



Dr hab. inż. Krystian Marszałek, prof. IBPRS-PIB

Warszawa, 17.10.2023 r.

Zakład Technologii Przetworów Owocowych i Warzywnych,

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. W. Dąbrowskiego  
- Państwowy Instytut Badawczy

Ul. Rakowiecka 36

02-532 Warszawa

### **RECENZJA rozprawy doktorskiej**

Recenzja przedłożonej rozprawy doktorskiej mgr Katarzyna Rybak pt. „**Wpływ nietermicznych metod obróbki wstępnej na przebieg procesu suszenia oraz właściwości tkanki papryki czerwonej**”, wykonanej w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji Instytutu Nauk o Żywności SGGW składa się z oceny następujących elementów:

1. Ocena układu rozprawy doktorskiej i znaczenie tematu
2. Piśmiennictwo i znajomość literatury
3. Celowość prowadzonych badań
4. Materiał i metody badań
5. Omówienie wyników i prawidłowość wnioskowania
6. Możliwość praktycznego wykorzystania wyników badań
7. Oryginalność uzyskanych wyników i ocena końcowa

**Podstawa prawna:** art. 13. ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 z późn. zmianami)

**Podstawa formalna:** list z dnia 2.10.2023 r. Pani prof. dr hab. Krystyny Gutkowskiej - Przewodniczącej Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywnienia SGGW w Warszawie.

#### **Ad 1. Ocena układu rozprawy doktorskiej i znaczenie tematu**

Pani mgr Katarzyna Rybak w cyklu sześciu publikacji stanowiących rozprawę doktorską podjęła się oceny wpływu innowacyjnych technik przetwórstwa żywności na właściwości tkanki papryki oraz przebieg procesu suszenia różnymi technikami.



Praca ma typowy układ charakterystyczny dla tego typu prac naukowych. Składa się z następujących rozdziałów: streszczenie, wstęp, przegląd piśmiennictwa, cel pracy i hipoteza badawcza, materiał i metodyka, wyniki badań i ich omówienie, podsumowanie i wnioski oraz spis piśmiennictwa. Dodatkowo autorka dołączyła spis dorobku naukowego, kopie publikacji wchodzących w skład zbioru artykułów oraz oświadczenia współautorów publikacji.

Układ pracy jest logiczny a proporcje pomiędzy poszczególnymi rozdziałami są prawidłowe. Praca spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim. W pierwszej części pracy Autorka scharakteryzowała tradycyjne i innowacyjne procesy suszenia oraz tradycyjne i innowacyjne techniki obróbki wstępnej żywności. Zabiegi te miały na celu skrócenie czasu suszenia przy zachowaniu wysokiej jakości fizykochemicznej produktu. Następnie doktorantka bardzo krótko scharakteryzowała materiał badany jakim była papryka czerwona. Zabrakło w tym miejscu jednak w mojej ocenie nieco informacji o podstawowym składzie chemicznym tego surowca, co mogło być przydatne w kolejnych etapach pracy przy omawianiu wyników badań. Mimo to uważam, że przegląd literatury doskonale odzwierciedla zakres badań ujętych w dalszych częściach pracy.

Następnie Kandydatka sformułowała cel pracy i hipotezy badawcze. Oba elementy są logiczne i przemyślane oraz wskazują na to, że praca ta wniesie nową wiedzę na temat zastosowania nowych technik w suszeniu żywności.

Zakres pracy obejmował trzy etapy badań podzielone na pięć zdań badawczych, z których trzy włączone były do pierwszego etapu badań. Zakres ten był konsekwentnie realizowany w cyklu sześciu przedstawionych do oceny publikacji.

Na kolejnych stronach maszynopisu doktorantka dokonała szczegółowego opisu materiału badanego, wykorzystywanych procesów technologicznych oraz metod badawczych. Opisała etapy badań oraz wykonywane prace technologiczne, analityczne oraz analizy statystyczne niezbędne do omówienia wyników i wyciągnięcia wniosków.

Największym rozdziałem w pracy jest rozdział obejmujący wyniki badań i ich omówienie, w którym Autorka bardzo szczegółowo przedstawiła uzyskane wyniki badań wyrażone jako zmiany procentowe w stosunku do surowca lub tradycyjnych procesów technologicznych, odniosła się do aktualnej literatury światowej, podjęła dyskusję uzyskanych wyników z wynikami innych autorów i starała się wyjaśnić swoje obserwacje. Ostatni rozdział to podsumowanie i wnioski w którym Autorka odniosła się w pierwszej kolejności do



postawionych na wstępie hipotez badawczych oraz sformułowała osiem spostrzeżeń i wniosków.

Na końcu pracy znalazł się spis literatury, maszynopisy publikacji wchodzących w monotematyczny cykl oraz oświadczenia współautorów wskazujące na ich udział w powstanie poszczególnych publikacji oraz spis dorobku naukowego Kandydatki. Jako recenzent miałem nieco utrudnione zadanie w ocenie indywidualnego wkładu Kandydatki w powstaniu każdej publikacji z uwagi na to, że w autoreferacie nie zawarto informacji na temat jej indywidualnego wkładu w powstanie wszystkich prac. Udział ten można jednak oszacować na podstawie oświadczeń pozostałych współautorów, jak również z informacji ujętych w oryginalnych maszynopisach. Udział Pani magister Katarzyny Rybak w powstaniu wszystkich prac był kluczowy i obejmował: udział w opracowaniu koncepcji pracy i metodologii badawczej, przygotowanie materiału do badań, przeprowadzenie analiz fizykochemicznych i prac technologicznych, opracowanie wyników, przygotowanie manuskryptów i w dużej części korespondencja z wydawnictwem. Z oświadczeń współautorów wynika, że jej wkład można oszacować od 60 do 75% w zależności od publikacji. Kandydatka była również wykonawcą projektów, w ramach których realizowane były prace badawcze. We wszystkich przedłożonych do oceny publikacjach Kandydatka pełniła rolę pierwszego autora a w trzech dodatkowo autora korespondencyjnego, co potwierdza jej wiodącą rolę w powstaniu tych prac.

W ostatnich latach zastosowanie niekonwencjonalnych metod przetwórstwa i utrwalania żywności cieszy się dużą popularnością nie tylko wśród badaczy, ale również przemysłu. Techniki te pozwalają zminimalizować marnotrawienie żywności jak również istotnie obniżyć czas i energię zużywaną podczas przetwórstwa a co za tym idzie zminimalizować ślad węglowy produktu, dlatego też podjętą tematykę badań uważam za bardzo trafną, ważną oraz uzasadnioną ze względów zarówno poznawczych jak i praktycznych.

## **Ad 2. Piśmiennictwo i znajomość literatury**

Dysertacja doktorska składa się 81 stron maszynopisu, z których 10 stron to spis literatury obejmujący aż 148 pozycji, w których 2/3 stanowią pozycje z ostatnich 10 lat oraz jedynie 2 pozycje w języku polskim. Jest to bardzo istotne i świadczy o znajomości najnowszej literatury światowej w zakresie podjętej tematyki badań. Zebrana i przestudiowana literatura ściśle związana jest z tematem badań i wskazuje na pracowitość oraz dociekliwość naukową



w rozwiązywaniu problemów badawczych. Jako recenzent nie mam zastrzeżeń do znajomości tematu, zakresu zebranej literatury naukowej oraz sposobu jej wykorzystania.

### **Ad 3. Celowość prowadzonych badań**

Złożona do recenzji praca doktorska mgr Katarzyny Rybak została przygotowana na podstawie sześciu monotematycznych publikacji. Celem pracy było określenie wpływu zastosowania różnych obróbek wstępnych (tradycyjnych i innowacyjnych) takich jak: blanszowanie w wodzie i parze wodnej, obróbka pulsacyjnym polem elektrycznym (PEF) i ultradźwiękami (US) na właściwości fizykochemiczne papryki oraz przebieg procesu suszenia konwekcyjnego, mikrofalowo-konwekcyjnego, sublimacyjnego i rozpyłowego. Zakres pracy podzielony został na trzy etapy składające się w sumie na pięć zadań badawczych konsekwentnie realizowanych w przedstawionym do oceny cyklu prac:

#### **I etap**

1. Ocena wpływu zastosowania termicznych metod obróbki wstępnej (blanszowanie w wodzie, blanszowanie parą) na zmiany właściwości chemicznych tkanki roślinnej (Publikacja A2).

2. Ocena wpływu zastosowania nietermicznych metod obróbki wstępnej (PEF / US / PEF+US / US+PEF) na zmiany właściwości chemicznych tkanki roślinnej (Publikacja A2).

3. Ocena wpływu zastosowania nietermicznej metody obróbki wstępnej za pomocą pulsacyjnego światła (PL) na redukcję liczby drobnoustrojów i zmiany właściwości chemicznych tkanki roślinnej (Publikacja A5).

#### **II etap**

4. Ocena wpływu zastosowania termicznych (blanszowanie) i/lub nietermicznych metod obróbki wstępnej (PEF / US / PEF+US / US+PEF) na przebieg procesu suszenia prowadzonego różnymi metodami (suszenie konwekcyjne, suszenie mikrofalowo-konwekcyjne, suszenie sublimacyjne) (Publikacja A3, A4, A6).

#### **3 etap**

5. Ocena wpływu termicznych (blanszowanie) i nietermicznych metod obróbki wstępnej (PEF / US / PEF+US / US+PEF) na wybrane właściwości suszonej papryki uzyskanej różnymi metodami suszenia (suszenie konwekcyjne, suszenie mikrofalowo-konwekcyjne, suszenie sublimacyjne, suszenie rozpyłowe) (Publikacja A1, A3, A4, A6).



Prace te stanowią ciekawy i spójny monotematyczny cykl publikacji obejmujący zastosowanie innowacyjnych technik obróbki wstępnej oraz nowoczesnych metod suszenia.

Jako recenzent nie mam żadnych zastrzeżeń pod względem celu, zakresu badań, postawionych hipotez badawczych i zasadności prowadzonych badań.

#### **Ad 4. Materiał i metody badań**

Przedstawiona do oceny praca obejmuje zarówno prace technologiczne jak i prace analityczne. Pani mgr Katarzyna Rybak w pierwszym etapie swojej pracy podjęła próbę zastosowania termicznych i nietermicznych metod obróbki wstępnej papryki czerwonej takich jak: blanszowanie wodą i parą wodną, PEF, US, oraz kombinacje US i PEF. Dodatkowo wykorzystwała pulsacyjne światło (PL) do dekontaminacji powierzchni papryki, co nie jest w pełni zrozumiałe dla recenzenta. Czy wyjaławianie powierzchni papryki nie było by bardziej uzasadnione po procesie suszenia? Dlaczego nie podjęto próby suszenia tej papryki? Zanieczyszczenie mikrobiologiczne suszonych owoców, warzyw oraz przypraw przeznaczonych do dalszego przetwórstwa jest dużym wyzwaniem dla przemysłu więc takie podejście wnosiło by cenniejszą wiedzę do praktyki, tym bardziej że wyniki badań wykazały, iż technika ta wpływa na dostępność wody wolnej w papryce (s. 42) więc uzyskane wyniki mogły by być ciekawe. Jak w opisanych badaniach rozwiązano pakowanie aseptyczne po procesie PL w celu wykonania prób przechowalniczych?

Papryka poddana różnym obróbkom wstępnym poddana została procesowi suszenia konwekcyjnego, mikrofalowo-konwekcyjnego, sublimacyjnego i rozpyłowego. Materiałem badanym była papryka czerwona pokrojona na kawałki 2 x 4 cm. Dlaczego w przypadku zastosowania pulsacyjnego światła paprykę pokrojono na kawałki 2 x 3 cm? Oczywiście jest, że z uwagi na charakter pracy niemożliwe było użycie surowca pochodzącego z jednej partii produkcyjnej do wszystkich zaplanowanych eksperymentów w pracy, jednakże jednolity materiał badany byłby cenny z punktu widzenia omawiania wyników i ich porównywania. Doktorantka poradziła sobie z tym problemem wyrażając uzyskane wyniki w wartościach procentowych w autoreferacie. Mam jednak pytanie jaki wpływ na uzyskane wyniki mogło mieć zastosowanie czynnika przenoszącego impulsy elektryczne oraz fale dźwiękowe tj. wody, w proporcji do surowca wynoszącej odpowiednio 1:24 oraz 1:4 na uzyskane wyniki? Doktorantka w swoich badaniach wykorzystwała bardzo szeroki wachlarz metod badawczych obejmujących właściwości chemiczne papryki, takie jak: zawartość karotenoidów, witaminy C, polifenoli, cukrów oraz pojemność przeciwutleniającą oznaczoną z rodnikami DPPH i



ABTS. W próbkach poddanych działaniu pulsacyjnego światła wykonano dodatkowo: pomiar temperatury, zmiany masy, rozkład wody za pomocą TD-NMR oraz dokonano oceny jakości mikrobiologicznej w zakresie: ogólnej liczby drobnoustrojów, drożdży, obecności *Salmonella Typhimurium* oraz *Listeria monocytogenes*. Przed suszeniem rozpyłowym papryka wymagała przetworzenia na sok, który dodatkowo poddano analizom: pH, ekstraktu, lepkości, przewodnictwa elektrycznego, rozkładu wielkości cząstek oraz mętności. W tym miejscu nasuwa się pytanie czy wykorzystana w pracy komercyjnie dostępna prasa jednoślindakowa odzwierciedla warunki rzeczywiste panujące w przemyśle podczas tłoczenia soków warzywnych? Jak sposób tłoczenia może wpływać na właściwości fizykochemiczne soku?

W materiale suszonym wyznaczono kinetykę suszenia, wyznaczono emisję gazów cieplarnianych (śląd węglowy) dla wybranych procesów oraz dokonano analizy zawartości suchej substancji, aktywności wody, porowatości, dokonano oceny właściwości higroskopijnych i rehydratacyjnych oraz wykonano zdjęcia materiału i przeanalizowano jego strukturę z wykorzystaniem mikrotomografu. Ponadto dokonano oceny składu chemicznego, podobnie jak w przypadku świeżej papryki, w celu oceny zmian jakości chemicznej papryki po procesie wzbogacając je wynikami analizy termogravimetrycznej oraz spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR). W metodyce opisanej w autoreferacie cytowane są prace z ostatnich lat, przy czym moja uwaga dotyczy konieczności cytowania w metodyce, prac źródłowych oraz powoływania się na ewentualne modyfikacje metod zaproponowanych przez innych autorów, szczególnie w przypadku znanych i stosowanych od wielu lat metod badawczych.

Pomimo przedstawionych drobnych uwag warto podkreślić, że Doktorantka wykonując większość z przewidzianych w ramach pracy doktorskiej analiz wykazała się doskonałym przygotowaniem warsztatowym i opanowaniem wielu bardziej i mniej złożonych technik analitycznych, jak również ogromną znajomością obsługi nowoczesnej aparatury badawczej. Zastosowane metody analityczne były bardzo zróżnicowane, złożone i często czasochłonne. Wymagały zaangażowania, precyzji cierpliwości i dużego nakładu pracy oraz w pełni pozwoliły zrealizować ambitny cel badań. Uzyskanie nowych wyników badań, pozwoliło na opublikowanie ich w renomowanych wysoko punktowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym.



Autorka zaplanowała i przeprowadziła analizy zgodnie ze sztuką a uzyskane wyniki badań pozwoliły jej na wyciągnięcie wniosków i weryfikację postawionych hipotez badawczych.

#### **Ad 5. Omówienie wyników i prawidłowość wnioskowania**

Wyniki uzyskane przez mgr Katarzynę Rybak opisane zostały w cyklu sześciu prac badawczych podzielonych na pięć merytorycznych zadań realizowanych w ramach 3 etapów. Zadanie pierwsze obejmuje ocenę wpływu zastosowania termicznych metod obróbki wstępnej, takich jak blanszowanie w wodzie i w parze wodnej, na zmiany właściwości chemicznych papryki czerwonej. Metody te są znane i stosowane w przemyśle do inaktywacji enzymów, pozbycia się tlenu z przestrzeni międzykomórkowych i poprawy jakości mikrobiologicznej surowca. Zastosowanie operacji termicznych spowodowało istotną degradację związków biologicznie aktywnych takich jak: witamina C, karotenoidy, polifenole oraz redukcję zawartości cukrów, przy czym blanszowanie parą wodną generowało mniejsze straty w porównaniu do procesu prowadzonego w gorącej wodzie z wyjątkiem polifenoli. Procesy blanszowania prowadzone były w temperaturze 98°C przez 3 minuty. Czy zdaniem doktorantki dawka ciepła dostarczona do produktu była porównywalna w obu procesach? Co mogło mieć większy wpływ na jakość papryki: degradacja termiczna czy ekstrakcja do roztworu? Autorka odnotowała również istotny wzrost pojemności przeciwutleniającej w papryce blanszowanej obiema metodami. Jak wytłumaczyć to zjawisko, skoro główne związki wpływające za ten parametr uległy degradacji i/lub ekstrakcji?

W zadaniu drugim dokonano analizy wpływu US, PEF oraz kombinacji tych technik, porównując uzyskane wyniki do tradycyjnej termicznej obróbki. Wyniki badań przedstawione w publikacji drugiej wskazują, że nietermiczne metody przyczyniły się do istotnie mniejszej degradacji składników żywieniowych. Autorka odnotowała jedynie niewielki, ale istotny statystycznie wpływ US na karotenoidy i witaminę C oraz PEF na polifenole. Ultradźwięki przyczyniły się ponadto do istotnego wzrostu pojemności przeciwutleniającej mierzonej testem z DPPH i ABTS. Jak Autorka może wytłumaczyć ten fakt? Zastosowanie metod kombinowanych nie dało jednoznacznych rezultatów, jednakże w przypadku karotenoidów, korzystniejszym było zastosowanie w pierwszej kolejności US a następnie PEF. Trend ten nie utrzymywał się w przypadku zawartości witaminy C i polifenoli. Jak doktorantka może uzasadnić fakt, że zastosowanie samych ultradźwięków powodowało większe straty karotenoidów i witaminy C niż zastosowanie ultradźwięków a następnie pulsacyjnych pól elektrycznych oraz tak istotnego wzrostu pojemności przeciwutleniającej mierzonej z testem



DPPH oraz redukcję cukrów po zastosowaniu metod kombinowanych, skoro żadna z tych metod stosowana oddzielnie nie dała podobnych rezultatów? W przypadku cukrów zastosowanie procesów w odwrotnej kolejności nie przyczyniło się do uzyskania podobnych obserwacji. Podobne uwagi recenzenta dotyczą obserwowanego wzrostu zawartości karotenoidów oraz witaminy C w soku z papryki poddanemu działaniu PEF. O ile karotenoidy mogą występować w połączeniach z innymi związkami np. białkami, z których trudno je uwolnić w procesie tradycyjnej ekstrakcji podczas przygotowywania próbki do analizy, to wzrost zawartości witaminy C trudno uzasadnić w podobny sposób. Dodatkowo proszę o komentarz dotyczący zawartości tej witaminy w soku (34 mg/ 100 g w suchej masie – publikacja 1) w porównaniu do jej stężenia w surowcu (2000 mg/ 100 g w suchej masie - publikacja 2). W publikacji 5 wartości te oscylują w granicach 300 mg/ 100 g w suchej masie surowca. Jak doktorantka może wytłumaczyć tak duże różnice z zawartości witaminy C w surowcu i soku?

Analiza głównych składowych uzyskanych wyników wskazuje, że najbardziej zbliżoną grupą do próbek świeżej papryki były próbki poddane działaniu pulsacyjnych pól elektrycznych. Jakość papryki blanszowanej w gorącej wodzie porównywalna była z jakością papryki poddanej działaniu PEF a następnie US. próbki blanszowane w gorącej parze stanowiły grupę jednorodną z próbkami poddanymi działaniu US a próbki poddane działaniu US a następnie PEF najbardziej różniły się pod względem składu chemicznego od świeżej papryki. Przeprowadzona analiza statystyczna pozwoliła wytypować najbardziej obiecujące procesy obróbki wstępnej do dalszych badań.

W zadaniu trzecim doktorantka wykorzystwała pulsacyjne światło do przedłużania trwałości kawałków papryki czerwonej. próbki przechowywano przez 7 dni w temperaturze 10 °C. Czym doktorantka kierowała się przy doborze warunków przechowywania? W tabeli 3 przedstawione zostały zmiany jakości papryki pod wpływem różnych dawek światła oraz po 7 dniach przechowywania. Dane źródłowe (publikacja 5) wskazują na to, że PL nie miało istotnego statystycznie wpływu na zawartość witaminy C i polifenoli oraz tylko najwyższe dawki światła miały istotny wpływ na zawartość karotenoidów i pojemność przeciwutleniającą. Po 7 dniach przechowywania doktorantka odnotowała istotną degradację witaminy C przy każdej dawce PL i karotenoidów jedynie przy dawce 8 J/cm<sup>2</sup> oraz istotny wzrost zawartości karotenoidów i polifenoli przy dawce światła 32 J/cm<sup>2</sup>. W niektórych przypadkach odnotowano istotny wzrost wybranych składników po 1 lub 3 dni





przechowywania a następnie spadek w 7 dniu. Jak doktorantka może wytłumaczyć tę różnorodność w uzyskanych wynikach? PL przyczyniło się również do istotnego obniżenia ogólnej liczby drobnoustrojów, drożdży, pleśni oraz bakterii z grupy *Listeria monocytogenes* i *Salmonella*, przy czym im większą dawkę światła zastosowano tym wyższą skuteczność w inaktywacji drobnoustrojów odnotowano.

Zadanie czwarte polegało na ocenie wpływu zastosowania termicznych i nietermicznych metod obróbki wstępnej na przebieg procesu suszenia konwekcyjnego, mikrofalowo-konwekcyjnego i sublimacyjnego. Wyniki tych badań opisane zostały w publikacjach 3, 4 i 6. Doktorantka zbadała przebieg procesu suszenia w oparciu o kinetykę suszenia oraz wartość współczynnika dyfuzji w przypadku suszenia sublimacyjnego. Dodatkowo podjęła ambitną próbę obliczenia śladu węglowego dla wybranych technik suszenia papryki. Uzyskane wyniki badań potwierdzają, że zarówno termiczna jak i nietermiczna obróbka wstępna papryki wpływa na skrócenie czasu suszenia. Najkorzystniejszą techniką wstępną pod kątem czasu suszenia było suszenie konwekcyjne poprzedzone blanszowaniem w wodzie. Zabiegi te przyczyniły się do skrócenia czasu suszenia aż o 59%. O połowę gorsze rezultaty osiągnięto dla suszenia mikrofalowo-konwekcyjnego oraz konwekcyjnego po obróbce PEF. Blanszowanie w wodzie najkorzystniej wpłynęło również na skrócenie czasu suszenia sublimacyjnego, w którym odnotowano aż 72% redukcję czasu suszenia. Zbliżone rezultaty osiągnięto jedynie w przypadku obróbki PEF oraz PEF w połączeniu z US. Tak istotne skrócenie czasu suszenia w bardzo istotny sposób wpłynęło na zmniejszenie śladu węglowego, wyrażonego jako ekwiwalent CO<sub>2</sub> wytworzonego podczas prowadzenia operacji jednostkowych. Dla papryki suszonej bez obróbki wstępnej było to aż 17 kg/ kg suszonego materiału. Obróbka PEF oraz blanszowanie w wodzie w połączeniu z suszeniem sublimacyjnym pozwoliły zredukować tę wartość o ponad 60%. Biorąc pod uwagę fakt, iż proces suszenia jest uznawany za najbardziej energochłonny proces w technologii żywności osiągnięcie to jest bardzo istotne. Czy doktorantka posiada wiedzę lub dokonywała obliczeń śladu węglowego dla innych procesów stosowanych w technologii żywności, w tym nietermicznych?

W zadaniu piątym doktorantka dokonała oceny wpływu termicznych i nietermicznych metod obróbki wstępnej na wybrane właściwości papryki suszonej konwekcyjnie, mikrofalowo-konwekcyjnie, sublimacyjnie oraz rozpyłowo. Zastosowanie obróbki wstępnej wpływało na właściwości surowca, proces suszenia i charakterystykę produktu suszonego.



Blanszowanie w wodzie, US oraz PEF prowadziły do uzyskania suszu, charakteryzującego się większą porowatością w porównaniu do materiału kontrolnego. Istotny wpływ na porowatość materiału miał głównie proces suszenia. Papryka suszona metodą mikrofalowo-konwekcyjną poprzedzona obróbką wstępną (PEF, US) charakteryzowała się dwukrotnie większą porowatością niż suszona tradycyjnie. Papryka suszona konwekcyjnie po obróbce wstępnej PEF oraz suszona mikrofalowo-konwekcyjnie charakteryzowała się ponadto wyższą zawartością karotenoidów i polifenoli w porównaniu do papryki suszonej konwekcyjnie. Wszystkie nowe metody charakteryzowały się niższą zdolnością do zmiatania wolnych rodników oraz zawartością cukrów w porównaniu do suszu konwekcyjnego (tabela 4). Z czego może to wynikać, skoro jednocześnie odnotowano w tych próbkach mniejszą degradację składników bioaktywnych? W przypadku suszenia sublimacyjnego, największą porowatością przekraczającą 70% charakteryzowała się papryka uprzednio blanszowana w wodzie, natomiast zastosowanie PEF dało niższe o ok 10% wartości. Najwyższą porowatością charakteryzowały się próbki poddane działaniu US oraz PEF przed suszeniem sublimacyjnym i były to wartości zbliżone do tych uzyskanych dla próbek blanszowanych w wodzie. Z tabeli 5 autoreferatu wynika, że suszenie sublimacyjne generowało większe straty niektórych składników żywieniowych w suszonej papryce w porównaniu do próbek suszonych sublimacyjnie z uprzednim zamrażaniem szokowym, z wyjątkiem zdolności do zmiatania wolnych rodników. Czy doktorantka jest w stanie wskazać które z tych zmian były istotne statystycznie?

Suszenie rozpyłowe było ostatnią techniką stosowaną w pracy doktorskiej. Uzyskane wyniki badań wskazują, że obróbka PEF przyczyniła się do istotnych zmian fizycznych i chemicznych soku z papryki i w konsekwencji uzyskanych proszków. Proszek z papryki niepoddanej obróbce wstępnej lub po obróbce PEF przy wyższej wartości dostarczonej energii absorbował znacznie więcej pary wodnej niż proszki poddane działaniu PEF przy niższej wartości energii, co najprawdopodobniej wynikało z różnicy w uzyskanej wielkości cząstek proszku. Dodatkowo obróbka PEF przyczyniła się do lepszego zachowania witaminy C w porównaniu do proszku otrzymanego z papryki niepoddanej obróbce wstępnej. Odwrotną zależność doktorantka zaobserwowała w przypadku polifenoli i karotenoidów. Jak doktorantka może wyjaśnić to zjawisko?

W przedstawionym do recenzji autoreferacie Autorka dokonała dogłębnej dyskusji uzyskanych wyników i porównała uzyskane wyniki z literaturą światową. Przedstawione



wyniki są bardzo obszerne a ich obróbka oraz analiza statystyczna wymagała ogromnego nakładu pracy i wysiłku, co warto podkreślić. Wykorzystanie zaawansowanych technik i nowatorski charakter badań pozwoliły opublikować uzyskane wyniki w bardzo dobrych czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym.

Poniżej przedstawiam kilka ogólnych uwag dotyczących omówienia wyników:

- doktorantka wielokrotnie tłumaczy zachodzące zmiany w zawartości związków bioaktywnych aktywnością enzymów (s. 11, 15, 16, 17, 19, 36, 37, 38, 39, 42, 44, 48, 55). Czemu nie podjęto próby oznaczenia aktywności enzymów oksydoredukcyjnych? Pozwoliło by to wyjaśnić niektóre obserwacje.
- tłumaczenie uzyskanych wyników badań poprzez „rozpuszczanie cukrów” w materiale roślinnym jest niefortunne z uwagi na to, że cukry te nie występują przecież w formie krystalicznej w surowcu roślinnym (s. 33, 57). Podobna uwaga dotyczy witaminy C (s. 35, 55).
- wyniki badań prezentowane w tabelach 1 – 6 w autoreferacie były by bardziej użyteczne dla recenzenta, gdyby kolorami zaznaczone były tylko istotne statystycznie zmiany. Doktorantka w dyskusji kilkakrotnie wskazywała na niewielki wzrost lub spadek zawartości składników, przy czym zmiany te często nie były istotne statystycznie wg danych dostępnych w materiałach źródłowych
- jak prowadzono proces ekstrakcji związków bioaktywnych z tkanki papryki przed oznaczeniem? Czy wzrost mierzonych zawartości niektórych związków można tłumaczyć zjawiskiem rozrywania komórek tkanki roślinnej?

#### **Ad 6. Możliwość praktycznego wykorzystania wyników badań**

Wyniki pracy mogą być wykorzystane w praktyce przemysłowej w celu zoptymalizowania procesów suszenia poprzez skrócenie czasu trwania procesu, redukcję zużycia energii i zminimalizowanie śladu węglowego produktów przy jednoczesnym zachowaniu ich wysokiej jakości.

#### **Ad 7. Oryginalność uzyskanych wyników i ocena końcowa**

Podsumowując stwierdzam, że koncepcja pracy, jej założenia i sposób przeprowadzenia eksperymentów były poprawne i przeprowadzone w sposób profesjonalny a uzyskane wyniki przyczyniły się do sukcesu naukowego jakim jest przedłożona do oceny praca doktorska stanowiąca monotematyczny cykl publikacji. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na pogłębienie aktualnego stanu wiedzy w tematyce suszenia żywności i



zastosowania niekonwencjonalnych technik obróbki wstępnej. Bardzo ważnym i istotnym osiągnięciem zasługującym na podkreślenie było zastosowanie technik i ustalenie parametrów procesów pozwalających na istotne skrócenie czasu suszenia, co ma nieoceniony efekt praktyczny i środowiskowy. Badania realizowane w ramach niniejszej pracy przyczyniły się do rozwoju dyscypliny technologia żywności i żywienia oraz mogą przyczynić się do istotnej redukcji śladu węglowego w produkcji żywności suszonej.


O szczególnej wartości wyników badań mgr Katarzyny Rybak świadczy opublikowanie ich w renomowanych czasopismach naukowych o zasięgu światowym, znajdujących się również na liście czasopism punktowanych MEiN. Przedstawiony cykl publikacji stanowi sześć prac opublikowanych w czasopismach takich jak: *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (IF=4,447, 140 pkt), *Molecules* (IF=3,267/ 4,411, 140 pkt), *Foods* (IF=4,350, 100 pkt), *LWT-Food Science and Technology* (IF=4,952, 100 pkt), *Sustainability* (IF=3,251, 100 pkt) Prace te zostały opublikowane w latach 2020 – 2022 a przedstawiona punktacja oraz IF zostały podane zgodnie z rokiem publikacji. Sumaryczny IF dzieła wynosi 24,708 a suma punktów zgodnie z listą czasopism MEiN 720. Prace te cieszą się dużym zainteresowaniem środowiska naukowego, co odzwierciedlone jest ilością cytowań (w sumie 109). Na uwagę i podkreślenie zasługuje również imponujący dorobek naukowy mgr Katarzyny Rybak. Poza pracami przedstawionymi do oceny jest ona współautorką aż 55 innych publikacji naukowych, 3 publikacji popularno-naukowych, 22 doniesień konferencyjnych oraz 1 patentu. Kandydatka brała również udział w realizacji 10 projektów, w tym obecnie jako kierownik realizuje projekt PRELUDIUM finansowanym przez NCN. Jej dorobek naukowy obejmuje również udział w 8 stażach naukowych krajowych i zagranicznych. Doktorantka jest corocznie nagradzana stypendiami dla najlepszych doktorantów oraz projakościowymi od 2017 roku. W 2023 roku uzyskał stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla wybitnych młodych naukowców. Jej prace były wielokrotnie nagradzane przez komitety naukowe konferencji oraz władze SGGW.

Przedstawiony do oceny cykl publikacji były poddane już wcześniej wnikliwym międzynarodowym recenzjom i przyjęcie ich do druku świadczy o wysokiej wartości naukowej. Spełniają one najwyższe standardy stawiane publikacjom naukowym odnośnie sposobu przedstawienia wyników, ich interpretacji, dyskusji oraz wyciągania wniosków.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana praca doktorska jest oryginalnym i wartościowym osiągnięciem naukowym, a przedstawione uwagi mają zachęcić do dyskusji i nie



rzutują na jej wysoką wartość naukową. Uważam, że rozprawa doktorska będąca przedmiotem oceny w pełni odpowiada wymaganiom określonym w art. 13. ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 z późn. zmianami). **Proszę zatem Wysoką Radę Dyscypliny Technologia Żywności i Żywnienia SGGW w Warszawie o dopuszczenie mgr Katarzynę Rybak do dalszych etapów ubiegania się o stopień naukowy doktora.**



Krystian Marszałek

Dr hab. inż. Krystian Marszałek, prof. IBPRS-PIB