

AUTOREFERAT W JĘZYKU POLSKIM

ZAŁĄCZNIK 2

Dr inż. Małgorzata Wronkowska

Zakład Chemii i Biodynamiki Żywności

Oddział Nauki o Żywności

Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności

Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

ul. Tuwima 10, 10-748 Olsztyn

tel. 89 523 46 18

e-mail: m.wronkowska@pan.olsztyn.pl

Olsztyn 2016

1. Dane personalne

Imię i nazwisko: Małgorzata Wronkowska

Data urodzenia: 23 wrzesień 1970r

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej

27.02.2012 zamknięcie postępowania habilitacyjnego (**załącznik 6**)

22.11.2011 wszczęcie postępowania habilitacyjnego na podstawie rozprawy pt. „Aktywność biologiczna naturalnych i modyfikowanych skrobi z frakcją oporną” przed Radą Naukową Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie.

2001 Dyplom doktora nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia człowieka na podstawie obrony rozprawy doktorskiej pod tytułem „Charakterystyka fizyko-chemiczna i biologiczna skrobi modyfikowanych fizycznie o zróżnicowanej ilości frakcji amylazoopornej.” Praca została wykonana pod kierunkiem dr hab. Marii Soral-Śmietana w Pracowni Funkcjonalnych Właściwości Żywności, w Zakładzie Fizycznych Właściwości Żywności, Oddziału Nauki o Żywności, Instytutu Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie.

1994 Dyplom magistra inżyniera na podstawie obrony pracy magisterskiej pt. „Badanie stabilności emulsji typu o/w na bazie oleju roślinnego i mleka odtłuszczonego”. Praca wykonana pod kierunkiem dr hab. Lidii Zander, prof. ART w Katedrze Inżynierii, Aparatury i Gospodarki Energią, w Zakładzie Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego na Wydziale Technologii Żywności Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie.

3. Doświadczenie zawodowe

od 2008 Adiunkt w Zakładzie Chemii i Biodynamiki Żywności, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

2001 - 2008 Adiunkt w Zakładzie Funkcjonalnych Właściwości Żywności, Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie

1994 - 2001 Asystent w Pracowni Funkcjonalnych Właściwości Żywności, Oddział Nauki o Żywności, Centrum Agrotechnologii i Weterynarii Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie (obecnie Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności Polskiej Akademii Nauk w Olsztynie)

**WYKAZ OPUBLIKOWANYCH PRAC NAUKOWYCH
LUB TWÓRCZYCH PRAC ZAWODOWYCH
ORAZ INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH,
WSPÓŁPRACY NAUKOWEJ I POPULARYZACJI NAUKI**

**I. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe, o którym mowa
w art. 16 ust. 2 ustawy**

A) Tytuł osiągnięcia naukowego:

**MODYFIKACJA CECH JAKOŚCIOWYCH I FUNKCJONALNYCH PRODUKTÓW
GRYCZANYCH UZYSKANYCH Z ZASTOSOWANIEM WYBRANYCH
PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH**

B) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

I.B.1. Wronkowska M., Soral-Śmietana M., Buckwheat flour – a valuable component of gluten-free formulations. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2008, 58/1, 59-63.

IF=0, MNiSW=6 pkt.*; MNiSW= 15pkt.; liczba cytowań (WoS)=0; (Scopus)=15**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu eksperymentu, przygotowaniu surowców do badań, przeprowadzeniu doświadczeń i analiz, przeprowadzeniu statystycznej analizy wyników, interpretacji wyników i wnioskowaniu, przygotowaniu i redagowaniu manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

I.B.2. Wronkowska M., Zielińska D., Szawara-Nowak D., Troszyńska A., Soral-Śmietana M., Antioxidative and reducing capacity, macroelements content and sensorial properties of buckwheat enhanced gluten-free bread. International Journal of Food Science and Technology, 2010, 45, 1993-2000.

IF₂₀₁₀=1,172; IF_{5-letni}=1,655; MNiSW=27pkt.*; MNiSW=25pkt.; liczba cytowań (WoS)=15; (Scopus)=18**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu eksperymentu, przygotowaniu surowców do badań, przeprowadzeniu doświadczeń i analiz, przeprowadzeniu statystycznej analizy

wyników, interpretacji wyników i wnioskowaniu, przygotowaniu i redagowaniu manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

I.B.3. Wronkowska M., Haros M., Soral-Śmietana M., Effect of starch substitution by buckwheat flour on gluten-free bread quality. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6, 1820-1827.

IF₂₀₁₃=3,703; IF_{5-letni}=3,187; MNiSW=50pkt.*; MNiSW=40pkt.; liczba cytowań (WoS)=14; (Scopus)=12**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu eksperymentu, przygotowaniu surowców do badań, przeprowadzeniu doświadczeń i analiz, przeprowadzeniu statystycznej analizy wyników, interpretacji wyników i wnioskowaniu, przygotowaniu i redagowaniu manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

I.B.4. Wronkowska M., Haros M., Wet-milling of buckwheat with hull and dehulled - the properties of the obtained starch fraction. Journal of Cereal Science, 2014, 60, 477-483.

IF₂₀₁₄=2,094; IF_{5-letni}=2,728; MNiSW=35pkt.*; MNiSW=35pkt.; liczba cytowań (WoS)=0; (Scopus)=0**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu eksperymentu, przygotowaniu surowców do badań, przeprowadzeniu doświadczeń i analiz, przeprowadzeniu statystycznej analizy wyników, interpretacji wyników i wnioskowaniu, przygotowaniu i redagowaniu manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 90%.

I.B.5. Wronkowska M., Honke J., Piskula M. K., Effect of solid-state fermentation with *Rhizopus oligosporus* on bioactive compounds and antioxidant capacity of raw and roasted buckwheat groats. Italian Journal of Food Sciences, 2015, 27, 4, 424-431.

IF₂₀₁₄=0,285; IF_{5-letni}=0,315; MNiSW=15pkt.*; MNiSW=15pkt.; liczba cytowań (WoS)=0; (Scopus)=0**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu eksperymentu, przygotowaniu surowców do badań, przeprowadzeniu doświadczeń i analiz, przeprowadzeniu statystycznej analizy wyników, interpretacji wyników i wnioskowaniu, przygotowaniu i redagowaniu manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

I.B.6. Wronkowska M., Piskula M.K., Zieliński H., Effect of roasting time of buckwheat groats on the formation of Maillard reaction products and antioxidant capacity. Food Chemistry, 2016, 196, 355-358.

IF₂₀₁₄=3,391; IF_{5-letni}=3,901; MNiSW=40pkt.*; MNiSW=40pkt.; liczba cytowań (WoS)=0; (Scopus)=0**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu eksperymentu, przygotowaniu surowców do badań, przeprowadzeniu doświadczeń i analiz, przeprowadzeniu statystycznej analizy wyników, interpretacji wyników i wnioskowaniu, przygotowaniu i redagowaniu manuskryptu, pełnieniu roli autora korespondencyjnego. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

* wg załączników do Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za odpowiedni rok (wg roku opublikowania).

** wg Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23 grudnia 2015 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach

Impact Factor (IF) - zgodnie z rokiem wydania. W przypadku publikacji z 2014 i 2015 roku podano IF 5-letni.

Łącznie:

- Sumaryczny impact factor publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania: **suma IF 10,645**
- Suma punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego według wykazu czasopism naukowych MNiSW, zgodnie z rokiem opublikowania: **suma 173**
- Suma punktów za publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego według wykazu czasopism naukowych MNiSW, wg Komunikatu z dnia 23 grudnia 2015 r: **suma 170**

Oświadczenia współautorów prac, określające szczegółowo ich indywidualny wkład w powstanie publikacji znajdują się w **załączniku 4**.

C) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

WPROWADZENIE

W ostatniej dekadzie w obszarze nauki o żywności obserwuje się wyraźny wzrost zainteresowania gryką i otrzymanymi z niej produktami. Mówi o tym m. in. wzrost ilości prac badawczych dotyczących różnych aspektów wykorzystania gryki. W bazie Web of Science w okresie od 1995 do 2005 roku słowo „buckwheat” zawierało w tytule ok. 450 prac, ale już w latach 2005-2015 wystąpiło w ponad 5500 tytułach publikacji.

Gryka zaliczana jest do rodziny rdestowatych (*Poligonaceae*), jednak z punktu widzenia towaroznawczego ziarniaki gryki zaliczane są do zbóż, choć roślinę klasyfikuje się do grupy zbóż rzekomych (*Pseudocerealialia*). Najbardziej popularnymi gatunkami uprawowymi są: gryka zwyczajna (*Fagopyrum sagittatum*=*F. esculentum*) oraz gryka tatarka (*F. tataricum*) (Campbell, 1997). Obecnie gryka uprawiana jest w krajach Azji, Europie Centralnej, Afryce Południowej oraz w Kanadzie, Stanach Zjednoczonych i Brazylii. Owoc gryki, niełupka zwana orzeszkiem ma kształt trójkątny, a dojrzałe ziarno charakteryzuje się ciemną barwą. Gryka w połączeniu z roślinami motylkowymi, owsem czy słonecznikiem pastewnym wykorzystywana jest w rolnictwie jako pasza dla zwierząt hodowlanych. Słoma gryczana oraz produkty uboczne przerobu gryki na kaszę czy mąkę stanowią wartościową paszę dla trzody chlewnej i ptactwa. Ziarniaki gryki i jej nadziemne części ze względu na skład chemiczny stanowią cenny surowiec w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, a także wykorzystuje się je w ziołolecznictwie (Zielińska i wsp., 2012). Nadziemne części gryki w pełnej fazie kwitnienia są stosowane w rosyjskiej i chińskiej medycynie ludowej, np. świeże liście gryczane wykorzystuje się przy trudno gojących się ranach (van Wyk i Wink, 2008). Miód gryczany znajduje zastosowanie w ziołolecznictwie (Borkowska i Robaszewska, 2012). Z kolei produkty odpadowe, powstające w trakcie obłuskiwania ziarniaków gryki, znajdują zastosowanie do wypełnienia materacy czy poduszek, mogą też służyć jako surowiec do produkcji brykietów opałowych (Borkowska i Robaszewska, 2012).

Duże zainteresowanie ziarnem gryki wiąże się głównie z jej składem chemicznym (Wronkowska i wsp., 2010). Gryka jest bogatym źródłem witamin, przede wszystkim z grupy B: tiamina (wit. B1), ryboflawina (wit. B2) czy pirydoksyna (wit. B6) (Wijngaard i Arendt, 2006). Białka gryki, jak wykazały doświadczenia żywieniowe, są jednym z najlepszych źródeł biologicznie aktywnych białek w świecie roślinnym (Kato i wsp., 2001). Białko to posiada wyróżniająco wysoką

zawartość lizyny, jak również metioniny, cysteiny, fenyloalaniny, leucyny, kwasu glutaminowego i asparginowego. Ponadto zaletą białek gryki jest brak α -gliadyny, co umożliwia wykorzystanie przetworów gryczanych w żywieniu osób chorych na celiakię. Skrobia gryczana określana jest jako niskoenergetyczna z uwagi na dużą zawartość frakcji odpornej na działanie enzymów amylolitycznych (Christa i wsp., 2009). Ziarniaki gryki to także źródło mikroelementów, takich jak: Zn, Cu, Mn, Se (Stibilj i wsp., 2004) oraz makroelementów: K, Na, Ca oraz Mg (Wei i wsp., 2003). Również związki biologicznie aktywne o właściwościach przeciwutleniających, nie zaliczane do składników odżywczych, stanowią cenny komponent gryki (Holasova i wsp., 2002; Wronkowska i wsp., 2010). Pośród nich szczególnie ważną rolę odgrywają polifenole (flawonoidy, kwasy fenolowe i fitosterole). Ziarniaki gryki są źródłem kwercetyny i rutyny (Holasova i wsp., 2002; Fabian i wsp., 2003; Kreft i wsp., 2006), czy też rzadko występującego w roślinach D-*chiro*-inozytolu (Steadman i wsp., 2000) i jego galaktozydowych pochodnych fagopirytole (Kawa i wsp., 2003). Giménez-Bastida i Zieliński (2015) przedstawili przegląd najnowszych badań *in vitro* i *in vivo* odnoszących się do korzyści zdrowotnych wynikających ze spożywania gryki. Autorzy wskazali na potrzebę projektowania przyszłych badań *in vitro* w takim kierunku, aby uzyskane wyniki mogły przyczynić się do wyjaśnienia, które związki są odpowiedzialne za obserwowane efekty, zmierzając do poznania mechanizmów leżących u podstaw korzystnego oddziaływania na zdrowie. Natomiast przyszłość badań *in vivo* to przede wszystkim badania epidemiologiczne i kliniczne (Wieslander i wsp., 2011, 2012).

W Polsce z ziarniaków gryki najczęściej otrzymuje się produkty spożywcze w postaci kaszy, płatków lub mąki. Wiele jednostkowych procesów technologicznych stosowanych jest w warunkach przemysłowych w celu uzyskania produktu o określonych cechach jakościowych czy funkcjonalnych. Obłuszczenie ziarniaków gryki, tradycyjnie stosowane w naszym kraju, obejmuje procesy hydrotermiczne, które modyfikują właściwości produktu końcowego. Procesy technologiczne stosowane w trakcie otrzymywania produktów spożywczych, ale też obróbka cieplna stosowana w gastronomii, wpływają na zawartość związków biologicznie czynnych. Zhang i wsp. (2010) stwierdzili, że proces prażenia gryki tatarki istotnie wpływa na obniżenie ogólnej zawartości flawonoidów i fenoli. Zieliński i wsp. (2009) wykazali znaczącą degradację naturalnie występujących w ziarniakach gryki związków wykazujących właściwości przeciwutleniające wskutek procesu prażenia. Jednak procesy obróbki termicznej nie dotyczą jedynie strat np. związków o właściwościach przeciwutleniających. Istnieje konieczność rozpatrywania zachodzących zmian w szerszym obszarze, który obejmuje powstawanie nowych związków nieobecnych przed obróbką termiczną jak na przykład produkty Maillarda. Reakcje Maillarda, pomiędzy cukrem redukującym a

wolną grupą aminową białka, zachodzą w żywności na skutek obróbki termicznej lub długotrwałego przechowywania mogą wywierać zarówno pozytywne jak i negatywne efekty. W wyniku reakcji Maillarda tworzą się zaawansowane końcowe produkty glikacji (AGEs endogenne) odpowiedzialne m.in. za uszkodzenia podstawowych struktur aminokwasów, obniżenie strawności białek czy inaktywację enzymów. Produkty reakcji mogą być substancje charakteryzujące się właściwościami rakotwórczymi i mutagennymi, co do których jednak nie stwierdzono związku między ich występowaniem w żywności a rozwojem nowotworów. Niektóre z produktów Maillarda wykazują właściwości przeciwutleniające i przeciwbakteryjne mogą więc wywierać pozytywny wpływ na organizm człowieka.

Obróbka hydrotermiczna odgrywa rolę w kształtowaniu ostatecznej wartości żywieniowej oraz sensorycznej produktu. Ciągłe unowocześnia się tradycyjne technologie oraz poszukuje nowych sposobów przetwarzania i utrwalania żywności, tak aby nie wywoływały w produkcie większych zmian sensorycznych lecz wydłużały jego trwałość przechowalniczą. Do takich sposobów, jako alternatywa lub uzupełnienie konwencjonalnych zabiegów termicznych, należy metoda polegająca na działaniu wysokiego ciśnienia hydrostatycznego (Norton i Sun, 2008). Błaszczak i wsp. (2013) wykazali, że zastosowanie wysokiego ciśnienia hydrostatycznego powoduje obniżenie pojemności przeciwutleniającej ziarniaków gryki nie poddanych procesowi prażenia lub po obróbce termicznej. Deng i wsp. (2015) stwierdzili redukcję zawartości skrobi, białka, popiołu, saponin, tanin oraz kwasu fitynowego pod wpływem zastosowania wysokiego ciśnienia hydrostatycznego w ziarniakach gryki. Ci sami autorzy odnotowali również istotne zmniejszenie zawartości tych samych składników w przypadku zastosowania procesu mikrofalowania lub gotowania ziarniaków gryki.

Produkty spożywcze, które łączą zarówno funkcje odżywcze jak i funkcjonalne, są wciąż tematem wielu prac badawczych. Poszukuje się dowodów ich korzystnego wpływu m. in. na obniżenie ryzyka wystąpienia określonych dolegliwości, poprawę samopoczucia czy ogólnego stanu zdrowia. Aktualnie coraz częściej poszukuje się produktów charakteryzujących się tzw. czystą i prostą etykietą, a więc zawierającą przejrzystą deklarację składu. W takich produktach rezygnuje się ze stosowania sztucznych barwników, środków konserwujących czy środków wzmacniających smak. Stąd więcej uwagi należy skupić na badaniu produktów uzyskanych przy użyciu znanych lub nowych technologii modyfikujących nie tylko cechy jakościowe gotowego produktu, ale również prowokujących tworzenie nowych substancji o pozytywnym oddziaływaniu na organizm człowieka, jakim są na przykład związki biologicznie aktywne o właściwościach przeciwutleniających.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem cyklu prac stanowiących *Osiągnięcie* było poznanie wpływu wybranych procesów technologicznych na kształtowanie cech jakościowych i funkcjonalnych uzyskanych produktów gryczanych.

Osiągnięcie celu było możliwe poprzez realizację celów szczegółowych, które obejmowały:

1. Określenie wpływu mąki z obłuszczonych ziarniaków gryki użytej w kompozycji mieszanek bezglutenowych na wartość odżywczą i jakość sensoryczną bezglutenowych produktów wypiekowych.
2. Charakterystykę wybranych wyróżników jakości technologicznej i procesu czerstwienia bezglutenowych produktów wypiekowych z udziałem mąki z obłuszczonych ziarniaków gryki.
3. Określenie wpływu opracowanej procedury separacji na mokro frakcji skrobiowych ziarniaków gryki obłuszczonej i nieobłuszczonej na ich właściwości fizykochemiczne.
4. Ocenę wpływu procesu fermentacji obłuszczonych ziarniaków gryki na właściwości funkcjonalne otrzymanego produktu.
5. Określenie pojemności przeciwutleniającej produktów gryczanych uzyskanych w wybranych procesach technologicznych.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Określenie wpływu mąki z obłuszczonych ziarniaków gryki użytej w kompozycji mieszanek bezglutenowych na wartość odżywczą i jakość sensoryczną bezglutenowych produktów wypiekowych.

W ostatnich latach nastąpił wzrost zdiagnozowanych przypadków celiakii czy alergicznych reakcji (nietolerancji) na gluten. W wielu produktach spożywczych stosowany jest dodatek glutenu stąd też wzrost zainteresowania produktami bezglutenowymi. Dieta oparta o produkty bezglutenowe charakteryzuje się niską zawartością niektórych składników odżywczych, takich jak białka i składniki mineralne, ale też nie odżywczych a ważnych z fizjologicznego punktu widzenia, jak m. in. błonnik pokarmowy. Wiele dostępnych na rynku konsumenckim mieszanek bezglutenowych służy jako półprodukt do domowych wypieków np. pieczywa. W celu uzyskania odpowiedniej konsystencji ciasta oraz struktury produktu gotowego stosowane są substancje naśladujące

właściwości lepkością glutenu. Poszukiwane są jednak nowe składniki, które będą wpływały na poprawę struktury, jakości sensorycznej oraz wartości odżywczej produktów bezglutenowych (Gallagher i wsp., 2003, 2004; Gujral i wsp., 2003; Ahlborn i wsp., 2005; Ribotta i wsp., 2004; Sivaramakrishnana i wsp., 2004; Lazaridou i wsp., 2007). Zatem badania dotyczące określenia wartości odżywczej, jakości technologicznej i sensorycznej produktów gryczanych pod wpływem zastosowanego procesu wypieku wpisują się w nurt tych poszukiwań (**I.B.1**, **I.B.2** oraz **I.B.3**). Do wypieku użyto mieszanki bezglutenowej, do których włączono mąkę uzyskaną z obłuszczonych ziarniaków gryki biorąc pod uwagę jej korzystny skład chemiczny oraz unikalne walory sensoryczne.

W pracy **I.B.1** dwie handlowe mieszanki bezglutenowe stanowiły podstawę do przygotowania nowych produktów bezglutenowych, do których włączono od 30 do 50% mąki gryczanej. Według danych producenta jedna mieszanka zawierała w swoim składzie: skrobię pszenną i kukurydzianą, mąkę kukurydzianą, gumę guar, błonnik pokarmowy, mąkę sojową, emulgator, mleko w proszku, cukier i sól. Natomiast w składzie drugiej mieszanki były: skrobię pszenną i kukurydzianą, gumę guar, pektynę, glukozę, błonnik pokarmowy, emulgator i cukier. Badania dowiodły, że w obydwu kompozycjach bezglutenowych nastąpiło istotne zwiększenie zawartości białka ogółem (z 1,5-1,6 do 6,2-6,8% s.m.), składników mineralnych ogółem (z 0,1-0,5 do 1,1-1,6% s.m.) oraz skrobi amylazoopornej (z 2,5-4,4 do 5,7-5,9% s.m.) wskutek zastosowania mąki gryczanej. Nie stwierdzono natomiast znaczących zmian zdolności wiązania wody i oleju w nowych mieszankach z udziałem mąki gryczanej. Natomiast zastąpienie badanej mieszanki mąką gryczaną w 30 lub 50% spowodowało obniżenie parametrów reologicznych w obu kompozycjach bezglutenowych, co świadczy o rozluźnieniu konsystencji ciasta i zmniejszeniu jego lepkości (**I.B.1**). Badania sensoryczne potwierdziły korzystny wpływ mąki gryczanej na jakość sensoryczną pieczywa bezglutenowego. Pieczywo z 30% udziałem mąki gryczanej uzyskało wyższe noty oceny ogólnej niż pieczywo zawierające 50% dodatek mąki gryczanej, które w ocenie ogólnej uzyskało wyższe noty w porównaniu z pieczywem kontrolnym (**I.B.1**).

Badania dotyczące poprawy wartości odżywczych, jakości sensorycznej i właściwości strukturotwórczych były kontynuowane na opracowanej w naszym Instytucie bezglutenowej mieszance wypiekowej. W roku 2013 Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności PAN w Olsztynie otrzymał patent o numerze PL213548 na wynalazek pt.: Mieszanka wypiekowa bezglutenowa, autorzy wynalazku: Wronkowska Małgorzata, Soral-Śmietana Maria i Krupa Urszula. Opracowane wyniki dotyczące tego wynalazku opublikowano w pracach: **I.B.2** oraz **I.B.3**. Skład mieszanki wypiekowej bezglutenowej wg patentu PL213548 tworzą: skrobię kukurydzianą i

ziemniaczana, pektyna, olej słonecznikowy, cukier, drożdże, woda oraz mąka gryczana w ilości od 10 do 40% (w stosunku do użytej skrobi kukurydzianej).

Ocena zmian zawartości mikro i makroelementów pieczywa uzyskanego z mieszanki wypiekowej wg patentu PL213548 została przedstawiona w publikacji **I.B.2**. Stwierdzono istotne zwiększenie ilości magnezu, fosforu i potasu w pieczywie pod wpływem zastosowanego dodatku mąki gryczanej. Potwierdza to wcześniejsze wyniki opisane w publikacji **I.B.1**, w której wykazano zwiększenie ilości związków mineralnych ogółem w pieczywie z udziałem mąki gryczanej w porównaniu z pieczywem kontrolnym z handlowej mieszanki bezglutenowej.

Analiza jakości sensorycznej oceniona metodą ilościowej analizy opisowej (QDA) wraz z oceną w kategoriach jakości konsumenckiej (**I.B.2**) dowiodła, że pieczywo uzyskane z mieszanki wypiekowej wg patentu PL213548 z 40% zawartością mąki gryczanej otrzymało bardzo wysokie noty w ocenie ogólnej (7,1 jednostek) w porównaniu z pieczywem kontrolnym (1,8 jednostek). Spośród 20 wyróżników opisujących jakość sensoryczną bezglutenowego pieczywa z udziałem mąki gryczanej aż 12 z nich wykazało statystycznie istotny wpływ na wyniki analizy sensorycznej. W wyniku udziału mąki gryczanej odnotowano poprawę wyraźnie wyczuwalnej w jamie ustnej wilgotności miększu w porównaniu z pieczywem kontrolnym. Na szczególną uwagę zasługuje istotne zwiększenie not następujących wyróżników: barwa miększu oraz elastyczność i sprężystość miększu.

Osiągnięciem przedstawionych badań jest wykazanie, że mąka gryczana zastosowana jako komponent mieszanek bezglutenowych korzystnie wpływa na wartość odżywczą produktów wypiekowych. Stwierdzono, że pieczywo uzyskane z wypiekowej mieszanki handlowej lub wg patentu PL213548 z 40% zawartością mąki gryczanej charakteryzowało się wyższą zawartością białka i składników mineralnych, jego jakość sensoryczna była zdecydowanie wyższa w porównaniu z pieczywem bezglutenowym bez udziału mąki gryczanej.

Charakterystyka wybranych wyróżników jakości technologicznej i procesu czerstwienia bezglutenowych produktów wypiekowych z udziałem mąki z obłuszczonych ziarniaków gryki.

Mieszanka wypiekowa bezglutenowa projektowana zgodnie z patentem PL213548 stanowiła materiał badań w publikacji **I.B.3**. Barwa skórki i miększu pieczywa bezglutenowego z udziałem mąki gryczanej była korzystniejsza w porównaniu z próbą kontrolną. Istotnie zwiększył się indeks

brązowienia skórki oraz nastąpiło istotne pociemnienie barwy miększu, co w przypadku pieczywa bezglutenowego jest cechą pozytywną, gdyż zwykle takie pieczywo ma bardzo jasną barwę skórki i miększu. Cyfrowa analiza obrazu miększu wykazała, że w porównaniu z próbą kontrolną dodatek mąki gryczanej poprawił porowatość miększu, na co wskazuje wzrost gęstości porów mierzonych na powierzchni jednego cm^2 miększu. Za utworzenie odpowiedniej struktury ciasta pszennego, w której może być zatrzymywany gaz tworzący się w trakcie fermentacji odpowiedzialny jest gluten. Natomiast w mieszankach bezglutenowych musi go zastąpić inny składnik, który będzie odpowiadał za wytworzenie sieci w celu stabilizacji porów (Gallagher i wsp., 2004; Sabanis i wsp., 2009). W pracy **I.B.3** dowiedziono, że pieczywo bezglutenowe z udziałem mąki gryczanej posiadało znacznie korzystniejszą strukturę miększu w porównaniu z próbą kontrolną. Również porowatość miększu określona metodą Dallmana (Jakubczyk i Haber, 1983) wzrosła wraz ze zwiększającym się udziałem mąki gryczanej (próba kontrolna 4 punkty, próba z 40% mąki gryczanej 8 punktów). Pieczywo z mieszanki wypiekowej wg patentu PL213548 charakteryzuje się korzystniejszą objętością właściwą bochenków w porównaniu z próbą kontrolną bez mąki gryczanej (próba kontrolna $2,3\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$, próba z 40% dodatkiem mąki gryczanej $3,1\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$) (**I.B.3**).

Twardość miększu produktów bezglutenowych wzrasta w czasie przechowywania i jest to zjawisko powszechne (Gallagher i wsp., 2004). W publikacji **I.B.3** oceniono wpływ zastosowanego procesu wypieku na twardość produktu gryczanego w trakcie 72 godzin przechowywania (po dobie przechowywania badania prowadzono co 24 godziny). Stwierdzo, że w pieczywie świeżym wraz ze wzrostem ilości mąki gryczanej użytej w mieszance wypiekowej maleje twardość pieczywa, od 2,3 Pa w próbie kontrolnej do 1,1 Pa w próbie z 40% mąki gryczanej. W pieczywie, w którym udział mąki gryczanej wynosił powyżej 10% już po pierwszej dobie przechowywania istotnie wzrasta jego twardość. Jednak pomiędzy 24 a 72 godzinami przechowywania nie stwierdzono statystycznie istotnych zmian tego parametru. Wykazano natomiast, iż w ocenianym okresie przechowywania zwiększenie ilości mąki gryczanej powodowało obniżenie twardości miększu w porównaniu z próbą kontrolną. Zmiany twardości miększu w trakcie przechowywania pieczywa zostały potwierdzone w badaniach przy użyciu skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC). Głównymi czynnikami odpowiedzialnym za proces czerstwienia pieczywa są redukcja zawartości wody w pieczywie oraz zachodzący proces retrogradacji skrobi. W pieczywie bezglutenowym, którego skład opiera się na różnych skrobiach proces ten jest bardziej zauważalny. Badania przy użyciu DSC dają możliwość śledzenia zmian entalpii związanej z przemianami fazowymi zachodzącymi podczas rekrytalizacji amylopektyny i dostarcza informacji o przebiegu tego procesu w czasie przechowywania. Obniżenie wartości entalpii kleikowania skrobi odnotowano wraz ze wzrostem ilości użytej mąki gryczanej w

pieczywie (**I.B.3**). Mąka gryczana wykazała zdolność do spowolnienia procesu rekrytalizacji amylopektyny w czasie przechowywania pieczywa. Dowiedziono zatem korzystnego oddziaływania mąki gryczanej użytej w recepturze mieszanki wypiekowej na znaczące opóźnienie procesu czerstwienia pieczywa bezglutenowego.

Osiągnięciem tych badań jest wykazanie, że udział mąki gryczanej w produkcie wypiekowym otrzymanym z mieszanki bezglutenowej pozytywnie wpłynął na wybrane wyróżniki jakości technologicznej. Stwierdzono poprawę barwy i porowatości miększu oraz korzystny wzrost objętości właściwej bochenków pieczywa bezglutenowego. Ponadto wykazano, że zastosowanie 40% udziału mąki gryczanej w recepturze pieczywa bezglutenowego istotnie opóźniło proces czerstwienia uzyskanego produktu wypiekowego.

***Określenie wpływu opracowanej procedury separacji na mokro frakcji skrobiowych
ziarniaków gryki obłuszczonej i nieobłuszczonej na ich właściwości fizykochemiczne.***

W przemysłowej technologii separacji na mokro wyodrębnia się następujące procesy jednostkowe: transport ziarna, moczenie ziarna, separację i odzysk następujących składników ziarniaka: kielków, błonnika, białka oraz skrobi. Technologia separacji na mokro znana jest w Stanach Zjednoczonych od ponad 170 lat. Początkowo dotyczyła ona przemysłowej separacji składników ziaren kukurydzy. Obecnie proces ten jest stosowany w skali przemysłowej w celu izolacji poszczególnych komponentów również z pszenicy. Technologia separacji na mokro może być z powodzeniem wykorzystana do innych zbóż, takich jak jęczmień, sorgo, owies, ryż, a uzyskane frakcje mogą znaleźć szerokie zastosowanie w produktach żywnościowych i nieżywnościowych (Wronkowska, 2016).

Optymalizacja warunków prowadzenia procesu separacji na mokro gryki obłuszczonej i nieobłuszczonej była jednym z celów badań przedstawionych w publikacji **I.B.4**. Oceniano także wpływ zastosowanego procesu technologicznego na właściwości otrzymanej frakcji skrobi. Określono wydajność ekstrakcji skrobi, rozkład wielkości cząstek oraz analizowano mikrostrukturę skrobi metodą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Przy użyciu szybkiego wiskozymetru rotacyjnego (RVA) analizowano przebieg procesu kleikowania uzyskanych frakcji skrobi, natomiast z wykorzystaniem skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC) określono właściwości termiczne wyodrębnionego polimeru.

Ziarniaki gryki obłuszczonej i nieobłuszczonej były moczone, odpowiednio, 2 i 16 godzin w roztworze zawierającym 0,25% SO₂ i 0,5% kwasu mlekowego, w temperaturze 28°C, przy pH 4,0. Ogólna wydajność zastosowanych procesów separacji na mokro gryki obłuszczonej i nieobłuszczonej wynosiła odpowiednio: 95,6 oraz 97,3%. Głównym komponentem wyodrębnionym podczas tego procesu była skrobia, która stanowiła dwie frakcje tzw. „czysta” i „zanieczyszczona”. Uzyskano wysoką wydajność procesu całkowitej izolacji skrobi (suma frakcji „czystej” i „zanieczyszczonej”) zarówno z gryki obłuszczonej (58,8%) jak i nieobłuszczonej (48,7%). Natomiast wydajność zastosowanego procesu separacji na mokro w izolacji białka wynosiła odpowiednio 4,8 oraz 3,2%. Należy zwrócić uwagę na dużą ilość substancji, które stwierdzono w wodzie użytej zarówno w procesie moczenia (gryka obłuszczona i nieobłuszczona: 10,2 i 9,1%), jak też użytej podczas przepłukiwania poszczególnych frakcji (odpowiednio: 19,1 oraz 14,8%).

Frakcje skrobi „czystej”, otrzymane z obydwu prób gryki, charakteryzowały się wysoką wydajnością ekstrakcji skrobi (około 90%), niską zawartością towarzyszącego białka (około 0,9%) oraz wysokim indeksem bieli (około 93%). Skrobia „czysta” uzyskana z gryki nieobłuszczonej wykazała wyższy stopień uszkodzenia granul, co może wiązać się z zastosowanym dłuższym czasem wstępnego moczenia. Podobne obserwacje dotyczące zależności pomiędzy długością czasu moczenia ziaren kukurydzy i stopniem uszkodzenia uzyskanej z niej skrobi przedstawili w badaniach Haros i wsp. (2004, 2006). Średnia wielkość ziaren skrobi „czystej” izolowanej z obu prób gryki była podobna i wynosiła około 18 µm. Frakcja skrobi z gryki nieobłuszczonej wykazała niższą temperaturę kleikowania w porównaniu ze skrobią uzyskaną z gryki obłuszczonej. W obydwu frakcjach skrobi „czystej” po procesie separacji stwierdzono istotnie wyższe wartości entalpii niż we frakcjach skrobi „zanieczyszczonych”. Natomiast stwierdzono, że entalpia kleikowania skrobi wyizolowanej z gryki nieobłuszczonej była wyższa na co mógł wpłynąć zastosowany dłuższy czas moczenia. Badania Haros i wsp. (2004) dowiodły, że wydłużenie czasu moczenia ziaren kukurydzy, podczas jej separacji na mokro, wiąże się ze wzrostem entalpii kleikowania skrobi.

Osiągnięciem przedstawionych badań jest to iż zastosowany proces separacji na mokro ziarniaków gryki nieobłuszczonej i obłuszczonej pozwolił na wyodrębnienie poszczególnych komponentów z możliwością ich dalszego wykorzystania. Wysokie wydajności ekstrakcji skrobi z ziarniaków gryki oraz niska zawartość towarzyszącego jej białka, jak również wysoki indeks bieli frakcji skrobiowych świadczyły pozytywnie o opracowanej procedurze separacji na mokro ziarniaków gryki. Jednak należy zauważyć iż skrobia wyodrębniona z ziaren gryki nieobłuszczonej wykazała

wyższy stopień uszkodzenia granul i niższą temperaturę kleikowania, co wskazuje na możliwość innego jej wykorzystania w porównaniu ze skrobią otrzymaną z ziarniaków gryki obłuszczonej.

Ocena wpływu procesu fermentacji obłuszczonych ziarniaków gryki na właściwości funkcjonalne otrzymanego produktu.

Nowak (2006) podaje, iż pojęciem żywności fermentowanej określa się produkty powstałe w wyniku zaszczepienia lub spontanicznego opanowania surowca przez nieszkodliwe dla człowieka mikroorganizmy, które poprzez działanie enzymów powodują hydrolizę białek, węglowodanów i składników tłuszczowych do nietoksycznych produktów o atrakcyjnym zapachu i smaku, często zwiększając wartość żywieniową fermentowanego surowca. Jednym z interesujących procesów fermentacji, w którym zasadniczą funkcję pełni hodowla szczepów grzybów pleśniowych *Rhizopus oligosporus*, jest fermentacja typu tempeh. Tempeh jest tradycyjnym wyrobem pochodzącym z Indonezji, do jego produkcji wykorzystuje się głównie soję. Tradycyjny proces obejmuje: moczenie i gotowanie nasion, schłodzenie i obłuszczenie a następnie fermentację. Zwykle fermentacja jest prowadzona przez 20-30 godzin, a tradycyjnie inokulum przygotowywano z liści hibiskusa lub liści drzewa tikowego oraz gotowanego ryżu. Obecnie na skalę przemysłową używa się czystych kultur starterowych *Rhizopus oligosporus*. Uzyskany produkt fermentowany poddawany jest dalszej obróbce termicznej, m. in. smażeniu, gotowaniu czy pieczeniu, może też stanowić dodatek do zup czy sosów.

Zainteresowanie budzi możliwość zastosowania fermentacji typu tempeh do całych obłuszczonych ziarniaków gryki nieprażonej i prażonej w celu opracowania nowych produktów o cechach żywności funkcjonalnej. Wcześniejsze badania przeprowadzone przez Wronkowską i wsp. (2015) wykazały, że produkty uzyskane po fermentacji z użyciem szczepu grzyba pleśniowego *Rhizopus oligosporus* z gryki nieprażonej i prażonej charakteryzowały się wyższą zawartością białka, niektórych aminokwasów, makro- i mikroelementów, a strawność białka była lepsza niż w surowcu wyjściowym. Otrzymane produkty fermentowane uzyskały pozytywną ocenę w badaniach konsumenckich. Podstawowy skład chemiczny produktów fermentowanych był na poziomie zbliżonym z rezultatami badań opublikowanymi przez Handoyo i wsp. (2006).

Wpływ procesu fermentacji całych ziaren obłuszczonej gryki nieprażonej i prażonej z wykorzystaniem szczepu grzyba pleśniowego *Rhizopus oligosporus* na zawartość witamin z grupy B,

tokoferoli, kwasu fitynowego, związków fenolowych ogółem, rutyny oraz na pojemność przeciwutleniającą w uzyskanych produktach fermentowanych przedstawiono w publikacji **I.B.5.**

Zawartość pirydoksyny (wit. B6) i kwasu L-askorbinowego (wit. C) w wyjściowym materiale badań (gryka nieprażona i prażona) były na tym samym poziomie. Natomiast zawartość tiaminy (wit. B1) i ryboflawiny (wit. B2) w gryce nieprażonej była znacząco wyższa w porównaniu z gryką prażoną. Fermentacja z użyciem szczepu grzyba pleśniowego *Rhizopus oligosporus* wpłynęła na zwiększenie zawartości witamin B1, B6 oraz C w obydwu uzyskanych produktach fermentowanych. W przypadku wit. B2 nie stwierdzono zmian ilościowych pod wpływem procesu fermentacji gryki nieprażonej, a w przypadku gryki prażonej odnotowano obniżenie jej zawartości w otrzymanym produkcie fermentowanym. Odnotowany wzrost zawartości witamin z grupy B, w wyniku zastosowania procesu fermentacji, jest porównywalny z danymi literaturowymi. Nout i Rombouts (1990) stwierdzili wzrost zawartości witamin, za wyjątkiem tiaminy, w produkcie typu tempeh otrzymanym z soi. Fadahunsi (2009) wykazał wzrost zawartości witamin takich jak: ryboflawina, niacyna czy biotyna w produkcie uzyskanym po fermentacji mąki z orzeszków bambara przy użyciu *R. oligosporus*.

Proces fermentacji gryki prażonej i nieprażonej powodował znaczący wzrost zawartości α - i γ -tokoferolu. W przypadku δ -tokoferolu jego zawartość była wyższa w produkcie fermentowanym z gryki nieprażonej, natomiast w produkcie fermentowanym z gryki prażonej stwierdzono spadek zawartości tego związku. Dotychczasowe dane literaturowe wskazują na brak jednoznacznej oceny wpływu fermentacji typu tempeh na labilność tokoferoli w produkcie. Denter i wsp. (1998) stwierdzili redukcję zawartości tokoferolu w produktach z soi uzyskanych po fermentacji z 14 różnymi szczepami *R. oligosporus*. Natomiast w produkcie otrzymanym z soi fermentowanej przez *A. oryzae* Esaki i wsp. (1994) wykazali zmniejszenie ilości α -tokoferolu, ale nie stwierdzili tego zjawiska w soi fermentowanej przy użyciu *B. subtilis* lub *R. oligosporus*.

Oceniając jakość surowca przed fermentacją stwierdzono wyższą o 57% zawartość kwasu fitynowego (heksafosforanu inozytolu, IP-6) w gryce nieprażonej w porównaniu z gryką prażoną. W gryce przed procesem prażenia nie stwierdzono obecności niższych form inozytolu (IP-5, IP-4, IP-3), jednakże pojawiły się one po procesie hydrotermicznym. Zawartość rutyny w gryce nieprażonej wynosiła 205 $\mu\text{g/g}$ s.m., natomiast w gryce prażonej 158 $\mu\text{g/g}$ s.m. Proces prażenia spowodował około dwukrotne zwiększenie ilości związków fenolowych ogółem w ziarniakach gryki.

Korzystnym rezultatem fermentacji z użyciem szczepu grzyba pleśniowego *Rhizopus oligosporus* było obniżenie zawartości kwasu fitynowego (IP-6) w obydwu fermentowanych produktach gryczanych. Odnotowano natomiast pojawienie się niższych form inozytoli w produkcie

fermentowanym z gryki nieprażonej, a w przypadku produktu fermentowanego z gryki prażonej stwierdzono nawet ich podwyższoną zawartość. W produkcie fermentowanym uzyskanym z gryki nieprażonej stwierdzono ok. 20% spadek zawartości rutyny oraz około 28% redukcję ilości związków fenolowych ogółem w porównaniu z próbą wyjściową. Natomiast w produkcie fermentowanym uzyskanym z gryki prażonej nie stwierdzono zmian zawartości rutyny i związków fenolowych.

Osiągnięciem tych badań jest wykazanie, że fermentacja ziarniaków gryki prażonej i nieprażonej z użyciem szczepu grzyba pleśniowego *Rhizopus oligosporus* prowadziła do zmian zawartości związków bioaktywnych w uzyskanych produktach fermentowanych. Wykazano, iż w wyniku fermentacji zawartość tiaminy, pirydoksyny, kwasu L-askorbinowy oraz α -, δ - i γ - tokoferolu wzrosła, natomiast zawartość rutyny, związków fenolowych oraz kwasu fitynowego uległa obniżeniu.

Określenie pojemności przeciwutleniającej produktów gryczanych uzyskanych w wybranych procesach technologicznych.

Ilość i aktywność związków o właściwościach przeciwutleniających obecnych w żywności pochodzenia roślinnego zależy od wielu czynników. Zalicza się do nich, zarówno przystosowanie roślin do warunków środowiskowych podczas wzrostu, jak też wpływ procesów technologicznych, którym zostały poddane zanim otrzymano produkt gotowy. Naturalnymi substancjami o właściwościach przeciwutleniających obecnymi w żywności pochodzenia roślinnego są głównie wtórne metabolity roślin (Harborne, 1997). Zieliński i wsp. (2012) w pracy przeglądowej przedstawili właściwości fizykochemiczne, chemiczne formy występowania oraz zawartość związków wykazujących właściwości przeciwutleniające w ziarniakach zbóż. Reprezentowane są one między innymi przez witaminę C i E, karotenoidy, kwas fitynowy oraz liczną grupę związków fenolowych. Kształtowanie ostatecznej wartości żywieniowej i jakości sensorycznej szerokiej gamy produktów zbożowych odbywa się bardzo często w wyniku obróbki hydrotermicznej. Procesy takie mogą prowadzić do obniżenia zawartości związków o właściwościach przeciwutleniających obecnych w materiale wyjściowym, ale mogą też podczas obróbki termicznej powstawać nowe związki. Przykładem takich związków są te powstające podczas reakcji Maillarda, a zidentyfikowane np. w produktach ekstrudowanych (Nicoli i wsp., 1997; Chiu i wsp., 2012), czy też pieczonych np. w

skórcie chleba (Borrelli i Fogliano, 2005; Pico i wsp., 2015). Budzą one zainteresowanie z uwagi na potwierdzoną aktywność przeciwutleniającą (Fogliano, 2003; Moralez i Jimenez-Perez, 2004). Całkowita pojemność przeciwutleniająca żywności jest parametrem, który uwzględnia skumulowane działanie wszystkich związków o właściwościach przeciwutleniających obecnych w próbie. W aktualnym stanie wiedzy badania w tym obszarze powinny być prowadzone co najmniej kilkoma metodami, które opierają się na zróżnicowanych podstawach fizykochemicznych.

Do oceny zmian pojemności przeciwutleniającej pieczywa bezglutenowego uzyskanego z mieszanki wypiekowej wg patentu PL213548 wykorzystano metody oparte o badanie zdolności do wymiatania kationorodników ABTS^{•+} lub DPPH[•] oraz oceniając pojemność redukcyjną techniką cyklicznej woltamperometrii. Opracowanie uzyskanych wyników badań przedstawiono w publikacji **I.B.2**. Wykazano, że po wypieku pojemność przeciwutleniająca pieczywa istotnie wzrastała wraz ze zwiększeniem ilości mąki gryczanej w recepturze. Najwyższą wartość pojemności przeciwutleniającej wyznaczoną na zasadzie wymiatania rodniów ABTS^{•+} i DPPH[•] oraz oceny pojemności redukcyjnej stwierdzono w chlebie z najwyższym 40% udziałem mąki gryczanej w recepturze. Badania Lin i wsp. (2009) wykazały wzrost pojemności przeciwutleniającej pieczywa pszennego wraz ze zwiększającym się udziałem w recepturze mąki gryczanej.

Zmiany pojemności przeciwutleniającej produktów uzyskanych z całych obłuszczonych ziaren gryki nieprażonej i prażonej poddanych fermentacji przez szczep grzyba pleśniowego *Rhizopus oligosporus* opisano w publikacji **I.B.5**. Metody badań oparto o badanie zdolności do wymiatania kationorodników ABTS^{•+}. Określono także pojemność przeciwutleniającą (metoda PCL) pochodzącą od związków rozpuszczalnych w lipidach (ACL) oraz od związków rozpuszczalnych w wodzie (ACW) na zasadzie wymiatania anionorodnika ponadtlenkowego ($O_2^{\cdot-}$) generowanego chemiluminescencyjnie. Pojemność przeciwutleniająca ziarniaków gryki nieprażonej oznaczona metodą wymiatania rodniów ABTS^{•+} i $O_2^{\cdot-}$ (wyrażona jako suma ACW+ACL) była o 34 i 20% wyższa w porównaniu z gryką prażoną. Podobne spostrzeżenia dotyczące obniżenia pojemności przeciwutleniającej na skutek zastosowania procesu prażenia ziaren gryki przedstawili Zielińska i wsp. (2007) oraz Zhang i wsp. (2010). W pracy **I.B.5** dowiedziono, że zastosowany proces fermentacji istotnie obniżał pojemność przeciwutleniającą otrzymanych produktów. Obserwowane zmniejszenie pojemności przeciwutleniającej produktów fermentowanych może być związane ze wzrostem zawartości związków o właściwościach przeciwutleniających, które są rozpuszczalne w wodzie (np. witaminy z grupy B czy witaminy C) oraz rozpuszczalnych w tłuszczach (np.

tokoferolu), jak również ze zmniejszeniem ilości związków fenolowych, w tym przypadku głównie rutyny (**I.B.5**).

Ziarniaki gryki obłuszczonej, nie poddane obróbce termicznej oraz ziarniaki gryki prażonej lub palonej są popularnymi surowcami w potrawach w centralnej i wschodniej Europy. Ziarniaki gryki prażonej są przeważnie spożywane, podobnie jak ryż, po ugotowaniu, natomiast gryka nie poddana obróbce termicznej może być stosowana w całości lub po zmieleniu (Wronkowska i wsp., 2010). Proces prażenia gryki wpływa znacząco na jej skład chemiczny, potencjał przeciwutleniający czy właściwości funkcjonalne otrzymanego produktu (Zielińska i wsp., 2007).

Ocena oddziaływania czasu prażenia obłuszczonych ziarniaków gryki (30, 40 i 50 minut, temperatura 160°C) na zawartość produktów reakcji Maillarda oraz pojemność przeciwutleniającą została przedstawiona w publikacji **I.B.6**. Wydłużenie czasu prażenia gryki powodowało obniżenie zawartości białka, lizyny i tryptofanu. Stwierdzono, że proces obróbki termicznej gryki spowodował wzrost zawartości produktów powstających w trakcie początkowego i zaawansowanego etapu reakcji Maillarda. We wczesnym etapie reakcji Maillarda powstaje m. in. furozyna, która była obecna we wszystkich analizowanych próbach gryki prażonej, a jej ilość wzrastała wraz z wydłużeniem czasu prażenia. Według Van Boekel (1998) zawartość furozyny jest ściśle zależna od czasu i temperatury zastosowanego procesu.

Zawansowane produkty reakcji Maillarda stanowią grupę związków, które wykazują specyficzną fluorescencję. Przeprowadzono ocenę produktów zaawansowanego etapu reakcji Maillarda poprzez pomiar intensywności fluorescencji produktów pośrednich (FIC) oraz wyznaczono indeks FAST, czyli procentowy współczynnik pomiędzy FIC a intensywnością fluorescencji tryptofanu. W porównaniu z próbą kontrolną zastosowany proces prażenia gryki prowadził do wzrostu indeksu FAST, co wiązało się ze wzrostem zawartości produktów pośrednich reakcji Maillarda oraz obniżeniem ilości tryptofanu (**I.B.6**). Zieliński i wsp. (2009) wykazali istotny wzrost indeksu FAST w gryce pod wpływem procesu prażenia. Damjanovic Desic i Birlouez-Aragon (2011) zastosowali w swoich badaniach indeks FAST jako dodatkowy wskaźnik informujący o wartości odżywczej produktu uzyskanego z zastosowaniem obróbki termicznej m. in. preparatów dla niemowląt.

Inne ważne, ale niepożądane związki powstające podczas zaawansowanej fazy reakcji Maillarda to między innymi ϵ -N-karboksymetylolizyna (CML) oraz akryloamid. Wydłużenie czasu prażenia gryki było istotnie skorelowane ze wzrostem ilości CML oraz akrylamidu (**I.B.6**). Zhang i wsp. (2011) wykazali istotny wzrost zawartości CML podczas procesu prażenia migdałów, lecz nie stwierdzili korelacji pomiędzy tym wskaźnikiem a zastosowanym czasem obróbki termicznej.

Oceniono także zmiany indeksu brązowienia, który służy do określenia ilości melanoidyn tworzących się w końcowym etapie reakcji Maillarda (**I.B.6**). Dowiedziono, że 30 minut procesu prażenia w temperaturze 160°C nie zmienia poziomu tego wskaźnika. Jednakże wydłużenie procesu prażenia do 40 lub 50 minut spowodowało istotny wzrost indeksu brązowienia (około 40%). Podobne zależności odnotowano określając barwę uzyskanych produktów gryczanych przy użyciu spektrofotometru ColorFlex. Stwierdzono istotne obniżenie jasności (L^*) produktów gryczanych wraz z wydłużeniem czasu prażenia. Również wartość bezwzględnej różnicy barwy (ΔE) uległa obniżeniu wraz z wydłużeniem czasu trwania procesu termicznego.

Pojemność przeciwutleniającą produktów gryczanych poddanych procesowi prażenia w różnym czasie oceniano metodą $ORAC_{FL}$, która opiera się na zasadzie wymiatania fizjologicznie istotnych rodników nadtlenkowych (**I.B.6**). Stwierdzono, że wydłużenie czasu prażenia powodowało istotne obniżenie pojemności przeciwutleniającej produktów gryczanych. Žilić i wsp. (2014) wykazali, że zastosowanie krótszego czasu i wyższej temperatury podczas procesu prażenia soi są korzystniejsze, bowiem produkt wykazuje wyższe wartości pojemności przeciwutleniającej w porównaniu z procesem prowadzonym dłużej a w niższej temperaturze.

Osiągnięciem tych badań jest wykazanie iż wybrane procesy technologiczne wpływają na właściwości przeciwutleniające produktów gryczanych. Wykazano zwiększenie pojemności przeciwutleniającej i redukcyjnej pieczywa bezglutenowego wraz ze wzrastającym udziałem mąki gryczanej w recepturze. Z kolei w wyniku fermentacji ziarniaków gryki pojemność przeciwutleniająca otrzymanych produktów obniżyła się. Ponadto dowiedziono, że obróbka hydrotermiczna ziarniaków gryki zróżnicowana czasem procesu istotnie wpłynęła na profil produktów reakcji Maillarda oraz prowadziła do spadku pojemności przeciwutleniającej otrzymanych produktów.

PODSUMOWANIE

Przedstawione w *Osiągnięciu* wyniki badań dowiodły, że

1/. Zastosowanie mąki z obłuszczonych ziarniaków gryki jako składnika mieszanek bezglutenowych w produktach wypiekowych prowadzi do:

- korzystnego podwyższenia zawartości białka i składników mineralnych,
- poprawy barwy oraz porowatości miękiszu i objętości właściwej bochenków chleba,
- istotnego opóźnienia procesu czerstwienia pieczywa bezglutenowego.

2/. Proces separacji na mokro ziarniaków gryki obłuszczonej i nieobłuszczonej prowadzi do:

- separacji poszczególnych komponentów z możliwością ich dalszego wykorzystania,
- wyodrębnienia skrobi o wysokiej wydajności ekstrakcji, niskiej zawartości towarzyszącego białka oraz wysokim indeksie bieli,
- wyższego stopnia uszkodzenia granul i niższej temperatury kleikowania skrobi wyodrębnionej z ziaren gryki nieobłuszczonej.

3/. Fermentacja obłuszczonej gryki nieprażonej i prażonej z użyciem szczepu grzyba pleśniowego *Rhizopus oligosporus* w produktach fermentowanych prowadzi do:

- podwyższenia zawartości tiaminy, pirydoksyny, kwasu L-askorbinowy oraz α -, δ - i γ - tokoferolu,
- obniżenia zawartości kwasu fitynowego wraz z pojawieniem się niższych form inozytoli w produkcie fermentowanym z gryki nieprażonej oraz wzrostem ich zawartości w produkcie fermentowanym z gryki prażonej,
- redukcji zawartości rutyny i związków fenolowych ogółem.

4/. Prażenie ziarniaków obłuszczonej gryki w temperaturze 160°C w czasie 30, 40 i 50 min prowadzi do:

- redukcji zawartości białka, lizyny i tryptofanu wraz z wydłużeniem czasu prażenia,
- wzrostu zawartości produktów powstających w trakcie początkowego i zaawansowanego etapu reakcji Maillarda.

5/. Zastosowanie mąki z obłuszczonych ziarniaków gryki jako składnika mieszanek bezglutenowych w produktach wypiekowych, fermentacja całych ziarniaków obłuszczonej gryki nieprażonej i prażonej z użyciem szczepu grzyba pleśniowego *Rhizopus oligosporus* oraz prażenie obłuszczonych ziarniaków gryki prowadzi do:

- zwiększenia pojemności przeciwutleniającej i redukcyjnej pieczywa bezglutenowego,
- obniżenia pojemności przeciwutleniającej produktów fermentowanych,
- istotnej redukcji pojemności przeciwutleniającej ziarniaków obłuszczonej gryki wraz z wydłużeniem czasu prażenia

WNIOSKI

1. Procesy technologiczne takie jak wypiek, separacja na mokro frakcji skrobiowych ziarniaków gryki, fermentacja i obróbka hydrotermiczna gryki modyfikują wybrane wyróżniki jakościowe i funkcjonalne uzyskanych produktów gryczanych.
2. Mąka gryczana zastosowana jako składnik mieszanek bezglutenowych korzystnie wpływa na jakość technologiczną, sensoryczną i przechowalniczą wypiekowych produktów bezglutenowych.
3. Proces separacji na mokro składników gryki można wykorzystać jako sposób otrzymywania frakcji skrobiowych, ale również jako skuteczną metodę obłuskiwania gryki z możliwością dalszego wykorzystania łuski gryczanej.
4. Fermentacja gryki z użyciem szczepu grzyba pleśniowego *Rhizopus oligosporus* prowadzi do zmian zawartości związków bioaktywnych w produkcie gryczanym typu tempeh.
5. Obróbka hydrotermiczna gryki zróżnicowana czasem procesu istotnie wpływa na profil produktów reakcji Maillarda.
6. Ziarniaki gryki oraz mąka gryczana stanowią wartościowy składnik w produktach bezglutenowych, produktach fermentowanych i poddanych obróbce hydrotermicznej.

Mój dalszy rozwój naukowy wiąże z podjęciem nowego obszaru badań dotyczących wykorzystania procesów technologicznych w aspekcie innowacyjnych produktów żywnościowych. Interesują mnie zarówno procesy znane jak i nowe, które mogą modyfikować nie tylko cechy jakościowe gotowego produktu, ale również cechy funkcjonalne o prozdrowotnym wpływie na organizm człowieka. Problematyka związana z modyfikacją cech jakościowych i funkcjonalnych produktów pochodzenia roślinnego jest wciąż aktualna i wymaga dalszych poszerzonych badań w obszarze technologii żywności, chemii żywności i żywienia.

PIŚMIENNICTWO

Ahlborn G.J., Pike O.A., Hendrix S.B., Hess W.M., Huber C.S. (2005). Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal Chem.*, 82, 328-335.

- Błaszczak W., Zielińska D., Zieliński H., Szawara-Nowak D., Fornal J. (2013). Antioxidant Properties and Rutin Content of High Pressure-Treated Raw and Roasted Buckwheat Groats. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 92-100
- Borkowska B., Robaszewska A. (2012). Zastosowanie ziarna gryki w różnych gałęziach przemysłu. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, 73, 43-55.
- Borrelli R.C., Fogliano V. (2005). Bread crust melanoidins as potential prebiotic ingredients. *Mol. Nutr. Food Res.*, 49, 673-678.
- Campbell, Clayton G. (1997). Buckwheat. *Fagopyrum esculentum* Moench. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 19. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 7-9
- Chiu H-W, Peng J-Ch, Tsai S-J, Lui W-B. (2012). Effect of Extrusion Processing on Antioxidant Activities of Corn Extrudates Fortified with Various Chinese Yams (*Dioscorea* sp.). *Food Bioprocess Technol.*, 5, 2462-2473
- Christa K., Soral-Śmietana M., Lewandowicz G. (2009). Buckwheat starch: structure, functionality and enzyme in vitro susceptibility upon the roasting proces. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60 (S4), 140-154.
- Damjanovic Desic, S., Birlouez-Aragon I. (2011). The FAST index – a highly sensitive indicator of the heat impact on infant formula model. *Food Chemistry*, 124, 1043-1049.
- Deng Y., Padilla-Zakour O., Zhao Y., Tao Sh. (2015). Influences of high hydrostatic pressure, microwave heating, and boiling on chemical compositions, antinutritional factors, fatty acids, *in vitro* protein digestibility, and microstructure of buckwheat. *Food Bioprocess Technol* (2015) 8:2235–2245
- Denter J., Rehm H.-J., Bisping B. (1998). Changes in the contents of fat-soluble vitamins and provitamins during tempe fermentation. *International Journal of Food Microbiology* 45, 129-134.
- Fabjan N., Kosir I.J., Wang Z., Zhang Z., Kreft I. (2003). Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 6452-6455.
- Fogliano V. (2003). Characterization of coloured compounds obtained by enzymatic extraction of bakery products. *Food Chem. Toxicol.*, 41, 1367-1374.
- Gallagher E., Gormley T.R., Arendt E.K. (2003). Crust and crumb characteristics of gluten free bread. *J. Food Eng.*, 56, 153-161.
- Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 143-152.
- Giménez-Bastida J.A., Zieliński H. (2015). Buckwheat as a functional food and its effects on health. *J. Agricul Food Chem*, 63, 7896-7913.
- Gujral H.S., Guardiola I., Carbonell J.V., Rosell C.M. (2003). Effect of cyclodextrin glycosyl transferase on dough rheology and bread quality from rice flour. *J. Agric Food Chem.*, 51, 3814-3818.
- Harborne J.B. (1997). *Ekologia biochemiczna*. PWN, Warszawa.
- Haros M., Błaszczak W., Perez O.E., Sadowska J., Rosell C.M. (2006). Effect of ground corn steeping on starch properties. *Eur. Food Res. Technol.*, 222, 194-200.
- Haros M., Perez O.E., Rosell C.M. (2004). Effect of steeping corn with lactic acid on starch properties. *Cereal Chem.*, 81, 10-14.
- Holasaova M., Fiedlerowa V., Smrcinova H., Orsak M., Lachman J., Vavreinova S. (2002). Buckwheat – the source of antioxidant activity in functional foods. *Food Res. Int.*, 35, 207-211.
- Jakubczyk T., Haber T. (1983). *Analiza zbóż i przetworów zbożowych*. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- Kato N., Kayashita J., Tomotake H. (2001). Nutritional and physiological functions of buckwheat protein. *Recent Research Development Nutrition*, 4, 113-119.

- Kawa J.M., Taylor C.G., Przybylski R. (2003). Buckwheat concentrate reduces serum glucose in streptozotocin-diabetic rats. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 7287-7291.
- Kreft I., Fabjan N., Yasumoto K. (2006). Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. *Food Chemistry*, 98, 508-512.
- Lazaridou A., Duta D., Papageorgiou M., Belc N., Biliaderis C.G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79, 1033-4714.
- Lin L.-Y., Liu H.-M., Yu Y.-W., Lin S.-D., Mau J.-L. (2009). Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread. *Food Chemistry*, 112, 987-991.
- Morales F.J., Jimenez-Perez S. (2004). Peroxyl radical scavenging activity of melanoidins in aqueous systems. *Eur. Food Res. Technol.*, 218, 515-520.
- Nicoli M.C., Anese M., Parpinel M., Franceschi S., Lerici C.R. (1997). Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage. *Cancer Lett.*, 114, 1-4.
- Norton T., Sun D.-W. (2008). Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 2-34.
- Nout M.J.R., Rombouts F.M. (1990). Recent developments in tempe research. *Journal of Applied Bacteriology* 69, 609-633.
- Noweak J. (2006). Żywność fermentowana w kuchniach różnych narodów. W: *Mikroorganizmy w żywności i żywieniu* (red. Gawęcki J, Libudzisz Z.), Wyd. AR, Poznań, 81-92.
- Pico J., Bernal J., Gómez M. (2015) Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: A review. *Food Research International*, 75, 200-215.
- Ribotta P.D., Ausar S.F., Morcillo M.H., Perez G.T., Beltramo D.M., Leon, A.E. (2004). Production of gluten-free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1969-1974.
- Sabanis D., Lebesi D., Tzia C. (2009). Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT–Food Science and Technology*, 42, 1380-1389.
- Sivaramakrishnana H.P., Sengeb B., Chattopadhyay P.K. (2004). Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*, 62, 37-45.
- Steadman K.J., Burgoon M.S., Schuster R.L., Lewis B.A., Edwardson S.E., Obendorf R.L. (2000). Fagopyritols, D-chiro-inositol and other soluble carbohydrates in buckwheat seed milling fractions. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 2843-2847.
- Stibilj V., Kreft I., Smrkolj P., Osvald J. (2004). Enhanced selenium content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds by foliar fertilisation. *European Food Research and Technology*, 219, 142-144.
- Torbica A., Hadnadev M., Dapčević, T. (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, 24, 626-632.
- Van Boekel M. A. J. S. (1998). Effect of heating on Maillard reaction in milk. *Food Chemistry*, 62, 403-414.
- van Wyk B.-E. (2008). Wink M., *Rośliny lecznicze świata*, MedFarm Polska, Wrocław.
- Wei Y., Hu X., Zhang G., Ouyang S. (2003). Studies on the amino acid and mineral content of buckwheat protein fractions. *Nahrung/Food*, 47, 114-116.
- Wieslander G., Fabjan N., Vogrincic M., Kreft I., Vombergar B., Norback D. (2012). Effects of common and Tartary buckwheat consumption on mucosal symptoms, headache and tiredness: A double-blind crossover intervention study. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 10, 107-110
- Wieslander G., Fabjan N., Vogrincic M., Kreft I., Janson Ch., Spetz-Nystrom U., Vombergar B., Tagesson Ch., Leanderson P., Norback D. (2012). Eating buckwheat cookies is associated with

- the reduction in serum levels of myeloperoxidase and cholesterol: a double blind crossover study in day-care centre staffs. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 225, 123-130
- Wijngaard H.H., Arendt E.K. (2006). Buckwheat. *Cereal Chemistry*, 83, 391-401.
- Wronkowska M., Christa K., Ciska E., Soral-Śmietana M. (2015). Chemical characteristics and sensory evaluation of raw and roasted buckwheat groats fermented by *Rhizopus oligosporus*. *Journal of Food Quality*, 38, 130–138
- Wronkowska M., Soral-Śmietana M., Krupa-Kozak U. (2010). Buckwheat, as a food component of a high nutritional value, used in the prophylaxis of gastrointestinal diseases. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 4, special issue 1, 64-70.
- Wronkowska M., Troszyńska A., Soral-Śmietana M., Wolejszo A. (2008). Effects of buckwheat flour (*Fagopyrum esculentum* Moench) on the quality of gluten-free bread, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 58/2, 213-216.
- Wronkowska M., Wet-milling of cereals. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2016, DOI: 10.1111/jfpp.12626
- Zhang, M., Chen, H., Li, J., Pei, Y., & Liang, Y. (2010). Antioxidant properties of tartary buckwheat extracts as affected by different thermal processing methods. *LWT- Food Science and Technology*, 43, 181–185.
- Zhang G., Huang G., Xiao L., Mitchell A. E. (2011). Determination of advanced glycation endproducts by LC-MS/MS in raw and roasted almonds (*Prunus dulcis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(22), 12037-12046.
- Zielińska D., Szawara-Nowak D., Michalska A. (2007). Antioxidant capacity of thermally-treated buckwheat. *Polish Journal of Food Nutrition Sciences* 57, 465-470.
- Zielińska D., Turemko M., Kwiatkowski J., Zieliński H. (2012). Evaluation of flavonoids contents and antioxidant capacity of the aerial parts of common and Tartary buckwheat plants. *Molecules* 2012, 17, 9668-9682.
- Zieliński H., Achremowicz B., Przygodzka M. (2012). Przeciwutleniacze ziarniaków zbóż. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1 (80), 5-26.
- Zieliński H., Michalska A., Amigo-Benavent M., del Castillo M. D., Piskula M. K. (2009). Changes in protein quality and antioxidant properties of buckwheat seeds and groats induced by roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 4771-4776.
- Zieliński H., Achremowicz B., Przygodzka M. (2012). Przeciwutleniacze ziarniaków zbóż. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 1 (80), 5-26.
- Žilić S., Mogol B. A., Akıllıoğlu G., Serpen A., Deliç N., Gökmen V. (2014). Effects of extrusion, infrared and microwave processing on Maillard reaction products and phenolic compounds in soybean. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 45-51.

D) Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych**Przebieg działalności naukowej oraz opis wybranych publikacji****I.D.1 Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Zainteresowania badawcze i opracowania w postaci artykułów od początku mojej pracy zawodowej związane są z szerszym poznaniem surowców roślinnych, zbożowych, strączkowych i bulwiastych oraz produktów spożywczych pochodzenia roślinnego. Szczególnie skupiałam się na określeniu zmian ich właściwości fizykochemicznych czy funkcjonalnych.

Tematyka pierwszych opublikowanych prac badawczych dotyczyła oddziaływań pomiędzy makroskładnikami mąki pszennej pod wpływem krajowego polepszacza, coraz szerzej stosowanego w technologii piekarskiej (II.D.6; III.B.1; III.B.2). Stwierdzono kumulowanie kwasu stearynowego w trakcie tworzenia ciasta z udziałem polepszacza, wykazano wystąpienie transformacji w obrębie frakcji białkowych (głównie zwiększenie frakcji prolamin). Obraz mikrostruktury ciasta potwierdził zachodzące zmiany sieci glutenowej. Skrobia izolowana z ciasta z udziałem polepszacza piekarskiego wykazała wyższy stopień skompleksowania oraz skłonność do separacji poszczególnych ziaren skrobiowych. Stwierdzono znikomą dostępność skrobi izolowanej z chleba z udziałem polepszacza piekarskiego dla α -amylazy trzustkowej. Na podstawie barwnych obrazów mikroskopii świetlnej dowiedziono, że większe ziarna skrobiowe izolowane z miększu chleba mają zdolność zachowania amylozy na powierzchni ziaren skrobi. Podczas gdy skrobia wyizolowana z chleba kontrolnego była w znacznym stopniu zdeformowana, z uwolnioną frakcją amorficznej amylozy.

Kolejne badania dotyczyły możliwości włączenia cynku i magnezu w kompleksy z białkami glutenowymi i skrobią pszenną w trakcie tworzenia struktury ciasta pszennego (II.A.1; II.D.11; III.B.8; III.B.68; III.B.69). Pierwiastki te wykazują wielokierunkową aktywność biologiczną w wielu szlakach metabolicznych ustroju ludzkiego. Sole magnezu i cynku wprowadzono do ciasta w postaci chlorków. Stwierdzono, że jony cynku tworzyły trwalsze kompleksy z badanymi biopolimerami w porównaniu z jonami magnezu. Jony cynku wpłynęły korzystniej na objętość otrzymanego chleba, jednak negatywnie oddziaływały na jego porowatość. Wykazano, że jony magnezu i cynku można włączyć w strukturę chleba, stąd chleb pszenny może być nośnikiem tych biopierwiastków.

Podjęto również badania charakteryzujące *in vitro* przebieg hydrolizy skrobi różnego pochodzenia botanicznego (II.D.17; III.B.4; III.B.13). Badano podatność na hydrolizę α -amylazą trzustkową skrobi pszennej, ziemniaczanej, grochowej, tapiokowej oraz kukurydzianej. Na podstawie analiz chemicznych oraz obrazu mikrostruktury ziaren skrobi po hydrolizie stwierdzono

podobieństwo w podatności hydrolitycznej pomiędzy skrobiami o typie krystalicznym A i C, zarówno pod względem ilości hydrolizowanych cukrów, jak i sposobu działania badanego enzymu na ziarna skrobi.

W projekcie badawczym Nr 5 P06G 00810, w którym byłam wykonawcą, obszar badań dotyczył charakterystyki skrobi odpornej na amylolizę. Ze skrobi naturalnych pochodzących z różnych źródeł botanicznych otrzymano trzy rodzaje preparatów skrobi modyfikowanych. Pierwszy preparat uzyskano w wyniku zastosowania procesów fizycznych i użycia termostabilnej α -amylazy. Kolejny preparat otrzymano po zastosowaniu procesów fizycznych (cykle autoklawowania/chłodzenia), a odwodniono go poprzez suszenie rozpyłowe. Trzeci preparat uzyskano po modyfikacjach fizycznych poprzez zastosowanie retrogradacji kleików skrobiowych. Otrzymane doświadczalne preparaty skrobi modyfikowanych różniły się od siebie zawartością skrobi odpornej.

W uzyskanych preparatach analizowano zmiany zachodzące w mikrostrukturze pod wpływem zastosowanych procesów modyfikacji (II.D.7), które znacząco różniły się od obrazu mikroskopowego skrobi naturalnych. Ziarna skrobi poddane działaniu hydrolitycznemu termostabilnej α -amylazy uległy degradacji. Obrazy preparatów, które odwodniono przez suszenie rozpyłowe, niezależnie od źródła pochodzenia botanicznego skrobi, były zbliżone do siebie. Mikrostruktura tych preparatów była charakterystyczna dla odwodnionych zdyspergowanych cząstek żelu skrobiowego unoszonego w strumieniu suszącego powietrza. Natomiast preparaty otrzymane po zastosowaniu retrogradacji kleików skrobiowych wykazały odmienny obraz mikrostruktury, były to nieregularne fragmenty struktury o pofałdowanej powierzchni.

Otrzymane doświadczalne preparaty skrobiowe analizowano w kierunku poznania ich zdolności do tworzenia kompleksów z wybranymi substancjami, takimi jak: tyrozyna, kwas foliowy, cholesterol czy wybrane I i II-rzędowe kwasy żółciowe (II.D.8; III.B.7). Uzyskane wyniki sugerują iż w trakcie modyfikacji skrobi zachodzą przemiany konformacyjne poszczególnych jej składników i powstają nowe układy kompleksowe. Prawdopodobnie hydrofobowy charakter tego kompleksu powoduje odporność skrobi modyfikowanych na działanie enzymów.

Szczególną uwagę zwrócono na odmienne właściwości skrobi grochowej i możliwość jej wykorzystania jako składnika żywności opornego na amylolizę (II.D.13; II.D.14; II.D.16; II.K.1; II.K.2; III.B.71; III.B.72). Badania preparatów skrobi grochowej, które uzyskano wskutek różnych modyfikacji pokazały ich wyższe powinowactwo do kwasu deoksycholowego w porównaniu ze skrobią naturalną. Wystąpiła też zdolność sorpcji cholesterolu, jednak nie wyższa niż określona dla naturalnej skrobi grochowej. Bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na właściwości

funkcjonalne skrobi jest proces jej izolacji (II.D.16; II.D.17). Na podstawie analizy zdolności do wiązania wody i oleju, badania stopnia uszkodzenia skrobi, analizy mikrostruktury oraz struktury krystalicznej wykazano, że proces izolacji skrobi grochowej znacząco wpływa na wszystkie te właściwości.

Prowadzono także badania modelowe, w których do tworzenia ciasta pszennego zastosowano 10% dodatek preparatów skrobi fizycznie modyfikowanych, otrzymanych z różnych skrobi naturalnych (pszenna, ziemniaczana, grochowa) (II.D.9). Stwierdzono nieznaczne wydłużenie czasu rozwoju ciasta, poprawie uległa konsystencja ciasta, lecz osłabiła się trwałość jego struktury podczas miesienia. Preparat otrzymany ze skrobi pszennej wpłynął najkorzystniej na ocenę sensoryczną otrzymanego pieczywa. Wykazano, że twardość miękiszu chleba, w trakcie 72 godzinnego przechowywania nie uległa większym zmianom, gdy stosowano preparat ze skrobi pszennej i ziemniaczanej. Generalnie wystąpiło zmniejszenie elastyczności i kohezji w trakcie trzech dni przechowywania.

Podjęto także cykl badań, w których analizowano w warunkach *in vitro* wpływ preparatów skrobi modyfikowanych o zróżnicowanej zawartości skrobi odpornej na uwalnianie glukozy podczas hydrolizy czy ilość powstających w trakcie fermentacji kwasów tłuszczowych (II.D.1; II.D.12; III.B.6; III.B.67). Wykazano zróżnicowane uwalnianie glukozy podczas hydrolizy kwasowo-zasadowej w symulowanych warunkach fizjologicznych. Ilość uwolnionej glukozy była wyższa podczas hydrolizy kwasowej niż zasadowej, nie było to jednak skorelowane ze sposobem modyfikacji skrobi, lecz bardziej z jej pochodzeniem botanicznym. Preparaty skrobi otrzymane w warunkach laboratoryjnych poprzez modyfikacje fizyczne oraz hydrolizę termostabilną α -amylazą posłużyły jako materiał badań w warunkach *in vitro* w 24-godzinnej fermentacji z kałem szczurów. Analizowano jakościowo i ilościowo lotne kwasy tłuszczowe wytworzone na skutek takiej fermentacji. Stwierdzono, że preparaty te, charakteryzujące się wysoką zawartością skrobi odpornej, są dobrym źródłem do tworzenia ważnych fizjologicznie kwasów tłuszczowych: masłowego i propionowego.

Omówione do tej pory zagadnienia badawcze dotyczące skrobi odpornej, w których skupiono się na: 1) sposobach modyfikacji różnych rodzajów skrobi naturalnych; 2) uzyskaniu preparatów o zróżnicowanej zawartości skrobi odpornej; 3) charakterystyce fizyko-chemicznej preparatów doświadczalnych; 4) ocenie biologicznej w/w preparatów w analizie *in vivo* prowadzonej na zwierzętach laboratoryjnych (szczury) były podstawą do przedstawienia ich w mojej pracy doktorskiej pt. „Charakterystyka fizyko-chemiczna i biologiczna skrobi modyfikowanych fizycznie o zróżnicowanej ilości frakcji amylazoopornej” przedłożonej Radzie Naukowej IRZiBŻ PAN w

Olsztynie w roku 2001. Badania przedstawione w pracy doktorskiej miały na celu poznanie w jakim zakresie procesy technologiczne mogą oddziaływać na intensywność powstawania frakcji amylazoopornej z naturalnej skrobi o odmiennej strukturze krystalicznej (pszennej, ziemniaczanej, grochowej). Modyfikacje skrobi prowadzono, według opracowanego postępowania technologicznego, tak aby uzyskać doświadczalne preparaty o zróżnicowanej zawartości frakcji amylazoopornej. Badano zawartość i zmiany podstawowych składników chemicznych, określono właściwości fizyczne i funkcjonalne skrobi naturalnych i doświadczalnych preparatów. Poddano analizie strukturę materiału badawczego, jego dostępność amylopolityczną oraz możliwość sorpcji wybranych substancji biologicznie aktywnych (cholesterolu, kwasów żółciowych). Uzyskano w badaniach *in vivo* na szczurach wskazanie potencjalnych funkcji prozdrowotnych badanych skrobi i preparatów skrobi modyfikowanych.

I.D.2. Po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora moje zainteresowania badawcze dotyczą różnych produktów o dużej zawartości skrobi oraz sam biopolimer – skrobia. Określano możliwość modyfikowania jej właściwości funkcjonalnych oraz analizowano aktywność biologiczną. W tym celu używano metod *in vitro* oraz *in vivo* w celu bliższej charakterystyki skrobi naturalnych bądź laboratoryjnie otrzymanych preparatów skrobi modyfikowanych. Gryka jest kolejnym tematem badawczym wynikającym zarówno z moich zainteresowań skrobią oraz możliwością zastosowania tego surowca jako doskonałego źródła związków bioaktywnych.

Modyfikacje skrobi służą przede wszystkim zmianom jej właściwości funkcjonalnych, które wykorzystywane są m. in. do produkcji deserów (II.D.20; II.D.28; III.B.16; III.B.74). Wykazano, że stosowanie do produkcji deserów preparatów uzyskanych ze skrobi ziemniaczanej o różnym stopniu utlenienia powoduje obniżenie parametrów tekstury deserów wraz ze wzrostem stopnia utlenienia. W badaniach reologicznych stwierdzono, że wszystkie badane desery wykazywały jednocześnie właściwości lepkie i sprężyste.

Podczas produkcji skrobi ziemniaczanej uzyskuje się duże ilości produktu ubocznego jakim jest błonnik ziemniaczany. Używany był on głównie jako surowiec paszowy. Zainteresowano się możliwością zastosowania go w wyrobach piekarskich (II.D.22; II.D.23; III.B.21; III.B.76; III.B.78). Badany preparat błonnika ziemniaczanego, jako składnik o bardzo dobrych właściwościach sorpcyjnych wykazał duże powinowactwo do wody dostępnej w trakcie tworzenia struktury ciasta. Na podstawie pomiarów technologicznych i reologicznych ciasta, stwierdzono, że najbardziej

optymalny dla badanych typów mąki pszennej (typ 550 i 750) był 1-1,5% dodatek preparatu błonnika ziemniaczanego.

Poszukując składników żywności, które mogą pełnić funkcje prozdrowotne charakteryzowano preparaty skrobi uzyskanych z fasoli i grochu po modyfikacjach fizycznych (mikrofalowanie lub autoklawowanie) (II.A.5; III.B.29; III.B.30; III.B.34; III.B.86; III.B.87). W badaniach *in vivo* prowadzonych na małych ssakach do diety włączono 30% skrobi naturalnych lub uzyskanych z nich preparatów izolowanych z nasion fasoli i grochu. Wykazano pozytywny wpływ analizowanych skrobi na wzrost populacji autochtonicznej mikroflory jelita ślepego szczura. Analizowano ilość krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych produkowanych przez mikroflorę okrężnicy szczura i stwierdzono istotny wzrost produkcji kwasu masłowego, szczególnie w przypadku skrobi z fasoli. Odnotowano też obniżenie poziomu cholesterolu i triacylogliceroli we krwi zwierząt na skutek udziału skrobi i jej preparatów z fasoli i grochu (II.A.5).

Moje zainteresowania badawcze skierowane były także na charakterystykę właściwości funkcjonalnych oraz funkcji prozdrowotnych preparatów skrobi modyfikowanych o zróżnicowanej zawartości skrobi odpornej, uzyskanych w warunkach laboratoryjnych. Do modyfikacji użyto skrobi naturalnych pochodzących z różnych źródeł botanicznych. Były to skrobie: pszenna, ziemniaczana, grochowa oraz tapiokowa i kukurydziana. Badania dotyczące skrobi modyfikowanych obejmowały także handlowe preparaty ze skrobi ziemniaczanej po modyfikacjach chemicznych: utlenianiu, acetylacji czy sieciowaniu. Możliwość prowadzenia badań uzyskano w ramach wsparcia finansowego z Komitetu Badań Naukowych w kierowanych przez mnie dwóch projektach badawczych: projekt badawczy Nr 3 P06T 045 25 pt: „Właściwości sorpcyjne skrobi naturalnych oraz fizycznie modyfikowanych wobec wybranych kwasów żółciowych” (okres realizacji: lata 2003-2005) oraz projekt badawczy Nr N31201632/1279 pt: „Skrobie chemicznie modyfikowane – interakcje z substancjami biologicznie aktywnymi i ich ocena (*in vitro*) jako substratu dla mikroflory jelitowej” (okres realizacji: lata 2007-2009).

W warunkach laboratoryjnych otrzymano preparaty skrobi modyfikowanych o ponad 70% zawartości skrobi odpornej (II.D.3; III.B.20). Stosując technikę różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) stwierdzono iż preparaty te charakteryzowały się wysokimi wartościami temperatury piku (ok. 140°C). Wartości entalpii preparatów otrzymanych ze skrobi pszennej i grochowej były prawie 2-krotnie wyższe niż wartości entalpii otrzymane dla skrobi naturalnych, z których je otrzymano. Tak wysokie temperatury przemian fazowych mogą świadczyć o występowaniu w tych preparatach retrogradowanej amylozy bądź kompleksów amylozowych. Widma uzyskane w spektroskopii rentgenowskiej potwierdzają, że preparaty wykazały budowę krystaliczną, lecz niezdefiniowaną, co

do struktury ani typu. Wyznaczenie temperatur przejścia fazowego przy użyciu techniki DSC okazało się niemożliwe w przypadku preparatów ze skrobi ziemniaczanej i pszennej, które uzyskano stosując cykle autoklawowania/chłodzenia żelu skrobiowego. Jedynie dla preparatu ze skrobi grochowej możliwe było wyznaczenie temperatury pików oraz entalpii, a ich wartości były zbliżone do uzyskanych dla skrobi grochowej.

Ocena właściwości reologicznych tych preparatów (II.A.7) wykazała, że wartości modułu sprężystości i stratności 10% żeli skrobiowych z naturalnych skrobi są wyższe niż wartości uzyskane dla preparatów skrobi modyfikowanych. Analizowano także wartości modułu sprężystości i stratności ciasta pszennego suplementowanego 10% dodatkiem preparatów skrobiowych. Stwierdzono obniżenie wartości obydwu modułów w porównaniu z ciastem kontrolnym. Z technologicznego punktu widzenia jest to istotna informacja, mówiąca o tym, iż komponent wprowadzony do ciasta pszennego posiada wysoką zdolność wiązania wody, co pociąga za sobą rozluźnienie struktury ciasta.

W warunkach *in vitro* badano zdolności sorpcyjne preparatów skrobiowych wobec wybranych kwasów żółciowych oraz mieszaniny kwasów żółciowych (III.B.31). W porównaniu ze skrobiami naturalnymi stwierdzono istotny wzrost o ok. 15-20% zdolności sorpcji mieszaniny kwasów żółciowych przez preparaty skrobiowe.

Analizowano też możliwość włączenia do chleba pszennego preparatu modyfikowanej skrobi grochowej, otrzymanego poprzez zastosowanie cykli autoklawowania/chłodzenia żelu skrobiowego (II.A.6; II.A.7; III.B.33; III.B.35; III.B.36). W porównaniu z próbą kontrolną właściwości mechaniczne i reologiczne ciasta nie uległy pogorszeniu, jeśli udział preparatu modyfikowanej skrobi grochowej wynosił do 20%. Wraz ze wzrastającą ilością preparatu skrobiowego stwierdzono istotny wzrost zawartości skrobi odpornej oraz spowolnienie retrogradacji amylopektyny w badanym chlebie.

W celu poszerzenia uzyskanych informacji podjęto badania, w których preparaty skrobi otrzymane poprzez zastosowanie cykli autoklawowania/chłodzenia żelu skrobiowego oceniano *in vivo* na układzie pokarmowym małych ssaków doświadczalnych. Podczas cztero-tygodniowego doświadczenia określono wpływ 10% udziału skrobi modyfikowanych w diecie na wskaźniki wzrostowe oraz biochemiczne krwi zwierząt laboratoryjnych (II.D.19; III.B.26; II.K.2; II.K.9). Oznaczono także poziom przeciwciał klasy IgG i IgA w surowicy krwi szczurów oraz poziom IgA w ekstraktach jelitowych (III.B.24; III.B.80). W przypadku wszystkich diet z udziałem skrobi modyfikowanych stwierdzono wyższy przyrost masy ciała zwierząt w porównaniu ze zwierzętami kontrolnymi (dieta kontrolna z celulozą). Wykazano wyższą strawność azotu i jego retencję dla grup

karmionych dietą z udziałem skrobi modyfikowanych. Nie stwierdzono statystycznie istotnego oddziaływania badanych diet na poziom glukozy krwi szczurów. Natomiast wyraźnie obniżyła się zawartość cholesterolu pod wpływem badanych skrobi modyfikowanych. W doświadczeniu odnotowano obniżenie ilości treści jelita ślepego oraz jego pH w grupach zwierząt karmionych dietami doświadczalnymi. Badane skrobie wpłynęły na wzrost ogólnej zawartości krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w treści okrężnicy. Stwierdzono dużą różnorodność osobniczą w poziomie przeciwciał klasy IgA zarówno w surowicy jak i ekstraktach jelitowych, co świadczy o pobudzeniu układu immunologicznego w śluzówce jelita. Jednak nie stwierdzono statystycznie istotnych zmian poziomu przeciwciał klasy IgG w surowicy krwi zwierząt karmionych dietą z udziałem skrobi modyfikowanych.

Prace badawcze dotyczące charakterystyki handlowych preparatów uzyskanych ze skrobi ziemniaczanej na drodze modyfikacji chemicznych wykazały, że zawierają od 74 do 77% s.m. skrobi odpornej, są też nośnikami mikro- i makroelementów (III.B.41; III.B.89). W badaniach *in vitro* określono ich interakcje z substancjami biologicznie aktywnymi – cholesterolem oraz mieszaniną kwasów żółciowych w warunkach symulujących trawienie w przewodzie pokarmowym człowieka (II.D.5; III.B.38; III.B.44). Najwyższą zdolność wiązania cholesterolu, w porównaniu z innymi preparatami skrobi chemicznie modyfikowanych, wykazał preparat skrobi utlenionej. Wszystkie preparaty skrobiowe posiadały wysoką, od 59 do 87%, zdolność wiązania mieszaniny kwasów żółciowych. Stwierdzono natomiast obniżenie zdolności wiązania cholesterolu i mieszaniny kwasów żółciowych przez preparaty skrobi poddane hydrolizie w warunkach symulujących trawienie w przewodzie pokarmowym człowieka. Natomiast w badaniach *in vivo* (II.D.32) dowiedziono oddziaływać badanych skrobi modyfikowanych chemicznie na obniżenie zawartości azotu w kale i moczu szczurów, obniżenie zawartości cholesterolu ogółem i trójglicerydów w surowicy krwi zwierząt. Stwierdzono statystycznie istotne obniżenie pH treści jelita ślepego i okrężnicy, wzrost zawartości krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych oraz zmniejszenie aktywności β -glukuronidazy w treści jelita ślepego pod wpływem diety z 20% zawartością badanych skrobi modyfikowanych chemicznie.

W dwóch pracach przeglądowych (II.D.24; II.D.29) dotyczących skrobi odpornej, omówiono charakterystykę strukturalną, funkcjonalną oraz skupiono się na danych dotyczących jej funkcji fizjologicznych. Stwierdzono, że brak jest opracowań, które określałyby właściwości bifidogenne skrobi modyfikowanych, o zróżnicowanej zawartości skrobi odpornej. Brakuje badań analizujących możliwości zastosowania preparatów skrobi modyfikowanych jako substratu dostarczanego wraz z pożywieniem, który może wspierać wzrost korzystnej mikroflory jelitowej, a poprzez to pośrednio

oddziaływać także na ograniczenie wzrostu patogenów. Dlatego też podjęto badania, które miały na celu bliższe poznanie właściwości prozdrowotnych skrobi naturalnych oraz modyfikowanych. W badaniach wstępnych nad oceną właściwości bifidogennych wyselekcjonowano szczepy *Bifidobacterium*, które wykorzystywały do swojego wzrostu skrobi naturalne (II.D.25). Podczas fermentacji *in vitro* prowadzonej w warunkach beztlenowych skrobi naturalne różnego pochodzenia botanicznego stanowiły dobry substrat do wzrostu wybranych szczepów bifidobakterii w porównaniu z próbą kontrolną zawierającą glukozę (III.B.85; II.K.5). Część wyników uzyskanych w ramach tych badań została przedstawiona na konferencjach naukowych (II.K.3; III.B.18; III.B.28; III.B.29; III.B.30) oraz większość z nich opublikowano (II.A.2; II.A.3; II.A.9; II.D.25). Podsumowując te badania można stwierdzić iż: wykorzystanie frakcji skrobi odpornej obecnej w preparatach skrobiowych przez mikroflorę uwarunkowane było z jednej strony pochodzeniem botanicznym skrobi, z drugiej natomiast zdolnością i specyficznością sacharolityczną szczepu *Bifidobacterium*; głównymi metabolitami otrzymanymi podczas fermentacji *in vitro* skrobi naturalnych i modyfikowanych w warunkach beztlenowych przez badane bifidobakterie były krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe: kwas etanowy, kwas 2-hydroksypropanowy, kwas propionowy i kwas butanowy, a ich ilość była zróżnicowana i zależna od źródła pochodzenia botanicznego skrobi oraz zastosowanych procesów modyfikacji skrobi; analizowane skrobie o zróżnicowanej zawartości frakcji skrobi odpornej stanowiły substrat do wzrostu wybranych szczepów *Bifidobacterium*, jednak zastosowana metodologia badań modelowych *in vitro* nie pozwalała na jednoznaczne potwierdzenie ich właściwości prebiotycznych.

Jeden z tematów badawczych dotyczył zagęszczonego w warunkach przemysłowych, lecz płynnego preparatu serwatki kwasowej. Poddano go wstępnej charakterystyce fizyko-chemicznej oraz włączono jako funkcjonalny dodatek do produktów piekarskich. Serwatka kwasowa, poza białkami głównie serwatkowymi, zawiera znaczące ilości laktozy, kwasu mlekowego oraz składników mineralnych. Ustalono, że istnieje możliwość zastosowania w produktach piekarskich ok. 3-krotnie zagęszczonego preparatu serwatki kwasowej jako wartościowego i funkcjonalnego komponentu o znaczeniu odżywczym, technologicznym oraz sensorycznym (II.D.27; II.D.33; III.B.81). Włączenie 10% (w przeliczeniu na suchą masę) płynnego preparatu serwatki kwasowej do ciasta utworzonego z dwóch asortymentów mąki pszennej: typ 500 lub 750 nie wpłynęło istotnie na żadną z analizowanych właściwości technologicznych (objętość bochenka, porowatość, masę właściwą miękiszu). Stwierdzono natomiast istotny wzrost zawartości mikro- i makroelementów oraz zmniejszenie zawartości frakcji skrobi odpornej w produktach wypiekowych. Badania te kontynuowano następnie w ramach projektu rozwojowego N R12 0086 06/2009 pt. „Opracowanie

technologii produktów piekarskich z udziałem koncentrowanych składników mleka pozyskanych z serwatki jako funkcjonalnych i odżywczych komponentów sprzyjających profilaktyce zdrowia”, w którym aktywnie uczestniczyłam jako wykonawca, a uzyskane wyniki opublikowano (II.A.12; II.A.13; II.D.34) lub zaprezentowano na konferencjach naukowych (III.B.47; III.B.49; III.B.53-III.B.62; III.B.64; III.B.65; III.B.92-III.B.94). Wyniki uzyskane w ramach projektu posłużyły także do przygotowania pracy doktorskiej, w której pełniłam funkcję promotora pomocniczego (mgr Monika Jadacka, tytuł pracy: Wpływ koncentratów serwatki potwarogowej na właściwości technologiczne i funkcjonalne produktów wypiekowych, obrona pracy doktorskiej: 19 listopada 2015).

Podjęto również cykl badań, w których surowcem spożywczym były ziarniaki gryki. Podjęte cele badawcze dotyczyły skrobi gryczanej izolowanej z obłuszczonych ziarniaków gryki oraz z ziarniaków poddanych obróbce termicznej, prażeniu przy ograniczonym dostępie wody (II.D.31; III.B.39; III.B.52). Skrobia gryki wykazała typ A krystaliczności w obrazie dyfrakcji promieni X, który nie uległ zmianie na skutek zastosowanego zabiegu termicznego. Natomiast w obrazach widm w podczerwieni stwierdzono obecność pasm potwierdzających tworzenie produktów powstających podczas reakcji Maillarda. Obraz mikrostruktury skrobi poddanej procesowi prażenia wykazał deformacje ziaren skrobi zachodzące pod wpływem zastosowanych procesów termicznych. Na skutek obróbki termicznej stwierdzono spowolnienie hydrolizy przez α -amylazę trzustkową oraz niższą rozpuszczalność i zdolność wiązania wody w porównaniu ze skrobią gryczaną nie poddaną obróbce termicznej.

Prace badawcze dotyczące gryki przyczyniły się do powstania cyklu opracowań związanych z jej zastosowaniem jako odżywczego składnika w diecie osób będących na diecie bezglutenowej. Do analiz wykorzystano handlowe mieszanki bezglutenowe, do których wprowadzono od 10 do 50% mąki gryczanej (II.D.30; II.K.10; III.B.32; III.B.88). Stwierdzono istotne podwyższenie zawartości białka, składników mineralnych oraz skrobi odpornej w chlebie bezglutenowym wraz ze wzrostem zawartości mąki gryczanej. Badania sensoryczne potwierdziły również korzystny wpływ mąki gryczanej na jakość sensoryczną pieczywa bezglutenowego.

Analizowano również eksperymentalnie otrzymane w naszym Instytucie mieszanki bezglutenowe wzbogacone mąką gryczaną, której udział stanowił od 10 do 40% (II.A.8; II.K.11; III.B.40; III.B.90). Także w przypadku tych mieszanek stwierdzono bardzo pozytywny wpływ udziału mąki gryczanej na oceniane właściwości technologiczne bezglutenowych produktów wypiekowych. Wykazano istotne zwiększenie zawartości białka i składników mineralnych. Dowiedziono również wyraźnego wpływu mąki gryczanej na istotne zwiększenie potencjału

przeciwutleniającego chleba bezglutenowego. Jakość sensoryczna była również pozytywnie skorelowana ze wzrastającym udziałem mąki gryczanej w badanych produktach bezglutenowych.

Odrębny cykl badań poświęcono włączeniu do produktów bezglutenowych różnego rodzaju soli wapniowych (III.B.42; III.B.45; III.B.46; III.B.48). Wyniki badań dotyczących możliwości włączenia gryki lub soli wapniowych w mieszankach bezglutenowych posłużyły do przygotowania dwóch zgłoszeń patentowych, a w roku 2013 udzielone zostało prawo wyłączne: PL213548 (aut. Wronkowska M., Soral-Śmietana M., Krupa U., Mieszanka wypiekowa bezglutenowa) oraz PL213549 (aut. Krupa U., Soral-Śmietana M., Wronkowska M., Mieszanka bezglutenowa).

Kontynuacją badań dotyczących gryki są opublikowane wyniki dotyczące możliwości wykorzystania wybranych technologii do modyfikacji cech technologicznych i funkcjonalnych produktów gryczanych. Prace te są zaprezentowane i omówione w mojej rozprawie habilitacyjnej.

Sumaryczne zestawienie dorobku naukowego (bez prac stanowiących rozprawę habilitacyjną)

Mój łączny dorobek naukowy stanowi **159 pozycji**, w tym:

- oryginalnych prac twórczych: **48**
 - po uzyskaniu stopnia naukowego doktora: 35
- rozdziałów w monografiach: 5
 - po uzyskaniu stopnia naukowego doktora: 4
- komunikatów naukowych na konferencjach krajowych i międzynarodowych: **111**
 - po uzyskaniu stopnia naukowego doktora: 87
- publikacji w czasopismach niepuktowanych: **29**
 - po uzyskaniu stopnia naukowego doktora: 17

Wskaźniki dokonań naukowych (bez prac stanowiących rozprawę habilitacyjną)

- Suma punktów za publikacje, według załączników do Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za odpowiedni rok (wg roku opublikowania)* / według załącznika do komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23 grudnia 2015 roku** wynosi odpowiednio: **485*** / **612**** (odpowiednio 457 / 507 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora),
- Sumaryczny *impact factor* publikacji naukowych według listy *Journal Citation Reports* (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania wynosi: **18,725** (18,725 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora),
- Liczba prac opublikowanych w czasopismach indeksowanych przez *Journal Citation Reports* (JCR) (bez prac stanowiących rozprawę habilitacyjną) wynosi **14** (łącznie 328 punktów* / 335 punktów**),
- Indeks Hirscha opublikowanych prac według bazy Web of Science wynosi: **8** (na dzień 06.05.2016)

- Liczba cytowań publikacji (bez autocytowań) według bazy Web of Science (Cited Reference Search - na dzień 06.05.2016) wynosi: **115**, według bazy Scopus (Scopus documents + secondary documents - na dzień 06.05.2016) wynosi: **119**.

* wg załączników do Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za odpowiedni rok (wg roku opublikowania).

** wg Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23 grudnia 2015r. w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach

LICZBOWE ZESTAWIENIE DOROBKU NAUKOWEGO

Rodzaj publikacji	Liczba	Punkty MNiSW *	Punkty MNiSW **	IF ***
Przed uzyskaniem stopnia doktora				
Publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie <i>Journal Citation Reports</i> (JCR)	-	-	-	-
Publikacje w czasopismach recenzowanych innych niż znajdujące się w bazie <i>Journal Citation Reports</i> (JCR)	12	24	100	-
Rozdziały w monografiach****	1	4	5	
Łącznie publikacje	13	28	105	-
Po uzyskaniu stopnia doktora				
Publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie <i>Journal Citation Reports</i> (JCR)	14 (19 ^a)	328 (495 ^b)	335 (490 ^b)	18,725 (10,645 ^c)
Publikacje w czasopismach recenzowanych innych niż znajdujące się w bazie <i>Journal Citation Reports</i> (JCR)	17 (18 ^a)	95 (101 ^b)	152 (167 ^b)	-
Rozdziały w monografiach****	4	34	20	-
Łącznie publikacje	35 (41^a)	457 (630^b)	507 (677^b)	18,725 (29,37^c)
Komunikaty naukowe				
Przed uzyskaniem stopnia doktora	24	-	-	-
Po uzyskaniu stopnia doktora	87	-	-	
Łącznie komunikaty naukowe	111	-	-	-
RAZEM (oryginalne prace twórcze, komunikaty naukowe, publikacje niepuktowane)	159 (165^a)	485 (658^b)	612 (782^b)	18,725 (29,37^c)

* wg załączników do Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za odpowiedni rok (wg roku opublikowania).

** wg Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23 grudnia 2015r. w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z liczbą punktów przyznawanych za publikacje w tych czasopismach

*** zgodnie z rokiem wydania

**** wg Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 sierpnia 2012 r. w sprawie kryteriów i trybu przyznawania kategorii naukowej jednostkom naukowym

^aliczba publikacji wraz z artykułami stanowiącymi rozprawę habilitacyjną

^bliczba punktów wg MNiSW wraz z artykułami stanowiących rozprawę habilitacyjną

^cłączny IF wraz z artykułami stanowiących rozprawę habilitacyjną, zgodnie z rokiem wydania

6.05.2016

Małgorzata Wronkowska