



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 31
60-624 Poznań
tel. +48 61 848 73 26
e-mail: ktgzf@up.poznan.pl

WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOŚCI I ŻYWIENIU

Katedra Technologii Gastronomicznej i Żywności Funkcjonalnej

Poznań, 22 maja 2022 r.

Prof. dr hab. inż. Anna Gramza-Michałowska
Katedra Technologii Gastronomicznej i Żywności Funkcjonalnej
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Karoliny Tkacz

**pt. „Owoce rokitnika pospolitego (*Hippophaë rhamnoides*) w projektowaniu żywności
o ukierunkowanym potencjale prozdrowotnym”**

**wykonanej w Katedrze Technologii Owoców, Warzyw i Nutraceutyków Roślinnych Wydziału
Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Anety Wojdyło**

Podstawa formalna: pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Pani prof. dr hab. Agnieszki Kity, z dnia 26 kwietnia 2022 r. informującego o uchwale Rady w sprawie powołania recenzentów rozprawy doktorskiej mgr inż. Karoliny Tkacz.

Informacje ogólne – uzasadnienie podjęcia tematyki badawczej

Owoce rokitnika pospolitego (*Hippophaë rhamnoides* L.) są m.in. źródłem witaminy C, flawonoidów, związków karotenoidowych, tokoferoli oraz kwasów tłuszczowych, a ich właściwości terapeutyczne są znane od wieków. Współczesne badania potwierdzają, że związki biologicznie aktywne zawarte w roślinie wykazują szereg właściwości prozdrowotnych, w tym m.in. działanie kardioprotekcyjne, przeciwmiażdżycowe, hepatoprotekcyjne, neuroprotekcyjne, immunomodulujące, przeciwutleniające, przeciwnowotworowe i przeciwdrobnoustrojowe. Aktualne trendy żywieniowe są zorientowane na produkty roślinne o udowodnionych właściwościach prozdrowotnych, co w efekcie obliuguje przemysł spożywczy do poszukiwania alternatywnych i innowacyjnych receptur o wysokim stopniu funkcjonalności oraz niespotykanych walorach organoleptycznych, przy jednoczesnym wykorzystaniu zasobów lokalnych, obfitujących w zapomniane gatunki i odmiany roślin. Powyższe skłania do podjęcia badań nad owocami rokitnika pospolitego uprawianego w Polsce, którego profil fitochemiczny i potencjał prozdrowotny jest nadal niewystarczająco poznany. Jednakże pomimo tego, że wspomniane owoce wpisują się w strategię wykorzystywania naturalnych czynników profilaktyki chorób niezakaźnych, to ich ograniczające walory organoleptyczne i złożoność fazy hydrofilowo-lipidowej stanowią przeszkodę dla przemysłu spożywczego. W związku z powyższym za ogromne wyzwanie, które podjęła

Doktorantka, uważam opracowanie wytycznych do odpowiedniego doboru surowca, jego wstępnej obróbki, stosowanych parametrów i procesów technologicznych warunkujących uzyskanie produktów spożywczych o zachowanych i ukierunkowanych walorach prozdrowotnych, organoleptycznie akceptowalnych przez konsumenta.

Znaczenie problemu badanego przez Doktorantkę i jego aktualność z punktu widzenia przetwórstwa owoców oraz technologii żywności i żywienia w pełni uzasadniają podjęcie tematyki w ocenianej dysertacji. Jest ona ponadto kontynuacją zainteresowań zespołu badawczego, do którego należy mgr inż. Karolina Tkacz, jednego z najbardziej liczących się, zarówno pod względem osiągnięć naukowo-badawczych, jak i szerokiej współpracy międzynarodowej. Zgodnie z założeniem ocenianej dysertacji owoce rokitnika pospolitego są źródłem cennych związków charakteryzujących się wysoką aktywnością biologiczną i właściwościami funkcjonalnymi, które ze względu na walory organoleptyczne nie są wykorzystywane w zadowalającym stopniu. Dlatego też w ocenianej dysertacji Doktorantka podjęła prace mające na celu kompleksową analizę chemiczną składu części anatomicznych badanej rośliny, jak i pozyskanych z jej owoców soków, które w dalszych etapach poddano innowacyjnym procesom przetwórczym ukierunkowanym na zabezpieczenie stabilności unikatowego profilu składników aktywnych oraz walory organoleptyczne finalnego produktu. Ważnym elementem dysertacji jest poszukiwanie nowych kierunków wykorzystania owoców rokitnika pospolitego, jak i kreowanie nowatorskich rozwiązań w zakresie żywności funkcjonalnej o wysokiej atrakcyjności organoleptycznej. Zagadnienia badawcze poruszone w ocenianej dysertacji stanowią oryginalne opracowanie liczące ze wzrastającą popularnością żywności pochodzenia roślinnego, do której stabilizacji zastosowano nowatorskie technologie przetwórcze oraz unikatowe kompozycje składników naturalnych wpływających korzystnie na cechy funkcjonalne i organoleptyczne opracowanej żywności.

Ocena formalna przedłożonej do recenzji rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Karoliny Tkacz, pt. „Owoce rokitnika pospolitego (*Hippophaë rhamnoides*) w projektowaniu żywności o ukierunkowanym potencjale prozdrowotnym” stanowi sekwencję siedmiu tematycznie spójnych, oryginalnych prac badawczych, opublikowanych w latach 2019-2021 w renomowanych czasopismach o globalnym zasięgu. W skład ocenianej dysertacji wchodzi następujące publikacje, których sumaryczny współczynnik wpływu za rok opublikowania wynosi IF=41,462, wg wykazu MEiN 1000 pkt, a liczba cytowań wynosi 82:

1. Tkacz K., Wojdyło A., Turkiewicz I.P., Bobak Ł., Nowicka P. 2019. Anti-oxidant and anti-enzymatic activities of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) fruits modulated by chemical components. *Antioxidants*, 8, 618 (IF 6,313; 100 pkt. MEiN);
2. Tkacz K., Wojdyło A., Turkiewicz I.P., Ferreres F., Moren, D. A., Nowicka P. 2020. UPLC-PDA-Q/TOF-MS profiling of phenolic compounds and carotenoids and their influence on

- anticholinergic potential for AchE and BuChE inhibition and on-line antioxidant activity of selected *Hippophaë rhamnoides* L. cultivars. Food Chemistry, 309: 125766 (IF 7,514; 200 pkt MEiN);
3. Tkacz K., Wojdyło A., Turkiewicz I.P., Nowicka P. 2021. Triterpenoids, phenolic compounds, macro- and microelements in anatomical parts of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries, branches and leaves. Journal of Food Composition and Analysis, 103, 104107 (IF 4,556; 100 pkt MEiN);
 4. Tkacz K., Gil-Izquierdo Á., Medina S., Turkiewicz I.P., Domínguez-Perles R., Nowicka P., Wojdyło, A. 2021. Phytoprostanes, phytofurans, tocopherols, tocotrienols, carotenoids and free amino acids and biological potential of sea buckthorn juices. Journal of the Science of Food and Agriculture, 11345 (IF 3,639; 100 pkt MEiN);
 5. Tkacz K., Chmielewska J., Turkiewicz I.P., Nowicka P., Wojdyło A. 2020. Dynamics of changes in organic acids, sugars and phenolic compounds and antioxidant activity of sea buckthorn and sea buckthorn-apple juices during malolactic fermentation. Food Chemistry, 332: 127382 (IF 7,514; 200 pkt MEiN);
 6. Tkacz K., Wojdyło A., Turkiewicz I.P., Nowicka P. 2021. Anti-diabetic, anti-cholinesterase, and antioxidant potential, chemical composition and sensory evaluation of novel sea buckthorn-based smoothies. Food Chemistry, 338, 128105 (IF 7,514; 200 pkt MEiN);
 7. Tkacz K., Wojdyło A., Michalska-Ciechanowska A., Turkiewicz I.P., Lech K., Nowicka P. 2020. Influence carrier agents, drying methods, storage time on physico-chemical properties and bioactive potential of encapsulated sea buckthorn juice powders. Molecules, 25(17), 3801 (IF 4,412; 100 pkt MEiN).

Powyższe publikacje są wynikiem badań realizowanych w ramach projektu „Diamentowy Grant” (MEiN) pt. „Opracowanie atrakcyjnego sensorycznie produktu funkcjonalnego na bazie owoców rokitnika pospolitego z wyznaczeniem właściwości biologicznych metodami in vitro” (nr DI2017007047), którego kierownikiem była Doktorantka, a opiekunem naukowym Promotorka rozprawy prof. dr hab. inż. Aneta Wojdyło.

Na ocenianą pracę składa się 205 stronicowe opracowanie, zawierające kopie siedmiu wieloautorskich publikacji, w których powstaniu Doktorantka pełniła wiodącą rolę, potwierdzoną załączonymi oświadczeniami o udziale pozostałych autorów. Struktura rozprawy jest prawidłowa i zgodna z wymogami formalnymi edycji rozpraw doktorskich. Przedstawiony do recenzji cykl publikacji naukowych poprzedzono wprowadzeniem literaturowym, następnie przedstawiono cel i hipotezy badań oraz scharakteryzowano materiał, zakres badań i zastosowane metody analityczne. Mgr inż. Karolina Tkacz przedstawiła także czytelny schemat organizacji badań nad właściwościami owoców rokitnika pospolitego, dzieląc go na cztery etapy, gdzie etap I obejmuje

materiał zawarty w 3 publikacjach, a kolejne III etapy obejmują każdy 1 publikację. Doktorantka w dalszej części omówiła szczegółowo uzyskane wyniki badań z jasno określonymi odnośnikami do odpowiednich publikacji stanowiących rozprawę oraz przedstawiła podsumowanie i wnioski wraz ze spisem wykorzystanych 119 starannie dobranych pozycji literaturowych z ostatnich kilku lat. W pracy zamieszczono także syntetyczne streszczenie w języku polskim i angielskim oraz informacje o pozostałym dorobku naukowym Doktorantki, na który składa się współautorstwo 23 publikacji (IF=135,304) oraz uczestnictwo w licznych konferencjach i szkoleniach naukowych. Mgr inż. Karolina Tkacz była kierownikiem 2 grantów, wykonawcą w 6 grantach, a obecnie uzyskała dofinansowanie w ramach konkursu Preludium 20. Doktorantka uczestniczyła w 4 stażach zagranicznych, a jej osiągnięcia zostały wielokrotnie nagrodzone przez m.in. MNiSW, NAWA, JM Rektora UP we Wrocławiu.

Podsumowując ocenę strony formalnej rozprawy stwierdzam, że pomimo tak ogromnej ilości zawartego materiału jej układ jest spójny i spełnia wymagania formalne stawiane rozprawom na stopień doktora.

Ocena merytoryczna przedłożonej do recenzji rozprawy

Zapoznanie się z dysertacją mgr inż. Karoliny Tkacz oraz wynikami przeprowadzonych przez nią badań oblikuje mnie do stwierdzenia, że jest wyróżniającą się pod każdym względem. Tytuł rozprawy doktorskiej koresponduje z jej treścią, a fakt ukazania się wyników badań w prestiżowych czasopismach naukowych o światowym zasięgu jest gwarantem poddania ich szczegółowej i rzetelnej ocenie merytorycznej.

Głównym celem rozprawy mgr inż. Karoliny Tkacz było oznaczenie profilu prozdrowotnego owoców rokitnika pospolitego i opracowanie technologii otrzymywania funkcjonalnych i atrakcyjnych organoleptycznych produktów o ukierunkowanych właściwościach prozdrowotnych na bazie wspomnianych owoców. Powyższy cel realizowano w oparciu o siedem celów szczegółowych, stanowiących istotę każdej z publikacji stanowiącej osiągnięcie. Powyższe względy skłoniły Doktorantkę do sformułowania głównej hipotezy badawczej zakładającej, że owoce rokitnika pospolitego charakteryzuje unikatowy profil związków bioaktywnych o określonym potencjale prozdrowotnym przez co mogą one stanowić wartościowy surowiec do produkcji jednocześnie funkcjonalnych i atrakcyjnych organoleptycznych produktów.

Zakres badań prowadzonych przez Doktorantkę obejmował cztery etapy: (1) analizę frakcji biologicznie aktywnej rokitnika pospolitego; (2) optymalizację procesu fermentacji jabłkowomlekowej soków na bazie owoców rokitnika pospolitego; (3) opracowanie recepturowe i optymalizacja technologii otrzymywania produktów funkcjonalnych z sokiem z owoców rokitnika pospolitego; (4) analizę właściwości fizykochemicznych i potencjału prozdrowotnego mikrokapsulek otrzymanych z soku z owoców rokitnika pospolitego. Należy podkreślić, że badania

wykonane w ramach powyższych etapów w pełni potwierdzają charakter poznawczy, jak i praktyczny rozprawy.

Pierwszy etap badań obejmował analizę składu chemicznego oraz aktywności biologicznej *in vitro* w odniesieniu do uprawianych w Polsce sześciu odmian rokitnika pospolitego (*Hippophaë rhamnoides* L.): 'Aromatnaja', 'Botaniczeskaja-Lubitelskaja', 'Józef', 'Luczistaja', 'Moskwiczka' i 'Podarok Sadu'. Mgr inż. Karolina Tkacz posługując się technikami chromatograficznymi dowiodła w publikacji nr 1, że jagody rokitnika pospolitego posiadają unikatową kompozycję lipofilowych i hydrofilowych związków bioaktywnych. Wykorzystując technikę ultrasprawną chromatografii cieczowej sprzężonej z detekcją fotodiodową (UPLC-PDA) oznaczono w owocach rokitnika pospolitego kwasy fenolowe, flawonole i karotenoidy oraz kwasy organiczne, techniką ultrasprawną chromatografii cieczowej sprzężonej z detekcją fluorescencyjną (UPLC-FL) natomiast oznaczono tokoferole i tokotrienole, a zastosowanie chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS) pozwoliło na identyfikację kwasów tłuszczowych przynależnych do omega-3, omega-6, omega-7 i omega-9. Do identyfikacji i analizy ilościowej cukrów zawartych w owocach rokitnika pospolitego wykorzystano technikę wysokosprawną chromatografii cieczowej (HPLC) sprzężonej z detektorem rozproszenia światła (ELSD), co pozwoliło na potwierdzenie obecności glukozy, sorbitolu, fruktozy i ramnozy. W swoich badaniach Doktorantka po raz pierwszy w literaturze, zaprezentowała wyniki związane z aktywnością przeciwcukrzycową, przeciwotyłościową, przeciwzapalną i przeciwutleniającą jagód odmian rokitnika pospolitego uprawianych w Polsce, w tym nowej odmiany 'Józef'. Wyniki powyższych badań zaprezentowane w publikacji nr 1 potwierdziły wysoką aktywność jagód rokitnika pospolitego w kierunku inhibicji α -amylazy i 15-lipooksygenazy, która jest silnie skorelowana z zawartością karotenoidów i witaminy C, jak i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Z kolei analiza zdolności inhibicji lipazy trzustkowej i α -glukozydazy potwierdziła zależność od stężenia nasyconych kwasów tłuszczowych, związków fenolowych i glukozy w badanym materiale.

W kolejnym etapie badań (publikacja 2) mgr inż. Karolina Tkacz przeprowadziła analizę związków fenolowych i karotenoidów w owocach wybranych odmian rokitnika pospolitego pod kątem ich działania antycholinergicznego, względem acetylocholinoesterazy (AChE) i butylocholinoesterazy (BuChE), istotnego w terapii chorób neurodegeneracyjnych. Materiał badany został szczegółowo scharakteryzowany pod kątem zawartości związków fenolowych i karotenoidów przy użyciu chromatografii cieczowej z układem fotodiodowym sprzężonej z tandemowym spektrometrem mas typu kwadropol-analizator (UPLC-PDA-ESI-Q/TOF-MS). Wykazano, że owoce rokitnika są źródłem pochodnych izoramnetyny i kwercetyny, związków ważnych w aspekcie prozdrowotnym. W publikacji po raz pierwszy w literaturze przedstawiono wyniki szczegółowych analiz zawartości karotenoidów w badanych odmianach. Porównanie czasów retencji, widm absorpcji UV i ich struktury oscylacyjnej, absorpcji pików *cis* oraz

właściwości jonów i fragmentów molekularnych pozwoliło na wstępną identyfikację 16 karotenoidów, w tym all-trans-luteinę i jej izomery, all-trans-zeaksantynę i jej izomery oraz all-trans- β -kryptoksantynę, all-trans- β -karoten i jego izomery oraz likopen i dipalmitynian zeaksantyny. Stwierdzono ponadto, że potencjał owoców rokitnika pospolitego jest silniejszy w kierunku BuChE niż AChE i skorelowany z zawartością flawonoli i karotenoidów, wskazując na wysoki potencjał terapeutyczny badanych odmian rokitnika pospolitego spożywanego wraz z codzienną dietą. Nowatorskie w pracy Doktorantki jest wykorzystanie metody HPLC-PDA sprzężonej z derywatyzacją postkolumnową z użyciem kationorodnika ABTS, do określenia aktywności przeciwutleniającej frakcji fenolowej rokitnika. Analiza głównych składowych (PCA) wykazała istniejące zależności pomiędzy aktywnością w kierunku inhibicji AChE i BuChE a zawartością all-trans- β -kryptoksantyny, 3-O-glukozydu kwercetyny, 3-O-heksozydu-7-O-ramnozydu kemferolu oraz 3-O-(2-ramnozylo)glukozydu, 3-O-(6-ramnozylo)heksozydu, 3-O-rutynozydu i 3-O-glukozydu izoramnetyny.

Wyniki zaprezentowane w publikacji nr 3, obejmującej analizy części anatomicznych jagody, w tym skórki, mięszu, nasion i endokarpu oraz liści i pędów rokitnika pospolitego, stanowią ważny element poznawczy, jednak włączenie jej do osiągnięcia nie ma uzasadnienia w dalszych badaniach obejmujących głównie pozyskanie soku z owoców i jego przetwarzanie. Niemniej jednak w pracy stwierdzono, że anatomiczne części rokitnika pospolitego (skórka, miąższ, nasiona, endokarp, pędy i liście) są potencjalnie dobrym składnikiem do produkcji żywności bogatej w związki fenolowe i triterpeny o wysokiej aktywności przeciwutleniającej i przeciwzapalnej, a także do utrzymania równowagi w organizmie poprzez dostarczenie wraz z dietą odpowiedniej ilości wapnia, potasu, żelaza, miedzi i manganu.

Unikatowość badań przeprowadzonych przez Doktorantkę potwierdzają wyniki przedstawione w publikacji nr 4. Mgr inż. Karolina Tkacz po raz pierwszy w literaturze zidentyfikowała fitoprostany i fitofuran w badanych sokach z owoców rokitnika pospolitego. Zastosowanie ultrawysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z potrójną kwadropolową spektrometrią mas (UHPLC-QqQ-MS/MS) pozwoliło na jakościowe i ilościowe oznaczenie ośmiu fitoprostanów F1, D1, B1 i L1, ich odpowiednich enancjomerów oraz oksylipiny (fitofuranu), których potencjał leczniczy został szeroko udokumentowany w literaturze. Oznaczenia przeprowadzone metodą UPLC-FL potwierdziły obecność czterech kongenerów tokoferolu: α , β , γ i δ , oraz trzech kongenerów tokotrienolu: α , γ i δ w badanych sokach z owoców rokitnika pospolitego. Dodatkowo potwierdzono, że wysoka koncentracja α -tokoferolu w sokach z owoców rokitnika pospolitego jest niezwykle cenna, ponieważ jest jedyną aktywną formą spełniającą wymagania organizmu człowieka na witaminę E. Wykorzystanie do oznaczeń nowoczesnej techniki UPLC-PDA-ESI-Q/TOF-MS pozwoliło na oznaczenie 18 karotenoidów, w tym 10 ksantofili (izomery all-transluteiny, all-trans-zeaksantyny i all-trans- β -kryptoksantyny), 7 karotenów (all-trans- β -karoten, cis- β -karoten,

α -, γ -, δ -, ϵ - i ζ -karoten) oraz fitofluen. Zidentyfikowano i oznaczono ilościowo także 20 wolnych aminokwasów, w tym osiem aminokwasów egzogennych i pięć aminokwasów warunkowo niezbędnych dla organizmu człowieka. W dotychczasowych danych literaturowych nie analizowano aminokwasów w sokach z owoców rokitnika pospolitego przy użyciu metody LC-MS, a badanie opisane w publikacji nr 4 jest pierwszym, w którym zidentyfikowano i oznaczono ilościowo homocysteinę i kwas gamma-aminomasłowy (GABA). W publikacji nr 4 wykazano także właściwości funkcjonalne dostępnych komercyjnie soków z owoców rokitnika pospolitego oraz soku laboratoryjnego z owoców odmiany 'Józef'. Stwierdzono, że dzięki zawartym w sokach inhibitorom α -amylazy, α -glukozydazy (tokoferole, tokotrienole, wybrane aminokwasy) oraz lipazy trzustkowej (fitoprostany i ksantofile) można je zaliczyć do produktów wspomagających dietoterapię cukrzycy i otyłości, natomiast obecność oksylipin, tokoferoli, tokotrienoli i aminokwasów predysponuje je do stosowania w profilaktyce zmian neurodegeneracyjnych.

Owoc rokitnika pospolitego pomimo unikatowej kompozycji związków o działaniu wspomagającym profilaktykę i dietoterapię przewlekłych chorób niezakaźnych, stanowi jednak dla przemysłu spożywczego istotne wyzwanie związane z uzyskaniem produktu akceptowalnego organoleptycznie. Kluczowa dla powszechnego wykorzystania cecha badanych owoców i ich przetworów jest związana z ich intensywną kwasowością, cierpkością, ostrym aromatem oraz niejednorodną konsystencją wynikająca z rozdzielenia fazy tłuszczowej i osadu. Kolejna publikacja nr 5 prezentuje innowacyjne rozwiązanie powyższego problemu. Doktorantka wykazała, że zastosowanie procesu fermentacji jabłkowo-mlekowej stanowi prostą i obiecującą metodę biologicznego odkwaszania soków z owoców rokitnika pospolitego i soków mieszanych z jego wysokim udziałem. Spośród zastosowanych szczepów jedynie *Lactiplantibacillus plantarum* DSM 10492 i DSM 20174 oraz *L. plantarum* subsp. *argentoratensis* DSM 16365 cechowała najwyższą aktywność metaboliczną, co sprzyjało akumulacji flawonoli i wzrostowi aktywności przeciwutleniającej w sokach z owoców rokitnika i sokach mieszanych rokitnik – jabłko (1:1).

W kolejnym etapie badań, opisanych w publikacji nr 6, mgr inż. Karolina Tkacz opracowała 18 nowatorskich kompozycji *smoothies* na bazie soku z owoców rokitnika pospolitego, których wykorzystanie w dietoterapii chorób niezakaźnych, jak i codziennej diecie może stanowić istotny czynnik prozdrowotny. Należy podkreślić, że w dostępnych danych literaturowych dotychczas nie przeprowadzono kompleksowej analizy pomiędzy składem chemicznym, aktywnością biologiczną in vitro w korelacji z oceną organoleptyczną produktów z rokitnika pospolitego. Zastosowanie dodatku przecierów owocowych i warzywnych wpłynęło na istotną poprawę ogólnej akceptacji produktów, najkorzystniejszy efekt łagodzenia kwaśnego smaku rokitnika pospolitego uzyskano po dodaniu marchwi, selera i pietruszki. Ważnym osiągnięciem jest fakt, że zaprojektowane receptury cechował wysoki potencjał prozdrowotny przy jednocześnie wysokiej akceptacji organoleptycznej.

Wyniki uzyskane w ramach ostatniego etapu badań, zaprezentowane w publikacji nr 7, dotyczyły oceny możliwości konwersji badanego soku do utrwalonej formy mikrokapsułki o wydłużonym okresie przydatności do spożycia, a tym samym poprawionych właściwościach fizycznych i funkcjonalnych. Należy podkreślić nowatorski charakter zaprezentowanych wyników, będących efektem badań nad zastosowaniem zarówno różnych metod suszenia (rozpyłowego, sublimacyjnego i próżniowego), jak i nośników polimerowych w procesie tworzenia mikrokapsułkowanego soku z owoców rokitnika pospolitego, świeżego i przechowywanego przez okres 6 miesięcy. Doktorantka wykazała, że zastosowanie maltodekstryny do mikroenkapsulacji soku z owoców rokitnika pospolitego nowej odmiany 'Józef' było konkurencyjne w porównaniu do inuliny i mieszanek polimerowych maltodekstryny i inuliny. Kapsułki te cechowało wyższe stężenie związków fenolowych, aktywność przeciwutleniająca i ograniczenie brązowienia nieenzymatycznego oraz akumulacji hydroksymetylofurfuralu w mikrokapsułkach.

Kolejny rozdział pracy zawierający krótkie podsumowanie i 7 obszernych wniosków będących efektem pracy Doktorantki ma pełne odniesienie w uzyskanych wynikach badań, jednakże ich prezentacja jest zbyt szczegółowa, przez co trudno odnaleźć właściwy cel danego etapu badań. W pracy brakuje krótkich i zwięzłych wniosków, będących wsparciem dowodzącym prawdziwości założonej hipotezy badawczej.

W odniesieniu do całości opracowania dysertacji nie wnoszę uwag krytycznych, poproszę jednak Doktorantkę o ustosunkowanie się względem poniższych kwestii:

1. jakie są możliwości zastosowania innych składników pochodzenia roślinnego, w tym m.in. substancji zagęszczających, czy mogłyby one wpłynąć pozytywnie na cechy organoleptyczne soku i innych przetworów z owoców rokitnika pospolitego?

2. jakie jest prognozowane potencjalne zastosowanie mikrokapsułkowanego soku z owoców rokitnika pospolitego, czy opracowana technologia zawiera ograniczenia?

3. jaką ilość soku należałoby spożywać dziennie, aby uzyskać efekt prozdrowotny w zakresie właściwości przeciwcukrzycowych; czy realne jest zastosowanie opracowanych mikrokapsulek do produkcji np. suplementów diety?

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej wskazuje, że głównym osiągnięciem mgr inż. Karoliny Tkacz jest wykazanie, że owoce rokitnika pospolitego zawierają unikatowy profil związków biologicznie aktywnych oraz wysoki potencjał jako surowiec do produkcji atrakcyjnej organoleptycznie żywności funkcjonalnej. Recenzowana rozprawa, stanowiąca niezwykle wartościowe i dojrzałe opracowanie naukowe, jest świadectwem doskonałego przygotowania w zakresie tematyki badawczej, jak i nieprzeciętnych umiejętności analitycznych i organizacyjnych mgr inż. Karoliny Tkacz. Wyniki zaprezentowane w ocenianej rozprawie są znaczącym elementem nowej wiedzy chemicznej i technologicznej o potencjalnie dużym wpływie w zakresie możliwych

kierunków przetwarzania owoców rokitnika pospolitego oraz wykorzystania ich jako naturalnych składników kształtujących wartość odżywczą i funkcjonalną żywności typu przekąskowej. Godnym podkreślenia jest także wysoki potencjał aplikacyjny opracowanych receptur i technologii produkcji innowacyjnej żywności typu *smoothie*. Wymiernym efektem ocenianej rozprawy jest opracowanie rozwiązań i dobór warunków procesu oraz szczepów bakterii do fermentacji jabłkowo-mlekowej soku w skali przemysłowej, wskazanie odpowiednich nośników polimerowych oraz technik suszenia w procesie mikroenkapsulacji soku, opracowanie nowych kompozycji *smoothie* z rokitnika pospolitego i wyselekcjonowanych owoców i warzyw, co może przyczynić się do wyższego popytu i rozszerzenia upraw tej rośliny. W efekcie przeprowadzonych badań nad potencjałem prozdrowotnym materiału roślinnego mgr inż. Karolina Tkacz dowiodła, że spożywanie rokitnika pospolitego może stanowić istotny element wspomagający profilaktykę przewlekłych chorób niezakaźnych.

Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa na stopień doktora stanowi cenne źródło wiedzy dla chemików i technologów żywności oraz wskazuje oryginalne, niewystarczająco poznane dotychczas aspekty nauki, kierunkujące przyszłe zamierzenia naukowo-badawcze mgr inż. Karoliny Tkacz. Doktorantka posiada wiedzę w dyscyplinie naukowej będącej przedmiotem jej zainteresowań, a także umiejętność realizacji badań laboratoryjnych w aspekcie ich planowania, wykorzystania nowoczesnej aparatury, interpretacji wyników, jak i publikacji w renomowanych czasopismach naukowych, potwierdzając tym samym predyspozycje do pracy naukowej.

W podsumowaniu stwierdzam jednoznacznie, że moja ocena rozprawy mgr inż. Karoliny Tkacz „Owoce rokitnika pospolitego (*Hippophaë rhamnoides*) w projektowaniu żywności o ukierunkowanym potencjale prozdrowotnym” jest wysoce pozytywna w zakresie wymaganych kryteriów oceny. Rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 ust. 1-4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021, poz. 478). W związku z powyższym, stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywnienia, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pani mgr inż. Karoliny Tkacz do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie wysoki poziom naukowy opublikowanych wyników badań motywuje mnie do złożenia Wysokiej Radzie wniosku o wyróżnienie przedłożonej do oceny rozprawy doktorskiej w sposób praktykowany na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Tematyka rozprawy doktorskiej, stanowi znaczący wkład do światowych badań nad wykorzystaniem substancji roślinnych w opracowaniu produktu spożywczego o określonych

cechach funkcjonalnych. Wiedza zdobyta przez mgr inż. Karolinę Tkacz w trakcie prowadzonych prac badawczych stanowi istotny bodziec dla przedsiębiorców poszukujących nowych źródeł składników funkcjonalnych, dostępnych lokalnie, jednak nie wykorzystywanych szeroko ze względu na ograniczające cechy organoleptyczne. Rozprawa doktorska mgr inż. Karoliny Tkacz reprezentuje nieprzeciętnie wysoki poziom w zakresie oryginalności rozwiązywanego problemu, zastosowanych technik analitycznych oraz wnikliwości w interpretacji uzyskanych wyników. Niepodważalnym atutem rozprawy wskazującej nowe pola badań naukowych jest wyjątkowy potencjał aplikacyjny oraz zdobyta wiedza zarówno chemiczna, jak i technologiczna. Wyróżniający się warsztat naukowo-badawczy znalazł swoje potwierdzenie w stanowiącym rozprawę doktorską cyklu siedmiu publikacji (IF=41.462), w których Doktorantka jest pierwszym autorem, a wydanych w czasopismach naukowych znaczących dla dyscypliny nauk o żywności i żywieniu. Wart najwyższej pochwały jest ponadto dotychczasowy dorobek naukowy Doktorantki, nie budzący wątpliwości co do wysokiego poziomu naukowego i samodzielności w realizowaniu celów badawczych. Potwierdzam, że zarówno aktualna, jak i unikalna tematyka badawcza oraz całokształt dorobku naukowego mgr inż. Karoliny Tkacz, istotnie przewyższa przeciętne wymagania stawiane pracom doktorskim w zakresie reprezentowanej dyscypliny.

Wymieniony powyżej aspekt wysokiej jakości naukowej, jak i szczegółowa ocena zawarta w recenzji jest podstawą do złożenia przeze mnie wniosku o wyróżnienie dysertacji mgr inż. Karoliny Tkacz.

