

# **AUTOREFERAT**

---

**DR INŻ. ANNA FRAŚ**

**SAMODZIELNA PRACOWNIA OCENY JAKOŚCI PRODUKTÓW ROŚLINNYCH  
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN – PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY  
RADZIKÓW, 05-870 BŁONIE**

## SPIS TREŚCI

---

<b>A. DANE PERSONALNE.....</b>	<b>3</b>
<b>B. PRZEBIEG KARIERY NAUKOWEJ.....</b>	<b>3</b>
<b>C. PRZEBIEG PRACY ZAWODOWEJ.....</b>	<b>3</b>
<b>D. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. 2016 R. POZ. 882 ZE ZM. W DZ. U. Z 2016 R. POZ. 1311.):.....</b>	<b>4</b>
1. TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO.....	4
2. PUBLIKACJE SKŁADAJĄCE SIĘ NA OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE.....	4
3. SYNTETYCZNE OMÓWIENIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO.....	5
<b>E. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH.....</b>	<b>26</b>
1. ZESTAWIENIE DOROBKU PUBLIKACYJNEGO PRZED I PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA .....	26
2. WSKAŹNIKI BIBLIOMETRYCZNE .....	27
3. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ W PRACY NAUKOWEJ .....	27

## A. DANE PERSONALNE

---

**Imię i nazwisko:**

Anna Magdalena Fraś

**Miejsce zatrudnienia:**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy  
Radzików, 05-870 Błonie  
Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych

## B. PRZEBIEG KARIERY NAUKOWEJ

---

- 2002 magister inżynier  
Politechnika Gdańska w Gdańsku, Wydział Chemiczny, Kierunek  
Biotechnologia, Specjalizacja Technologia Tłuszczów Jadalnych  
i Biotechnologia Lipidów  
Tytuł pracy: **„Enzymatyczne przeestryfikowanie oleju  
oliwkowego kwasem behenowym”**  
Promotor: dr inż. Maria Tynek
- 2011 doktor nauk rolniczych w zakresie agronomii  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut  
Badawczy w Radzikowie  
Tytuł pracy: **„Analiza zmienności zawartości błonnika  
pokarmowego  
i alkilorezorcynoli w ziarnie pszenicy zwyczajnej (*Triticum  
aestivum* L.)”**  
Promotor: prof. dr hab. Danuta Boros  
Recenzenci: prof. dr hab. Jan Kaczmarek, dr hab. Alicja Kawka

## C. PRZEBIEG PRACY ZAWODOWEJ

---

- 2002 Elstar Oils S.A., Rafineria Olejów i Tłuszczów Jadalnych  
w Czerninie (obecnie ADM), staż
- 2002-2004 Elstar Oils S.A., Rafineria Olejów i Tłuszczów Jadalnych  
w Czerninie (obecnie ADM); Specjalista ds. jakości
- 2002-2006 Prowadzenie własnej działalności gospodarczej: Badania i analizy  
techniczne (PKD7430Z)
- 2006-obecnie Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut  
Badawczy w Radzikowie, Samodzielna Pracownia Oceny Jakości  
Produktów Roślinnych; stanowiska: inżynier (2006-2008), asystent  
(2008-2012), adiunkt (2012-aktualnie)
- 2005/2006 Urlop macierzyński i wychowawczy (12 miesięcy)  
2011/2012 Urlop macierzyński i wychowawczy (12 miesięcy)

**D. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. 2016 R. POZ. 882 ZE ZM. W DZ. U. Z 2016 R. POZ. 1311.):**

---

**1. TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO**

**Charakterystyka składu chemicznego polskich odmian pszenżyta (*X Triticosecale* Wittmack) z uwzględnieniem wpływu środowiska oraz możliwości doskonalenia ich przydatności do celów wypiekowych**  
cykl 6 publikacji powiązanych tematycznie

**2. PUBLIKACJE SKŁADAJĄCE SIĘ NA OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE**

1. **Fraś A.**, Gołębiwska K., Gołębiwski D., Boros D. 2018. Dietary fibre in cereal grains – A review. *Plant Breeding and Seed Science*, 77: 43-53.  
(wg. MNiSW – **11 pkt.**, udział 85%)
2. **Fraś A.**, Gołębiwska K., Gołębiwski D., Mańkowski D.R., Boros D., Szecówka P. 2016. Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread. *Journal of Cereal Science*, 71: 66-72.  
(wg. MNiSW – **35 pkt.**, IF=2,302, udział 45%)
3. Fraś A., Mańkowski D.R., Gołębiwski D., Gołębiwska K. 2018. Wpływ genotypu, środowiska oraz interakcji G×E na skład chemiczny i aktywność alfa-amylazy ziarna pszenżyta ozimego. *Polish Journal of Agronomy*, 35: 3-14.  
(wg. MNiSW – **10 pkt.**, udział 60%)
4. Gołębiwska K., **Fraś A.**, Gołębiwski D., Mańkowski D.R., Boros D. 2018. Content of nutrient and bioactive non-nutrient components in different oat products. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 10(3): 307-313.  
(wg. MNiSW – **20 pkt.**, IF=0,558, udział 40%)
5. **Fraś A.**, Gołębiwski D., Gołębiwska K., Mańkowski D.R., Gzowska M., Boros D. 2018. Triticale-oat bread as a new product rich in bioactive and nutrient components. *Journal of Cereal Science*, 82: 146-154.  
(wg. MNiSW – **35 pkt.**, IF=2,302, udział 55%)
6. Mańkowski D.R., **Fraś A.**, Gołębiwska K., Gołębiwski D. 2018. Consumer acceptance of Polish bread products. *Plant Breeding and Seed Science*, 77: 33-42.  
(wg. MNiSW – **11 pkt.**, udział 40%)

Wkład wnioskodawcy w wyżej wymienione prace opisano w **Załączniku 5**, natomiast kopie prac oraz oświadczenia współautorów przedstawiono w **Załącznikach 6 i 7**.

Suma punktów według wykazu MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **122**. Sumaryczny IF publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego według roku opublikowania wynosi **5,162**.

Wszystkie badania, których wyniki stanowią przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe zostały uzyskane w ramach projektu badawczego nr LIDER/019/519/L-4/NCBIR/2013, pt.: „Pieczywo pszenżytnio-owsiane jako nowy polski produkt o podwyższonej wartości prozdrowotnej”, akronim: NovelBread4Fit (2013-2017), finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (kierownik projektu: dr inż. Anna Fraś).

### 3. SYNTETYCZNE OMÓWIENIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

#### WPROWADZENIE

Pszenżyto (*X Triticocsecale* Wittmack) jest pierwszą rośliną zbożową całkowicie wytworzoną przez człowieka, otrzymaną na drodze krzyżowania genomów A i B pszenicy (*Triticum turgidum* L., *Triticum aestivum* L.) z genomem R żyta (*Secale cereale* L.) (Rakha i in., 2013; Zhu, 2018). Polska jest wiodącym światowym producentem pszenżyta. Produkcja tego zboża w 2018 roku wynosiła powyżej 5 mln ton. Ponad 2-krotnie przewyższała produkcję Niemiec, a ponad 3-krotnie Francji (Eurostat, 2018). Pierwszą polską odmianę pszenżyta, Lasko zarejestrowano w 1982 roku, a odmiany obecnie dostępne na rynku są uważane za najlepiej plonujące na świecie, dlatego zarejestrowane są w większości krajów i stanowią duży udział w całkowitej powierzchni uprawy tego zboża. Aktualnie w Krajowym Rejestrze znajdują się 62 odmiany pszenżyta, w tym 49 form ozimych oraz 13 jarych (COBORU, 2018).

W ostatnich latach pszenżyto cieszy się coraz większym zainteresowaniem wśród rolników. Swoją popularność zawdzięcza większej tolerancji na słabsze warunki glebowe, większej odporności na zakwaszenie gleby oraz suszę, większej odporności na choroby pszenicy i żyta, a w konsekwencji większym plonom, w porównaniu z plonami pszenicy na takim samym typie gleb. Pszenżyto jest zbożem podatnym na zmienne warunki środowiska, które w istotnym stopniu wpływają na parametry jakościowe ziarna i jego skład chemiczny, a w konsekwencji na wybór odpowiedniego kierunku użytkowania. Obecnie ziarno pszenżyta wykorzystywane jest przede wszystkim na paszę, ale także jako surowiec do produkcji biopaliw oraz w ostatnich latach w przemyśle spirytusowym i browarniczym (McGoverin i in., 2011). W niewielkim stopniu wykorzystywane jest w przemyśle spożywczym, a zwłaszcza w piekarnictwie. Wykorzystanie mąki pszenżytniej w tym sektorze przemysłu utrudnia zbyt wysoka aktywność amylolityczna i słabe właściwości reologiczne ciasta, co jest bezpośrednio związane z mniejszą ilością i gorszą jakością glutenu w ziarnie pszenżyta w porównaniu do pszenicy. Zabiegi agrotechniczne mogą poprawić jakość ziarna wpływając między innymi na zwiększenie zawartości białka, ważnego z punktu widzenia technologii przerobu ziarna na mąkę (Ceglińska i in., 2005). Duży postęp hodowlany w ostatnich latach w Polsce przyczynił się do poprawy wielu cech determinujących wartość użytkową nowowprowadzonych do uprawy odmian pszenżyta. Obecnie prace hodowlane, obok zwiększenia plenności

i odporności na choroby, ukierunkowane są na poprawę wartości technologicznej nowych odmian. Skład chromosomowy pszenżyta różni się od pszenicy obecnością genomu R żyta, zastępującego genom D pszenicy. Ta substytucja usuwa 1/3 loci białek zapasowych, bezpośrednio odpowiedzialnych za wartość wypiekową mąki i wprowadza loci sekalin, które mogą niekorzystnie wpływać na jakość mąki. Dlatego przez kilkanaście lat prowadzono badania genetyczne mające na celu uzyskanie w pszenicy składu białek bielma zbliżonego do pszenicy. W tym celu stosowano translokacje (np. Valdy, 1R.1D<sub>5+10-2</sub>), w chromosomie R pszenżyta polegające na wstawieniu chromosomu D pszenicy. Jednakże uzyskane efekty badań nie były zadowalające pod względem agronomicznym, jak również wartości wypiekowej, przede wszystkim w odniesieniu do liczby opadania (Ceglińska i in., 2005; Martinek i in., 2008; Woś i in., 2008; Jonnala i in., 2010).

Wartość odżywcza pszenżyta zbliżona jest do pszenicy i żyta. Charakteryzuje się ono wysoką zawartością białka w ziarnie, porównywalną do pszenicy, ale o lepszym składzie aminokwasowym. Zawiera większą ilość lizyny, która jest aminokwasem w pierwszym stopniu ograniczającym wartość odżywczą białka zbóż oraz odznacza się wyższą w porównaniu do żyta strawnością białka i skrobi. Pszenżyto jest bogatym źródłem błonnika pokarmowego, stanowiącego główny kompleks składników bioaktywnych ziarna zbóż, odpowiadający za wartość prozdrowotną. Jest także cennym źródłem innych związków bioaktywnych, takich jak związki fenolowe, w tym alkilorezorcynole, które wykazują aktywność antyoksydacyjną, a także fitoestrogeny, witaminy i mikroelementy (Varughese i in., 1996; Iwański i in., 2009; Jonnala i in., 2010).

Ze względu na duży areal uprawy i rosnące zainteresowanie pszenżytem z punktu widzenia praktyki rolniczej, istotne jest poznanie, które z polskich odmian charakteryzują się jednocześnie korzystnym składem chemicznym oraz optymalną wartością wypiekową. Ważna jest również wiedza na temat wpływu warunków środowiska na kluczowe parametry ziarna związane z jego wartością żywieniową i technologiczną. Obecnie w Polsce nie produkuje się chleba pszenżytniego, z uwagi na niezadowalającą wartość wypiekową tego zboża. Rzadkością są również chleby wypieczone z mieszanek zawierających mąkę pszenżytnią. Prowadzone dotychczas badania ukierunkowane były głównie na poprawę wartości wypiekowej pszenżyta, w celu wykorzystania dużego potencjału tego zboża. Nie opracowano technologicznej metody wypieku chleba pszenżytniego na szerszą skalę. Nie prowadzono również badań nad podniesieniem wartości prozdrowotnej chleba pszenżytniego poprzez suplementację mąki pszenżytniej preparatem wysokobłonnikowym. Do takiej substytucji można zastosować produkty owsiane, które wyróżniają się wysoką wartością prozdrowotną. W literaturze brak jest opracowań dotyczących wzbogacania mąki pszenżytniej produktami owsianymi w celu zwiększenia w niej zawartości błonnika pokarmowego, a w szczególności  $\beta$ -glukanu. Dotychczas ziarno owsa oraz produkty owsiane znalazły zastosowanie do suplementacji chleba pszennego lub pszenno-żytniego (Gambuś i in., 2011).

Dodatkowym argumentem do wykorzystania ziarna polskich odmian pszenżyta do celów konsumpcyjnych jest promowanie w społeczeństwie żywności funkcjonalnej, w tym nowości kulinarnych i urozmaicenia diety. Zmiany w sposobie żywienia i różnorodność

diet przyczyniają się do poszukiwania nowych surowców w przemyśle spożywczym, łączących wysoką wartość odżywczą z funkcjami prozdrowotnymi.

## **CEL BADAŃ**

Niewielka ilość badań na pszenżycie prowadzonych w ostatnich latach, jak również potrzeba pełnej charakterystyki dostępnych odmian pszenżyta w aspekcie wykorzystania na cele konsumpcyjne, a także konieczność poszukiwania nowych, alternatywnych rozwiązań podnoszenia jakości żywności, mającej istotne znaczenie w profilaktyce chorób dietozależnych była podstawą do sformułowania przeze mnie celu badań.

**Celem badań była charakterystyka składu chemicznego wybranych odmian pszenżyta z uwzględnieniem wpływu warunków środowiska na badane parametry i ocena możliwości wykorzystania tych odmian jako surowca do wypieku chleba. Ponadto, ocena możliwości wzbogacenia mąki pszenżytniej produktem owsianym, w celu zwiększenia wartości prozdrowotnej pieczywa.**

Realizacja celu głównego była możliwa dzięki sformułowaniu celów szczegółowych, obejmujących następujące zagadnienia:

1. Analiza zróżnicowania składu chemicznego pomiędzy ziarnem, mąką i chlebem uzyskanym z wybranych odmian pszenżyta oraz określenie ich przydatności wypiekowej.
2. Określenie wpływu genotypu, środowiska oraz interakcji genotypowo-środowiskowej na skład chemiczny wybranych odmian pszenżyta.
3. Poszukiwanie produktu owsianego o najwyższej wartości prozdrowotnej do suplementacji pieczywa pszenżytniego.
4. Opracowanie receptury na pieczywo pszenżytnio-owsiane o podwyższonej wartości prozdrowotnej z wybranych odmian pszenżyta.
5. Ocena preferencji i oczekiwań konsumentów oraz producentów pieczywa w stosunku do nowych produktów piekarniczych.

## **SZCZEGÓŁOWE OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ**

Błonnik pokarmowy stanowi główny kompleks składników bioaktywnych ziarna zbóż. Uwzględniając wysokie spożycie produktów zbożowych, w tym pieczywa, istotne jest, aby zawartość błonnika pokarmowego w spożywanych produktach była jak największa. Cel zaprezentowanych przeze mnie badań uwzględnia zwiększenie wartości prozdrowotnej pieczywa pszenżytniego, poprzez wzbogacanie mąki wysokobłonnikowym produktem owsianym, dlatego wprowadzeniem do mojego osiągnięcia jest **publikacja 1**, w której opisana została budowa, charakterystyka i działanie fizjologiczne błonnika pokarmowego.

Błonnik pokarmowy, zgodnie z obowiązującą definicją stanowią polimery węglowodanów, zawierające 10 lub więcej jednostek monomerycznych, które nie są hydrolizowane przez endogenne enzymy w jelicie cienkim. Na błonnik pokarmowy składają się cztery główne grupy komponentów: nieskrobiowe polisacharydy (w tym celuloza i niecelulozowe polisacharydy), niestrawialne oligosacharydy, skrobia oporna oraz lignina i substancje powiązane z polisacharydami błonnika. Ze względu na rozpuszczalność w wodzie błonnik można podzielić na dwie frakcje: rozpuszczalną

i nierozpuszczalną, z których każda wykazuje odmienne działanie fizjologiczne jak również efekty prozdrowotne. Pierwszą z nich stanowią rozpuszczalne arabinoksylany i  $\beta$ -glukan, a także substancje pektynowe, inulina, gumy i śluzy, natomiast do frakcji nierozpuszczalnej zaliczamy głównie celulozę, nierozpuszczalne hemicelulozy, ligninę, skrobię oporną, woski, kutyne i suberynę.

Błonnik pokarmowy jest zlokalizowany nierównomiernie w poszczególnych częściach anatomicznych ziarniaka. Jego zawartość, jak również ilość i proporcje jego poszczególnych frakcji zmieniają się w zależności od gatunku zboża. Dodatkowo w obrębie tego samego gatunku można zaobserwować duży zakres zmienności pomiędzy odmianami. Badania opisujące zawartość błonnika pokarmowego oraz jego poszczególnych frakcji w 187 odmianach i liniach hodowlanych różnych gatunków zbóż zostały opisane przez Boros i Fraś (2015). Według danych literaturowych największe ilości błonnika spośród wszystkich gatunków zbóż zawierają owies oraz żyto, natomiast jego zawartość w ziarnie pszenżyta mieści się w zakresie 11,9% do 14,3%.

### **Analiza zróżnicowania składu chemicznego pomiędzy ziarnem, mąką i chlebem uzyskanym z wybranych odmian pszenżyta oraz określenie ich przydatności wypiekowej**

Ziarno pszenżyta jest obecnie w niewielkim stopniu wykorzystywane w żywieniu ludzi (Mergoum i in., 2009). Aby zwiększyć wykorzystanie tego gatunku na cele spożywcze należy wskazywać odmiany o najkorzystniejszych właściwościach oraz podkreślać ich walory prozdrowotne. Istotne jest poznanie przydatności do wypieku odmian zalecanych do uprawy w Polsce, jak również intensyfikacja prac hodowlanych zmierzających do wprowadzenia na rynek zbożowy odmian o wyraźnie poprawionych wskaźnikach wartości technologicznej ziarna. Z uwagi na utrzymujący się od lat krajowy potencjał produkcji pszenżyta, szereg badań nad właściwościami wypiekowymi tego zboża było prowadzonych przez polskie zespoły badawcze. Pierwsze z nich na odmianie Lasko prowadzili pod koniec lat 80-tych Haber i Lewczuk (1988). W późniejszych latach, podobne badania prowadzono również w innych krajach, stosując różne metody wypieku (Tohver i in., 2005; Pattison A., 2013, Pattison i Trethovan, 2013). Niewiele jest w literaturze danych dotyczących kompleksowej analizy składu chemicznego ziarna pszenżyta, otrzymanej z niego mąki oraz chleba pod kątem wartości żywieniowej. Nie badano też zróżnicowania pomiędzy odmianami pszenżyta w odniesieniu do poszczególnych składników oraz w kolejnych etapach przetwarzania ziarna na mąkę.

**Celem publikacji 2** było określenie zróżnicowania zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w wybranych odmianach pszenżyta oraz wykazanie zmienności tych składników pomiędzy ziarnem, mąką i chlebem. Materiał do badań stanowiło osiem polskich odmian pszenżyta ozimego (Alektó, Atletico, Elpaso, Fredro, Panteon, Pizarro, Preludio, Subito, Traperó) oraz jedna odmiana pszenicy ozimej (Tonacja) jako próba referencyjna. Badania prowadzono trzyetapowo, na ziarnie, mące oraz chlebie.

Stwierdzono, że badane odmiany różniły się istotnie pod względem zawartości wszystkich analizowanych składników ziarna. W przypadku składników odżywczych



otrzymano niskie wartości współczynników zmienności (CV), w zakresie od 3,0% dla skrobi do 8,0% dla białka. Wśród badanych odmian pszenżyta, odmiana Trapero stanowiła najbogatsze źródło białka i lipidów, zawierając odpowiednio 15,2% i 2,4%. Najmniejszą zawartość białka (11,8%) i jednocześnie największą skrobi (67,6%) stwierdzono w odmianie Preludio, a lipidów (1,9%) w odmianie Elpaso. Zawartość poszczególnych składników odżywczych w analizowanych odmianach pszenżyta była zgodna z wynikami opisanymi przez innych autorów, mimo że niektóre odmiany uczestniczące w tamtych badaniach były w uprawie ponad 25 lat temu (Heger i Egum, 1991; Rakha i in., 2011; Dennett i Threthovan, 2013). W porównaniu do kontrolnej odmiany pszenicy, wszystkie odmiany pszenżyta z wyjątkiem Alekto wyróżniały się istotnie wyższą zawartością związków mineralnych, natomiast zawartość białka, skrobi i lipidów w ziarnie pszenicy wpisywała się w zakresy zawartości uzyskane dla pszenżyta. W odniesieniu do błonnika pokarmowego (DF), oznaczanego jako suma nieskrobiowych polisacharydów (NSP) i ligniny, wykazano, że błonnik w 80% składa się z NSP, z których 85% stanowi frakcja nierozpuszczalna (I-NSP), a 15% frakcja rozpuszczalna (S-NSP). Średnia zawartość NSP oraz poszczególnych frakcji w badanych odmianach wynosiła odpowiednio 10,2%, 8,4% oraz 1,9%. Zawartość NSP w analizowanych odmianach mieściła się w zakresie od 9,5% dla odmiany Elpaso do 11,2% dla odmiany Atletico. Dla zawartości składników bioaktywnych zaobserwowano większą zmienność niż dla składników odżywczych, a współczynniki zmienności wynosiły od 7,0% dla NSP do 20,0% dla S-NSP. Największą ilością błonnika pokarmowego (13,6%) wyróżniały się odmiany Atletico oraz Fredro, a najmniejszą (11,7%) odmiana Preludio. W porównaniu do kontrolnej odmiany pszenicy, ziarno pszenżyta zawierało podobną ilość błonnika, ale dla większości odmian udział frakcji S-NSP był wyższy, czego konsekwencją były również większe lepkości wodnych ekstraktów (WEV). Jedynie odmiany Fredro, Preludio i Trapero nie różniły się istotnie pod względem tego parametru w porównaniu do pszenicy. Największą wartością WEV odznaczała się odmiana Subito (2,0 mPa.s). Większy udział frakcji rozpuszczalnej jest cechą, którą pszenżyto odziedziczyło od żyta. Główny składnik tej frakcji stanowią rozpuszczalne arabinoksylany, odpowiedzialne za lepkie właściwości ziarna.

Największe zmiany w składzie chemicznym pszenżyta zaobserwowano po przemiale ziarna na mąkę. Usunięcie okrywy owocowo-nasiennej spowodowało, że średni poziom białka w mące był o około 2% niższy niż w ziarnie, a wartości mieściły się w zakresie od 9,8% dla mąki z odmiany Subito do 13,9% dla mąki z odmiany Trapero. Ilość popiołu, który jest ważnym czynnikiem, decydującym o jakości mąki obniżyła się aż o 58%, a zawartość skrobi była większa o 10%. Z uwagi na fakt, że lipidy są zlokalizowane głównie w zarodku ziarniaka, który w dużej części jest usuwany w procesie przemiału, ich zawartość w mące pszenżytniej zmniejszyła się o prawie 64%, a skrajnymi zawartościami wyróżniały się mąki z odmian Fredro (1,2%) oraz Elpaso (1,6%). Takie same zależności wykazano również dla mąki pszennej. Mąka uzyskana z większości odmian pszenżyta wyróżniała się istotnie wyższą zawartością białka w porównaniu do mąki pszennej. Tylko mąka uzyskana z odmian pszenżyta Alekto, Elpaso i Fredro nie różniła się istotnie pod względem zawartości tego składnika. W mąkach pszenżytnich wykazano również istotnie wyższą zawartość związków mineralnych w porównaniu do mąki pszennej. Proces przemiału ziarna istotnie wpłynął na obniżenie zawartości wszystkich składników

bioaktywnych. Średnia zawartość błonnika zmniejszyła się z 12,6% w ziarnie do 4,6% w mące, a otrzymane wartości mieściły się w zakresie od 3,9% dla odmiany Preludio do 5,4% dla odmiany Pizarro. Spośród komponentów błonnika, największą różnicę w odniesieniu do ziarna zaobserwowano w przypadku frakcji I-NSP, której średnia zawartość wynosiła 2,4%. Zmienność poszczególnych parametrów mąki pomiędzy odmianami mieściła się w zakresie od 4,0% dla skrobi do 20,0% dla WEV. Analizowane parametry mąki pszenżytniej wpisywały się z zakresy otrzymywane przez innych badaczy (Fenglert i Marquart, 1988; Seguchi i in., 1999; Yaseen i in., 2007; Pattison i Trethovan, 2013).

Trzecim etapem badań było przeprowadzenie wypieku laboratoryjnego i analiza składu chemicznego otrzymanych chlebów. Dla wszystkich parametrów, z wyjątkiem białka, wykazano istotne różnice pomiędzy mąką a chlebem. Ilość tego składnika w chlebach wynosiła od 9,5% dla odmian Preludio i Subito do 12,9% dla odmiany Pizarro. Warto podkreślić, że pomimo najwyższej zawartości białka w ziarnie (15,2%) i w mące (13,9%), wypieczenie chleba z odmiany pszenżyta Trapero było niemożliwe, co sugeruje, że parametr ten w pszenżycie nie jest powiązany z jego wartością technologiczną. Dodatek soli kuchennej w ilości 1,5% do ciasta pszenżytniego spowodował wzrost zawartości popiołu w otrzymanych chlebach. Stwierdzono również około 14% spadek zawartości skrobi w chlebach, w zakresie od 61% dla odmiany Elpaso do 69,9% dla Preludio, który związany jest z jej retrogradacją w wysokiej temperaturze (220°C) i przekształceniu w skrobię oporną, co w konsekwencji spowodowało wzrost zawartości nierozpuszczalnej frakcji błonnika. Ponadto część skrobi uległa rozkładowi podczas procesu fermentacji, skutkiem czego wzrosła zawartość frakcji rozpuszczalnej błonnika. Średnia zawartość błonnika w chlebach wynosiła 5,4%, podczas gdy w mąkach 4,6%. Najlepszy pod tym względem był chleb z odmiany Atletico, chociaż pomiędzy badanymi chlebami nie było istotnych różnic w zawartości błonnika pokarmowego, natomiast średnia wartość WEV, utrzymała się na zbliżonym poziomie (1,6 mPa.s). Nie wykazano również istotnych różnic w zawartości błonnika pokarmowego w porównaniu do kontrolnej odmiany pszenicy, natomiast istotne różnice stwierdzono dla zawartości ligniny oraz WEV. Chleb wypieczony z mąki pszennej wyróżniał się większą zawartością ligniny w porównaniu do chlebów pszenżytnich oraz mniejszą WEV, z wyjątkiem chlebów wypieczonych z odmian Elpaso i Preludio.

Aby ocenić odmiany pszenżyta pod względem przydatności wypiekowej konieczna była analiza wybranych parametrów technologicznych mąki pszenżytniej oraz pomiar objętości pieczywa. Uzyskane parametry dla wszystkich odmian pszenżyta były znacznie niższe w porównaniu do parametrów otrzymanych dla kontrolnej odmiany pszenicy. Nie zaobserwowano istotnych powiązań pomiędzy składem chemicznym, w szczególności w odniesieniu do zawartości białka a parametrami technologicznymi, jak ma to zazwyczaj miejsce w przypadku pszenicy. Wyniki badań wykazały, że pszenżyto jest zbożem, które wymaga opracowania nowych, odmiennych niż w przypadku pszenicy standardów w ocenie przydatności wypiekowej, z indywidualnym podejściem do poszczególnych odmian. Analizowane odmiany pszenżyta charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem w obrębie parametrów technologicznych. Największe zróżnicowanie wykazano dla liczby opadania w zakresie od 62 s dla odmiany Atletico do 231 s dla Elpaso oraz

wodochłonności w zakresie od 54,4% dla odmiany Preludio do 65,3% dla Elpaso. Uzyskane wyniki nie korespondowały w żaden sposób z objętością pieczywa. Otrzymane podczas badań chleby pszenżytnie charakteryzowały się objętością w zakresie od 313 cm<sup>3</sup> (Pizarro) do 438 cm<sup>3</sup> (Fredro), podczas gdy dla chleba pszennego uzyskano wartość 473cm<sup>3</sup>.

**Zasadniczym elementem osiągnięcia była szczegółowa charakterystyka krajowych odmian pszenżyta pod względem składu chemicznego oraz wykazanie, że ziarno odmian charakteryzujących się korzystnym składem chemicznym, może być dobrym surowcem do produkcji mąki i chleba. Wykazano również, że możliwe jest wypieczenie dobrej jakości chleba z mąki pszenżytniej, pomimo braku ustalonych standardów technologicznych. Wybrano odmiany o podniesionej wartości wypiekowej. Jednocześnie wykazano, że odmiany pszenżyta charakteryzowały się dużą zmiennością zawartości poszczególnych składników, a zmiany w składzie chemicznym pomiędzy ziarnem, mąką a chlebem były podobne dla wszystkich odmian. Nie stwierdzono istotnych powiązań pomiędzy składem chemicznym a parametrami technologicznymi pszenżyta, jakie występują w pszenicy.**

Uzyskane wyniki mogą stanowić cenną informację dla polskiej hodowli, pod kątem rozwoju prac hodowlanych nad pszenżytem w kierunku wykorzystania jego ziarna do produkcji chleba.

Wyniki uzyskane w omawianej publikacji pozwoliły na wytypowanie czterech odmian pszenżyta (Alektó, Fredro, Panteon, Preludio), najlepszych pod względem składu chemicznego oraz przydatności wypiekowej, które zostały wykorzystane w dalszych etapach moich badań.

### **Określenie wpływu genotypu, środowiska oraz interakcji genotypowo-środowiskowej na skład chemiczny wybranych odmian pszenżyta**

Wybór kierunku użytkowania zbóż zależy w dużym stopniu od szeroko pojętych cech użytkowych oraz parametrów jakościowych ziarna. Obejmują one zarówno cechy agronomiczne jak i skład chemiczny ziarna, który jest bardzo istotnym elementem, w szczególności przy wykorzystaniu zbóż na cele spożywcze. Pszenżyto pod tym względem nie cieszy się dużą popularnością. Jego wykorzystanie do produkcji pieczywa jest ograniczone przede wszystkim ze względu na wysoką aktywność amylolityczną ziarna, wynikającą z podatności na porastanie oraz zmienne warunki środowiska (Dennet i in., 2013; Zhu 2018). Oprócz charakterystyki ziarna pod względem składu chemicznego, wartości odżywczej i prozdrowotnej, bardzo ważne jest zdobywanie wiedzy na temat wpływu środowiska na zmienność poszczególnych składników chemicznych i parametrów ziarna. W literaturze niewiele jest doniesień na ten temat, a większość prowadzonych dotychczas badań dotyczyła cech typowo agronomicznych, z pominięciem składu chemicznego (Oleksiak i Mańkowski 2006; Bujak i in., 2012; Kociuba i in., 2012).

**Celem publikacji 3 było określenie wpływu genotypu, środowiska oraz interakcji G×E na zawartość wybranych składników chemicznych ziarna pszenżyta oraz szczegółowa charakterystyka interakcji G×E dla wybranych parametrów.**

Materiał badawczy stanowiły cztery odmiany pszenżyta ozimego (Alektto, Fredro, Panteon, Preludio), wytypowane na podstawie wyników badań uzyskanych w **publikacji 2**. Odmiany te charakteryzowały się najkorzystniejszym składem chemicznym oraz przydatnością wypiekową i konsekwentnie były wykorzystywane na wszystkich etapach moich badań. Jako środowisko przyjęto zmieniające się, losowe warunki pogodowe w kolejnych sezonach wegetacyjnych. Doświadczenie obejmowało cztery wspomniane wcześniej odmiany pszenżyta uprawiane w jednej lokalizacji przez trzy kolejne sezony wegetacyjne 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016, które scharakteryzowano pod względem temperatur oraz opadów atmosferycznych. Materiał został oceniony pod względem szeregu składników chemicznych (białka, skrobi, związków mineralnych, lipidów, błonnika pokarmowego), jak również lepkości wodnych ekstraktów (WEV) oraz liczby opadania (FN), czyli parametrów bezpośrednio związanych z jakością ziarna.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono występowanie istotnych różnic w zawartości składników odżywczych pomiędzy badanymi odmianami oraz sezonami wegetacyjnymi. Białko i skrobia stanowią kluczowe wyróżniki jakościowe ziarna pszenżyta. Wykazano, że zawartość białka była w największym stopniu zależna od odmiany (48,0%), następnie od sezonu wegetacyjnego (39,8%) i w ostatniej kolejności od interakcji  $G \times E$  (11,4%). Odmienne zależności uzyskano dla zawartości skrobi, która była w głównym stopniu zależna od interakcji  $G \times E$  (49,5%), a następnie od odmiany (33,0%) i środowiska (10,4%). Istotny wpływ warunków atmosferycznych na zawartość tych parametrów potwierdzają uzyskane różnice pomiędzy sezonami wegetacyjnymi. Odmiany uprawiane w sezonie 2015/2016, obfitym w opady w okresie wegetacji, charakteryzowały się najmniejszą zawartością tych składników, w ilości 10,6% białka i 62,0% skrobi. Największą średnią zawartość białka wykazano dla odmiany Panteon (14,1%), a najniższą dla odmian Alektto (10,9%) i Preludio (11,2%). Dla sezonu wegetacyjnego 2015/2016 oraz odmian Fredro i Preludio stwierdzono efekty interakcyjne bliskie 0, co jest potwierdzeniem ich stabilności pod względem zawartości białka. W przypadku skrobi, największą zawartością tego składnika charakteryzowała się odmiana Preludio (65,1%), a najmniejszą odmiany Panteon (62,2%) i Fredro (61,5%). Ponadto wykazano, że odmiana Fredro jest stabilna pod względem tej cechy.

Zawartość składników mineralnych oraz lipidów w pierwszej kolejności była zależna od sezonu wegetacyjnego, odpowiednio 44,0% oraz 48,6%. W przypadku składników mineralnych w drugiej kolejności wykazano udział interakcji  $G \times E$  (39,0%), a następnie odmiany (14,1%), natomiast dla lipidów uzyskano odwrotną zależność, 10% dla interakcji  $G \times E$  oraz 39,4% dla odmiany. Dla obydwu składników wykazano istotne różnice pomiędzy odmianami pszenżyta, jak również pomiędzy kolejnymi sezonami wegetacyjnymi. Spośród wszystkich obiektów największą zawartością związków mineralnych (2,0%) charakteryzowała się odmiana Panteon uprawiana w sezonie 2013/2014, natomiast odmiany Alektto i Fredro z sezonu 2014/2015 wyróżniały się największą ilością lipidów (2,5%). Otrzymane zawartości składników odżywczych, jak również różny wpływ warunków pogodowych na ich zawartość korespondowały z wynikami opisanymi przez innych badaczy (Erekuł i Kohn 2006; Kowieska i in., 2011; Rakha i in., 2011; Dennet i Trethovan 2013; Dekić i in., 2018).

Istotne różnice pomiędzy poszczególnymi okresami wegetacji oraz pomiędzy odmianami wykazano również dla zawartości błonnika pokarmowego (DF), z uwzględnieniem jego poszczególnych składników. Stwierdzono, że zawartość DF, w tym nieskrobiowych polisacharydów (NSP) oraz ich frakcji I-NSP była w największym stopniu zależna od warunków środowiska, a ich udział w ogólnej zmienności wynosił odpowiednio 51,4% (DF), 69,7% (NSP) i 82,1% (I-NSP). Udział genotypu w kształtowaniu się tych składowych wynosił 40,5% dla DF, 24,8% dla NSP i 12,7% dla frakcji I-NSP, natomiast udział interakcji G×E był najmniejszy, a wartości mieściły się w zakresie od 3,0% dla I-NSP do 4,3% dla DF. Zawartość ligniny była zależna w 71,8% od odmiany, następnie w 20,8% od interakcji G×E i tylko w 5,4% od sezonu wegetacyjnego. W przypadku frakcji rozpuszczalnej NSP (S-NSP), powiązanej w istotny sposób z funkcjonalnymi właściwościami ziarna, stwierdzono największy wpływ odmiany w kształtowaniu się łącznej zmienności tego parametru (76,4%), następnie sezonu wegetacyjnego (12,1%) oraz interakcji G×E (9,8%). Największą zawartością błonnika pokarmowego (12,8%) charakteryzowała się odmiana pszenżyta Fredro, dla której stwierdzono również największą zawartość NSP (10,3%), w tym S-NSP (2,6%) i ligniny (2,5%). Najmniejszą zawartością błonnika (10,7%) i wszystkich jego składników (NSP – 8,9%; I-NSP – 7,3%; S-NSP – 1,6%; lignina – 1,8%) wyróżniała się odmiana Preludio. Wyniki uzyskane dla zawartości S-NSP w dużym stopniu korespondowały z lepkością wodnych ekstraktów (WEV), powiązaną z frakcją rozpuszczalną błonnika, którą w ziarnie pszenżyta stanowią głównie rozpuszczalne arabinoksylany. Wykazano, że na wartość WEV największy wpływ miały sezon wegetacji (49,3%) oraz odmiana (42,3%), natomiast udział interakcji G×E wynosił 7,0%. Najmniejszą wartością tego parametru, podobnie jak w przypadku S-NSP charakteryzowała się odmiana Preludio (1,3 mPa.s), a największą odmiany (1,7 mPa.s) Alekto i Panteon. Spośród sezonów wegetacyjnych największe wartości dla obydwu cech uzyskano dla sezonu 2014/2015, odpowiednio 2,2% i 1,8 mPa.s. Podobne badania dotyczące wpływu środowiska na zawartość DF i jego składowych oraz WEV ziarna pszenżyta prowadzili inni badacze (Rakha i in., 2011; Levy Haner i in., 2013), którzy także wykazali istotne różnice w wartościach tych parametrów.

Ostatnim analizowanym parametrem była liczba opadania ziarna (FN), która pozwala uzyskać informacje na temat aktywności amylolicznej ziarna, bardzo istotnej z technologicznego punktu widzenia. Wykazano, że parametr ten był w największym stopniu spośród wszystkich badanych cech zależny od warunków środowiska (83,2%). Udział interakcji G×E w ogólnej zmienności tej cechy wynosił 13,5%, a genotypu tylko 2,3%. Badane odmiany pszenżyta różniły się istotnie pod względem FN, w zakresie od 205s dla odmiany Alekto do 231s dla odmiany Panteon. Istotne różnice zaobserwowano również pomiędzy kolejnymi sezonami wegetacyjnymi w zakresie od 129s dla sezonu 2013/2014 do 284s dla sezonu 2015/2016, a otrzymane wartości były adekwatne do warunków pogodowych panujących w poszczególnych latach. Zróżnicowane wartości FN w ziarnie pszenżyta oraz istotny wpływ warunków środowiska na jej wartości zaobserwowali i opisali również inni autorzy prowadzący badania na tym gatunku (Tohver 2005; Erekuł i Kohn, 2006).

**Istotnym elementem osiągnięcia było wskazanie, które składniki ziarna pszenżyta i w jakim stopniu zależne są od poszczególnych zmiennych, co daje**

możliwość wykorzystania badanych odmian w najbardziej właściwym dla nich kierunku użytkowania. Największy wpływ genotypu odnotowano dla zawartości S-NSP, białka i ligniny, natomiast zawartość skrobi oraz związków mineralnych była w największym stopniu zależna od interakcji G×E. Największy wpływ sezonu wegetacyjnego stwierdzono dla liczby opadania i lepkości wodnych ekstraktów, a także dla zawartości lipidów, błonnika pokarmowego, NSP oraz frakcji I-NSP. Badania pozwoliły również na ocenę stabilności odmian pod względem zawartości poszczególnych składników w kolejnych sezonach wegetacyjnych. Wykazano, że odmiany Fredro i Preludio były stabilne pod względem zawartości białka, a odmiana Fredro również pod względem zawartości skrobi.

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki w połączeniu z wynikami opisanymi w publikacji 2 dają kompleksową charakterystykę badanych odmian pszenżyta. Taka wiedza, w połączeniu z rekomendacją tych odmian na cele wypiekowe może być przydatna hodowcom pszenżyta oraz rolnikom podczas wyboru preferowanych warunków ich uprawy. Opisane w osiągnięciu wyniki mogą stanowić podstawę do prowadzenia prac na szerszą skalę w tym zakresie, obejmujących większą liczbę odmian pszenżyta.

#### **Poszukiwanie produktu owsianego o najwyższej wartości prozdrowotnej do suplementacji pieczywa pszenżytniego**

Owies jest zbożem o wszechstronnym zastosowaniu, jako surowiec do produkcji żywności, wartościowa pasza, w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym oraz na cele energetyczne. Jest również bardzo cennym gatunkiem pod względem agronomicznym, gdyż posiada właściwości fitosanitarne, a z uwagi na niską podatność na choroby grzybowe i zachwaszczenie jest bardzo dobrym przedplonem dla pozostałych gatunków zbóż. Jest to jednak wciąż niedoceniony gatunek, gdyż jego uprawa z ekonomicznego punktu widzenia jest mniej rentowna w porównaniu do innych gatunków zbóż. Owies (*Avena sativa* L.), który wyróżnia się wysoką zawartością składników prozdrowotnych zajmuje ważne miejsce wśród surowców o funkcjonalnych właściwościach wykorzystywanych do produkcji żywności. Zawiera białko o najwyższej wartości biologicznej, którego cechą charakterystyczną jest wysoka zawartość frakcji globulin (70-80%), najcenniejszych pod względem wartości odżywczej oraz niska zawartość prolaminy i gluteliny (20-25%) (Kawka, 2010). Owies zawiera również mniejszą o około 10% w porównaniu do innych zbóż zawartość skrobi (55%), a także stanowi najbogatsze źródło lipidów (4-10%) (Hoover i in., 2003; Berski i in., 2011). Wśród lipidów owsa ważną rolę odgrywają niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), biorące udział w przemianach biochemicznych oraz regulacji czynności fizjologicznych.

Owies jest ważnym źródłem błonnika pokarmowego, który występuje w ilości od 12,2% w ziarnie obłuszczonej do 38,4% w ziarnie oplewionym (Boros i Fraś, 2015). W błonniku owsianym duży udział stanowi frakcja rozpuszczalna, odpowiedzialna za jego funkcjonalne właściwości. Jej głównym składnikiem jest  $\beta$ -glukan, który został scharakteryzowany w publikacji 1. Zawartość  $\beta$ -glukanu w ziarnie owsa mieści się w zakresie od 2,2% do 6,6% (Genc i in., 2001; Gajdasowa i in., 2007). Do pozostałych

składników wpływających na prozdrowotny charakter ziarna owsa można zaliczyć związki o charakterze przeciwutleniającym, takie jak witamina E oraz związki polifenolowe: kwasy fenolowe, flawonoidy czy awentramidy oraz witaminy z grupy B (Peterson, 2001; Bratt i in., 2003).

Biorąc pod uwagę właściwości odżywcze i prozdrowotne owsa postanowiłam wzbogacić pieczywo otrzymane z wybranych odmian pszenżyta, opisanych w **publikacji 2** produktami owsianymi, aby poprawić jego wartość prozdrowotną.

**Celem publikacji 4 było określenie zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w wybranych produktach owsianych, powszechnie dostępnych na rynku. Analizowane produkty porównano między sobą oraz do ziarna owsa, by wskazać te najbardziej wartościowe.**

Materiał badawczy stanowiło 6 produktów owsianych: koncentrat błonnika owsianego (COF), otręby wysokobłonnikowe (HFOB), otręby zwykłe (ROB), płatki błyskawiczne (QRO), płatki zwykłe (RRO) oraz mąka owsiana (OFL). Ponadto do badań włączono dodatkową próbę mąki owsianej (ROFL), która stanowi produkt uboczny przy produkcji koncentratu błonnika owsianego (COF). Ponieważ surowcem do produkcji żywności jest obłuszczone ziarno owsa, do badań włączono dwie odmiany referencyjne Bingo i Krezus.

Prowadzone badania potwierdziły, że owies oraz produkty owsiane są bogatym źródłem składników odżywczych oraz bioaktywnych. Najkorzystniejszym składem chemicznym wyróżniał się koncentrat błonnika owsianego. Produkt ten charakteryzował się największą zawartością białka (22,9%), składników mineralnych (4,4%), lipidów (10,2%) i najmniejszą skrobi (26,5%). COF stanowił również najbogatsze źródło błonnika pokarmowego (27,7%), z udziałem frakcji rozpuszczalnej w ilości 15,9%, z czego aż 15% stanowił  $\beta$ -glukan. Ilość błonnika w tym produkcie przewyższała prawie 3-krotnie jego zawartość w pozostałych próbach. Ponadto COF był najbogatszym źródłem polifenoli (1,8mg ekw. kw. galusowego/g). Warto podkreślić, że według producenta (Microstructure Sp. z o.o.) COF jest wytwarzany metodą fizyczną, bez użycia substancji chemicznych, a surowiec do jego produkcji stanowiły wyselekcjonowane odmiany owsa. Ponadto producent deklaruje, że produkt ten zawiera zredukowaną ilość lipidów oraz węglowodanów.

Drugim najcenniejszym pod względem wartości odżywczej i prozdrowotnej produktem okazały się wysokobłonnikowe otręby owsiane (HFOB), które zaraz po COF stanowiły najbogatsze źródło białka (17,3%), składników mineralnych (2,4%) oraz błonnika pokarmowego (11,8%) z udziałem  $\beta$ -glukanu w ilości 5,3%. Pozostałe produkty owsiane, za wyjątkiem mąki resztkowej (ROFL) charakteryzowały się porównywalną zawartością poszczególnych składników. Zawartość błonnika pokarmowego mieściła się w zakresie od 9,0% dla płatków zwykłych do 9,5% dla otrębów zwykłych, a ilość  $\beta$ -glukanu wynosiła od 4,1% do 4,6%. Odmienne właściwości stwierdzono dla mąki resztkowej (ROFL), będącej produktem ubocznym, a proces wytwarzania COF miał wpływ na jej skład chemiczny. Charakteryzowała się ona wysoką zawartością skrobi (63,8%) oraz lipidów (7,4%) i jednocześnie najmniejszą ilością białka (13,9%), składników mineralnych (1,6%), błonnika (6,1%) i  $\beta$ -glukanu (2,3%). Wielu badaczy analizowało produkty owsiane, ale prowadzone badania zazwyczaj obejmowały jeden rodzaj produktów. Wartości uzyskane w omawianej publikacji są zbieżne z wynikami prezentowanymi w literaturze (Marlett,

1993; Luhallo i in., 1998; Huttner i in., 2010; Beccerica i in., 2011; Choi i in., 2012; Hu i in., 2014). Współczynniki zmienności dla poszczególnych składników były wysokie i mieściły się w zakresie od 7,7% dla ligniny do 40,0% dla związków mineralnych. Wysoka zmienność związana jest prawdopodobnie z odmienną dla każdego produktu technologią wytwarzania oraz jakością surowców wykorzystywanych do ich otrzymywania. W przypadku oceny referencyjnych odmian owsa, wykazano, że zawartość białka, składników mineralnych i skrobi w ziarnie była porównywalna do wszystkich produktów, z wyjątkiem COF a dla białka również HFOB. Ponadto ziarno owsa, jako produkt nieprzetworzony stanowiło bogate źródło lipidów, błonnika pokarmowego oraz polifenoli.

**Istotnym elementem osiągnięcia jest wykazanie dużego zróżnicowania zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w dostępnych na rynku produktach owsianych oraz wskazanie produktu o największej ilości tych składników, który może być wykorzystany do wzbogacenia pieczywa pszenżytniego. Wykazano również, że wszystkie analizowane produkty charakteryzują się prozdrowotnymi właściwościami i stanowią bogate źródło błonnika pokarmowego. Syntetyczne podsumowanie jakości popularnych produktów owsianych, może stanowić kompendium wiedzy dla producentów, jak również konsumentów zdrowej żywności. Niewiele jest w literaturze publikacji skupiających szeroką charakterystykę dużej ilości produktów w jednym artykule.**

Ze względu na nieprawidłowe nawyki żywieniowe społeczeństwa i wzrastającą ilość chorób dietozależnych, opisane produkty owsiane powinny być w szerokim zakresie zalecane do codziennego spożycia. Wzrost zużycia owsa i produktów owsianych na cele konsumpcyjne może przyczynić się do zwiększenia zainteresowania uprawą tego cennego pod każdym względem gatunku w perspektywie najbliższych lat.

Wyniki uzyskane w omawianej publikacji pozwoliły na wybranie produktu owsianego w postaci koncentratu błonnika owsianego, który został wykorzystany do suplementacji pieczywa pszenżytniego w kolejnym etapie moich badań.

### **Opracowanie receptury na pieczywo pszenżytnio-owsiane o podwyższonej wartości prozdrowotnej z wybranych odmian pszenżyta**

W ostatnich latach zboża niechlebowe i produkty z nich otrzymane z uwagi na korzystny skład chemiczny są coraz częściej wykorzystywane w produkcji żywności o wysokiej jakości. Suplementacja mąki składnikami o funkcjonalnych właściwościach, w tym błonnikiem pokarmowym jest często wykorzystywaną metodą zwiększania wartości prozdrowotnej pieczywa. Według niektórych danych literaturowych zwiększanie dodatku błonnika do mąki pszennej ma negatywny wpływ na właściwości reologiczne ciasta oraz parametry pieczywa (Sabanis i in., 2009; Rosell i in., 2010; Rubel i in., 2015). Prace polskich autorów wskazują natomiast, że gdy źródłem błonnika była mąka owsiana, dodatek w ilości 15% nie powodował obniżenia jakości pieczywa pszennego (Gambuś i in., 2006; Wójcik i in., 2017). Tego typu badania z wykorzystaniem mąki pszenżytniej nie były dotychczas prowadzone. Pszenżyto było wykorzystywane jedynie do suplementacji mąki pszennej, a prowadzone prace skupiały się głównie nad doborem



metody wypieku oraz parametrach otrzymanego pieczywa (Pena i Amaya, 1992; Naeem i in., 2002; Ceglińska i in., 2003; Tohver i in., 2005). Nie prowadzono również badań nad prozdrowotnymi właściwościami pszenżyta z żywieniowego punktu widzenia.

Uzasadnieniem wyboru wysokobłonnikowego komponentu owsianego do suplementacji mąki uzyskanej z wybranych odmian pszenżyta był jego skład chemiczny, w szczególności w odniesieniu do błonnika pokarmowego. Błonnik owsiany jest bogatym źródłem  $\beta$ -glukanu, natomiast w pszenżycie zbudowany jest głównie z arabinoksyfanów. Połączenie tych dwóch gatunków zapewnia otrzymanie pieczywa wyróżniającego się składem chemicznym i wysoką wartością prozdrowotną.

**Celem publikacji 5 było opracowanie receptury na pieczywo pszenżytnio-owsiane o prozdrowotnych właściwościach, przez zastąpienie jak największej ilości mąki pszenżytniej koncentratem błonnika owsianego, bez obniżenia parametrów technologicznych chleba.**

Materiał badawczy stanowiły cztery polskie odmiany pszenżyta ozimego (Alekt, Fredro, Panteon, Preludio), które zostały wybrane na podstawie wyników opisanych w publikacjach 2 i 3. Mąka pszenżytnia suplementowana była koncentratem błonnika owsianego (COF), scharakteryzowanego w publikacji 4 w ilości 2,5%, 5% i 10%. Z przygotowanych mieszanek wypieczone zostały chleby pszenżytnio-owsiane. Dodatkowo dla celów porównawczych do badań włączono dwa najbardziej popularne rodzaje chleba dostępne na rynku: pszenny (CB1) i pszenno-żytni (CB2).

W wyniku prowadzonych prac wykazano, że zawartość składników odżywczych w chlebach pszenżytnich zmieniała się wprost proporcjonalnie do ilości dodanego COF. Ponieważ koncentrat błonnika owsianego stanowił bogate źródło białka, zawartość tego składnika pomiędzy chlebem kontrolnym a suplementowanym 10% COF zwiększyła się o 2 punkty procentowe w przypadku wszystkich chlebów pszenżytnich. Chleby uzyskane z odmiany Panteon stanowiły najbogatsze źródło białka w zakresie od 13,9% dla chlebów kontrolnych do 15,9% dla 10% udziału COF. Najmniejszą zawartością białka (od 7,8% do 10,0%) wyróżniały się chleby otrzymane z odmiany Alekt. Na podstawie analizy zawartości aminokwasów w chlebach suplementowanych 5% COF stwierdzono istotny wzrost zawartości aminokwasów egzogennych po suplementacji, włączając w to lizynę, która jest pierwszym aminokwasem ograniczającym wartość odżywczą białka w ziarnie zbóż. Wyniki te pokazały, że wszystkie chleby pszenżytnio-owsiane stanowią źródło białka o wysokiej wartości biologicznej. W otrzymanym pieczywie zaobserwowano niewielki wzrost zawartości składników mineralnych, natomiast zawartość lipidów zwiększyła się prawie dwukrotnie, a wartości mieściły się w zakresie od 1,2% dla chlebów kontrolnych z odmian Alekt i Fredro do 2,6% dla chleba z odmiany Preludio z 10% COF. Koncentrat błonnika owsianego jako ubogie źródło skrobi spowodował obniżenie zawartości tego składnika o około 5% w otrzymanym pieczywie. Spośród otrzymanych chlebów pod względem wartości odżywczej najlepszą jakością charakteryzowały się chleby otrzymane z odmian Panteon i Fredro. Wyróżniały się one najwyższą zawartością białka i lipidów oraz najmniejszą ilością skrobi.

Istotnym elementem prowadzonych badań była ocena zmian w zawartości w składników bioaktywnych, które nastąpiły po połączeniu mąki uzyskanej z badanych odmian pszenżyta z COF. Dodatek koncentratu błonnika owsianego spowodował istotny

wzrost zawartości błonnika pokarmowego, którego ilość zwiększyła się od 6,9% dla chleba kontrolnego z odmiany Preludio do nawet 11,5% w przypadku chleba z odmiany Panteon z 10% COF. Chleby uzyskane z odmiany Panteon były najbogatszym źródłem błonnika spośród wszystkich omawianych w niniejszej pracy. Warto również podkreślić jakie zmiany zachodziły w zawartości poszczególnych składników błonnika, w szczególności nieskrobiowych polisacharydów (NSP), które stanowią jego główny składnik. W pszenżycie ponad 80% NSP stanowi część nierozpuszczalna (I-NSP), natomiast w COF dominującą częścią błonnika jest frakcja rozpuszczalna. Dlatego dodatek koncentratu do pszenżyta spowodował istotny wzrost zawartości tej frakcji dla wszystkich odmian, w zakresie od 1,4% dla chleba z odmiany Preludio do 3,5% dla chleba z odmiany Panteon z 10% udziałem COF. Głównym składnikiem frakcji rozpuszczalnej w COF jest  $\beta$ -glukan, w ilości prawie 15%, więc, jak oczekiwano suplementacja mąki pszenżytniej spowodowała kilkukrotny wzrost jego zawartości w pieczywie. Średnia zawartość  $\beta$ -glukanu w chlebach kontrolnych wynosiła 0,3%, natomiast w suplementowanych 10% COF nawet 1,8% w przypadku odmian Alekto, Fredro i Panteon. Uzyskano więc chleby pszenżytnie z wysoką zawartością  $\beta$ -glukanu. Konsekwencją zwiększenia zawartości frakcji rozpuszczalnej błonnika na skutek dodatku COF był prawie dwukrotny wzrost wartości lepkości wodnych ekstraktów (WEV). Parametr ten jest bezpośrednio związany z zawartością frakcji rozpuszczalnej, której lepkie właściwości odpowiadają za uczucie sytości po posiłku. Najmniejszą wartością WEV (od 1,5 mPa.s do 3,3 mPa.s) i jednocześnie S-NSP (od 1,4% do 2,7%) charakteryzowały się chleby z odmiany Preludio, natomiast największą lepkość stwierdzono w chlebach z odmiany Alekto (od 2,7 mPa.s do 6,9 mPa.s). Wraz z dodatkiem COF dla większości otrzymanych chlebów stwierdzono wzrost zawartości polifenoli (TPC) oraz aktywności antyoksydacyjnej (ABTS), chociaż nie zawsze różnice te były istotne statystycznie. Największe wartości dla obydwu parametrów uzyskano dla odmiany Panteon, a najmniejsze dla odmiany Preludio. Otrzymane pieczywo pszenżytnio-owsiane na tle popularnych produktów komercyjnych charakteryzowało się porównywalną zawartością białka, związków mineralnych i skrobi, a mniejszą lipidów niż chleb pszeniczny (CB1). Natomiast chleb pszenno-żytni (CB2) zawierał istotnie więcej składników odżywczych. W odniesieniu do błonnika pokarmowego chleby pszenżytnio-owsiane każdorazowo zawierały istotnie większą jego ilość w porównaniu do pieczywa zakupionego w sklepie (CB1, CB2).

Analiza wybranych parametrów technologicznych, ściśle związana z jakością otrzymanych produktów była koniecznym elementem moich badań, pozwalającym na pełną charakterystykę badanych odmian pszenżyta. Z danych literaturowych wiadomo, że wartość wypiekowa mąki pszennej zależy od ilości i jakości białka. Właściwości pszenżyta w tym aspekcie są niezadowolające z uwagi na niską ilość i słabą jakość glutenu. Dodatek COF do mąki pszenżytniej spowodował rozcieńczenie białek glutenowych a tym samym pogorszenie parametrów reologicznych ciasta, tekstury chleba oraz objętości bochenków. Wykazano, że rosnąca zawartość COF w mące pszenżytniej nie wpływała istotnie na wartość liczby opadania, natomiast stwierdzono istotny wzrost wodochłonności mąki. Parametr ten był bardzo zróżnicowany, a skrajne wartości zaobserwowano dla mąk uzyskanych z odmian Preludio (od 50,9% do 57%) oraz Panteon (od 66,5% do 72,3%).

Ponieważ wszystkie chleby pszenżytnio-owsiane charakteryzowały się wysoką wartością prozdrowotną, istotnym elementem badań był wybór maksymalnego stężenia COF, pozwalającego na otrzymanie pieczywa o akceptowalnych parametrach technologicznych. Wzrost stężenia COF powodował pogorszenie parametrów pieczywa. Dla wszystkich analizowanych odmian, chleby z 2,5% oraz 5% dodatkiem koncentratu charakteryzowały się porównywalną jakością. Bochenki były średnio wypieczone o jasno brązowym kolorze skórki, natomiast miękisz został scharakteryzowany jako lekki, elastyczny i nie-kleisty. Istotnie gorsze parametry uzyskano dla pieczywa suplementowanego 10% COF, dla którego bochenki były słabo wypieczone, o płaskim kształcie i bladej skórcie, a miękisz określono jako ciężki, nieelastyczny i kleisty. Ponadto chleby te dla większości odmian charakteryzowały się najmniejszą objętością. Podobne zależności związane z obniżeniem parametrów technologicznych po suplementacji mąki pszennej preparatami bogatymi w błonnik pokarmowy zostały opisane w literaturze przez innych badaczy (Chen i in., 1988; Czubaszek i Karolini-Skaradzińska, 2005; Rubel i in., 2015). Biorąc pod uwagę najsłabsze parametry reologiczne ciasta oraz niską jakość pieczywa uzyskanego z dodatkiem 10% COF stwierdzono, że maksymalny możliwy dodatek koncentratu, pozwalający na otrzymanie dobrej jakości pieczywa wynosi 5%.

W wyniku prowadzonych badań stwierdzono, że wzbogacanie mąki otrzymanej z wybranych odmian pszenżyta koncentratem błonnika owsianego pozwala na otrzymanie pieczywa o wysokiej zawartości składników odżywczych i bioaktywnych.

**Zasadniczym osiągnięciem tej pracy było wykazanie, że chleby otrzymane z badanych odmian pszenżyta i wzbogacone koncentratem błonnika owsianego stanowią bogate źródło błonnika pokarmowego (zawierają powyżej 6 g na 100 g). Ponadto wszystkie chleby suplementowane 5% i 10% COF spełniają warunki oświadczenia zdrowotnego dotyczącego  $\beta$ -glukanu.**

W badaniach wykazano, że suplementacja mąki pszenżytniej koncentratem błonnika owsianego w ilości 5% pozwala na otrzymanie nowego rodzaju pieczywa charakteryzującego się optymalną jakością i bardzo dobrą wartością bioaktywną. Wysoka wartość prozdrowotna oraz oryginalny skład nowego produktu wynikają przede wszystkim z połączenia  $\beta$ -glukanu owsa z błonnikiem pszenżytnim.

Na tle badanych odmian pod względem składu chemicznego, jak również parametrów technologicznych wyróżniała się odmiana pszenżyta Panteon. Jest to odmiana pochodząca z Hodowli Roślin Strzelce, zarejestrowana w 2015 roku i niewątpliwie powinna być promowana do wypieku chleba. Wykazanie możliwości podwyższenia wartości prozdrowotnej pieczywa pszenżytniego może przyczynić się do dalszego zwiększenia wykorzystania ziarna pszenżyta na cele piekarskie.

### **Ocena preferencji i oczekiwań konsumentów oraz producentów pieczywa w stosunku do nowych produktów piekarniczych**

Rynek pieczywa w Polsce jest bardzo zróżnicowany, zarówno pod względem ilości produktów, jak również ich jakości, pomimo, że w ciągu ostatnich lat, zarówno w Polsce jak i na świecie obserwuje się stały spadek spożycia pieczywa (Kendall i in., 2010; Pal i in., 2011). Ponadto postęp technologiczny, zmienność upodobań konsumentów oraz preferowanie zdrowego trybu życia spowodowały zwiększenie wymagań jakościowych

w stosunku do produktów spożywczych, w tym również pieczywa (Kopeć i Bać, 2013). Dlatego wiedza dotycząca zachowań i preferencji konsumentów powinna ułatwić producentom pieczywa dostosowanie swojej oferty do potrzeb klienta, w szczególności podczas wprowadzania nowych produktów na rynek (Jeżewska-Zychowicz, 2014).

**Uzupełnieniem mojego osiągnięcia jest publikacja 6, której celem było zbadanie preferencji i oczekiwań polskich konsumentów w odniesieniu do pieczywa oraz ich porównanie z opiniami producentów. Badania dotyczyły nastawienia konsumentów do dostępnego asortymentu pieczywa, a także określenia ich potrzeb w stosunku do pieczywa o charakterze prozdrowotnym.**

Badania ankietowe przeprowadzono we współpracy z Konsorcjum Biostat (Rybnik, Polska). Dane zbierano zgodnie z metodyką CATI (computer-assisted telephone interviewing) - wywiad telefoniczny wspomagany komputerowo. Badania konsumentów obejmowały reprezentatywną próbę 1080 osób z terenu całej Polski (błąd statystyczny <3%), w wieku od 17 do 65 lat, dobraną poprzez losowanie warstwowe - proporcjonalne do struktury demograficznej województw. W badaniu wykorzystano autorski zestaw 24 pytań, w tym 17 pytań ankiety (związanych z przedmiotem badania) oraz 7 pytań metryczki (informacji o respondentach). Równolegle przeprowadzono badanie porównawcze wśród producentów pieczywa, obejmujące grupę 68 małych i średnich piekarni z terenu całej Polski, dobraną przez losowanie warstwowe - proporcjonalne po 4-5 piekarni z województwa. W badaniu wykorzystano zestaw 12 pytań korespondujących z pytaniami stawianymi konsumentom pieczywa oraz związanych z organizacją produkcji pieczywa w poszczególnych piekarniach. Uzyskane odpowiedzi podzielono na pięć grup tematycznych, obejmujących takie zagadnienia jak: zakup i spożycie pieczywa, asortyment, jakość i cenę pieczywa, a także wpływ diety na zdrowie.

Przeprowadzone badania ankietowe potwierdziły, że pieczywo stanowi ważny element naszej codziennej diety, co deklarowało aż 85% konsumentów, a 13,1% deklarowało spożycie kilka razy w tygodniu. W odniesieniu do ilości spożywanego pieczywa 46,5% respondentów deklarowało, że spożywa dziennie 4–8 kromek pieczywa lub 2–3 bułki. Większe ilości spożywało 16,7% respondentów, a mniejsze 36,9%. Zarówno częstotliwość jak i ilość spożywanego pieczywa były zależne od takich czynników jak: płeć, wiek, miejsce zamieszkania, wykształcenie i zatrudnienie. Spośród dostępnego asortymentu pieczywa respondenci wybierali głównie chleb (82,6%), w mniejszym stopniu bułki (14%). Natomiast spośród dostępnych na rynku rodzajów pieczywa, najchętniej spożywane było pieczywo pszenne i pszenno-żytnie, a następnie z dodatkami ziarna zbóż i nasion innych roślin, pieczywo razowe oraz żytnie. Z ankiet przeprowadzonych wśród producentów wynika, że starali się oni zaspokoić oczekiwania konsumentów poprzez dostosowanie produkcji do popytu. Pieczywo pszenne i pszenno-żytnie produkowało aż 97% spośród ankietowanych piekarni, pieczywo razowe 88%, pieczywo z dodatkami ziarna zbóż i nasion innych roślin 84%, a pieczywo żytnie 75%.

Na podstawie badań opisanych w omawianej publikacji wykazano, że 83,2% konsumentów było zadowolonych z dostępnego asortymentu pieczywa. W odniesieniu do nowości, aż 61,9% pytanych osób deklarowało, że sięga po nowe, nietypowe rodzaje pieczywa. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że po nowości chętniej sięgają osoby wykształcone, kobiety oraz osoby deklarujące wyższe dochody. Niestety bardzo często produkty o lepszym składzie wciąż są droższe od pozostałych. Inni badacze w swoich pracach również potwierdzili tę zależność (Niewczas, 2013). Ponadto wykazali, że w polskich gospodarstwach domowych o wyższych miesięcznych dochodach bardziej

zwraca się uwagę na jakość produktów spożywczych, w tym pieczywa i w związku z tym częściej sięga się po produkty nowe oraz o lepszej jakości.

Konsumenci coraz częściej zwracają uwagę na skład kupowanych produktów. W prowadzonych badaniach około 59% ankietowanych przyznało, że wybiera pieczywo w sposób świadomy, poprzez czytanie etykiet. Stwierdzono również, że przy wyborze pieczywa konsumenci kierowali się przede wszystkim smakiem i zapachem, a następnie składem i zawartością dodatków, wyglądem pieczywa, jego wartością żywieniową, ceną oraz producentem. Takie zależności potwierdzają również wyniki uzyskane przez badaczy w innych krajach (Kacen i Lee, 2002; Inman i in., 2009). Na podstawie wyników ankiet zbieranych wśród piekarni stwierdzono, że klienci przy zakupie pieczywa kierują się przede wszystkim ceną (64,7%), następnie zapachem i smakiem (52,9%), wyglądem zewnętrznym (32,4%), składem i zawartością dodatków (23,5%) oraz wartością zdrowotną (20,6%). Wśród preferowanych dodatków do pieczywa respondenci na pierwszym miejscu wymieniali nasiona słonecznika i dyni oraz ziarna zbóż. Podobne wnioski stwierdzono w grupie ankietowanych producentów, co jest potwierdzeniem, że produkowany asortyment był dostosowany do oczekiwań konsumenta. Istotnym elementem badań były pytania związane z rolą pieczywa w diecie. Zdecydowana większość ankietowanych konsumentów (ponad 62%) zgadzała się z opinią, że pieczywo jest podstawowym składnikiem diety, natomiast ponad 72% ankietowanych potwierdziło opinię, że jest cenne dla zdrowia człowieka. Opinie piekarzy o podstawowej roli pieczywa w diecie były podobne do opinii konsumentów, natomiast opinia o tym, że pieczywo jest cenne dla zdrowia człowieka była wśród piekarzy bardziej zdecydowana, ponieważ aż 89,7% się zgadzało. Spośród ankietowanych osób, ponad 11% deklaroowało problemy zdrowotne związane z dietą, przy czym problemy te związane były z wiekiem oraz wykształceniem konsumentów. Do najczęściej wskazywanych przez respondentów chorób należały otyłość, nadciśnienie tętnicze oraz cukrzyca.

**Uzyskane w omawianej publikacji wyniki dotyczące preferencji konsumentów wpisują się w założenia mojego osiągnięcia. Na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych wykazano, że zróżnicowane wymagania konsumentów dotyczące pieczywa powodują potrzebę podnoszenia jakości produktów i promowania nowych rodzajów pieczywa. Pomimo, że największe zapotrzebowanie ze strony polskich konsumentów jest na pieczywo pszenne i pszenno-żytnie, nie stronią oni od innych rodzajów pieczywa i nowości. Ponadto konsumenci są zdecydowani na zakup droższego pieczywa o korzystniejszym wpływie na zdrowie, a polscy piekarze sukcesywnie starają się nadążać za oczekiwaniami konsumentów.**

Przeprowadzone badania ankietowe oprócz określenia preferencji konsumentów nawiązują również do istotnego problemu społecznego jakim jest wzrastająca w ciągu ostatnich lat ilość chorób dietozależnych. W dużym stopniu wynikają one ze złych nawyków żywieniowych oraz spożywania żywności niskiej jakości. Podnoszenie świadomości konsumentów w zakresie korzyści wynikających ze spożywania zdrowej, nisko przetworzonej żywności, w tym pieczywa jest istotnym elementem profilaktyki tych chorób.

## **PODSUMOWANIE**

Korzystny skład chemiczny pszenżyta, duży potencjał produkcyjny oraz wzrastające zapotrzebowanie na produkty żywnościowe wysokiej jakości wskazują na potrzebę

wykorzystania tego gatunku na szerszą skalę do produkcji żywności. W tym celu konieczne jest przeprowadzenie pełnej charakterystyki istniejących odmian pszenżyta i wskazywanie tych o najkorzystniejszych właściwościach, które są przydatne do wykorzystania w piekarnictwie. Istotna jest również obserwacja stabilności poszczególnych odmian oraz składników w zmieniających się warunkach środowiska. Wzbogacanie mąki pszenżytniej wysokobłonnikowym produktem owsianym podnosi atrakcyjność otrzymanego pieczywa z żywieniowego punktu widzenia. Przedstawione publikacje są jednymi z nielicznych oryginalnych prac naukowych tak szeroko opisujących charakterystykę chemiczną wybranych odmian pszenżyta oraz komponentów owsianych. Ponadto badania dotyczące suplementacji mąki pszenżytniej koncentratem błonnika owsianego oraz oceny wartości prozdrowotnej pieczywa nie były dotychczas prowadzone. Należy podkreślić, że pieczywo pszenżytnio-owsiane, stanowiące kluczowy element osiągnięcia, powstało po raz pierwszy w skali kraju i prawdopodobnie również na świecie. Moje badania wniosły szereg interesujących informacji, które pozwoliły na wyciągnięcie kilku istotnych wniosków, ważnych dla nauki, hodowli, praktyki rolniczej, przemysłu, jak również zwykłego konsumenta pieczywa. Do najważniejszych stwierdzeń podsumowujących prezentowane osiągnięcie zaliczyć można:

1. Polskie odmiany pszenżyta stanowią bogate źródło składników odżywczych i bioaktywnych, a informacja na temat wpływu genotypu, sezonu wegetacyjnego oraz interakcji  $G \times E$  na skład chemiczny ma kluczowe znaczenie w selekcji odmian wykorzystania na cele konsumpcyjne.
2. Uzyskanie pieczywa pszenżytniego dobrej jakości wymaga doboru odpowiedniej odmiany oraz indywidualnego podejścia do technologii wypieku uwzględniającego właściwości danej odmiany.
3. Spośród badanych odmian pszenżyta, odmiana Panteon wyróżniała się najkorzystniejszym składem chemicznym i jednocześnie wysoką przydatnością wypiekową.
4. Wzbogacenie mąki pszenżytniej koncentratem błonnika owsianego skutkuje zwiększeniem zawartości składników odżywczych i bioaktywnych w pieczywie.
5. Unikalny skład chemiczny oraz wysoka wartość prozdrowotna pieczywa pszenżytnio-owsianego wynikają z połączenia  $\beta$ -glukanu owsa z błonnikiem pszenżyta.
6. Wszystkie chleby pszenżytnio-owsiane stanowiły bogate źródło błonnika, a chleby zawierające 5% i 10% koncentratu błonnika owsianego spełniają warunki oświadczenia zdrowotnego dotyczącego  $\beta$ -glukanu.
7. W społeczeństwie istnieje zapotrzebowanie na nowe rodzaje pieczywa o prozdrowotnych właściwościach. Opracowane w ramach prezentowanego osiągnięcia pieczywo pszenżytnio-owsiane ma realną perspektywę wdrożenia na polski rynek.

Opisane powyżej osiągnięcie naukowe miało również aspekt aplikacyjny, związany z realizacją prac w projekcie Lider. Dla dwóch odmian pszenżyta, Panteon i Preludio suplementowanych 5% COF przeprowadzony został wypiek komercyjny przez dwie małe piekarnie. Mąkę pszenżytnią przygotowano w młynie przemysłowym w Bochni, a podczas wypieku w piekarniach otrzymano chleby foremkowe o masie 500g. Skład chemiczny

otrzymanych produktów był porównywalny do wyników uzyskanych dla chlebów laboratoryjnych. Ponadto przeprowadzono ocenę sensoryczną, wykonaną przez 14-osobowy zespół, podczas której wykazano, że obydwa rodzaje chleba pszenżytnio-owsianego zostały ocenione korzystniej pod względem badanych cech, w porównaniu do chleba pszenno-żytniego, stanowiącego próbę odniesienia. Przeprowadzono również ogólną ocenę punktową pieczywa, a najlepszy wynik uzyskano dla chleba z odmiany Preludio z 5% udziałem koncentratu błonnika. Wysoka wartość prozdrowotna oraz nietypowy charakter otrzymanego pieczywa spowodowały zainteresowanie nowym produktem, zarówno ze strony piekarni, jak i jednostek związanych z hodowlą i uprawą zbóż.

Swoje badania nad pszenżytem planuję kontynuować. We współpracy z Zakładem Podstaw Nauk Technicznych w Katedrze Podstaw Inżynierii na Wydziale Inżynierii Produkcji SGGW w Warszawie przeprowadziłam badania wstępne do projektu, którego celem będzie zbadanie różnych odmian pszenżyta pod względem właściwości fizykochemicznych na kolejnych etapach obróbki mechanicznej i przetwarzania termicznego oraz opis współzależności występujących w obrębie analizowanych cech. Badania będą prowadzone na wybranej grupie polskich odmian pszenżyta i pozwolą na jeszcze pełniejszą charakterystykę tego gatunku oraz na poszukiwanie cech i zależności, warunkujących jego wykorzystanie na cele wypiekowe. O finansowanie powyższego projektu zamierzam aplikować do NCN lub NCBIR.

## LITERATURA

1. Beccerica S., Torre M. A., Sanchez H. D., Osella A. C. 2011. Use of oat bran in bread: fiber and oil enrichment and technological performance. *Food Nutrition Sciences*, 2, 553-559.
2. Berski, W., Ptaszek, A., Ptaszek, P., Ziobro, R., Kowalski, G., Grzesik, M., Achremowicz, B. 2011. Pasting and rheological properties of oat starch and its derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 83, 665-671.
3. Boros D., Fraś A., Gołębiowska K., Gołębiowski D., Paczkowska O., Wiśniewska M. 2015. Wartość odżywcza i właściwości prozdrowotne ziarna odmian zbóż i nasion rzepaku zalecanych do uprawy w Polsce. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR-PIB*, 49, 1-119.
4. Bratt K., Sunnerheim K., Bryngelsson S., Fagerlund A., Engman L., 2003. Avenanthramides in oats (*Avena sativa* L.) and structure-antioxidant activity relationships. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 594-600.
5. Bujak H., Tratwal A., Walczak F. 2012. Reakcja odmian pszenżyta ozimego na warunki środowiskowe Wielkopolski przy dwóch poziomach intensywności agrotechniki. *Biuletyn IHAR-PIB*, 264, 141-155.
6. Ceglińska A., Cichy H., Haber T., Sadecka M. 2003. Ocena wartości technologicznej ziarna pszenżyta jarego. *Biuletyn IHAR*, 230: 177-185.
7. Ceglińska A., Samborski S., Rozbicki J., Cacak-Pietrzak G., Haber T. 2005. Ocena wartości przemiałowej i wypiekowej odmian pszenżyta ozimego w zależności od nawożenia azotem. *Pamiętnik Puławski*, 139, 39-46.
8. Chen H., Rubenthaler G.L., Leung H.K., Baranowski J.D. 1988. Chemical, physical and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chemistry*, 65, 244-247.
9. Choi I., Han O., Chun J., Kang Ch., Kim K., Kim Y., Cheong Y., Park T., Choi J., Kim K., 2012. Hydration and pasting properties of oat (*Avena sativa*) flour. *Preventive Nutrition and Food Sciences*, 17, 87-91.
10. COBORU. 2018. [www.coboru.pl](http://www.coboru.pl)

11. Czubaszek A., Karolini-Skaradzińska Z. 2005. Effects of wheat flour supplementation with oat products on dough and bread quality. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 14/55, 281-286.
12. Dekić V., Milivojević J., Branković S. 2018. The interaction of genotype and environment on yield and quality components in triticale. *Biologica Nyssana*, 9, 45-53.
13. Dennett A.L., Trethovan R.M. 2013. Milling efficiency of triticale grain for commercial flour production. *Journal of Cereal Science*, 75, 527-530.
14. Dennett A.L., Wilkes M.A., Trethovan R.M. 2013. Characteristics of modern triticale quality: The relationship between carbohydrate properties,  $\alpha$ -amylase activity, and falling number. *Cereal Chemistry*, 90, 594-600.
15. Erekul O., Kohn W. 2006. Effect of weather and soil conditions on yield components and bread-making quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter triticale (*Triticosecale* Wittm.) varieties in North-East Germany. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 192, 452-464.
16. Eurostat. 2018. [www.ec.europa.eu/eurostat/data/database](http://www.ec.europa.eu/eurostat/data/database)
17. Fengler A.M., Marquardt R.R. 1988. Water-soluble pentosans from rye. II. Effects on rate of dialysis and on retention of nutrients by the chick. *Cereal Chemistry*, 65, 298-302.
18. Gajdosova A., Petrulakova Z., Havrlentova M., Cervena V., Hozova B., Sturdik E., Kogan G. 2007. The content of water – soluble and water – insoluble  $\beta$ -D-glucans in selected oats and barley varieties. *Carbohydrate Polymers*, 70, 46-52.
19. Gambuś H., Gambuś F., Pisulewska E. 2006. Całozziarnowa mąka owsiana jako źródło składników dietetycznych w chlebach pszennych. *Biuletyn IHAR-PIB*, 239, 259-267.
20. Gambuś H., Gibiński M., Pastuszka D., Mickowska D., Ziobro R., Witkiewicz R. 2011. The application of residual oats flour in bread production in order to improve its quality and biological value of protein. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 10, 313-325.
21. Genc H., Ozdemir M., Demirbas A. 2001. Analysis of mixed-linkage (1-3), (1-4)- $\beta$ -D-glucans in cereal from Turkey. *Food Chemistry*, 73, 221-224.
22. Heger J., Eggum B.O. 1991. The nutritional values of some high-yielding cultivars of triticale. *Journal of Cereal Science*, 14, 63-71.
23. Hoover R., Smith C., Zhou Y., Ratnayake R.M.W.S. 2003. Physicochemical properties of Canadian oat starches. *Carbohydrate Polymers*, 52, 253-261.
24. Hu X., Zheng J., Li X., Xu C., Zhao Q. 2014. Chemical composition and sensory characteristics of oat flakes: a comparative study of naked oat flakes from China and hulled flakes from western countries. *Journal of Cereal Science*, 60, 297-301.
25. Hüttner E. K., Dal Bello F., Arnedt E. K., 2010. Rheological properties and bread making performance of commercial wholegrain oat flours. *Journal of Cereal Science*, 52, 65-71.
26. Inman J.J., Winter R.S., Ferraro R. 2009. The interplay among category characteristics, customer characteristics and customer activities on in-store decision making. *Journal of Marketing*, 73, 19-29.
27. Iwański R., Wianeczki M., Tokarczyk G., Stankowski S. 2009. Wpływ metod konwencjonalnych i ekologicznych uprawy pszenżyta na wartość wypiekową mąk i jakość pieczywa. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin., Agric. Aliment., Pisc. Zootech.* 269 (9), 19-32.
28. Jeżewska-Zychowicz M. 2014. Uwarunkowania akceptacji konsumenckiej innowacyjnych produktów żywnościowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6, 5-17.
29. Jonnala R.S., Irmak S., MacRitchie F., Bean S.R. 2010. Phenolics in the bran waxy wheat and triticale lines. *Journal of Cereal Science*, 52, 509-515.
30. Jonnala R.S., MacRitchie F., Herald T.J., Lafiandra D., Margiotta B., Tilley M. 2010. Protein and quality characterization of triticale translocation lines in breadmaking. *Cereal Chemistry* 87(6): 546-552.
31. Kacen J.T., Lee J.A. 2002. The influence of culture on consumer impulsive buying Behavior. *Journal of Consumer Psychology*, 12, 163-176.



32. Kawka A. 2010. Współczesne trendy w produkcji piekarskiej – wykorzystanie owsa i jęczmienia jako zbóż niechlebowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3, 25-43.
33. Kendall C.W., Esfahani A., Jenkins D.D.J. 2010. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*, 24, 42-48.
34. Kociuba W., Kramek A., Ukalski K. 2012. Ocena stabilności wybranych cech plonotwórczych polskich odmian pszenżyta ozimego. *Biuletyn IHAR-PIB*, 264, 127-140.
35. Kopeć A., Bać A. 2013. Wpływ dodatku mąki łubinowej na jakość chleba pszenżytniego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5, 142-153.
36. Kowieska A., Lubowicki R., Jaskowska I. 2011. Chemical composition and nutritional characteristics of several cereal grain. *Acta Scientiarum polonorum Zootechnica*, 10, 37-50.
37. Levy Haner L., Stamp P., Kreuzer M., Bouguennec A., Pellet D. 2013. Viscosity of triticale varieties differs in its response to temperature after flowering. *Fields Crops Research*, 149, 347-353.
38. Luhalo M., Mårtensson A-C., Andersson R., Åman P., 1998. Compositional analysis and viscosity measurements of commercial oat brans. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 76, 142-148.
39. Marlett J. A. 1993 Comparisons of dietary fibre and selected nutrient compositions of oat and other grain fractions. *in: Oat Bran*, (ed. Wood P. J.) American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, USA, pp. 49-82.
40. Martinek P., Vinterova M., Buresova I., Vyhnanek T. 2008. Agronomic and quality characteristics of triticale (X Triticosecale Wittmack) with HMW glutenin subunits 5+10. *Journal of Cereal Science*, 47, 68-78.
41. McGoverin, C.M., Snyders, F., Muller, N., Botes, W., Fox, G., Manley, M., 2011. A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 1155-1165.
42. Mergoum M., Singh P.K., Pena A.J., Lozano del Rio A.J., Cooper K.V., Salmon D.F., Gomez-Macpherson H. 2009. Triticale: A “New” Crop with Old Challenges. In M.J. Carena. *Cereals. Handbook of plant breeding* (pp.267-287). Springer.
43. Naeem H.J., Darvey N.L., Gras P.W., MacRitchie F. 2002. Mixing properties, baking potential, and functionality changes in storage proteins during dough development of triticale-wheat blends. *Cereal Chemistry*, 79, 332-339.
44. Niewczas M. 2013. Kryteria wyboru żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6, 204-219.
45. Oleksiak T., Mankowski D.R. 2006. Analiza stabilności plonowania odmian pszenżyta ozimego w przestrzeni rolniczej Polski. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis*, 247, 133-140.
46. Pal S., Khossousi A., Binns C., Dhaliwal S., Ellis V. 2011. The effect of a fibre supplement compared to a healthy diet on body composition, lipids, glucose, insulin and other metabolic syndrome risk factors in overweight and obese individuals. *British Journal of Nutrition*, 105, 90-100.
47. Pattison A. 2013. Genetic improvement of grain quality for bread making in triticale. PhD Thesis, The University of Sydney, Australia.
48. Pattison A.L., Trethowan R.M. 2013. Characteristics of modern triticale quality: commercially significant flour traits and cookie quality. *Crop & Pasture Science*, 64, 874-880.
49. Pena R.J., Amaya A. 1992. Milling and baking properties of wheat-triticale grain blends. *J. Sci. Food Agric.*, 60, 483-487.
50. Peterson D.M. 2001. Oats antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 2, 115-129.
51. Rakha A., Aman P., Andersson R. 2011. Dietary fibre in triticale grain: Variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable components. *Journal of Cereal Science*, 54, 324-331.
52. Rakha A., Aman P., Andersson R. 2013. Rheological characterisation of aqueous extracts of triticale grains and its relation to dietary fibre characteristics. *Journal of Cereal Science*, 57, 230-236.

53. Rossel C., Santos E., Collar C. 2010. Physical characterisation of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab. *European Food Research Technology*, 231, 535-534.
54. Rubel I.A., Perea E.F., Manrique G.D., Genovese D.B. (2015). Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. *Food Structure*, 3, 21-29.
55. Sabanis D., Lebesi D., Tzia C. 2009. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT – Food Science Technology*, 142, 1380-1389.
56. Seguchi M., Ishihara C., Yoshino Y., Nakatsuka K., Yoshihira T. 1999. Breadmaking properties of triticale flour and relationship to amylase activity. *Journal of Food Science*, 64, 582-586.
57. Tohver M., Kann A., That R., Mihhalevski A., Hakman J. 2005. Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. *Food Chemistry*, 89, 125-132.
58. Varughese G., Pfeiffer W.H., Pena R.J. 1996. Triticale: A successful alternative crop (Part 1). *Cereal Foods World*, 41, 6, 474-482.
59. Woś H., Banaszak Z., Mikulski W. 2008. Pszenżyto wczoraj, dzisiaj i jutro. *Wieś Jutra*, 4, 31-33.
60. Wójcik M., Dziki D., Różyło R., Biernacka B., Łysiak G., Aridhee J. 2017. Zmiany właściwości fizycznych ciasta i pieczywa pszennego pod wpływem dodatku mąki z owsa czarnego. *Acta Agrophysica*, 24, 163-172.
61. Yaseen A.A., Shouk A.A., Selim M. 2007. Egyptian blady bread biscuit quality of wheat and triticale flour blends. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57, 25-30.
62. Zhu F. 2018. Triticale: Nutritional composition and food uses. *Food Chemistry*, 241, 468-479.

## E. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH

### 1. ZESTAWIENIE DOROBKU PUBLIKACYJNEGO PRZED I PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA

	<i>Przed uzyskaniem stopnia doktora</i>	<i>Po uzyskaniu stopnia doktora</i>	<i>Łącznie</i>
Prace opublikowane w czasopismach z Listy A	7	7	14
Prace opublikowane w czasopismach z Listy B	0	9	9
Monografie i rozprawy naukowe	0	1	1
Prace w wydawnictwach pokonferencyjnych	13	30	43
Wygłoszenie referatów na konferencjach	2	8	10
Publikacje popularnonaukowe	0	4	4

## 2. WSKAŹNIKI BIBLIOMETRYCZNE

	<i>Przed uzyskaniem stopnia doktora</i>	<i>Po uzyskaniu stopnia doktora</i>	<i>Łącznie</i>
Liczba punktów MNiSW	226	314	540
Sumaryczny IF	18,442	12,377	30,819
Liczba cytowań (WoS)		499	
Index Hirscha (WoS)		8	

## 3. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ W PRACY NAUKOWEJ

Pracę naukowo-badawczą rozpoczęłam w 2001 roku w Katedrze Technologii Tłuszczów Jadalnych i Biotechnologii Lipidów na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej. Pod kierunkiem dr inż. Marii Tynek prowadziłam badania dotyczące enzymatycznego przeestryfikowania oleju oliwkowego kwasem behenowym, które stanowiły podstawę mojej pracy magisterskiej, którą obroniłam w 2002 roku z wynikiem bardzo dobrym.

Po obronie pracy magisterskiej podjęłam pracę w Rafinerii Olejów i Tłuszczów Jadalnych, Elstar Oils S.A. w Czerninie. Podczas trzech lat pracy miałam możliwość praktycznego zastosowania zdobytych podczas studiów umiejętności analitycznych, związanych z kontrolą jakości surowca na kolejnych etapach procesu produkcyjnego i tworzeniu nowych produktów. Brałam również udział w procesie wdrażania systemów kontroli jakości ISO oraz HACCP. Bardzo ważnym elementem pracy w przemyśle w kontekście przyszłej pracy naukowej była możliwość pracy na nowoczesnej specjalistycznej aparaturze laboratoryjnej. Prowadziłam analizy z wykorzystaniem techniki magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR), chromatografii gazowej oraz atomowej spektroskopii emisyjnej z indukcyjnie sprzężoną plazmą (ICP-OES).

Od 2006 roku jestem pracownikiem Samodzielnej Pracowni Oceny Jakości Produktów Roślinnych (SPOJPR) w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Radzikowie. W SPOJPR zostałam zatrudniona jako główny wykonawca w projekcie unijnym Healthgrain, realizowanym w latach 2005-2010 (**Zał.5.II.1.1**). Równocześnie prowadziłam badania w ramach projektu SPUB, który był dofinansowaniem do projektu Healthgrain (**Zał.5.II.1.2**). W obu projektach byłam odpowiedzialna za analizę zawartości składników odżywczych: białka, lipidów, popiołu, skrobi oraz cukrów wolnych, a z ich różnicy metodą pośrednią oszacowanie zawartości błonnika pokarmowego. Opracowanie nowej pośredniej metody oznaczania błonnika było istotnym elementem prowadzonych w omawianym projekcie prac. Ponadto badana była zawartość ligniny, alkilorezorcynoli, udział amylozy w skrobi i w ziarnie oraz lepkości wodnych ekstraktów. W pierwszym roku realizacji projektu prowadzono badania screeningowe w celu poszukiwania genotypów poszczególnych gatunków zbóż o wysokiej zawartości błonnika pokarmowego oraz innych składników bioaktywnych. Materiał

badawczy obejmował łącznie 203 genotypy i odmiany różnych gatunków zbóż. W kolejnych latach badano wpływ warunków środowiska na zawartość poszczególnych składników w 26 odmianach pszenicy i 5 żyta, uprawianych przez 3 lata w jednej miejscowości, a następnie w jednym roku w czterech lokalizacjach. Efektem prowadzonych prac było 8 publikacji (**Załącznik 5.II.A.1.1-1.7**, **Załącznik 5.II.A.2.2**), wygłoszone 3 referaty (**Załącznik 5.II.K.1.1-1.3**) oraz 6 doniesień konferencyjnych (**Załącznik 5.III.B.1.1-1.6**). Uzyskane wyniki stanowiły również podstawę mojej rozprawy doktorskiej, którą obroniłam w 2011 roku z wyróżnieniem.

Równoległe z projektem Healthgrain byłam głównym wykonawcą tematu ramach działalności statutowej (**Załącznik 5.II.I.3**), w którym prowadziłam badania związane z oceną wpływu warunków środowiska na zawartość składników odżywczych, błonnika pokarmowego i alkilorezorcynoli w ziarnie 22 odmian i 2 rodów hodowlanych pszenicy ozimej. Badania były prowadzone we współpracy z Hodowlą Roślin Strzelce Sp. z o.o. Podczas prac analizowałam materiał pochodzący z trzech lat uprawy z jednej miejscowości. Uzyskane wyniki również zostały włączone do mojej rozprawy doktorskiej. W latach 2007-2011 byłam wykonawcą w projekcie AVEQ (**Załącznik 5.II.I.4**), którego celem była ocena zasobów genowych owsa pochodzenia europejskiego pod względem cech warunkujących wysoką wartość żywieniową. W projekcie zajmowałam się badaniem zawartości białka, tłuszczu, substancji mineralnych, skrobi oraz nieskrobiowych polisacharydów w tym  $\beta$ -glukanu. Wkład własny do niniejszego projektu stanowiło obłuszczone ziarno populacji miejscowych owsa, wyhodowane przez Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Radzikowie. W materiale tym kontynuowano badania nad poszerzeniem źródeł wysokiej wartości odżywczej i bioaktywnej. W powyższych badaniach brałam udział w ocenie zawartości podstawowych składników odżywczych i bioaktywnych, lepkości wodnych ekstraktów oraz wartości kalorycznej. Efektem prowadzonych badań były doniesienia konferencyjne (**Załącznik 5.III.B.1.8**; **Załącznik 5.III.B.2.1**).

Po obronie doktoratu oraz przerwie w pracy, spowodowanej urlopem macierzyńskim i wychowawczym zostałam kierownikiem tematu statutowego (**Załącznik 5.II.I.5**), w ramach którego rozpoczęłam badania dotyczące analizy składu chemicznego ziarna wybranych odmian pszenżyta, we współpracy z Hodowlą Roślin Strzelce Sp. z o.o. Ważnym elementem prac prowadzonych w tym temacie były czynności związane z adaptacją i uruchomieniem Laboratorium Oceny Technologicznej Zbóż, które w wyniku reorganizacji Instytutu zostało przeniesione z Zakładu Roślin Zbożowych IHAR-PIB w Krakowie i włączone do SPOJPR. W ramach badań brałam udział w opracowywaniu i wdrożeniu metod analitycznych związanych z oceną wartości technologicznej ziarna i mąki, takich jak przemiał, liczba opadania, ilość glutenu, wskaźnik sedymentacji Zelenyego, analiza farinograficzna oraz ekstensograficzna. Wdrożyłam również metodę wypieku laboratoryjnego dla mąki pszennej i pszenżytniej oraz ocenę pieczywa zgodnie z procedurą opisaną przez Klockiewicz-Kamińską i Brzezińskiego (1997) oraz normą ICC/131. Powyższe badania stanowiły nowy i bardzo istotny aspekt mojej pracy naukowej.

W 2013 roku zostałam laureatką w konkursie Lider IV (NCBR), otrzymując dofinansowanie na badania związane z opracowaniem receptury na pieczywo pszenżytnio-owsiane o podwyższonej wartości prozdrowotnej (**Załącznik 5.II.I.6**). Podczas realizacji tego projektu miałam możliwość pełnego wykorzystania zdobytych wcześniej umiejętności,

związanych z analizą chemiczną i technologiczną pszenżyta. Wyniki badań uzyskane podczas realizacji tego projektu stanowiły podstawę zaprezentowanego przeze mnie osiągnięcia habilitacyjnego. Oprócz opisanych wcześniej publikacji naukowych wyniki były prezentowane na 9 konferencjach krajowych i 6 międzynarodowych w formie referatów (**Załącznik 5.II.K.2.1-2.16**) i plakatów (**Załącznik 5.III.B.2.3-2.11**), a także opublikowane w czasopiśmie branżowym (**Załącznik 5.II.D.2.7; Załącznik 5.III.I.1,4,5**).

Od 2016 roku jestem wykonawcą w projekcie Energyfeed (**Załącznik 5.II.I.7**), którego głównym celem jest badanie współczesnych odmian żyta w zakresie potencjału ich plonowania, opłacalności produkcji oraz przydatności w żywieniu zwierząt gospodarskich. W ramach tego projektu zespół SPOJPR pod kierunkiem prof. dr hab. Danuty Boros uczestniczy w realizacji zadania pt.: „Endogenne substancje antyodżywcze w ziarnie różnych gatunków zbóż i mieszankach paszowych”. Badania obejmują analizę łącznie 525 prób w zakresie zawartości włókna pokarmowego oraz jego poszczególnych składników, w tym nieskrobiowych polisacharydów, ligniny,  $\beta$ -glukanu, skrobi opornej, oligosacharydów, kwasów uronowych, alkilorezorcynoli, związków fenolowych oraz inhibitora trypsyny. Analizowane są również lepkości wodnych ekstraktów oraz lepkości w kwaśnym buforze. Uzyskane dotychczas wyniki zaprezentowano w formie publikacji naukowej (**Załącznik 5.II.A.2.4**) oraz dwóch doniesień konferencyjnych (**Załącznik 5.III.K.2.12, 2.14**).

Obecnie jestem kierownikiem tematu statutowego na lata 2018-2019 (**Załącznik 5.II.I.8**), w którym moje badania związane są z analizą żyta. We współpracy z Zakładem Przetwórstwa Zbóż i Piekarstwa Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego w Warszawie prowadzę prace nad otrzymywaniem mąki żytniej o podwyższonej zawartości składników prozdrowotnych. W tym celu badam zawartość nieskrobiowych polisacharydów, oraz lepkości wodnych ekstraktów ziarna, otrąb i mąki żytniej uzyskanej z różnych pasaży przemiałowych młyna laboratoryjnego. W powyższym temacie prowadzę również badania związane z poszerzeniem zakresu analiz związanych z oceną wartości technologicznej mąki pszennej.

Oprócz realizacji projektów badawczych, podczas mojej kariery naukowej aktywnie włączałam się w badania prowadzone przez zespół Samodzielnej Pracowni Oceny Jakości Produktów Roślinnych, w której pracuję. Brałam udział w procesie wdrażania nowej, alternatywnej metody oznaczania białka w produktach roślinnych, z wykorzystaniem aparatu Rapid N Cube (Elementar). Efektem tych prac były publikacja (**Załącznik 5.II.D.2.1**) oraz doniesienie konferencyjne (**Załącznik 5.III.B.1.7**). W ramach innych prac wykonywanych w Pracowni byłam zaangażowana w ocenę wartości browarnej rodów jęczmienia jarego oraz różnicowania genotypowo-środowiskowego w tym zakresie. Uzyskane wyniki zostały opisane w publikacji (**Załącznik 5.II.D.2.2**) oraz w doniesieniu konferencyjnym (**Załącznik 5.III.B.2.2**). Bardzo aktywnie włączałam się w zestawienie oraz interpretację wyników uzyskanych przez zespół SPOJPR w ramach realizacji Programu Wieloletniego IHAR-PIB na lata 2008-2013. W rezultacie mojej pracy powstały dwie publikacje (**Załącznik 5.II.D.2.3-2.4**), w tym jedna monografia, której jestem współredaktorem i współautorem. W roku 2015 w dwóch pracach (**Załącznik 5.II.D.2.5-2.6**) opublikowałam część wyników mojej rozprawy doktorskiej, dotyczących wpływu warunków środowiska na zmienność zawartości błonnika pokarmowego oraz alkilorezorcynoli w materiale

pochodzącym z Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o.. Podczas badań prowadzonych w Samodzielnej Pracowni Oceny Jakości Produktów Roślinnych w ramach realizacji prac w programie Postęp Biologiczny w Produkcji Roślinnej byłam odpowiedzialna za oznaczenie zawartości nieskrobiowych polisacharydów w ziarnie owsa zwyczajnego. Efektem prac nad tym gatunkiem były dwie publikacje (**Załącznik 5.II.2.8-2.9**) oraz doniesienie konferencyjne (**Załącznik 5.III.B.2.13**).

Ważnym aspektem w mojej karierze naukowej była współpraca międzynarodowa, zarówno podczas realizacji opisanych powyżej grantów unijnych, jak również nawiązana po ich zakończeniu. W 2010 roku Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych nawiązała współpracę z naukowcami z Uniwersytetu Rolniczego w Jęglawie (Łotwa), w ramach której badano zmiany w zawartości nieskrobiowych polisacharydów w produktach cukierniczych z dodatkiem słonecznika bulwiastego. Efektem tej współpracy była publikacja (**Załącznik 5.II.A.2.1**) oraz doniesienie konferencyjne (**Załącznik 5.III.B.1.9**). W 2013 roku, kontynuując współpracę z partnerami z projektu Healthgrain opublikowane zostały wyniki uzyskane podczas jego realizacji, dotyczące zawartości składników błonnika pokarmowego i ich powiązania ze składnikami bioaktywnymi pełnego ziarna pszenicy (**Załącznik 5.II.A.2.2**). Współpracowałam również z naukowcami z Uniwersytetu Lublańskiego (Słowenia) w ramach analizy zawartości błonnika pokarmowego w kielkach gryki tatarskiej oraz pszenicy, po działaniu wysoko zmineralizowanej wody. Na podstawie uzyskanych wyników opracowano jedną publikację (**Załącznik 5.II.A.2.3**).

Pozostałą działalność naukowo-dydaktyczną i organizacyjną przedstawiłam w „Wykazie opublikowanych prac naukowych oraz informacjach o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki”, stanowiącym **załącznik 5** dokumentacji.

Podpis Wnioskodawcy

*Anna Fraś*