawartości wody i normalizowanej zawartości suchej substancji, analizie integralności błon komórkowych z wykorzystaniem mikroskopu fluorescencyjnego, wyznaczeniem zmian zawartości wody w strukturach komórkowych (mobilności wody) za pomocą magnetycznego rezonansu jądrowego TD-NMR, temperatury przemiany szklistej i początkowej temperatury zamarzania oraz zawartości wody zamarzającej za pomocą skaningowej kalorymetrii różnicowej DSC, parametrów barwy oraz właściwości sensorycznych.

Natomiast postawiony *Cel etapu II* związany z wykorzystaniem w procesie suszenia dwóch niezależnych metod hybrydowych zrealizowano w oparciu o wyznaczenie zmian aktywności wody, zawartości suchej substancji, parametrów barwy, skurczu i współczynnika zmienności objętości, właściwości mechanicznych i chemicznych, zawartości związków biologicznie aktywnych oraz oceny sensorycznej gotowego produktu.

Organizacja części metodycznej pracy jest odzwierciedleniem wcześniej zapisanych etapów, która została podzielona na *część technologiczną*, *część analityczną* i *część obliczeniową*. Dopełnienie tej części pracy stanowi rozdział *Analiza statystyczna*. W podrozdziale *Część technologiczna* Autorka przedstawiła materiał badawczy wykorzystywany w doświadczeniu oraz przebieg procesu odwadniania i suszenia. W odniesieniu do materiału badawczego – jabłek proszę o wyjaśnienie co kierowało Doktorantką, że wybrała do swoich doświadczeń odmianę o znaczącej aktywności enzymu PPO zamiast innej, która charakteryzuje się dość wysoką aktywnością polifenoloksydazy. Dobór odmiany do badań, w których jest przetrzymywany surowiec przed ostatecznym procesem zakonserwowania stanowi niezwykle istotny etap i gwarancję sukcesu związaną z wysoką zawartością związków polifenolowych w finalnym produkcie oraz pominięciem dodatkowych operacji, np. moczenia w kwasie askorbinowym.

W części analitycznej wyczerpująco i jasny sposób Doktorantka podała opisy przeprowadzonych oznaczeń, przygotowania prób do analiz a następnie sposób obliczeń. Doktorantka w swojej pracy zastosowała najnowsze techniki pomiarowe tj. magnetyczny rezonans jądrowy (TD-NMR), skaningową kalorymetrię różnicową (DSC), ultrasprawną chromatografię cieczową z detektorem masowym. Szeroki wachlarz obliczeń matematycznych i statystycznych (czynnikiem analizę wariancji sprzężoną z testem Tukeya (jednoczynnikową lub dwuczynnikiem), analizę korelacji Pearsona, analizę głównych składowych (PCA) oraz analizę skupień podnosi wiarygodność i wartość uzyskanych wyników.

Na tym etapie Doktorantka nie ustrzegła się błędu związanego z klasyfikacją związków bioaktywnych. Niepoprawna nomenklatura nazw związków polifenolowych została już błędnie zastosowana w *Przeglądzie literatury* oraz konsekwentnie używano jej w *części metodycznej*. Błąd ten został skorygowany na etapie opisu wyników w rozdziale *Omówienie i dyskusja wyników*. W odniesieniu do tego w podrozdziale 4.2.13 podano, że „*Zawartość flawan-3-oli, kwasów fenolowych, flawonoidów, antocyjanów ...* „, mając na uwadze zapis i odczytując intencje zapisu nazw poszczególnych grup flawonoidów („flawan-3-ole, antocyjany, flawonoidy ...”) nasuwa się, iż zamiast zapisu „flawonoidy’ powinno być „flawonoli”, gdyż chodziło tutaj o pochodne kwercetyny i kempferolu. Również nazwa aparatu związanego z analizą związków polifenolowych została błędnie podana gdyż powinna ona brzmieć LC-MS QToF, a nie jak zapisano „LC-MS QT”, chociaż wcześniej dokonano tego bezbłędnie.

Interpretacja, dyskusja uzyskanych wyników i ocena wnioskowania

Kolejny obszerny fragment dysertacji (str. 55-129) stanowi prezentacja *Omówienie i dyskusja wyników* (rozdział 5.), harmonizująca z omówionym wyżej przeglądem literatury tematu i umożliwiającą weryfikację postawionych w pracy celów.

W rozdziale tym (*Omówienie i dyskusja wyników*) konsekwentnie uzyskujemy informacje o wpływie odwadniania osmotycznego (etap I) jabłek na ubytek masy, kinetykę normalizowanej zawartości wody i suchej substancji, na zmianę zawartości wody w strukturach komórkowych na zawartość wody zamarzającej, początkową temperaturę zamarzania oraz przemiany szklistej. Za nowatorskie uważam określenie wpływu odwadniania osmotycznego na integralność błon komórkowych z wykorzystaniem mikroskopu fluorescencyjnego bo pozwoliło to na prześledzenie jak dane roztwory osmotyczne wpływają na lizę ściany komórkowej odwadnianego materiału. Wykorzystanie w badaniach spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego TD-NMR okazało się także użytecznym narzędziem dostarczającym informacji o zmianach mobilności wody w komórce. Dzięki tym badaniom wykazano istotne zmiany stanu wody w poszczególnych strukturach komórkowych tkanki jabłek w zależności od czasu i rodzaju układów wieloskładnikowych, jakie charakteryzują owoce odwadniane osmotycznie i wzbogacane. W tej części badań Doktorantka przedstawiła także zmianę barwy tkanki odwadnianych jabłek pod wpływem roztworów odwadniających wskazując, iż przez operację odwadniania w istotny sposób można modulować parametry barwy, gdyż charakter i intensywność zmian barwy w początkowym etapie uzależniona jest od zastosowanego roztworu, a dopiero później czasu. Omówienie wyników tego etapu wieńczą informacje z konsumenckiej analizy sensorycznej wskazującej na pożądany efekt sensoryczny jabłek traktowanych koncentratem z aronii.

Do podsumowania tego rozdziału Doktorantka umiejętnie wykorzystowała analizę głównych składowych (PCA) oraz analizę skupień co pozwoliło na rzeczowe podsumowanie i wskazanie, że wzrost ocen jakości ogólnej był związany ze wzrostem ocen smaku, zapachu i miękkości. Na tym etapie realizacji badań wskazano, że próbki jabłek odwadniane osmotycznie w roztworach o stężeniu 65°Brix charakteryzowały się wyższymi ocenami jakości ogólnej niż odwadniane w 22°Brix co związane było ze wzrostem ocen i wskazaniem na „wyraźniejszy smak jabłkowy”.

W dalszej części *Omówienia i dyskusji wyników* w etapie II Doktoranta dokonuje rozważań związanych z wpływem suszenia hybrydowego (konwekcyjno-mikrofalowo-próżniową) na jakość odwadnianego materiału. Przeprowadzone badania pozwoliły na dokonanie oceny wpływu odwadniania osmotycznego na zawartość suchej substancji

i aktywność wody otrzymanych suszy, analizę barwy, która jest bardzo ważną cechą wykorzystywaną do oceny jakości i akceptacji produktów przez konsumentów. Doktorantka przeanalizowała wpływ odwadniania osmotycznego i suszenia na właściwości mechaniczne, skurcz i współczynnik zmienności objętości suszy. Przeprowadzona analiza statystyczna dowiodła, że tylko interakcja pomiędzy odwadnianiem a suszeniem miała wpływ na wielkość uzyskanego skurczu odwrotnie niż w przypadku właściwości mechanicznych, oraz im dłuższy czas odwadniania tym finalnie produkt charakteryzował się większym skurczem materiału.

Na tym etapie Doktorantka uzupełniła badania o analizę zawartości związków polifenolowych oraz potencjału przeciwutleniającego. W odwadnianych surowcach zidentyfikowano z wykorzystaniem LC/MS QToF 19 związków polifenolowych z grupy flawan-3-oli, kwasów fenolowych, flawonoli oraz antocyjanów i dihydrochalkonów, które w sumie kształtowały zawartość związków polifenolowych całej próbki. Na tym etapie błędnie podano jednostkę miary przy opisie zawartości kwasów fenolowych (posłużono się g zamiast mg). Niepoprawnie także podano, że „łączna zawartość flawan-3-oli, kwasów fenolowych, flawonoli, i antocyjanów z pewnym przybliżeniem można analizować jako zawartość polifenoli ogółem”. Proszę o wyjaśnienie co Doktorantka miała na myśli pisząc z „*pewnym przybliżeniem polifenoli ogółem*”. Nie należało także używać skrótu myślowego w odniesieniu do analizy chromatograficznej „*polifenoli ogółem*” a „*całkowita zawartość związków polifenolowych*”. Ponadto do sumy tej powinny być włączone związki z grupy dihydrochalkonów, które zostały w finalnym produkcie jabłkowym zidentyfikowane, a w opisie wyników oraz tabelach z wynikami pominięte.

Na podstawie otrzymanych wyników Doktorantka stwierdziła, wstępne odwadnianie osmotyczne tkanki jabłek w roztworach koncentratu soku z borówki czarnej lub koncentratu soku z aronii o stężeniu 22°Brix przez 1440 min umożliwia uzyskanie suszy o znacząco zwiększonej zawartości związków polifenolowych, a tym samym aktywności przeciwutleniającej. Zastosowanie dodatku wzbogacającego w ilości 5 i 15% do roztworu o wyższym stężeniu (65°Bx) było zabiegiem znacząco mniej korzystnym pod względem analizowanych właściwości chemicznych.

Największą zawartość tych związków stwierdzono w tkance jabłek odwadnianej osmotycznie z 15% dodatkiem koncentratu soku z aronii.

Wysoka zawartość związków o działaniu przeciwutleniającym spożywanej żywności jest również ważna z punktu widzenia preferencji konsumentów i akceptacji produktu. Dlatego ocenie sensorycznej poddano susze uzyskane w wyniku suszenia hybrydowego i liofilizacyjnego z zastosowaniem wstępnej (lub bez) obróbki osmotycznej tkanki jabłek.

Dlatego wykorzystanie suszenia hybrydowego ze wstępną obróbką osmotyczną tkanki jabłek w 65°Brix roztworze z 15% dodatkiem koncentratu soku z aronii pozwalało na zachowanie pierwotnego kształtu próbek oraz otrzymanie suszy o korzystnych cechach sensorycznych.

Finalnie, analogicznie jak w etapie II celem podsumowania wielu opisywanych interakcji przeprowadzono analizę głównych składowych i analizę skupień, dzięki której opisano występujące zależności między analizowanymi właściwościami fizykochemicznymi i sensorycznymi suszy. W badaniach tych uzyskano wysoką zmienność czynnika PC1 v. PC2 powyżej 80%, co wskazuje na wzajemne powiązania cech kształtujących finalną jakość otrzymanego produktu po procesie suszenia poprzedzonego odwadnianiem.

Podsumowując eksperymentalną część dysertacji chciałabym podkreślić ogromną pracę włożoną przez mgr inż. Kingę Samborską i wykazanie się kompetencjami badawczymi. Biorąc pod uwagę tzw. stronę warsztatową stwierdzam, że wyniki przeprowadzonych w pracy analiz fizykochemicznych stanowią dobry punkt wyjścia dla przyszłych aplikacji. Wyniki uzyskane z części doświadczalnej przez Doktorantkę zostały nie tylko dokładnie omówione, ale przede wszystkim wszelkie zależności zostały rzetelnie porównane z danymi literaturowymi.

Doktorantka kończy dysertację rozdziałem 6., *Podsumowanie i wnioski* (str. 127-129) w którym odwzorowuje układ pracy i względem etapu I i II przedstawia 14 wniosków, odpowiednio 8 i 6. Dało to możliwość zebrania wszystkich poruszanych w pracy wątków w logiczną całość i stało się odpowiedzią na postawiony *Cel pracy*. Autorka podsumowując całe doświadczenie stwierdza, że suszenie hybrydowe, łączące suszenie konwekcyjne oraz mikrofalowo-próżniowe surowców roślinnych wstępnie odwadnianych osmotycznie jest efektywnym sposobem suszenia materiałów labilnych termicznie. W porównaniu do liofilizacji metoda hybrydowa pozwala na uzyskanie produktu porównywalnej lub wyższej jakości w znacząco krótszym czasie, co stanowi istotną kwestię przy wykorzystaniu przemysłowym niniejszych wyników.

Wniosek końcowy

Uwagi zawarte w niniejszej recenzji w żaden sposób nie wpływają na obniżenie wartości naukowej recenzowanej pracy. Przedstawiona do oceny rozprawa stanowi wartościowe opracowanie naukowe, świadczące o bardzo dobrym przygotowaniu merytorycznym, procesowym oraz analityczno-chemicznym mgr inż. Kingi Samborskiej. Praca charakteryzuje się wartością poznawczą i praktyczną w zakresie możliwości modulowania jakości żywności, w tym wartości prozdrowotnej, poprzez proces odwadniania oraz suszenia hybrydowego jabłek. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń dobrano odpowiedni

dodatek wzbogacający oraz parametry do zastosowania podczas procesu odwadniania oraz suszenia hybrydowego.

Przedstawiona do recenzji praca stanowi wartościowe, oryginalne opracowanie naukowe gdyż została zrealizowana przy pomocy dobrze dobranych technik badawczych co pozwoliło na uzyskanie wartościowych i wiarygodnych wyników. Otrzymane wyniki pracy mają dużą wartość poznawczą i wnoszą oryginalny wkład do rozwoju wiedzy z zakresu technologii żywności i żywienia, bardzo dobrze wpisują się w obecny nurt badań nad żywnością o podwyższonych walorach prozdrowotnych.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Kingi Samborskiej pt.: *„Wpływ dodatku wybranych składników wzbogacających na przebieg odwadniania osmotycznego i suszenia hybrydowego oraz jakość suszonych jabłek”* spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim, zawarte w art. 13 ust. 1 z dnia 14.03.2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017r., poz. 1789).

W związku z powyższym stawiam wniosek do Wysokiej Rady Wydziału Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponadto mając na uwadze wartość merytoryczną niniejszej dysertacji, zamieszczone w nim dokonania Doktorantki, wnioskuję do Wysokiej Rady Wydziału Nauk o Żywności o wyróżnienie niniejszej pracy doktorskiej.



Prof. dr hab. inż. Aneta Wojdyło