



Poznań, 30.08.2021 r.

dr hab. Agnieszka Makowska  
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 31  
60-637 Poznań

## **Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Lisieckiej pt. „Wpływ warunków wytwarzania na właściwości ekstrudowanych przekąsek wzbogacanych wybranymi dodatkami”**

### **Ocena formalna**

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Katarzyny Lisieckiej zatytułowana „*Wpływ warunków wytwarzania na właściwości ekstrudowanych przekąsek wzbogacanych wybranymi dodatkami*” została wykonana w Katedrze Techniki Ciepłej i Inżynierii Procesowej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, pod kierunkiem prof. dr hab. Agnieszki Wójtowicz.

Rozprawę tę stanowi spójny tematycznie cykl dziesięciu publikacji, w skład którego włączono następujące pozycje:

1. Żelizko (Lisiecka) K., Kasprzak K., Widelska G. 2018. Charakterystyka wybranych warzyw jako potencjalnych dodatków do ekstrudowanej żywności funkcjonalnej, *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce, Żywność i żywienie*, red. J. Nyćkowiak, J. Leśny, Młodzi Naukowcy, Poznań, 136-140, ISBN 978-83-65917-70-6.
2. Lisiecka K., Wójtowicz A. 2019. The production efficiency and specific energy consumption during processing of corn extrudates with fresh vegetables addition, *Agricultural Engineering*, 23(2), 15-23.
3. Lisiecka K., Wójtowicz A. 2019. The influence of fresh kale addition on selected properties of corn snacks, *International Journal of Food Engineering*, 15(11-12), 1-11.
4. Lisiecka K., Wójtowicz A., Bouasla A., Kasprzak K. 2021. Design of new gluten-free extruded rice snack products supplemented with fresh vegetable pulps: the effect on processing and functional properties, *International Agrophysics*, 35, 41-60.
5. Lisiecka K., Rodzeń A., Kłapsia S. 2019. Alternatywne metody ekspandowania pelletów przekąskowych, *Badania i Rozwój Młodych Naukowców w Polsce, Nauki przyrodnicze cz. III:*

Żywność i żywienie, red. J. Nyćkowiak, J. Leśny, Młodzi Naukowcy, Poznań, 69-74, ISBN 978-83-66139-81-7.

6. Lisiecka K., Wójtowicz A. 2020. Possibility to save water and energy by application of fresh vegetables to produce supplemented potato-based snack pellets, *Processes*, 8(2), 153.
7. Lisiecka K., Wójtowicz A., Mitrus M., Oniszczyk T., Combrzyński M. 2021. New type of potato-based snack-pellets supplemented with fresh vegetables from the *Allium* genus and its selected properties. *LWT - Food Science and Technology*, 145, 111233.
8. Lisiecka K., Wójtowicz A. 2021. Effect of fresh beetroot application and processing conditions on some quality features of new type of potato-based snacks. *LWT - Food Science and Technology*, 141, 110919.
9. Lisiecka K., Wójtowicz A., Sujak A. 2021. Effect of composition and processing conditions on selected properties of potato-based pellets and microwave-expanded snacks supplemented with fresh beetroot pulp. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 71(2), 211–236.
10. Lisiecka K., Wójtowicz A., Gancarz M. 2021. Characteristics of newly developed extruded products supplemented with plants in a form of microwave-expanded snacks. *Materials*, 14(1), 2791.

Publikacje te powstały w latach 2018-2021. Ich jakość potwierdza prestiż czasopism, w których się ukazały – oprócz uznanych polskich wydawnictw, są to *LWT - Food Science and Technology*, *International Journal of Food Engineering*, *Agricultural Engineering*, *International Agrophysics* czy *Materials*. Zgodnie z deklaracją Doktorantki, sumaryczna wartość współczynnika IF tych prac wynosi 18,485, zaś liczba punktów na dzień złożenia rozprawy to 650 pkt. We wszystkich publikacjach Doktorantka jest pierwszym autorem, a Jej procentowy udział waha się od 60 do 90%. Dowodzi to wiodącej roli Autorki w ich powstaniu.

Przedstawiony do recenzji zbiór publikacji został uzupełniony o 74 stronicowe opracowanie, w którym w 6 rozdziałach zawarto streszczenia pracy w języku polskim i angielskim, wprowadzenie podjętej problematyki badawczej, problemy badawcze i cele naukowe, materiały i procedury badawcze, a także omówienie głównych wyników badań. Opracowanie kończy się wnioskami i spisem literatury. Do pracy dołączone zostały także oświadczenia współautorów publikacji.

### **Ocena merytoryczna**

Przekąski są atrakcyjną częścią naszej diety. Jak podaje Autorka, istnieją szacunki, że nawet 1/3 Polaków sięga codziennie po przekąski pomiędzy głównymi posiłkami. Jedną z technologii wytwarzania tego typu produktów jest ekstruzja. Za pomocą tej techniki uzyskuje się nie tylko gotowe do spożycia bezpośrednio ekspandowane przekąski, ale także pellety, płatki śniadaniowe, czy analogi mięsa i sera.

Cechy uzyskanego produktu determinowane są zarówno rodzajem ekstrudowanego surowca, jak i parametrami procesowymi czy geometrią układu plastyfikującego.

Tradycyjne przekąski, te bezpośrednio ekspandowane w procesie ekstruzji, wytwarzane są z reguły z kukurydzy i ryżu, podczas gdy pellety, wytwarzane z surowców ziemniaczanych, są ekspandowane w dalszych etapach produkcji. Z punktu widzenia wartości odżywczej omawiane produkty dostarczają przede wszystkim skrobi i sacharydów pochodzących z jej degradacji. Pozostaje to w opozycji do obserwowanego trendu w technologii żywności, który skłania się w stronę projektowania żywności o zwiększonej wartości odżywczej oraz żywności funkcjonalnej. Zastosowanie dodatku warzyw do produkcji przekąsek jest zdrową alternatywą dla tradycyjnych produktów, a przeprowadzone badania doskonale wpisują się w ten trend. Dodatek warzyw modyfikuje nie tylko cechy fizykochemiczne i sensoryczne tego typu żywności, ale wpływa też na jego potencjał prozdrowotny, a oszacowanie kosztów produkcji takich wyrobów ma bardzo duży potencjał aplikacyjny.

Autorka podjęła się rozwiązania dwóch problemów badawczych. Pierwszy dotyczy możliwości wytworzenia przekąsek ekstrudowanych, fortyfikowanych pulpą ze świeżych warzyw, za pomocą ekstrudera jednoślیمakowego TS-45 przy różnych konfiguracjach układu plastyfikującego. Drugi zaś, to określenie oddziaływania parametrów procesowych, w tym zastosowanych surowców i dodatków, na proces ekstruzji i cechy jakościowe uzyskanych przekąsek.

Wyniki przedstawionych badań można podzielić na dwie części. Pierwsza z nich skupia się na bezpośrednio ekspandowanych w procesie ekstruzji chrupkach z dodatkiem pulpy ze świeżych warzyw, wytwarzanych na bazie kaszki kukurydzianej lub mąki ryżowej przy wykorzystaniu zmiennych warunków ekstruzji (publikacje P2-P4). Druga część to wyniki badań pelletów ziemniaczanych, ekspandowanych w późniejszych procesach technologicznych za pomocą smażenia lub obróbki mikrofalowej (publikacje P6-P10). Każda z tych części poprzedzona jest pracą przeglądową wprowadzającą w omawianą tematykę badawczą (publikacje P1 i P5). Wykonane przeglądy literaturowe świadczą o bardzo dobrej orientacji Autorki w problematyce realizowanych doświadczeń.

W pracach P2-P4 analizowano wpływ zmiennej wielkości dodatku pulpy z wybranych warzyw i prędkości obrotów ślimaka na wydajność i energochłonność procesu ekstruzji. Doktorantka stwierdziła, że większy wpływ, zarówno na wydajność jak i energochłonność procesu, wywiera zmieniająca się prędkość ślimaka niż wielkość dodatku pulpy. O ile wydajność procesu konsekwentnie wzrastała wraz ze wzrostem prędkości ślimaka, to zależność tego parametru od zmieniającej się ilości dodanej pulpy wzrastała przy wymianie 2,5 i 5% kaszki na pulpę, a następnie zmniejszała się przy dalej zwiększonym udziale dodatku buraka, cebuli i pora. Bardzo ciekawa jest także obserwacja, że w przypadku dodatku pulpy z marchwi w całym badanym przedziale (0-10%) następowało zmniejszanie

energochłonności procesu. Wyjaśnienia wymaga przyczyna, dla której zmienny dodatek marchwi wpływał w inny sposób na energochłonność procesu niż dodatek pozostałych warzyw.

Doktorantka analizowała też wpływ dodatku jarmużu na przebieg procesu ekstruzji i cechy fizyczne ekstrudatów. Jego zawartość w ekstrudowanej mieszance zmieniała się w przedziale od 5 do 20% (publikacja P3). Autorka wykazała, że zwiększający się dodatek pulpy ze świeżych liści jarmużu prowadzi do znacznego obniżenia wydajności ekstruzji, zmniejszenia wartości współczynnika ekspansji, WAI oraz jasności wzbogacanych przekąsek, a jednocześnie powoduje wzrost gęstości i wartości siły potrzebnej do przecięcia chrupek. Wyznaczone zależności poparte zostały równaniami regresji. Zarówno w opracowaniu jak i w przedstawionej publikacji, w rozdziale dotyczącym zastosowanych metod statystycznych, brak jest informacji na temat wyznaczania powyższych równań.

Kolejna publikacja (P4) jest w dużym stopniu spójna z pracą P2. Analizowano w niej wpływ dodatku wszystkich poprzednio zastosowanych warzyw (marchwi, buraka ćwikłowego, cebuli i pora) do produkcji ekstrudatów, jednak surowcem podstawowym nie była kaszka kukurydziana, lecz mąka ryżowa. Prowadzone badania poszerzono o analizę zawartości związków fenolowych ogółem i aktywności przeciwutleniającej produktów. Pomimo, że metoda oznaczania związków fenolowych ogółem jest nadal stosunkowo często stosowana w analizie surowców i produktów spożywczych pochodzenia roślinnego, należy jednak pamiętać, że jest to jedynie metoda szacunkowa, ponieważ z odczynnikami Folina-Ciocalteu oddziałują też inne związki, takie jak sacharydy, aminy, czy aminokwasy aromatyczne. W mojej opinii bardzo cennym elementem przedstawionych badań jest ocena sensoryczna uzyskanych produktów, która tak naprawdę określa możliwość wykorzystania dodatku różnych warzyw do produkcji chrupek i może mieć duże znaczenie aplikacyjne. Wyniki oceny sensorycznej wykazały możliwość zastąpienia do 7,5% podstawowego surowca pulpą z marchwi, buraka, cebuli i pora, i wskazują, że warzywa te mogą być wartościowymi składnikami ekstrudowanych przekąsek.

W odniesieniu do tej części pracy proszę Autorkę o przedstawienie kryteriów, na podstawie których dobierano rodzaj warzyw i wielkość ich dodatków, planując poszczególne doświadczenia (w różnych publikacjach były one różne) oraz dlaczego dodawano warzywa w postaci świeżej pulpy, która zawiera duże ilości wody. Moim zdaniem zastosowanie świeżych warzyw powoduje, że wraz ze wzrostem ilości dodatku zwiększa się wilgotność ekstrudowanego materiału. Wpływa to na zmiany cech fizycznych ekstrudatów i utrudnia wyciągnięcie jednoznacznych wniosków.

Materiałem badanym w drugiej części przedstawionego cyklu publikacji były ekstrudowane pellety (P5-P10), które ekspandowano przez wysmażanie lub obróbkę mikrofalową. W tym przypadku zastosowanie dodatku warzyw w postaci świeżej pulpy uważam za uzasadnione. Wpływ wilgotności

surowca na cechy pelletów został wyeliminowany poprzez dowilżanie wszystkich mieszanek przed ekstruzją do jednakowej wilgotności. Ponadto, we wszystkich doświadczeniach zastosowano jednakowe wielkości dodatków warzyw (ich zawartość w ekstrudowanej mieszance mieściła się w przedziale od 2,5 do 30%). Pozwala to w znacznie lepszym stopniu porównać wyniki uzyskane w różnych doświadczeniach. W mojej opinii wyniki prezentowanych doświadczeń świadczą o bardzo dobrym ich zaplanowaniu.

Pierwsza z przedstawionych w tej części prac badawczych (P6), dotycząca wzbogacania pelletów ziemniaczanych, ma szeroki aspekt ekonomiczny. Doktorantka wykazała, że użycie świeżych warzyw do produkcji pelletów jest bardziej opłacalne niż suchych, ponieważ pozwala na zaoszczędzenie zarówno wody technologicznej jak i energii niezbędnej do suszenia warzyw. Na uwagę zasługują wyniki badania energochłonności procesu wytwarzania pelletów z dodatkiem suszonych i świeżych warzyw. Autorka wykazała, że w przypadku zastosowania świeżych warzyw energochłonność produkcji może być nawet trzykrotnie niższa. Może to mieć bardzo duże znaczenia aplikacyjne dla potencjalnych producentów.

Doktorantka określiła także wpływ dodatku świeżej pulpy z pora i cebuli (publikacja P7) oraz buraka ćwikłowego (publikacja P8) na właściwości pelletów i wytwarzanych z nich prażynek ziemniaczanych. Pellety z dodatkiem pora i cebuli smażyono przez krótszy czas (5 sekund) niż pellety buraczane (15 sekund). Z czego wynikają różnice w czasie wysmażania tych produktów? Interesującą obserwacją Doktorantki było, że dodatek świeżej pulpy z pora znacząco obniża wartość wskaźnika pochłaniania tłuszczu przez prażynki, w stosunku do produktów bez dodatku tego warzywa, natomiast dodatek pulpy cebulowej wywołuje odwrotny skutek. W czym Autorka upatruje przyczyny tego zjawiska? Różnice wystąpiły także w atrakcyjności sensorycznej opisywanych przekąsek. Pod tym względem wyżej ocenione zostały przekąski zawierające cebulę.

Stwierdzono, że dodatek pulpy z buraka ćwikłowego pozwala uzyskać pellety, a z nich produkty ekspandowane za pomocą mikrofal, o zwiększonej zawartości związków fenolowych, wyższej aktywności przeciwutleniającej oraz większej zawartości białka i błonnika pokarmowego. Obserwacja ta została potwierdzona przez analizę wariancji. Proszę o informację, czy była to jednoczynnikowa, czy dwuczynnikowa analiza. Zastosowanie dwuczynnikowej analizy dostarczyłoby dodatkowo odpowiedzi na pytanie czy proces ekspandowania za pomocą mikrofal wpływa na zawartość analizowanych związków.

Nowatorskim, w przypadku ekstrudatów, elementem badań było określenie struktur białkowych i skrobiowych surowców, pelletów i uzyskanych z nich na drodze obróbki mikrofalowej prażynek. Zastosowano w tym celu analizę widm z transformatą Fouriera (publikacja P9). Doktorantka

stwierdziła, że proces ekstruzji prowadzi do zaniku struktury  $\alpha$ -helisy i uporządkowania struktur białkowych. Procentowy udział struktur kłębaka statystycznego, czyli świadczących o obecności struktur nieuporządkowanych białka, zarówno w pelletach jak i w uzyskanych z nich prażynkach, był wyższy niż w surowcach. Czy opisane zmiany mają znaczenie dla kształtowania cech fizycznych produktów?

W ostatniej z przedstawionych prac Doktorantka wykazała między innymi, że obróbka mikrofalowa wpływa na zwiększenie wartości WSI prażynek z dodatkiem pulpy marchwiowej w stosunku do pelletów, z których zostały wyekspandowane. Badania przemian polisacharydów w mieszankach surowcowych z dodatkiem warzyw pod wpływem ekstruzji i ekspandowania pogłębiła dodatkowo przeprowadzając analizę lepkości wodnych dyspersji próbek z użyciem Micro ViscoAmyloGraph'u. Stwierdziła też, że w przypadku zastosowania do pelletów dodatku pulpy z marchwi, proces ich ekspandowania techniką mikrofalową spowodował zwiększenie całkowitej zawartości polifenoli oraz zdolności do zmiatania wolnych rodników DPPH. Uważam, że jest to zbyt daleko posunięty wniosek. Analizowano zawartość tych związków i ich aktywność w ekstraktach uzyskanych z badanego materiału. Może więc zaobserwowany wzrost związany był z większą ekstraktywnością oznaczanych związków z próbki? Prezentując wyniki Autorka bardzo szczegółowo omawia korelacje pomiędzy wartościami oznaczanych parametrów, charakteryzujących właściwości otrzymanych produktów. Pracę znacznie wzbogaciłaby interpretacja, choćby niektórych wyznaczonych współczynników korelacji. Jednym z wniosków podsumowujących powyższą pracę jest stwierdzenie, że można wyprodukować akceptowalne pelletey z surowca zawierającego do 30g pulpy marchwiowej w 100g surowca. Proszę o wyjaśnienie, na jakiej podstawie stwierdzono, że są one akceptowalne?

### **Wniosek końcowy**

Rezultaty badań Pani mgr inż. Katarzyny Lisieckiej znacznie poszerzają wiedzę na temat możliwości projektowania nowych wyrobów przekąskowych otrzymywanych metodą ekstruzji z dodatkiem pulpy ze świeżych warzyw i wpływu takiego dodatku na cechy produktów ekstrudowanych. Uzyskane informacje, oprócz wartości poznawczej, mają także znaczącą wartość aplikacyjną. Rozprawa doktorska została przygotowana poprawnie i starannie warsztatowo z wykorzystaniem wielu metod analitycznych i statystycznych. W przygotowanym opracowaniu autorka nie ustrzegła się jednak pewnych drobnych błędów, np.: w spisie publikacji stanowiących rozprawę doktorską na stronie 3 i 4 widnieje skrót „MNIe” zamiast „MEiN”; strona 20 punkt 3.7 w rozdziale „Materiały i procedury badawcze” Doktorantka definiuje „ $w_{ds}$ ” jako „wagę suchej masy w supernatancie” - wiadomo, że Autorka miała na myśli „masę” suchej substancji a nie „wagę” suchej masy; na 50 stronie opracowania Autorka pisze o pozytywnej korelacji, podając ujemne wartości

współczynników R, choć w publikacji, na podstawie której powstało opracowanie, jest stwierdzenie o ujemnej korelacji. Uważam także, że w opracowaniu pisanym w języku polskim, powinno stosować się polską nomenklaturę analizowanych wyróżników (dotyczy omawiania struktur białkowych wyznaczonych z zastosowaniem spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera). Wskazane uwagi nie umniejszają jednak wartości merytorycznej pracy.

Reasumując stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Katarzyny Lisieckiej, zatytułowana „*Wpływ warunków wytwarzania na właściwości ekstrudowanych przekąsek wzbogacanych wybranymi dodatkami*” w pełni odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim określonym w art. 13. Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami). W związku z powyższym przedkładam Wysokiej Radzie Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie wniosek o dopuszczenie Pani mgr inż. Katarzyny Lisieckiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Uwzględniając doskonałe przygotowanie, zarówno warsztatowe jak i teoretyczne Doktorantki, mając na uwadze również ogromną ilość wykonanych doświadczeń, wysoką wartość uzyskanych wyników oraz ich opublikowanie w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym (liczba punktów 650; IF= 18,485) wnioskuję o wyróżnienie, w stosownym trybie, przedstawionej rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Lisieckiej.

*Dawidko Olszanka*  
30.08.2021