

ZAŁĄCZNIK 2

dr inż. Małgorzata Gumienna

Zakład Fermentacji i Biosyntezy
Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

AUTOREFERAT

PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS OSIĄGNIĘĆ I DOROBKU NAUKOWO-BADAWCZEGO

M. Gumienna

Poznań 2016

1. Imię i Nazwisko

Małgorzata Agata Gumienna

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- **magister inżynier** technologii żywności, specjalizacja: Technologia zbóż, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Wydział Technologii Żywności, 12 czerwca 1995 r.

- tytuł pracy magisterskiej: „Charakterystyka właściwości funkcjonalnych dyspersji białkowych otrzymanych z preparatu glutenu witalnego”.

Promotor: dr Zenon Kędzior

- **doktor nauk rolniczych** w zakresie technologii żywności i żywienia, specjalność fermentacja i biosynteza, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, 17 czerwca 2004 r.

- tytuł rozprawy doktorskiej: „Biosynteza związków powierzchniowo czynnych przez drożdże *Candida bombicola*”.

Promotor: prof. dr hab. Zbigniew Czarnecki

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu

- 01.09.1995 – 31.08.1996
- **asystent** w Pracowni Żywności i Żywienia Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu, Wydział Turystyki i Rekreacji (obecnie Zakład Żywności i Żywienia na Wydziale Wychowania Fizycznego, Sportu i Rehabilitacji).
- 01.01.1997 - 31.12.1997
- **stażysta** w Zakładzie Fermentacji i Biosyntezy Składników Paszowych, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydział Technologii Żywności, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.
- 01.01.1998 – 30.09.2004
- **asystent** w Zakładzie Fermentacji i Biosyntezy Składników Paszowych (od 2000 r. Zakład Fermentacji i Biosyntezy), Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydział Technologii Żywności (do 2004 r.), Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.
- 01.10.2004 – do chwili obecnej
- **adiunkt** w Zakładzie Fermentacji i Biosyntezy, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (do 2007 r. Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu).

4. Działalność naukowo-badawcza

4.1. Wskazanie osiągnięcia, o którym mowa w art.16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z póź. zm.)

Moim osiągnięciem, będącym podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest cykl powiązanych tematycznie publikacji naukowych ujętych pod wspólnym tytułem:

„Współzależność czynników surowcowych i technologicznych w kształtowaniu efektywności procesu fermentacji etanolowej”

1. **Gumienna M.**, Lasik M., Czarnecki Z., Szambelan K. [2009] Applicability of unconventional energy raw materials in ethanol production. ACTA Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria, 8(4), 17-24. Udział 70%.

IF₂₀₀₉ = 0 15 pkt. MNiSW

2. **Gumienna M.**, Szambelan K., Lasik M., Jeleń H., Czarnecki Z. [2013] Use of *Saccharomyces cerevisiae* and *Zymomonas mobilis* for bioethanol production from sugar beet pulp and raw juice. African Journal of Biotechnology, 12(18), 2464-2470. Udział 60 %.

IF₂₀₁₀ = 0,573 *15 pkt. MNiSW₂₀₁₂

3. **Gumienna M.**, Szambelan K., Jeleń H., Czarnecki Z. [2014] Evaluation of ethanol fermentation parameters for bioethanol production from sugar beet pulp and juice. Journal of the Institute of Brewing, 120 (4), 543-549. Udział 70 %.

IF₂₀₁₄ = 1,240 25 pkt. MNiSW

4. **Gumienna M.**, Lasik M., Szambelan K., Czarnecki Z. [2011] Reduction of water consumption in bioethanol production from triticale by recycling the stillage liquid phase. Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria, 10(4), 467-474. Udział 70%.

IF₂₀₁₁ = 0 15 pkt. MNiSW

5. Lasik M., **Gumienna M.**, Szambelan K., Czarnecki Z. [2013] Water and energy saving bioprocess for bioethanol production from corn grain applying stillage liquid part recirculation. African Journal of Biotechnology, 12(40), 5951-5955. Udział 40%.

IF₂₀₁₀ = 0,573 *15 pkt. MNiSW₂₀₁₂

6. **Gumienna M.**, Szwengiel A., Szczepańska-Alvarez A., Szambelan K., Lasik-Kurdyś M., Czarnecki Z., Sitarski A. [2016] The impact of sugar beet varieties and cultivation conditions on ethanol productivity. Biomass and Bioenergy, 85, 228-234. Udział 50%.

IF_{5-letni 2014} = 4,273 35 pkt. MNiSW

7. **Gumienna M.**, Szwengiel A., Lasik M., Szambelan K., Majchrzycki D., Adamczyk J., Nowak J., Czarnecki Z. [2016] Effect of corn grain variety on the bioethanol production efficiency. Fuel, 164, 386-392. Udział 50%.

IF_{5-letni 2014} = 4,091 40 pkt. MNiSW

**Pozycja 2 i 5 – ostatnie pozycjonowanie czasopisma na liście A MNiSW - 17.12.2013 roku, punktów nie wliczono do sumy punktów stanowiących wskazane osiągnięcie.*

- Sumaryczny *impact factor* (IF) – **9,604**
- Punkty MNiSW - **130**

*Punkty za publikacje naliczono zgodnie z komunikatem Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23.12.2015r. w sprawie wykazu czasopism naukowych z liczbą punktów przyznanych za publikacje w tych czasopismach. Sumaryczny *impact factor* (IF) obliczono wg bazy Journal Citation Reports, sumując współczynniki z roku wydania publikacji, w przypadku pozycji 6 i 7 z uwagi na brak danych za rok wydania podano IF 5-letni z roku 2014/2015.*

Wkład wnioskodawcy w w/w publikacje obejmuje: autorstwo/współautorstwo hipotez i koncepcji badań, udział w zaplanowaniu i wykonaniu części doświadczeń, analizę i opracowanie wyników, sformułowanie wniosków, napisanie i redakcję manuskryptów. Oświadczenia współautorów w w/w publikacjach wraz z określeniem ich wkładu w powstanie pracy znajdują się w załączniku nr 6.

4.2. Omówienie celu naukowego i uzyskanych wyników wskazanego osiągnięcia

4.2.1. Wprowadzenie

Rosnące ceny ropy naftowej i potrzeba uniezależnienia się od tego źródła energii, a także wymogi ochrony środowiska przed nadmierną emisją dwutlenku węgla, zmuszają do poszukiwania alternatywnych, odnawialnych źródeł energii. Jednym z nich jest bioetanol, stosowany jako dodatek do paliw. Ostatnio używanie tej nazwy wzbudza szereg wątpliwości, w odróżnieniu do powszechnie używanej wg nomenklatury nazwy biodiesel. Powodem tego jest fakt, że etanol otrzymywany jest w zdecydowanej większości (około 95% ogólnej produkcji) na drodze biologicznej. Nazwa bioetanol, w związku z powyższym stosowana jest potocznie do etanolu przeznaczonego na cele energetyczne, przez analogię do biodiesla.

Wykorzystanie surowców skrobiowych i olejów roślinnych do produkcji biopaliw budzi wiele kontrowersji. Może to doprowadzić do regulacji prawnych ograniczających areal upraw na cele energetyczne. Część produkcji rolnej, prawdopodobnie ilościowo ograniczona, nadal będzie używana do otrzymywania bioetanolu i estrów olejów roślinnych. W tej sytuacji szczególnego znaczenia nabiera postęp technologiczny w przerobieniu surowców roślinnych na etanol, uwzględniający potrzebę efektywnej ochrony środowiska poprzez redukcję zużycia wody i energii [Talebian-Kiakalaieh i in. 2013, Kocar i Civas, 2013].

Zużycie energii na całym świecie, w ubiegłym wieku wzrosło 17-krotnie, powodując wzrost zanieczyszczenia powietrza [Hossain i Fazliny, 2010], wpływając tym samym na potrzebę generowania jej ze źródeł bardziej bezpiecznych dla środowiska. Złoża nieodnawialnych surowców do wytworzenia energii maleją oraz nieustannie zmieniają się ceny paliw, których bazą jest ropa naftowa powodują, że poszukiwania alternatywnych źródeł są bardzo intensywne i ciągle aktualne [Rojan i in. 2011, Atadashi i in. 2012, Talebian-Kiakalaieh i in. 2013]. Myślą wiodącą jest jednak to, aby były to surowce odnawialne, zrównoważone, wydajne oraz opłacalne, z mniejszą emisją gazów cieplarnianych. Biomasa wydaje się być idealnym rozwiązaniem, jako alternatywne i co najważniejsze odnawialne źródło energii, aby zaspokoić obecne oraz przyszłościowe zapotrzebowanie na paliwo i nie tylko. Może konkurować z paliwem tworzonym ze źródeł kopalnianych, pozbawiona jest największych wad, jak np.: mniejsza ilość pierwiastków ciężkich (metale, siarka) czy wpływanie na erozyjne zmiany gleb. Najbardziej popularne biopaliwa stworzone z biomasy (bioetanol, biodiesel), mogą częściowo lub całkowicie zastępować konwencjonalne paliwa takie jak olej napędowy i benzynę [Kłosowski i in. 2010, Talebian-Kiakalaieh i in. 2013]. Przewiduje się, że to właśnie bioetanol stanie się, najbardziej rozpowszechnionym w użytku biopaliwem wytwarzanym z biomasy obfitej w skrobię lub celulozę [Highina i Bugaje, 2014]. Jako związek o mniejszej toksyczności i łatwo ulegający biodegradacji sprawia, że stosowanie go jako paliwa, w odróżnieniu od paliwa wytwarzanego z ropy naftowej, zmniejsza poziom zanieczyszczeń przechodzących do atmosfery. [Balat i Balat, 2009, Atadashi i in. 2012, Talebian-Kiakalaieh i in. 2013]. Emitowany w wyniku spalania etanolu dwutlenek węgla pochodzi całkowicie z procesu fotosyntezy, a więc tworzy zamknięty obieg węgla w przyrodzie. Ma to istotne znaczenie z punktu widzenia ochrony środowiska, gdyż wykorzystanie etanolu jako paliwa nie przyczynia się do zwiększenia efektu cieplarnianego.

Zastosowanie bioetanolu jako źródła energii ma swoją historię. Po raz pierwszy w USA oraz w Europie wykorzystano go na początku dwudziestego wieku, a mieszankę, która zawiera 30% alkoholu etylowego oraz 70% benzyny pierwszy raz zaczęto produkować w 1929 roku. Znaczne zainteresowanie alkoholem etylowym powróciło w okresie lat 70-tych XX wieku, spowodowane energetycznym kryzysem, głównie wzrostem cen ropy, dyktowanym przez monopol petrochemiczny [Scarlat i Dallemand, 2011, Klimiuk i in. 2012, Baena i in. 2012].

Produkcja oraz stosowanie biopaliw w krajach należących do Unii Europejskiej są determinowane założeniami odnoszącymi się nie tylko do wprowadzenia jego zrównoważonego rozwoju, ale również minimalnych wymagań poziomów redukcji

dwutlenku węgla. Ma to na celu ograniczenie niekontrolowanej nadmiernej eksploatacji środowiska naturalnego oraz zmniejszenie negatywnych skutków oddziaływania przemysłu paliwowego na środowisko naturalne. Przewiduje się, że w roku 2017 redukcja emisji CO₂ będzie wynosić około 4%, a w 2020 około 6%. Kraje Europy wschodniej ze względu na swoje położenie geograficzne nie posiadają wystarczających złóż ropy naftowej, dlatego prócz względów ekologicznych ważną rolę odgrywają strategiczne i gospodarcze względy, które przemawiają za bezpośrednim udziałem biopaliw w gospodarce [Lewandowski, 2012, Biernat, 2015].

W świetle najnowszych badań, wątpliwości naukowców budzi źródło pozyskiwanych surowców do produkcji biopaliw. Głównie są to surowce roślinne, które mogą być zamiast tego użyte do produkcji żywności. Do tych surowców należą m. in.: ziemniaki, ziarna zbóż, trzcina cukrowa, buraki cukrowe, kukurydza, rzepak i soja (surowce I generacji). Surowce należące do tej grupy roślin energetycznych można jednakże pozyskiwać z upraw, które np. mają na celu rekultywację terenów po negatywnej dla środowiska działalności przemysłowej człowieka np. kopalni czy rafinerii, nie obciążając sektora żywnościowego. Kolejną możliwością jest wykorzystanie surowców odpadowych czy ubocznych powstających np. w cukrowniach, browarach, gorzelniach itp., dające spore możliwości wykorzystania ich w produkcji biopaliw jako podstawowego surowca energetycznego.

Połowę upraw roślinnych na świecie zajmują zboża. W Polsce uprawa ich zajmuje około 55% użytków rolnych, co pozwala na uplasowanie się na trzecim miejscu spośród krajów Unii Europejskiej. Wśród zbóż zasadnicze znaczenie do produkcji bioetanolu mają: kukurydza, żyto, pszenżyto oraz pszenica, owies i jęczmień. Zasadniczy wpływ na ilość wyprodukowanego bioetanolu z surowców zbożowych mają: zawartość skrobi oraz cukrów niezwiązanych, skuteczność hydrolizy skrobi do cukrów prostych, czy wydajność zachodzącego procesu fermentacji [Arseniuk i Oleksiak, 2009, Dynkowska, 2009]. Nie bez znaczenia dla wydajności procesu jest również stosunek zawartości skrobi do białka, a także wzajemne proporcje między zawartością amylozy i amylopektyny [Lacerenza in. 2008]. Zbyt wysoki udział amylozy, z uwagi na retrogradację skrobi może być przyczyną utrudnień w procesie hydrolizy, przy zastosowaniu klasycznych enzymów upłynniających [Haralampu, 2000, Gumienna i in. 2013]. Ponadto, aby przerób surowców roślinnych i wykorzystanie surowców mineralnych do produkcji paliwa było uzasadnione, konieczne jest aby wartość energetyczna produktu była większa niż zużycie energii na jego wytworzenie. W konsekwencji bilans produkcji etanolu i surowców roślinnych uzależniony jest od rodzaju surowca, czynników agrotechnicznych jak i zastosowanej technologii przerobu.

Potencjalnie, surowce gorzelnicze pochodzące z przemysłu cukrowniczego obejmują najczęściej półprodukty lub produkty uboczne. Najbardziej znanym surowcem w tej grupie jest melasa, jednakże na skalę przemysłową do produkcji bioetanolu za najbardziej korzystne pod względem kosztów produkcji, uważa się sok surowy i sok gęsty [Balcerek i Piech-Przybylska 2008, Dziugan i in. 2013]. W modelu technologicznym opracowanym we Francji do produkcji bioetanolu wykorzystuje się sok gęsty, podczas gdy dalsza część procesu

technologicznego przebiega jak w klasycznej gorzelnii przemysłowej. Technologia opracowana we Włoszech przewiduje zaś, zagęszczanie soku surowego, wykrystalizowanie cukru i fermentacyjny przerób odcieków w całości na etanol. Inne technologie przewidują produkcję etanolu z soku gęstego i odcieków podczas kampanii, natomiast w pozostałym okresie z innych surowców jak np.: ziemniaki, pszenica, kukurydza [Rygielski, 2002]. Zaletą surowców zawierających cukry proste i disacharydy jest ich uproszczona technologia ekstrakcji do środowiska wodnego, po czym mogą być fermentowane przez drobnoustroje do etanolu bez konieczności dodatkowych operacji technologicznych związanych z hydrolizą chemiczną bądź enzymatyczną, podwyższającą koszty biosyntezy [Szopa i Patelski, 2006, Leiper i in. 2006, Patrascu i in. 2009].

Jakkolwiek proces biosyntezy spirytusu przez drożdże jest stosunkowo dobrze znany, to jednak istotna jest modyfikacja procesów produkcji bioetanolu w celu minimalizacji kosztów, ograniczenia wytwarzania odpadów obciążających środowisko naturalne, jak również w celu możliwości ukierunkowania upraw w odniesieniu do cech surowców pożądaných w procesie biosyntezy etanolu.

4.2.2. Cel badań i hipotezy badawcze

Pomimo, że proces fermentacji surowców skrobiowych i nieskrobiowych jest powszechnie znany, to zmieniające się czynniki środowiskowe, techniczne i technologiczne determinują potrzebę ciągłego doskonalenia tego procesu. Głównym celem tych działań jest zmniejszenie kosztów procesu poprzez ograniczenie zużycia wody i energii, ograniczenie ilości wytwarzanych produktów ubocznych lub ponowne ich wykorzystanie. Nie bez znaczenia jest rola samego surowca, czynników siedliskowych, pojawiających się nowych odmian, rodów zbóż o zmodyfikowanych cechach genetycznych, jak również innych alternatywnych surowców do produkcji etanolu na cele energetyczne.

Biorąc pod uwagę powyższe fakty głównym celem badań było określenie wzajemnych zależności surowcowych, agrotechnicznych i technologicznych w odniesieniu do efektywności procesu produkcji bioetanolu. Wskazanie ich roli i znaczenia w przebiegu procesu fermentacji będzie pomocne w opracowaniu efektywnej i oszczędnej metody pozyskiwania etanolu z różnych surowców roślinnych.

W związku z powyższym, postawiono następujące **hipotezy badawcze**:

1. Możliwe jest uzyskanie, na drodze fermentacji alkoholowej, wysokich wydajności etanolu z buraka cukrowego lub uzyskiwanych z niego półproduktów – soku surowego, soku rzadkiego, soku gęstego.
2. Możliwa jest poprawa efektywności procesu fermentacji surowców zbożowych poprzez zastosowanie wielokrotnego zwracania płynnej części wywaru do

ponownego użycia w procesie zacierania. Prowadzi to do oszczędności zużycia wody i energii, a tym samym obniżenia kosztów procesu.

3. Możliwe jest uzyskanie wysokich wydajności etanolu poprzez uwzględnienie wzajemnych zależności czynników surowcowych (odmiany, rody) i agrotechnicznych (poziom nawożenia, lokalizacja), dających podstawy do racjonalnego programowania produkcji roślinnej na cele energetyczne.

Weryfikacja poszczególnych hipotez obejmowała cykl 3 etapów badań:

Ad.1. Otrzymywanie etanolu z buraka cukrowego i jego półproduktów pochodzących z procesu pozyskiwania cukru z uwzględnieniem różnych mikroorganizmów i parametrów procesu fermentacji.

Ad.2. Badanie efektywności procesu fermentacji surowców skrobiowych z zastosowaniem recyrkulacji frakcji wodnej wywaru.

Ad.3. Wskazanie współzależności cech, które są preferowane w selekcji i uprawie odmian surowców roślinnych na bioetanol (odmiany i rody, poziom nawożenia, plonowanie i lokalizacja).

4.2.3. Omówienie wyników badań

Ad.1.

Otrzymywanie etanolu z buraka cukrowego i jego półproduktów z uwzględnieniem różnych mikroorganizmów i parametrów procesu fermentacji

Publikacje:

1. Gumienna M., Lasik M., Czarnecki Z., Szambelan K. [2009] *Applicability of unconventional energy raw materials in ethanol production. ACTA Acta Scientiarum Polonorum, Seria: Technologia Alimentaria, 8(4), 17-24.*
2. Gumienna M., Szambelan K., Lasik M., Jeleń H., Czarnecki Z. [2013] *Use of Saccharomyces cerevisiae and Zymomonas mobilis for bioethanol production from sugar beet pulp and raw juice. African Journal of Biotechnology, 12(18), 2464-2470.*
3. Gumienna M., Szambelan K., Jeleń H., Czarnecki Z. [2014] *Evaluation of ethanol fermentation parameters for bioethanol production from sugar beet pulp and juice. Journal of the Institute of Brewing, 120 (4), 543-549.*

Zainteresowanie burakiem cukrowym, jako surowcem do otrzymywania bioetanolu wzrosło w ostatnich latach jako konsekwencja nadwyżki produkcji buraka cukrowego, w stosunku do kwot produkcyjnych cukru. Z dotychczasowych danych literaturowych wynika możliwość przetwarzania buraków cukrowych na cele energetyczne, głównie na drodze fermentacji soku gęstego [Hinkowa i Bubnik, 2001, Henke i in. 2006, Ranković i in. 2009, Dodić i in. 2009, Dziugan i in. 2013]. W celu ograniczenia kosztów procesu oraz wykorzystania nadmiarów produkcyjnych cukru, postawiono sobie za cel określenie przydatności w biosyntezie etanolu również półproduktów mniej przetworzonych takich jak: miazga z buraków cukrowych (pulpa) oraz sok surowy i sok gęsty nieoczyszczony.

W pierwszym etapie badań testowano efektywność komercyjnych preparatów drożdży w procesie fermentacji (*publikacja 1*). Fermentacji poddano miazgę buraczaną oraz sok gęsty (otrzymany z cukrowni), oceniając wydajność procesu z użyciem dwóch komercyjnych preparatów drożdży *Saccharomyces cerevisiae* (Lesaffre, Francja): Ethanol Red, dedykowany do fermentacji gęstych zacierów oraz Fermiol, dedykowany do różnego rodzaju surowca. Charakteryzujących się temperaturą fermentacji w zakresie od 32 do 35 °C, nie przekraczającą 40 °C dla Ethanol Red i 38 °C dla preparatu Fermiol.

Fermentację prowadzono przez 72 h w temperaturze 30°C, w zacierach o gęstości: w przypadku soku gęstego odpowiednio rozcieńczonego do 10, 16 oraz 20 °Błg, a dla pulpy - 10 °Błg.

Uzyskane wyniki wykazały, że proces fermentacji miazgi pozwolił na uzyskanie wydajności etanolu na poziomie 87,5 % wydajności teoretycznej (kalkulowana zgodnie z reakcją konwersji cukrów do alkoholu) w zacierach o gęstości 10 °Błg, zarówno dla preparatu Ethanol Red jak i Fermiol. W przypadku fermentacji, w których stosowano sok gęsty (10 °Błg), najwyższą wydajność ok. 85,0% wydajności teoretycznej uzyskano, niezależnie od

zastosowanego preparatu drożdży. Stwierdzono, że rodzaj zastosowanego preparatu drożdży nie ma istotnego wpływu na wydajność pozyskiwanego etanolu. Wykazano, że wzrost gęstości zacierów (16-20° Blg) powodował istotne obniżenie się wydajności procesu fermentacji przy zastosowaniu obu preparatów drożdży. Skutkuje to również podwyższeniem zawartości cukrów redukujących w wywarze.

Analiza jakościowa otrzymanych destylatów wykazała, że stopień zanieczyszczeń zależy od rodzaju surowca, gęstości zacieru oraz użytych w procesie preparatów drożdży (*publikacja 1*).

Z uwagi na uzyskane powyżej wyniki, kolejnym krokiem były badania skupiające się na wykorzystaniu soku surowego do procesu fermentacji. Celem tego etapu badań było ograniczenie kosztów pozyskiwania bezpośredniego surowca do produkcji etanolu między innymi poprzez wykorzystanie nieoczyszczonego soku surowego. W wariantach doświadczeń, w trakcie jego pozyskiwania stosowano również obróbkę enzymatyczną oraz proces jego zagęszczania. Zakres badań obejmował:

- (a) dobór najefektywniejszego podłoża fermentacyjnego z uwzględnieniem zabiegów technologicznych (tłoczenie soku połączone z obróbką enzymatyczną, zagęszczanie soku);
- (b) opracowanie parametrów obróbki wstępnej podłoża fermentacyjnego w celu zabezpieczenia jej przed mikroflorą szkodliwą dla procesu fermentacji (pasteryzacja, sterylizacja);
- (c) ocena warunków hodowli (wstrząsanie lub stacjonarny proces, czas hodowli);
- (d) wybór odpowiedniego preparatu drożdży (wprowadzenie nowego preparatu dedykowanego między innymi do fermentacji melasy - Safdistil C-70) oraz bakterii *Zymomonas mobilis* 3881;
- (e) ocena poziomu ubocznych produktów procesu fermentacji.

Materiałem badawczym, poza miazgą uzyskaną po roztarciu buraka cukrowego, był sok surowy otrzymany w skali laboratoryjnej poprzez wyciśnięcie rozdrobnionego buraka cukrowego z zastosowaniem wariantowo obróbki enzymatycznej miazgi. W związku z tym, że korzenie buraka cukrowego charakteryzują się wysoką zawartością pektyn, za celowe uznano zastosowanie enzymów hemicelulolitycznych jako kompozycji pektynaz, hemicelulozy i celulazy, wspomagających proces wyciskania soku z krajanki buraczanej. Enzymatyczny rozkład pektyn wpłynął na wzrost wydajności soku uzyskanego z korzenia. Wydajność otrzymanych soków wyniosła odpowiednio: 65% tłoczenie bez enzymów i 73% w przypadku tłoczenia z enzymami. Kolejnym zabiegiem technologicznym zastosowanym w toku badań było zagęszczanie soku surowego (nieoczyszczonego).

W celu hydrolizy substratów celulozowych, podłoża fermentacyjne wzbogacano preparatem enzymatycznym Optimash, zawierającym ksylanazę i celulazę (Genencor International) oraz stosowano fosforan dwuamoniu (*publikacja 2*).

W rezultacie stwierdzono, że fermentacja soku surowego, uzyskiwanego bez obróbki enzymatycznej wykazywała najwyższą wydajność etanolu (od 84,0 do 95,0% wydajności teoretycznej) spośród wszystkich stosowanych półproduktów z buraka cukrowego.

Zastosowany proces zagęszczania soku surowego jest istotnym czynnikiem wpływającym na wydajność alkoholu, uzależnionym od stężenia sacharozy w podłożu fermentacyjnym. Potwierdzono, że efektywność biokonwersji cukru do etanolu wzrasta wraz ze stopniem rozcieńczenia podłoża fermentacyjnego. Wyniki potwierdziły, że najlepsze warunki procesu fermentacji uzyskuje się gdy stężenie cukrów w podłożu fermentacyjnym dla pulpy wynosi między 7 a 10% podczas, gdy dla soków najlepsze rezultaty otrzymano w podłożach o stężeniu 15 - 20%. Zastosowane zabiegi pasteryzacji i sterylizacji były w różnym stopniu efektywne dla wydajności alkoholu. Istotnie wyższe wydajności uzyskano przy zastosowaniu sterylizacji pulpy.

Otrzymane wyniki w sposób istotny ($p < 0,05$) wykazały wzrost efektywności procesu fermentacji w hodowlach stacjonarnych w porównaniu z hodowlami wstrząsanymi. Prowadzenie hodowli wstrząsanej, pomimo lepszej dyspersji składników substratu w podłożu, nie spowodowało poprawy efektywności fermentacji.

Badania z użyciem różnych szczepów drożdży (Ethanol Red, Safdistil C-70, Fermiol) oraz bakterii *Z. mobilis*, wskazują, że najkorzystniejszym mikroorganizmem w odniesieniu do zastosowanych podłoży fermentacyjnych, okazał się preparat drożdży Safdistil C-70. Zastosowane natomiast w procesie bakterie *Z. mobilis* okazały się najmniej efektywne (66,4% wyd. teoretycznej).

Analiza produktów ubocznych procesu fermentacji wykazała, że na ilość powstałych związków ma istotny wpływ ($p < 0,05$): sposób przygotowania surowca poddanego procesowi fermentacji (pulpa sok), stopień rozcieńczenia podłoża fermentacyjnego, zastosowane zabiegi technologiczne oraz rodzaj zastosowanego mikroorganizmu. Należy jednak zaznaczyć dużą zmienność poziomu zanieczyszczeń w poszczególnych latach wegetacji surowca. Uzyskane w obrębie jednego cyklu doświadczalnego destylaty po fermentacji soku surowego zawierały istotnie mniejszą ilość zanieczyszczeń (aldehydy, estry, metanol, wyższe alkohole) niż destylaty uzyskane z miazgi (pulpy) czy soku gęstego (*publikacja 2 i 3*). Profil ubocznych produktów procesu fermentacji z użyciem bakterii był istotnie różny ($p < 0,05$) i charakteryzował się wyższą zawartością aldehydów, metanolu, a istotnie niższą zawartością alkoholi wyższych. Różnice te z dużym prawdopodobieństwem przypisać można innej ścieżce metabolicznej bakterii *Z. mobilis* w stosunku do drożdży *S. cerevisiae*.

Uzyskane w moich badaniach wyniki wykazały, że produkcja bioetanolu z buraka cukrowego i jego półproduktów stanowi obiecującą alternatywę dla surowców kopalnych. Zaobserwowano, że rodzaj podłoża fermentacyjnego miał istotnie ($p < 0,05$) znaczenie w ilości uzyskiwanego etanolu. Istotnym czynnikiem determinującym konieczność zastosowania zabiegów technologicznych (obróbka enzymatyczna, zagęszczanie soku surowego) jest stężenie cukrów w podłożu fermentującym. Fermentacja zacierów o stężeniu 25% s.s. wykazywała obniżenie wydajności uzyskiwanego etanolu, co mogło być spowodowane inhibicją substratem. Najwyższą wydajność etanolu osiągnięto ze sterylizowanego zagęszczonego surowego soku (od 94 do 95% wydajności teoretycznej) z udziałem *S. cerevisiae*, w 30°C, czasie 92 h, hodowli stacjonarnej i koncentracji 20% s.s. Stwierdzono, że

dla uzyskania wysokich wydajności etanolu nie ma potrzeby oczyszczania soku surowego, a uzyskane wydajności były wyższe niż wydajności uzyskane z podłoża, gdzie wykorzystano do procesu fermentacji sok gęsty (pochodzący z cukrowni). Wyeliminowanie etapu oczyszczania wpływa dodatkowo na redukcję kosztów produkcji etanolu, a sam sok jest, jak wykazały badania, łatwiejszy w obróbce niż miazga buraka cukrowego. Dodatkowym czynnikiem przemawiającym na korzyść soku surowego jest zawartość w nim związków towarzyszących sacharozie, wspomagających proces fermentacji.

Przeprowadzone analizy jakościowe uzyskanych destylatów, wykazały zróżnicowanie w ilości oznaczanych związków, zależne od zastosowanego surowca wyjściowego jak i warunków prowadzenia fermentacji. Jednakże ilość identyfikowanych związków, w większości przypadków, jest zgodna z europejskimi standardami (European Fuel Ethanol Standards).

W związku z powyższym dla efektywnego wykorzystania uzyskanych wyników podjęto następny cykl badań mających na celu wyznaczenie, a nawet wskazanie cech jakościowych buraka cukrowego, które predysponują go do produkcji bioetanolu (Ad. 3).

Ad.2.

Badanie efektywności procesu fermentacji z zastosowaniem recykulacji części wywaru

Publikacje:

4. Gumienna M., Lasik M., Szambelan K., Czarnecki Z. [2011] *Reduction of water consumption in bioethanol production from triticale by recycling the stillage liquid phase. Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria, 10(4), 467-474.*
5. Lasik M., Gumienna M., Szambelan K., Czarnecki Z. [2013] *Water and energy saving bioprocess for bioethanol production from corn grain applying stillage liquid part recirculation. African Journal of Biotechnology, 12(40), 5951-5955.*

Wywar, w obecnej sytuacji makroekonomicznej będącej konsekwencją postępu i intensyfikacji produkcji rolniczej, postrzegany jest jako uciążliwy produkt odpadowy powstający w gorzelnii, a jego zagospodarowanie jest dla zakładu relatywnie kosztowne. Sposobem na obniżenie kosztów ponoszonych przez gorzelnie na obróbkę wywaru może być jego ponowne wykorzystanie w procesie produkcyjnym. Z danych literaturowych wynika, że wywary żytnie można zawracać na poziomie 30 recykulacji [Czupryński i Kotarska 2011] bez istotnego obniżenia poziomu procesu fermentacji. Pozwala to nie tylko na zniwelowanie kosztów zagospodarowania podstawowego produktu odpadowego, ale również na istotne obniżenie zapotrzebowania na wodę produkcyjną. Taki zabieg może czynić technologię gorzelniczą bardziej przyjazną środowisku, a także poprawić ekonomię procesu produkcyjnego [Cibis i in. 2006, Grajek i in. 2008, Mojović i in. 2010, Mwithiga 2013].

Celem podjętych badań była ocena możliwości wielokrotnego wykorzystywania frakcji wodnej wywarów uzyskiwanych po destylacji odfermentowanych zacierów z ziarna

pszenżyta oraz kukurydzy. Z uwagi na fakt, że odzysk frakcji wodnej wynosił z reguły od 75% do 85% ilości wody technologicznej, dla zapewnienia takich samych warunków procesu, przyjęto udział wywaru w ilości 75%. W toku analitycznym przebadano wpływ wielokrotności zawracania części wodnej wywaru na wydajność procesu produkcji etanolu. W trakcie procesu kontrolowano między innymi zawartość potasu, oznaczano suchą substancję, cukry redukujące, białko ogólne, kontrolowano żywotność i liczebność drożdży w zacierze odfermentowanym oraz stopień scukrzenia skrobi w zacierach.

W procesie zacierania metodą bezciśnieniowego upłynniania skrobi (BUS) wykorzystywano preparaty enzymatyczne dedykowane dla tego typu fermentacji oraz drożdże *Saccharomyces cerevisiae* – preparat Ethanol Red.

W przypadku pszenżyta proces prowadzono do 40 cykli zawracania wywaru, a w przypadku kukurydzy do 28 cykli. Wydajność etanolu z fermentacji pszenżyta podczas wszystkich cykli wynosiła od 81,5% do 95,7% wydajności teoretycznej ($p < 0,05$), natomiast w przypadku kukurydzy od 76,0% do 85,0%. Zawracanie części wodnej wywaru w cyklu doświadczalnym, nie spowodowało w sposób istotny ($p = 0,05$) obniżenia wydajności etanolu. Nie odnotowano istotnego statystycznie efektu hamującego wzrost drożdży, a ich żywotność przekraczała 91% (wywary kukurydziane) i 94% (wywary z pszenżyta) w całym okresie eksperymentów. W zacierach prowadzono również badania profilu kwasów organicznych, gdzie stwierdzono zwiększenie się ich ilości wraz ze wzrostem liczby recyrkulacji. Jednakże, wyższe zawartości kwasów w zacierach nie były istotnym czynnikiem ograniczającym proces efektywnej fermentacji. Uzyskane wyniki badań wykazały, że recyrkulacja frakcji ciekłej powodowała zwiększenie zawartości białka w wywarze. Zwiększenie to wynosiło średnio około 1,5 - raza w przypadku pszenżyta, a około 7,0 w odniesieniu do przerabianej kukurydzy. Wzrost ten dotyczy również części stałej wywaru tzw.: „ciasta”, co wydaje się być bardzo korzystne dla zastosowania tej frakcji jako dodatku paszowego. Stwierdzono również około 2-krotny wzrost stężenia potasu w odciekach.

Wielokrotne wykorzystywanie frakcji wodnej wywarów uzyskiwanych po destylacji odfermentowanych zacierów z ziarna pszenżyta i kukurydzy na etapie przeprowadzonych badań pozwoliło na uzyskiwanie wydajności etanolu porównywalnych z próbami kontrolnymi (bez zawracania). Jedynym czynnikiem potencjalnie ograniczającym ilość i wielokrotność zawracania wywaru mogła być podwyższająca się koncentracja potasu, istotnie wyższa od zawartości w wywarze kontrolnym. Stwierdzono jednak, że podwyższona koncentracja potasu, wykazana w trakcie kontroli procesu, pozwalała prowadzić proces bez zakłóceń i obniżenia wydajności przy stałym udziale frakcji wodnej wywaru wynoszącej 75%. Z niepublikowanych danych własnych wynika, że możliwe jest wykorzystanie całej frakcji wodnej niepowodujące zmian w wydajności i efektywności procesu.

Przeprowadzone badania jednoznacznie wskazują na możliwość zastosowania części wywaru płynnego w procesach fermentacyjnych bez istotnych efektów zahamowania procesu fermentacji, a tym samym wydajności pozyskiwanego etanolu. Takie zastosowanie daje możliwości obniżenia kosztów wytwarzania alkoholu jaki i ograniczenia powstawania

uciążliwych odpadów w znacznym stopniu obciążających środowisko naturalne. Stanowi to doskonałą alternatywę dla wywarów żytnich, daje możliwości pozyskiwania frakcji wywaru suszonego (DDGS ang: dried distillers grains with solubles), możliwego do wykorzystania w żywieniu zwierząt (wywar o dużej zawartości białka).

Ad.3.

Wskazanie współzależności cech, które są preferowane w selekcji i uprawie odmian surowców roślinnych na bioetanol (odmiany i rody, poziom nawożenia, plonowanie i lokalizacja)

Publikacje:

6. Gumienna M., Szwengiel A., Szczepańska-Alvarez A., Szambelan K., Lasik-Kurdyś M., Czarnecki Z., Sitariski A. [2016] *The impact of sugar beet varieties and cultivation conditions on ethanol productivity. Biomass and Bioenergy, 85, 228-234.*
7. Gumienna M., Szwengiel A., Lasik M., Szambelan K., Majchrzycki D., Adamczyk J., Nowak J., Czarnecki Z. [2016] *Effect of corn grain variety on the bioethanol production efficiency. Fuel, 164, 386-392.*

Dotychczasowe badania nad efektywnością fermentacji alkoholowej surowców roślinnych uwzględniały przede wszystkim właściwości surowca oraz dobór parametrów technologicznych do odpowiedniej grupy surowcowej. Mniej uwagi poświęcano czynnikom agrotechnicznym, w tym selekcji odmian, parametrów uprawowych i ich związków z wartością technologiczną surowca. Nie bez znaczenia jest również zespół czynników wpływający na wielkość plonowania, co pośrednio przenosi się na podaż substratów w procesie fermentacji. Dla praktyki rolniczej niebagatelne znaczenie ma wskaźnik wydajności mierzony jako ilość uzyskiwanego etanolu z ha uprawy. Bardzo istotnym elementem w przydatności surowców roślinnych (np.: buraka cukrowego, kukurydzy) na cele energetyczne jest uzyskanie najwyższych wydajności, które powinno uwzględniać wielkość plonu. Plon ziarna, korzenia, jego skład chemiczny, w dużej mierze uzależniony może być od czynników agrotechnicznych, charakterystycznych dla danej hodowli jak i jego odmiany. Nie bez znaczenia może być też miejsce lokalizacji uprawy. Brak takich kompleksowych badań w literaturze skłonił nas do zanalizowania przydatności poszczególnych odmian buraka cukrowego oraz kukurydzy, w zależności od ich lokalizacji uprawy, czynników agrotechnicznych, jak również ich uwarunkowań genetycznych pod względem efektywnej produkcji etanolu.

W przypadku buraka cukrowego ważna wydaje się również odporność poszczególnych odmian na choroby, a w szczególności wywołujące plamistość liści, które w istotny sposób powoduje obniżenie masy korzenia od 50 - 80% i tym samym zmniejszenie ilości cukru w korzeniu [Gado, 2007]. W przeprowadzonych przeze mnie badaniach brano pod uwagę odporność odmian na zakażenia chwościka buraka wywołanej porażeniem liści przez grzyba

Cercospora beticola Sacc. oraz Rizomanie - wirusowe nekrotyczne żółknięcie nerwów buraka wywołane zakażeniem pierwotniakiem *Polymyxa betae* Keskin. Próba wykazania współzależności powyższych czynników jest bardzo istotna w przypadku uprawy odmian buraka cukrowego na bioetanol i może dać podstawy do ukierunkowania upraw dla tego sektora gospodarki. W szczególności powinny być brane pod uwagę czynniki stymulujące podaż cukrów fermentujących z jednostki uprawy w tym: zawartość suchej substancji w korzeniu w odpowiedniej proporcji z pozostałymi składnikami czy limitowana podaż pierwiastków jednowartościowych.

Przeanalizowano 49 rodów/odmian buraka cukrowego z 2 lokalizacji (Straszków i Śmitów) z Kutnowskiej Hodowli Buraka Cukrowego w Straszkowie, biorąc pod uwagę:

- zawartość suchej substancji, zawartość sacharozy, plon, zawartość cukrów redukujących wprost w surowcu, lokalizację oraz wskaźniki przebiegu procesu fermentacji.

Dodatkowe dane jakie pozyskano w drodze współpracy od hodowców to:

- poziom nawożenia z uwzględnieniem dawek azotu, fosforu i potasu (NPK) w czasie wzrostu rośliny, zawartość sodu, potasu i azotu (Na, K, N) w korzeniach analizowanych prób oraz dane o rodzajach odmian i rodów (odmiany półpastewne, cukrowe).

Wyniki analiz korzeni buraka cukrowego wykazały, że próby z poszczególnych lokalizacji (Straszków i Śmitów) znacznie różnią się między sobą pod względem wielkości plonu, zawartości cukrów redukujących wprost, co może wynikać z odmiennych warunków agrotechnicznych, charakterystycznych dla danej hodowli oraz różnic w sposobie przygotowania surowca do fermentacji. Średnia zawartość suchej substancji korzenia buraka cukrowego w 98 badanych próbach wynosiła 20,6% natomiast zawartość sacharozy w korzeniach buraka dla wszystkich badanych prób wahała się w zakresie między 12,0% a 17,8%. Na charakterystykę danego materiału rzutuje w większym stopniu odmiana surowca niż lokalizacja uprawy. Ilość uzyskiwanego etanolu wynosiła od 5,1 do 9,6 L/100 kg korzenia buraka cukrowego. Wyniki te korespondują z wynikami uzyskanymi w podobnych doświadczeniach prowadzonych przez Mehdikhani i in. [2011]. Korzenie buraka cukrowego, o największej wydajności etanolu w zakresie 8,0-9,6 L/100 kg stanowiły największy odsetek zarówno dla lokalizacji Straszków (29%) jak i Śmitów (40%). O dobrej efektywności procesu fermentacji świadczy również zawartość cukrów redukujących w wywarze, która średnio dla obu lokalizacji wynosiła 0,23%.

Istotnym elementem kompleksowej oceny parametrów procesu fermentacji jest między innymi ocena poszczególnych czynników stymulujących podaż cukrów fermentujących i ich wzajemna korelacja. W celu wyjaśnienia struktury zmienności i korelacji danych zastosowano analizę wariancji, analizę składowych głównych PCA (Principal Components Analysis) oraz PCA w połączeniu z algorytmem NIPALS (Nonlinear Iterative Partial Least Squares).

Na podstawie uzyskanych danych i zastosowanej wielowymiarowej analizy statystycznej stwierdzono, że badane wyróżniki oddziałują z różną siłą na efektywność procesu fermentacji etanolowej. Występuje silna korelacja pomiędzy wydajnością alkoholu etylowego, a zawartością suchej substancji w buraku cukrowym. Słabsza dodatnia korelacja istnieje

również względem zawartości sacharozy oraz plonem buraka cukrowego. Jednakże zawartość sacharozy, zawartość suchej substancji oraz zawartość cukrów redukujących w wywarze wykazują wzajemną dodatnią korelację, chociaż jej siła jest zróżnicowana. Istnieje słaba ujemna korelacja między wydajnością alkoholu, a stosunkiem sacharozy do suchej substancji korzenia. Świadczy to o tym, że o efektywności fermentacji decyduje nie tylko zawartość sacharozy w suchej substancji buraka, ale jej wzajemne relacje z innymi składnikami suchej substancji. Stwierdzono także słabą dodatnią korelację między wielkością plonu buraka cukrowego, a wydajnością etanolu. Oznacza to, że najlepiej dla uzyskiwania wysokich wydajności etanolu jest wtedy, kiedy oprócz wysokiego plonowania zostanie utrzymana odpowiednia proporcja między suchą substancją i zawartością sacharozy. Przeprowadzone analizy wykazały, że stosowanie wysokich dawek nawozów NPK, prowadzi do zbyt wysokiej ich kumulacji w korzeniu buraka cukrowego, co ma negatywny wpływ na wydajność etanolu. Wysokie nawożenie NPK podczas wzrostu rośliny wpływa na wysokie stężenie Na, K, i N w korzeniu. Stwierdzono ujemną korelację pomiędzy poziomem wyżej wymienionych pierwiastków a wszystkimi wskaźnikami fermentacji, szczególnie stopniem wykorzystania sacharozy. Nadmiar tych pierwiastków przekłada się na niekorzystny efekt procesu fermentacji, co może być związane z metabolizmem drożdży (głównie potas). Podobnie wykazali w swoich badaniach Casey i in. [2013], że pierwiastki takie jak potas, sód oraz jony amonowe mogą być inhibitorami wzrostu komórek drożdży *S. cerevisiae*, co przekłada się na mniejsze zużycie glukozy i tym samym niższą produkcję etanolu.

Wielowymiarowa analiza (PCA z algorytmem NIPALS) pozwoliła na dokonanie charakterystyki hybryd i wykazania, które cechy ojcowskie przekładają się na cechy użytkowe.

Stwierdzono, że wysoką wydajnością etanolu charakteryzowały się diploidalne hybrydy, które są odmianami cukrowymi. Odmiany te wykazują również cechy odporności na zakażenia grzybem *Cercospora beticola* oraz pierwotniakiem wywołującym wirusowe nekrotyczne żółknięcie nerwów buraka (Rizomania). Dwie odmiany hybrydowe, odporne na rizomanię, które już zarejestrowano w Polskim Rejestrze Odmian to odmiany oznaczone jako 2012/20 (rejestracja w dniu 07.02.2012) oraz MANITOU (rejestracja w dniu 15.03.2013). Pozostałe rody wytypowane w wyniku niniejszych badań to hybrydy oznaczone FC11_7_X_NS09_15 (ojciec FC11 7 i matka NS09 15, linia CMS) - odporna na *Cercospora beticola* oraz MP11_56 (ojciec DH09 60 i matka FC607 linia CMS) - odporna na rizomanię. Wyżej wymienione rody i odmiany rekomendowano hodowcom z Kutnowskiej Hodowli Buraka Cukrowego jako najbardziej efektywne do wykorzystania w uprawach na cele energetyczne.

W przypadku surowca skrobiowego przebadano 258 odmian/mieszańców ziarna kukurydzy otrzymanych z Hodowli Roślin Grupa IHAR w Smolicach. Pod względem składu genetycznego badane odmiany należały do 2 grup odmianowych: odmiany trójliniowe (TC) i odmiany dwuliniowe (SC) w ilości odpowiednio: 133 i 125 odmian. Badane odmiany zostały utworzone w oparciu o 4 formy ojcowskie, którymi były następujące linie: S61328 – 96 odmian, S80660A – 61 odmian, S07787A – 20 odmian i S09347 – 8 odmian.

W przeprowadzonym toku analitycznym podobnie jak w przypadku korzenia buraka cukrowego brano pod uwagę:

- zawartość suchej substancji, zawartość skrobi, plon, zawartość cukrów redukujących wprost oraz wskaźniki wydajności alkoholu.

Dodatkowe dane pozyskane w drodze współpracy to dane o rodzaju odmiany i mieszańcach. W wyniku przeprowadzonych badań, stwierdzono podobne zależności jak w przypadku analizowanych prób buraka cukrowego. Do najsilniej skorelowanych z wydajnością etanolu wyróżników należy zaliczyć plon, który przekłada się na podaż składników energetycznych (skrobi i cukrów redukujących).

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że średnie scukrzanie skrobi odnotowywane w próbach kształtowało się na poziomie 69,4%, gdzie minimum to 57.9% a maksimum scukrzania to 88.5%. Wydajność uzyskiwanego alkoholu z 258 przebadanych prób, charakteryzowało się w 49% populacji wydajnością procesu w zakresie między 62,0% a 81,0% wydajności teoretycznej. Ponadto stwierdzono, że próbki o wyższej zawartości skrobi w ziarnie kukurydzy mają mniejszą zdolność do scukrzania skrobi (-0.35 , $p < 0,05$). Fakt ten generuje ujemną korelację pomiędzy zmienną wydajności etanolu (L/100kg skrobia), a zawartością skrobi ($-0,43$, $p < 0,05$). Zależność ta uwarunkowana jest zawartością amylozy, w kompleksach amylozowo – lipidowych [Tester i Karkalas, 2006] i zakresem wielkości cząstek [Knutson i in. 1982]. Wymienione zmienne wpływają na podatność skrobi na działanie α -amylazy. Może to przełożyć się na niższą względną wydajność procesu fermentacji. Na wydajność etanolu wpływa również poziom cukrów redukujących. Potwierdza to dodatnia zależność występująca między wydajnością etanolu a ogólną zawartością węglowodanów w ziarnie.

Dzięki zastosowaniu wielowymiarowych analiz możliwe było wydzielenie grup odmian o podobnych cechach genetycznych, co w konsekwencji rzutuje na cechy użytkowe. W wyniku analiz PCA z algorytmem NIPALS wygenerowano grupę odmian o wysokiej wydajności etanolu w odniesieniu do masy surowca, cechującą się przeciętną zawartością skrobi i umiarkowanym stopniem jej upłynnienia. Hybrydy wchodzące w skład tej grupy w większości pochodziły od linii ojcowskiej S80660A, co dowodzi iż korzenie genetyczne ziarna mają duże znaczenie, w wyznaczeniu najbardziej obiecującej dla wydajności etanolu linii ojcowskiej. Linia S80660A jest obecnie składnikiem wielu zarejestrowanych odmian kukurydzy. Stosowanie jej do krzyżówek ma istotne znaczenie z perspektywy uprawy kukurydzy między innymi ze względu na wysoką akumulację suchej substancji w roślinach, jak również dużą tolerancję na niskie temperatury w okresie kiełkowania i początkowego wzrostu.

Powyższe wyniki wykazały, że wysoka wydajność etanolu nie jest uzależniona od jednego tylko parametru jakim jest zawartość skrobi w ziarnie, ale również od szeregu innych czynników takich jak czynniki genetyczne i agrotechniczne, co potwierdziła różnorodność cech badanych odmian i rodów.

Podsumowanie i możliwości wykorzystania uzyskanych wyników

Za cenny aspekt praktyczny prowadzonych badań uważam opracowanie metody wykorzystującej 75% części płynnej wywaru, bez strat w efektywności pozyskiwania etanolu, w szczególności z ziarna pszenżyta, które jako mieszaniec żyta i pszenicy nadal poszukuje swojego miejsca w efektywnym jego wykorzystaniu.

Ponadto opracowanie procesu fermentacji wykorzystującej nieoczyszczony sok surowy z procesu produkcyjnego cukru, co daje nowe możliwości jego wykorzystania, szczególnie przy wyższych zdolnościach produkcyjnych cukrowni niż podaż cukru.

Za równie wartościowy aspekt powyższych badań uważam to, iż uzyskane wyniki pozwoliły na wskazanie cech, które można brać pod uwagę w selekcji odmian i uprawie roślin. Ponadto dostosowanie narzędzi matematycznych w celu weryfikacji wyników jak również pogrupowanie i wygenerowanie cech, które mają najistotniejsze znaczenie, nie tylko w efektywnym procesie fermentacji, ale i umożliwiają ukierunkowanie upraw na cele energetyczne. W konsekwencji stworzono bazy surowcowe i ich cechy predysponujące je do uprawy na bioetanol.

W przypadku korzeni buraka cukrowego najistotniejsze znaczenie mają:

- plonowanie – podaż cukrów fermentujących z jednostki powierzchni uprawy,
- zawartość suchej substancji w korzeniu (obejmująca cukry fermentujące - sacharozę i cukry proste) w odpowiedniej proporcji z pozostałymi składnikami suchej substancji,
- limitowana podaż pierwiastków jednowartościowych, zwłaszcza potasu,
- odporność odmian na choroby, preferowane diploidalne hybrydy.

W przypadku ziarna kukurydzy również najistotniejsze jest plonowanie – podaż cukrów fermentujących z jednostki powierzchni uprawy. W selekcji odmian pod uwagę należy także wziąć cechy genetyczne odmian uwzględniając mieszańce męskie, które gwarantują wysoką efektywność fermentacji.

Przedstawione powyżej rezultaty badań mogą być przydatne zarówno technologom jak i jednostkom zajmującym się selekcją odmian oraz agrotechniką roślin uprawnych jako surowca energetycznego.

Wykaz cytowanej literatury

- Arseniuk E., Oleksiak T. [2009] Postęp w hodowli głównych roślin uprawnych w Polsce i możliwość ich wykorzystania do roku 2020. *Studia i raporty IUNG-PIB*, 293-305.
- Atadashi I.M., Abdul Aziz M.K., Sulaiman N.M.N. [2012] The effect of water on biodiesel production and refining Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 3456-3470.
- Baena L., Jaromillo F., Calderon J.A. [2012] Aggressiveness of a 20% bioethanol 80% gasoline mixture on auto parts: II Behavior of polymeric materials. *Fuel*, 95, 312-319.

- Balat M., Balat H. [2009] Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. *Applied Energy*, 86, 2273–2282.
- Balcerek M., Pielech-Przybylska K. [2008] Dobór drożdży do fermentacji brzeczek z soku gęstego. *Przemysł Fermentacyjny Owocowo-Warzywny*, 11, 37-40.
- Biernat K. [2015] Biofuels in storage and operating conditions. Rozdział w *Storage Stability of Fuels*. Wyd. INTECH. 2015, DOI: 10.5772/59802.
- Casey E., Mosier N.S., Adamec J., Stockdale Z., Sedlak N.Ho.M. [2013] Effect of salts on the Co-fermentation of glucose and xylose by a genetically engineered strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology for Biofuels*, 6 (83), 1-10.
- Cibis E., Krzywonos M., Miśkiewicz T. [2006] Ethanol in the world – usage directions and byproducts. *Przemysł Chemiczny*, 85, 1263-1267.
- Czupryński B., Kotarska K. [2011] Recykulacja i sposoby zagospodarowania wywaru gorzelniczego. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 50(2), 21-23.
- Dodić S., Popov S., Dodić J., Ranković J., Zavargo Z., Mucibabić R.J. [2009] Bioethanol production from thick juice as intermediate of sugar beet processing. *Biomass and Bioenergy*, 33, 822-827.
- Dynkowska W. [2009] Czynniki warunkujące przydatność ziarna różnych zbóż do produkcji energii odnawialnej – przegląd literatury. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 251, 67-81.
- Dziugan P., Balcerek M., Pielech-Przybylska K., Patelski P. [2013] Evaluation of the fermentation of high gravity thick sugar beet juice worts for efficient bioethanol production. *Biotechnology for Biofuels*, 6 (158), 1-10.
- Gado E.A.M. [2007] Management of Cercospora Leaf Spot disease of sugar beet plants by some fungicides and plant extracts. *Journal of Phytopathology*, 35(2), 1-10.
- Grajek W., Gumienna M., Lasik M., Czarnecki Z. [2008] Perspektywy rozwoju technologii produkcji bioetanolu z surowców skrobiowych (Perspectives for ethanol production from starchy materials). *Przemysł Chemiczny*, 87, 1094-1101.
- Gumienna M., Szwengiel A., Szambelan K., Lasik M., Czarnecki Z. [2013] Wpływ nawożenia na dostępność węglowodanów i wydajność procesu fermentacji alkoholowej surowców skrobiowych. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna*, XVIII (4), 323 – 331.
- Haralampu S.G. [2000] Resistant starch – a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers*, 41, 285-292.
- Henke S., Budnik Z., Hinkova A., Pour V. [2006] Model of a sugar factory with bioethanol production in program Sugars. *Journal of Food Engineering*, 77, 416-420.
- Highina B.K., Bugaje I.M. [2014] A review on second generation biofuel: A comparison of its carbon footprints. *European Journal of Engineering and Technology*, 2(2), 117-125.
- Hinkowa A., Bubnik Z. [2001] Sugar beet as a raw material for bioethanol production. *Czech Journal of Food Science*, 19(6), 224-234.
- Hossain, A. B., Fazlily, A. R. [2010] Creation of alternative energy by bio-ethanol production from pineapple waste and the usage of its properties for engine. *African Journal of Microbiology Research*, 4 (9), 813-819.
- Klimiuk E., Pawłowska M., Pokój T. [2012] *Biopaliwa Technologie dla zrównoważonego rozwoju. [Biofuels technologies for sustainable development]*. PWN, Warszawa.
- Kłosowski G., Macko D., Mikulski D. [2010] Rozwój metod biotechnologicznych produkcji biopaliw ze źródeł odnawialnych. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 45, 118-135.

- Knutson CA, Khoo U, Cluskey JE, Inglett GE. [1982] Variation in enzyme digestibility and gelatinization behavior of corn starch granule fractions. *Cereal Chemistry*, 59(5), 512–5.
- Koçar G., Civaş N. [2013] An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 900-916.
- Lacerenza J.A., Martin J.M., Talbert L.E., Lanning S.P., Giroux M.J. [2008] Relationship of ethanol yield to agronomic and seed quality characteristic of small grains. *Cereal Chemistry*, 85, 322-328.
- Leiper K., Schlebe C., Tebble I., Stewart G.G. [2006] The fermentation of beet sugar to produce bioethanol. *Journal of the Institute of Brewing*, 112(2), 122-133.
- Lewandowski W.M. [2012] Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Mehdikhani P., Hovsepyan H., Bari M.R. [2011] Sugar beet genotype effect on potential of bioethanol production using *Saccharomyces cerevisiae* fermentation. *African Journal of Biotechnology*, 10(20), 4100-4105.
- Mojović L., Pejin D., Rakin M., Vukasinovic M., Pejin J., Grujić O., Nikolic S., Radosavljevic M. [2010] Investigations of the possibilities of stillage utilization from the bioethanol production on corn. *Journal of Processing Energy Agriculture*, 14(1), 54-57.
- Mwithiga G. [2013]. The potential for second generation bio-ethanol production from agro-industrial waste in South Africa. *African Journal of Biotechnology*, 12(9), 871-879.
- Patrascu E., Rapeanu G., Bonciu C., Hopulele T. [2009] Bioethanol production from molasses by different strains of *Saccharomyces cerevisiae*. Paper presented at the International Symposium Euro-aliment, 9-10 October, Galati-Romania, pp. 49-56. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati.
- Ranković J., Dodić J., Dodić S., Popov S. [2009] Bioethanol production from intermediate products of sugar beet processing with different types of *Saccharomyces cerevisiae*, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 15(1), 13-16.
- Rojan P. J., Anisha G.S., Madhavan Nampoothiri K., Pandey A. [2011] Micro and macroalgal biomass: A renewable source for bioethanol. *Bioresource Technology*, 102, 186–193.
- Rygielski R. [2002] Biopaliwo szansą polskiego rolnictwa. *Nowe Cukrownictwo*, 2, 18-19.
- Scarlat N., Dallemand J-F. [2011] Recent developments of biofuels/bioenergy sustainability certification: A global overview. *Energy Policy*, 39, 1630-1646.
- Szopa J.S., Patelski P. [2006] Biotechnologiczne kierunki przetwórstwa buraków cukrowych. *Gazeta Cukrownicza*, 11, 326-327.
- Talebian – Kiakalaieh A., Nor Aishah S.A., Mazaheri H. [2013] A review on novel processes of biodiesel production from waste cooking. *Applied Energy*, 104, 683-710.
- Tester R.F, Karkalas X.Q.J. [2006] Hydrolysis of native starches with amylases. *Animal Feed Science and Technology*, 130(1), 39–54.

4.3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Działalność badawczą rozpoczęłam już w okresie studiów na Wydziale Technologii Żywności Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu zajmując się w czasie realizacji pracy magisterskiej, pod kierunkiem dr. Zenona Kędziora (1995 r.), problematyką właściwości funkcjonalnych dyspersji białkowych otrzymanych z preparatu glutenu witalnego. Badania zależności dodatków technologicznych oraz warunków środowiska na właściwości reologiczne dyspersji białek glutenowych zaowocowały 2 doniesieniami na konferencjach naukowych (A.5.1., A.5.2., zał. 4). Bezpośrednio po ukończeniu studiów (01.09.1995 – 31.08.1996) podjęłam pracę na stanowisku asystenta w Pracowni Żywności i Żywienia, Akademii Wychowania Fizycznego im. Eugeniusza Piaseckiego w Poznaniu na Wydziale Turystyki i Rekreacji. Po rocznym okresie zatrudnienia w tej Uczelni, zostałam zatrudniona w Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu na Wydziale Technologii Żywności (obecnie Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu), w Zakładzie Fermentacji i Biosyntezy Składników Paszowych (od 1997 r.) na etacie stażysty, a następnie asystenta (od 1998 r.) gdzie pracuję do chwili obecnej. Początkowo moje zainteresowania badawcze skupiały się wokół naturalnych inhibitorów kiełkowania oraz ich przydatnością technologiczną w aspekcie przechowalnictwa ziemniaków. Uzyskane wyniki zostały opublikowane w Biuletynie Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w postaci publikacji (A.2.1.), prac konferencyjnych opublikowanych w całości (A.4.3.) i prezentowane były w formie 2 komunikatów naukowych (A.5.3., A.5.4.). Ponadto doskonaliłam swoją wiedzę w zakresie reologii i tensometrii nabytą w czasie realizacji pracy magisterskiej. W okresie od 1997 do 2000 r. brałam udział w 2 tygodniowym szkoleniu (AR Poznań) z zakresu szybkiej nauki zasad tensometrii jak również odbyłam 4 tygodniowy staż w Institute of Food Research, Norwich Laboratory, Norwich, Wielka Brytania. Zakres tematyczny moich zainteresowań badawczych skupił się na wykorzystaniu nowych metod tensjometrycznych: płytki Wilhelmy'ego, pierścienia Du Nouy', wiszącej kropli, co pozwala wyznaczyć dynamiczny kąt zwilżania, gęstość cieczy, szybkość sedymentacji zawiesin, czy też krytyczne stężenie miceli (CMC). Ponadto uczestniczyłam w 2 szkoleniach (AR Poznań) i 1 stażu (Instytut Technologii Chemicznej, Praga, Czechy) z zakresu szybkich metod immunochemicznych w badaniach i analizie żywności. Nabyte umiejętności wykorzystywałam wielokrotnie w prowadzonych przeze mnie późniejszych badaniach jak i pracy doktorskiej (G.3.1., G.3.2., zał. 5).

Pracę doktorską pt.: „Biosynteza związków powierzchniowo czynnych przez drożdże *Candida bombicola*” realizowałam od 1999 r. początkowo pod kierunkiem prof. dr hab. Michała Piaseckiego. Na skutek jego przedwczesnej śmierci w 2000 r. dalsze badania realizowałam pod kierunkiem prof. dr hab. Zbigniewa Czarneckiego. W tym również okresie otrzymałam finansowanie ze środków MNiSW w ramach badań własnych na realizację zadania pt. „Biosynteza i ocena właściwości związków powierzchniowo-czynnych otrzymanych z hodowli wybranych szczepów drożdży”. Wyniki uzyskane w ramach badań nad zdolnością do biosyntezy związków powierzchniowo-czynnych przez drożdże *Candida bombicola* ATCC

22214 wykazały, że w zależności od zastosowanego źródła węgla hydrofobowego różna jest ich wydajność oraz skład chemiczny uzyskiwanej mieszaniny biosurfaktantów. Stosowano różne substraty tłuszczowe o zróżnicowanym składzie chemicznym. Uzyskane wyniki wykazały ponadto, że podłoże tłuszczowe w pożywce wywiera znaczący wpływ na końcową wydajność produktu. W trakcie realizacji badań podjęłam współpracę ze Środowiskowym Laboratorium Unikalnej Aparatury Chemicznej Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu. Celem współpracy było określenie struktury powstałej mieszaniny związków. Zastosowane techniki identyfikacyjne HPLC-MS, GC-MS potwierdziły przynależność syntetyzowanych związków do grupy glikolipidów, ich części hydrofobowe stanowiły nasycone lub nienasycone kwasy hydroksylowe, zawierające od 13 do 18 atomów węgla w jednej cząsteczce. Najwyższą różnorodność zidentyfikowanych struktur stwierdzono w związkach otrzymanych z pożywki, w której jako hydrofobowe źródło węgla stosowano produkt uboczny po rafinacji kwasów tłuszczowych – kondensat podezdoryzacyjny (zawierający 99,7% substancji tłuszczowych o zróżnicowanej zawartości kwasów tłuszczowych). Ponadto określano właściwości fizyko-chemiczne np.: zdolność do obniżania napięcia powierzchniowego, krytyczne stężenie miceli CMC, właściwości emulgacyjne jak i właściwości antagonistyczne względem *Escherichia coli* czy *Bacillus subtilis*. Realizacja pracy doktorskiej pozwoliła na opublikowanie wyników badań, jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora, w formie dwóch publikacji znajdujących się obecnie w bazie JCR (A.1.1., A.1.2., zał. 4.), jednej publikacji o zasięgu krajowym (A.2.2.), trzech prac konferencyjnych opublikowanych w całości: dwie w języku angielskim (A.4.1., A.4.2.) i jedna w języku polskim (A.4.4.), czterech komunikatów konferencyjnych (A.5.5., A.5.6., A.5.7., A.5.8.), jednego referatu wygłoszonego na konferencji krajowej (A.7.1.). W trakcie realizacji pracy doktorskiej brałam udział w napisaniu rozdziału w przewodniku do ćwiczeń pt.: „Napoje spirytusowe” dla studentów Wydziału NoŻiŻ (A.3.1.1.).

Bezpośrednio po obronie doktoratu kontynuowałam pracę w Zakładzie Fermentacji i Biosyntezy na stanowisku adiunkta. Opanowany warsztat badawczy oraz ukształtowanie własnych zainteresowań w trakcie realizacji doktoratu zaowocowały podjęciem przeze mnie, oprócz kontynuowanych dotychczasowych, nowych kierunków badawczych:

- (1) kontynuacja badań nad biosyntezą metabolitów wtórnych, związków powierzchniowo-czynnych z wykorzystaniem między innymi produktów odpadowych przemysłu spożywczego z udziałem różnych mikroorganizmów,
- (2) badanie związków biologicznie aktywne surowców roślinnych i ich wykorzystanie w podnoszeniu wartości odżywczej poprzez obróbkę mikrobiologiczną i fizykochemiczną, ich interakcje z mikroflorą jelitową w modelu przewodu pokarmowego *in vitro*,
- (3) badania nad niekonwencjonalnymi surowcami do produkcji bioetanolu i metodami ich przygotowania do procesu fermentacji z zastosowaniem alternatywnych mikroorganizmów.

Ad (1)

Uzyskane wyniki optymalizacji biosyntezy związków powierzchniowo-czynnych dały podstawę do kontynuacji badań w celu poszukiwania różnych szczepów drożdży (*Cryptococcus curvatus*, *Candida bombicola*), produktów ubocznych/odpadowych przemysłu spożywczego lub tłuszczowego jako substratów w syntezie biosurfaktantów. Prowadzone badania pozwoliły na opracowanie metod zagospodarowania np. zużytej frytury, po wykorzystaniu w gastronomii w obróbce cieplnej żywności, czy zaolejonej ziemi bielącej (odpad w procesie rafinacji tłuszczów zawiera do 40% oleju) w syntezie biosurfaktantów. Stosowane surowce odpadowe doskonale sprawdzały się w biosyntezie związków powierzchniowo czynnych, tym samym dając dodatkowe możliwości zagospodarowania surowców odpadowych. Testowane szczepy drożdży *Cryptococcus curvatus* i *Candida bombicola* wykazały zdolność do efektywnej biodegradacji frytury (60%) i tym samym produkcji związków powierzchniowo czynnych. Wydajność syntezy biosurfaktantów związana była ze składem podłoża hodowlanego, w szczególności ze źródłem węgla o właściwościach hydrofilowych zastosowanym w podłożu. Największą wydajność biosurfaktantów z podłoża zawierającego fryturę (59,0 g/L) uzyskano w 5 dobie hodowli. Otrzymane związki to głównie mieszanina glikolipidów o charakterze laktonów zawierających 18 węglowe cząsteczki kwasów tłuszczowych, których bogatym źródłem była frytura. W przypadku zaolejonej ziemi bielącej stosowanej w podłożu jako źródło węgla o właściwościach hydrofobowych uzyskano efekt jej utylizacji na poziomie 65%, a ilość uzyskanych biosurfaktantów na poziomie około 40 g/L w 10 dobie hodowli. W obu przypadkach dodatkowo podłoża hodowlane wzbogacano sokiem gęstym, jako źródłem cukru jak również czystą glukozą od 5 do 10%. Uzyskane wyniki prac opublikowano w formie 4 publikacji, 1 o zasięgu międzynarodowym (B.2.1.1., zał. 4), 3 o zasięgu krajowym (B.2.2.1., B.2.2.2., B.2.2.15.), rozdziału w monografii (B.2.3a.1.), 2 prac konferencyjnych opublikowanych w pełnym tekście (B.2.5.2., B.2.5.3.), 4 komunikatów naukowych na konferencjach międzynarodowych (B.2.6.2., B.2.6.8., B.2.6.9., B.2.6.17.) oraz 3 na krajowych konferencjach tematycznych (B.2.6.50., B.2.6.52., B.2.6.60.). Wygłosiłam 2 referaty w języku polskim (B.7.4., B.7.5.).

Ponadto brałam udział w opracowaniu procesu wspomaganie kompostowania z dodatkiem biosurfaktantów, co zaowocowało uczestnictwem w projekcie badawczym pod kierunkiem dr Agnieszki Piotrowskiej - Cyplik pt.: „Biodegradacja kwasów tłuszczowych w procesie kompostowania zaolejonej ziemi bielącej z udziałem mieszanych populacji mikroorganizmów” (zał. 4, B.5.4.). Zakres badań obejmował opracowanie metody wspomaganie procesu kompostowania przez wprowadzenie do podłoża mikroorganizmów zdolnych do wykorzystania substratu tłuszczowego w celu jego utylizacji poprzez syntezę związków powierzchniowo-czynnych. Współpracę poszerzono o aspekty wykorzystania odpadów przemysłu rolno-spożywczego w procesie ich biodegradacji z udziałem biosurfaktantów jako aktywatorów procesu. Wykazano, że dodatek biosurfaktantów wpłynął

istotnie na przyspieszenia procesu kompostowania, czego potwierdzeniem były zmiany parametrów fizyko-chemicznych jakie monitorowano podczas trwania procesu. Otrzymane wyniki m.in. przyjętych dwóch indeksów dojrzałości C:N -12:1 i C:P – 14:1 wykazały, iż uzyskanie w pełni dojrzałych kompostów możliwe było już w 63 dobie trwania procesu w próbach z dodatkiem biosurfaktantów. Współpraca zaowocowała 1 publikacją (B.2.2.4.) i 2 pracami konferencyjnymi opublikowanymi w pełnym tekście (B.2.5.1., B.2.5.6.).

Zainteresowanie metodą HPLC w identyfikacji związków organicznych i nieorganicznych przyczyniło się również do współpracy nad publikacją w ramach, której określano skład związków nieorganicznych wód Wielkopolski (B.2.1.2). Wyniki prac prezentowano także w formie komunikatu naukowego (B.2.6.3.).

Doświadczenie nabyte w ramach własnej pracy badawczej nad syntezą i opracowaniem struktury metabolitów wtórnych, wielkocząsteczkowych związków przyczyniły się do zaproszenia mnie przez dr Artura Szwegla do współpracy nad publikacją (B.2.1.11., zał. 4) z zakresu syntezy fruktanów z udziałem enzymów lewanosacharazy wyizolowanych i częściowo oczyszczonych z *Bacillus subtilis* DSM 347. Wydajna produkcja fruktanu zależy od kilku czynników, między innymi stężenia substratu, temperatury, pH i obecność kofaktorów enzymów. Trwałość termiczna w temperaturze 50 °C dla enzymu, jak również pozytywne oddziaływanie jonów Mn^{2+} w stężeniu 2,5 mM, stanowią ważne własności praktycznego zastosowania częściowo oczyszczonego preparatu enzymu. Jony te w stężeniu 2,5 mM wywołały 100% wzrostu aktywności transferazy. Maksymalną wydajność fruktanów uzyskano więc, gdy reakcję przeprowadzono w temperaturze 50 °C, z zastosowaną preinkubacją enzymu, w pH 5,5 i w obecności jonów Mn^{2+} . Wygłoszony został również referat na temat zastosowania analiz wielowymiarowych i sztucznych sieci neuronowych jako narzędzi w optymalizacji reakcji transfruktozylacji (B.7.2.).

Moje zainteresowanie produktami odpadowymi przemysłu spożywczego i znajomość mechanizmów biosyntezy metabolitów wtórnych dały podstawą do współpracy z dr Małgorzatą Lasik. W wyniku, współpracy przeprowadzono wstępne badania nad opracowaniem alternatywnej metody otrzymywania kwasu octowego bezpośrednio z glukozy, przez drożdże *Bretanomyces bruxellensis*. Jako źródło cukru stosowano wyłoki jabłkowe. Okazały się one dobrym substratem do syntezy kwasu octowego, dając tym samym podstawy do kontynuacji tej tematyki badawczej. Współpraca ta z zaowocowała 2 publikacjami (B.2.2.12., B.2.2.14., zał. 4), rozdziałem w monografii (B.2.3a.3.), komunikatami naukowymi, gdzie wyniki prezentowano w formie posteru na konferencji międzynarodowej (B.2.6.21.) i krajowej (B.2.6.68., B.2.6.70.).

Ad (2)

W okresie finalizowania pracy doktorskiej i latach następnych miałam możliwość uczestniczenia w projekcie badawczym zamawianym pt.: "Weryfikacja zasad wytwarzania i

wykorzystania żywności bogatej w naturalne antyoksydanty pod względem jej działania prozdrowotnego" (2003-2007), w ramach którego realizowano zadanie badawcze pt.: „Badania wpływu obróbki technologicznej na zmiany naturalnych antyoksydantów krajowych nasion strączkowych” we współpracy z pracownikami Zakładu Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych w Poznaniu jako jednostki naukowo - badawczej Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. Wacława Dąbrowskiego w Warszawie oddział w Poznaniu (B.5.1., zał. 4, A.2., zał. 5). W ramach tego projektu brałam udział w zadaniu badawczym, którego kierownikiem był prof. dr hab. Zbigniew Czarniecki pt.: „Określenie przemian chemicznych i strat wybranych naturalnych przeciwutleniaczy roślinnych w modelu *in vitro* przewodu pokarmowego z uwzględnieniem interakcji z mikroflorą jelitową” (B.5.2., zał. 4, A.2., zał. 5).

Celem badań realizowanych w ramach tych 2 projektów były kompleksowe badania nad zachowaniem aktywności biologicznej przeciwutleniaczy na drodze od wybranego surowca roślinnego (nasiona roślin strączkowych, aronia) do organizmu ludzkiego, poprzez przemiany zachodzące w przewodzie pokarmowym pod wpływem działania mikroflory jelitowej. Zmiany zachodzące w produkcie pod wpływem działania mikroflory jelitowej obserwowano w opracowanym i skonstruowanym w Zakładzie Fermentacji i Biosyntezy modelu przewodu pokarmowego człowieka *in vitro*. Odzwierciedlono w nim warunki środowiskowe panujące na poszczególnych odcinkach przewodu (jama ustna, żołądek, jelito cienkie, jelito grube) z uwzględnieniem wybranych rodzin mikroorganizmów *Lactobacillaceae*, *Enterobacteriaceae* i *Enterococcaceae*.

Skonstruowany model przewodu pokarmowego *in vitro*, w opracowaniu którego miałam istotny udział, pozwolił na śledzenie zmian wybranych składników żywności w badanych produktach na poszczególnych etapach procesu trawienia. Produkty te uzyskane w wyniku obróbki biotechnologicznej lub hydrotermicznej fasoli kolorowej to mąka typu instant, ekstrudaty. Badaniom poddawano również komercyjny sok aroniowy. Przeprowadzone badania wykazały, że warunki środowiskowe odtworzone na poszczególnych etapach procesu wpływają istotny w sposób na zmiany naturalnych przeciwutleniaczy w produktach otrzymanych z surowców roślinnych. Stwierdzono zróżnicowany charakter zmian związków fenolowych w trakcie prowadzonego procesu „trawienia”, a najistotniejsze zmiany w składzie trawionych produktów zaobserwowano w wyniku działania mikroflory jelitowej zarówno w przypadku oznaczania ogólnej sumy polifenoli oraz aktywności antyoksydacyjnej. Charakter tych zmian jednak uzależniony był od rodzaju trawionego produktu oraz zastosowanej wcześniej obróbki technologicznej surowca. Dla śledzenia zmian naturalnych antyoksydantów w oznaczanych produktach miały również wpływ warunki panujące na poszczególnych etapach skonstruowanego modelu.

Praca w ramach tego projektu zaowocowała 3 publikacjami w Polish Journal of Food and Nutrition Sciences (B.2.1.4., B.2.1.6., B.2.4.1.(1), zał. 4), 2 publikacjami o zasięgu krajowym (B.2.2.3., B.2.4.1.(2)), 7 komunikatami naukowymi na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych (B.2.6.1., B.2.6.5., B.2.6.51., B.2.6.53., B.2.6.54., B.2.6.56.

B.2.6.59.) oraz wygłoszeniem 4 referatów: 1 na konferencji dedykowanej mikroflorze przewodu pokarmowego w USA (B.7.1.) oraz 3 w języku polskim (B.7.6., B.7.7., B.7.8.). Ponadto wynikiem współpracy w w/w zespole było opracowanie 2 rozdziałów w książce naukowej (B.2.4.3.) pt.: "Przeciwutleniacze w żywności" pod redakcją prof. W. Grajka. Problematyka ujęta w tych rozdziałach dotyczyła obróbki mikrobiologicznej nasion roślin strączkowych oraz metod przechowywania i opakowań redukujących straty przechowalnicze. Jednocześnie zostałam zaproszona na współtworzenia artykułu popularno-naukowego „Warzywa strączkowe ciągle niedoceniane” (B.2.4.2.).

Opracowany warsztat badawczy wykorzystałam do rozwoju dalszych moich zainteresowań w kierunku śledzenia zmian związków biologicznie aktywnych w żywności naturalnie bogatej w przeciwutleniacze (związki o charakterze polifenoli) pod wpływem działania czynników środowiskowych, modyfikacji technologicznych ze szczególnym uwzględnieniem procesów fermentacyjnych. W obrębie moich zainteresowań oprócz roślin strączkowych, bobu cieciorzki, soczewicy, ciecierzycy (B.2.1.8., B.2.2.5., B.2.2.7., B.2.2.18.) pojawiły się także dodatki do żywności w postaci przypraw, czosnku czy cebuli (B.2.1.3., B.2.1.5., B.2.2.8.). Ponadto wykorzystanie, w moich badaniach naukowych, modelu przewodu pokarmowego pozwoliło na wyjaśnienie niektórych mechanizmów biokonwersji związków fenolowych zachodzących, w szczególności w dolnym odcinku przewodu pokarmowego oraz określić wpływ poszczególnych składników żywności (polifenole, białka, cukry) na aktywność i przeżywalność mikroflory jelitowej (B.2.2.11.). Ważnym elementem moich badań okazały się produkty przemysłu fermentacyjnego: piwo (B.2.2.6., B.2.2.17., B.2.5.11.) i wino (B.2.1.9., B.2.3a.2.). W pracy, gdzie podjęto tematykę wzajemnych interakcji związków fenolowych z mikroflorą jelitową człowieka analizie poddano wina gronowe i aroniowe (B.2.1.9.). Istotne zmiany w składzie jakościowym związków fenolowych win jak i ich aktywności antyoksydacyjnej stwierdzono na etapie jelita grubego, w modelu przewodu pokarmowego *in vitro*. Najistotniejsze zmiany dotyczyły kwasów fenolowych, a stopień ich degradacji symulował ich szlak metaboliczny w przewodzie pokarmowym człowieka. Badane wina w różny sposób oddziaływały na mikroflorę jelitową z rodzaju *Lactobacillaceae*, *Enterobacteriaceae* i *Enterococcaceae*. Największy efekt hamujący na wzrost bakterii *Enterobacteriaceae* odnotowano w przypadku wina z aronii. Badanie te wykazały że wina aroniowe, będące bogatym źródłem polifenoli, mogą stanowić doskonałą alternatywę wobec win gronowych, jednocześnie istotnie oddziałując na mikroflorę jelitową człowieka.

Uzyskane wyniki prezentowano także na konferencjach międzynarodowych (B.2.6.4., B.2.6.6., B.2.6.7., B.2.6.10., B.2.6.11., B.2.6.12., B.2.6.13., B.2.6.14., B.2.6.20., B.2.6.23.) i krajowych (B.2.6.57., B.2.6.58., B.2.6.61., B.2.6.62., B.2.6.63., B.2.6.64., B.2.6.69.).

Moje zainteresowania bioaktywnymi składnikami roślin zostały poszerzone ostatnio o grupę owoców tropikalnych, szczególnie owocu granatu. Nie ulega wątpliwości, że owoce granatowca są bogatym źródłem składników bioaktywnych i związków mineralnych. Owoce granatu, jak i produkty z niego wytworzone mogłyby być stosowane w celach prewencyjnych przy zmniejszaniu ryzyka wystąpienia niektórych chorób. W związku w powyższym w

publikacji o charakterze przeglądowym (B.2.1.10.) podjęłam temat składników bioaktywnych zawartych w owocach granatu. Praca stanowi przegląd literatury ze wskazaniem możliwości wykorzystania go w codziennej diecie. Pojawiające się produkty na Polskim rynku są poddane technologicznym zabiegom, a niniejsza praca miała na celu podkreślenie efektu korzystnych zmian zachodzących podczas procesu fermentacji z udziałem drożdży czy bakterii, na skład chemiczny omawianych produktów i ich wpływ na cechy sensoryczne i technologiczne. Prowadzone przeze mnie prace badawcze dotyczące zmian zachodzących pod wpływem obróbki technologicznej czy mikrobiologicznej owoców granatu są przedmiotem obecnie przygotowywanej publikacji.

Opanowany warsztat badawczy zaowocował współpracą w projekcie badawczym (2009-2012) pt. „Studia nad cechami technologicznymi i żywieniowymi wyrobów zbożowych wytwarzanych na drodze ekstruzji z udziałem produktów przemiału pszenżyta”, którego kierownikiem była dr inż. Agnieszka Makowska (B.5.6., zał. 4). Przedmiotem zainteresowań zespołu realizującego badania było określenie wartości żywieniowej ekstraktów pszenżytnich w porównaniu z ekstrudatami pszennymi i żytnimi. Materiał badawczy stanowiły ekstrudaty pszenżytnie, pszenne i żytnie, w których badano zawartość składników żywieniowych, polifenoli, ich przemiany zachodzące podczas trawienia w przewodzie pokarmowym człowieka *in vitro*, czy badania prowadzone *in vivo*. Pszenżyto, to mieszaniec międzyrodzajowy, sztucznie wyhodowany przez człowieka poprzez skrzyżowanie pszenicy i żyta. Polska jest największym producentem tego zboża na świecie. Dotychczas wykorzystuje się je głównie na cele paszowe, wykazano jednak, że zboże to może być wykorzystane do produkcji żywności, w tym do wyrobów ekstrudowanych. Kolejnym projektem badawczym w jakim brałam udział (2010- 2013) był projekt pt.: „Naturalna hormonalna terapia zastępcza oparta na wybranych nasionach roślin strączkowych i otrębach zbożowych”. Kierownikiem tematu była dr Aleksandra Kostrzewa-Tarnowska (B.5.7., zał. 4). Nadrzędnym celem projektu było stworzenie produktów bogatych w naturalne źródła fitoestrogenów, których źródłem były nasiona roślin strączkowych (fasola kolorowa, bób). Zakres moich badań w ramach tego projektu obejmował weryfikację odmian, zabiegi technologiczne zmierzające do uzyskania produktu o wysokich walorach prozdrowotnych, zawierających jak najwięcej związków biologicznie aktywnych. Ponadto weryfikowano uzyskane produkty w modelu przewodu pokarmowego pod kątem zmian ilościowych i jakościowych oznaczanych związków oraz ich wpływu na mikroflorę jelitową z 3 wybranych rodzin mikroorganizmów *Lactobacilaceae*, *Enterobacteriaceae* i *Enterococcaceae*. Dieta bogata w naturalne źródła związków biologicznie aktywnych okazała się skuteczna w profilaktyce chorób nowotworowych ze szczególnym uwzględnieniem raka piersi. Moje zainteresowania w obszarze analityki związków fenolowych w produktach przemysłu fermentacyjnego zaowocowały również współpracą (2009-2013) w projekcie badawczym pod kierunkiem dr inż. Małgorzaty Lasik pt.: „Zastosowanie procesu kierowanej fermentacji jabłkowo-mlekowej w celu biologicznego odkwaszenia i aromatyzacji wytwarzanych z winogron z polskich winnic” (B.7.5, zał. 4).

W latach 2010-2015 uczestniczyłam w projekcie POIG realizowanym przez konsorcjum naukowe pod nazwą "Bioaktywna Żywność", pod tytułem „Nowa żywność bioaktywna o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych”. Nadrzędnym celem projektu było opracowanie innowacyjnej technologii produkcji nowych linii produktów spożywczych ograniczających zachorowalność na choroby cywilizacyjne, w tym na choroby sercowo-naczyniowe, otyłość, cukrzycę i anemię. Zadaniem zespołu, którym kierowałam (5 zadań badawczych w 3 modułach; zał. 5, A.1. podpunkt 2), pierwszym etapem badań była weryfikacja surowców roślinnych (nasiona roślin strączkowych, zioła – przyprawy) pod kątem zawartości w nim związków biologicznie aktywnych, charakterystyka składu chemicznego makroskładników, mikro i makroelementów, określenie składu ilościowego i jakościowego fenolokwasów i wybranych flawonoidów, jak również oznaczono substancje balastowe, związki azotowe, frakcje białka, jego strawność *in vitro*. Określono także zdolność do inhibicji α -amylazy oraz oszacowano ilość skrobi odpornej w nasionach roślin strączkowych. Ponadto oznaczono skład ilościowy i jakościowy kwasów tłuszczowych surowców roślinnych oraz związki zapachowe we współpracy z Zakładem Koncentratów Spożywczych UP w Poznaniu (obecnie Zakład Chemii Żywności i Analizy Instrumentalnej). Efektem współpracy była prezentacja wyników w formie 2 komunikatów na konferencjach o zasięgu międzynarodowym (B.2.6.44., B.2.6.47.) i 1 krajowym (B.2.6.81.).

W toku dalszych badań wytypowano odmiany nasion roślin strączkowych oraz zioła - przyprawy, które charakteryzowały się największym udziałem związków biologicznie aktywnych z uwzględnieniem frakcji lub części anatomicznych roślin. Kolejnym etapem badań było opracowanie produktu stałego na bazie wybranych surowców, dobór parametrów procesu technologicznego oraz obróbki termoplastycznej, które w najmniejszy sposób wpłyną na zmiany ilościowe i jakościowe zawartych w surowcu badanych związków. Otrzymane produkty wstępnie weryfikowano w modelu przewodu pokarmowego. W celu zwiększenia biodostępności składników zawartych w nasionach roślin strączkowych i jej wpływu na badane składniki oraz strukturę uzyskiwanych produktów wprowadzono modyfikację mikrobiologiczno – enzymatyczną (B.2.2.20., zał. 4). Modyfikacja mikrobiologiczna w istotny sposób wpływała na zmiany analizowane wyróżników. Odnotowano 90 % wzrost aktywności antyoksydacyjnej badanych związków. Na podstawie opracowanych parametrów oraz otrzymanych wyników badań i współpracy z Zakładem Technologii Zbóż (ITŻPR, UP w Poznaniu) skonstruowano ostatecznie produkty ekstrudowane, makaron i wyroby przekąskowe. Przy współpracy z Instytutem Technologii Mięsa opracowano pasztet na bazie fermentowanych nasion roślin strączkowych jak również kiełbasy typu parówkowego (B.2.3b.5). W efekcie zaowocowało to 4 zgłoszeniami patentowymi (B.3.1., B.3.2., B.3.3., B.3.4.) oraz zakupem licencji technologii produkcji makaronu ze składnikiem bioaktywnym dla osób chorych na nadciśnienie. W skład technologii wchodzi zgłoszenie patentowe zawierające opis produkcji makaronu (B.3.3.). Otrzymane produkty weryfikowano również pod kątem oceny jakości sensorycznej we współpracy z Katedrą Technologii Żywnienia Człowieka czego rezultatem były 2 publikacje

(B.2.2.21., B.2.2.22.) oraz 4 komunikaty naukowe na konferencjach międzynarodowych (B.2.6.30., B.2.6.31., B.2.6.38., B.2.6.39.). Kontrolowano zawartość kadmu i ołowiu w produktach ekstrudowanych z udziałem fermentowanych nasion bobu w ramach współpracy z Zakładem Higieny i Toksykologii Żywności UP w Poznaniu, opracowując uzyskane wyniki w formie rozdziału w monografii (B.2.5.5.) i 2 komunikatach naukowych w języku angielskim (B.2.6.48., B.2.6.49.).

Uzyskane wyniki w ramach badań własnych prezentowano także w formie komunikatów naukowych na konferencjach międzynarodowych (B.2.6.24., B.2.6.25., B.2.6.28., B.2.6.32., B.2.6.33., B.2.6.34., B.2.6.35., B.2.6.36., B.2.6.37., B.2.6.43., B.2.6.45., B.2.6.46.) i krajowych (B.2.6.55., B.2.6.71., B.2.6.72., B.2.6.74., B.2.6.75., B.2.6.78., B.2.6.79., B.2.6.80., B.2.6.82., B.2.6.83.) oraz w formie 2 referatów ustnych (B.7.9., B.7.10.).

Wypracowany warsztat badawczy wykorzystywałam również przy współpracy z dr Leszkiem Jarosławskim i prof. Lucyną Słomińską z Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego oddział w Poznaniu. Wspólnie podjęliśmy badania zmierzające w kierunku uzyskania bioaktywnego składnika żywności z amylodekstyny rozgałęzionej, badając jednocześnie jej oddziaływanie jako potencjalnego prebiotyku w przewodzie pokarmowym człowieka w modelu *in vitro*. Uzyskane wyniki opublikowano w postaci 1 krajowej publikacji (B.2.2.19.) i 1 rozdziału w monografii w języku angielskim (B.2.3a.4) oraz komunikatów naukowych (B.2.6.22., B.2.6.73.). Współpraca w tym zakresie badawczym jest nadal kontynuowana, czego owocem będą przygotowywane obecnie publikacje oraz zgłoszenia patentowe.

Zainteresowania badawcze biologicznie aktywnymi związkami zaowocowały współpracą z zakładem przemysłowym Celiko S.A. w Poznaniu, dla którego wykonywałam cykl badań i ekspertyz odnośnie zawartości związków biologicznie aktywnych w batonach typu Frupp (B.4.1.4). Ponadto związki o charakterze polifenoli były przedmiotem badań i ekspertyz wykonanych dla Fundacji Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (B.4.1.6). Badano ziarna kawy zielonej i palonej pod kątem stabilności związków fenolowych w czasie rzeczywistym jaki i po okresie przechowywania (od 0 do 90 dni).

Ad (3)

Konsekwencją zainteresowania tematyką z zakresu procesów fermentacyjnych był obrany przeze mnie kierunek związany z badaniami czynników wpływających na efektywność procesu fermentacji, który stał się ważnym obszarem moich badań naukowych. Wyniki uzyskane w ramach realizacji tej problematyki zostały przedstawione w niniejszym autoreferacie oraz siedmiu publikacjach stanowiących moje osiągnięcie, będące podstawą wniosku habilitacyjnego (pkt. 4.1., zał. 4), ale również prac i komunikatów naukowych stanowiących ich rozwinięcie i kontynuację (B.2.1.7., B.2.2.13., B.2.5.4., B.2.6.15., B.2.6.16.,

B.2.6.66., B.2.6.67., B.2.6.76.). Ten kierunek badawczy realizowałam również w ramach 2 projektów badawczych. W latach 2007-2009 brałam udział jako wykonawca w projekcie badawczym rozwojowym MNiSW pt.: "Energooszczędna i bezodpadowa produkcja bioetanolu z surowców rolniczych". Projekt realizowano przy współpracy z Katedrą Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności UP w Poznaniu, pod kierunkiem prof. Włodzimierza Grajka oraz Zbigniewa Czarneckiego. Celem projektu było opracowanie i wdrożenie nowoczesnej, energooszczędnej i ekologicznej technologii produkcji bioetanolu na bazie krajowych surowców skrobiowych (kukurydza, pszenżyto) z ewentualnym wzbogaceniem podłoża fermentującego sokiem gęstym. Do najistotniejszych elementów opracowania projektu było zastosowanie enzymów nie wymagających termicznej obróbki wstępnej surowca, przerób surowca poddanego konserwacji, oddzielenie części nieskrobiowych przed procesem hydrolizy skrobi. Ponadto zastosowanie fermentacji z recyrkulacją wywaru lub wody odzyskanej z zacieru odfermentowanego czy użycie ras drożdży odznaczających się zdolnością do wzrostu i fermentacji cukrów w temperaturze zbliżonej do temperatury, w której działają efektywnie enzymy scukrzające skrobię. W wyniku badań własnych oraz zespołu badawczego, którego byłam członkiem okazało się, że wielokrotne wykorzystywanie frakcji wodnej (od 25 do 75%) wywarów uzyskiwanych po destylacji odfermentowanych zacierów z ziarna pszenżyta, pozwala na uzyskiwanie wydajności etanolu porównywalnych z próbami kontrolnymi. Jedynym czynnikiem potencjalnie ograniczającym ilość i wielokrotność zawracania wywaru może być podwyższająca się koncentracja potasu, kilkukrotnie wyższa od zawartości w wywarze kontrolnym. Stwierdzono jednak, że nawet tak podwyższona koncentracja potasu pozwala prowadzić proces bez zakłóceń i obniżenia wydajności z zastosowaniem minimum 25-ciu recyrkulacji uzyskiwanych wywarów, w stężeniu stanowiącym 75% frakcji wodnej wykorzystywanej do przygotowania kolejnego zacieru.

Ponadto prowadzono prace nad intensyfikacją procesu fermentacji pszenżyta metodą jednoczesnej hydrolizy i fermentacji zacierów (SSF) poprzez wzbogacanie ich sokiem gęstym pozyskanym z cukrowni. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że fermentacja pszenżyta metodą SSF z dodatkiem soku gęstego z buraka cukrowego pozwoliła na uzyskanie wyższych wydajności etanolu niż fermentacja samego pszenżyta tą samą metodą. Stwierdzono także, iż otrzymane wydajności etanolu przy fermentacji prowadzonej metodą SSF są niższe niż dla metody bezciśnieniowego upłynniania skrobi BUS. W wyniku najbardziej udanego wariantu fermentacji metodą SSF pszenżyta wzbogacanego 5% dodatkiem soku gęstego co 12 godzin, przy użyciu drożdży *Saccharomyces cerevisiae* uzyskano 58,3% w stosunku do wydajności teoretycznej. Wprowadzenie dodatkowych wariantów (zalew wodą o temp. 80°C na początku procesu) wpływających na podaż cukrów z podłoża fermentującego (w szczególności z ziarna pszenżyta) przyczyniło się do wzrostu wydajności procesu do 66,8% w stosunku do wydajności teoretycznej. Stwierdzono, że najefektywniejszą metodą fermentacji w przypadku ziarna pszenżyta jako surowca do produkcji bioetanolu jest metoda BUS. Kluczowym elementem w przypadku ziarna pszenżyta była podatność ziaren skrobi na hydrolizę enzymatyczną przebiegającą w niskich temperaturach. Odmienne

zachowywały się zaciery uzyskane z ziarna kukurydzy, gdzie ta metoda doskonale sprawdziła się w prowadzeniu tego typu procesów.

Badania wykonane w ramach tego projektu zaowocowały 3 publikacjami (B.2.2.9. B.2.2.10., B.2.2.16.), dwóch ujętych jako osiągnięcie naukowe, znajdujące się w bazie JCR (pkt. B.1., podpunkty 2 i 4) oraz 2 komunikatami naukowymi (B.2.6.18., B.2.6.19.).

Kolejnym projektem w jakim mogłam uczestniczyć był projekt w ramach Programu Operacyjna Innowacyjna Gospodarka, współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, pt: „Opracowanie indeksu gatunkowego i optymalizacja technologii produkcji wybranych roślin energetycznych”. W projekcie tym w latach 2010-2015 byłam wykonawcą oraz w okresie od 23.05.2014 r do 1.09.2014r. pełniłam obowiązki kierownika zespołu badawczego (B.5.8., zał. 4., A.1.1., zał. 5). Projekt był realizowany w Konsorcjum Naukowym pod nazwą „Agro-Centrum Innowacyjnych Technologii”. Zespół badawczy, którego byłam członkiem, jako niezależny konsorcjant w programie miał możliwość współpracy z wybitnymi specjalistami z dziedziny uprawy i hodowli roślin, a w szczególności z Kutnowską Hodowlą Buraka Cukrowego w Straszku, Hodowlą Roślin w Smolicach Grupa IHAR czy z Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Celem nadrzędnym projektu było opracowanie indeksu gatunkowego roślin o cechach przydatnych w produkcji etanolu na cele energetyczne, jak również określenie wpływu zróżnicowanych zabiegów agrotechnicznych na zwiększenie przydatności technologicznej wytypowanych surowców. W badaniach jako surowiec stosowano różnerody/odmiany lub mieszańce buraków cukrowych, żyta, pszenżyta, kukurydzy, pszenicy biorąc również pod uwagę czynniki agrotechniczne ich uprawy (poziom nawożenia azotem) oraz ich lokalizację. Zakres 4 zadań badawczych realizowanych przez zespół obejmował:

- (a) charakterystykę stosowanego surowca pod kątem jego podatności na hydrolizę amylolytyczną oraz wydajności etanolu w odniesieniu do właściwości użytego surowca skrobiowego lub zawierającego sacharozę;
- (b) dopracowanie warunków prowadzenia poszczególnych etapów procesu przygotowania surowca (rozdrobienie) i fermentacji;
- (c) dobór kompleksów enzymatycznych do właściwości użytego surowca;
- (d) zastosowanie ras drożdży odznaczających się wysoką efektywnością fermentacyjną-typowych dla danego surowca;
- (e) ponadto obejmował ocenę jakościową otrzymanego etanolu (profil i poziom zanieczyszczeń) w zależności od zastosowanego surowca jak i zróżnicowania glebowo – klimatycznego;
- (f) wyznaczenia wskaźników wydajności konwersji skrobi do cukrów fermentujących, rzeczywistej wydajności etanolu ze skrobi lub sacharozy w skali laboratoryjnej oraz analizę wyników eksperymentów polegających na charakterystyce surowca i procesu fermentacji, która powinna dać podstawy do opracowania procedur technologicznych stosowanych dla poszczególnych grup surowców.

W celu zwiększenia efektywności hydrolizy amyloolitycznej surowców skrobiowych (zbóż) przeprowadzono badanie kilku granulacji frakcji ziarna różniących się zawartością popiołu aby uzyskać najefektywniejszy proces scukrzenia oraz fermentacji surowca. Surowce zawierające sacharozę (buraku cukrowy - w postaci już rozdrobnionej) bezpośrednio poddano procesowi fermentacji.

W wyniku przeprowadzonych badań określono najdogodniejsze warunki dla procesu fermentacji, porównano czynniki które bezpośrednio wpływają na proces fermentacji i tym samym wydajność etanolu, jak również uzyskano odpowiedź jak dane rody/odmiany czy mieszance zachowują się w czasie procesu fermentacji. Sukcesywnie otrzymane destylaty poddawano analizie chromatograficznej w celu oszacowania profilu zanieczyszczeń destylatu. Na bieżąco obliczano wskaźniki wydajności konwersji skrobi do cukrów fermentujących, rzeczywistej wydajności etanolu ze skrobi w zależności od plonowania w skali laboratoryjnej. W celu określenia efektywności procesu zastosowano programy komputerowe ułatwiające charakterystykę danego procesu. Na podstawie danych uzyskanych z poszczególnych eksperymentów polegających na charakterystyce surowca i procesu fermentacji opracowano wskazówki które mogą dać podstawy do opracowania procedur technologicznych zwiększających efektywność procesu produkcji etanolu stosownie dla poszczególnych grup surowców.

Powyższe wyniki opublikowano w 2 publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego znajdujące się w bazie JCR (B.1. podpunkt 6 i 7) oraz 1 publikacji o zasięgu krajowym (B.2.2.23), 3 pracach konferencyjnych w pełnym tekście (B.2.5.10., B.2.5.12., B.2.5.13.), 6 komunikatach naukowych na konferencjach międzynarodowych (B.2.6.26., B.2.6.27., B.2.6.29., B.2.6.40., B.2.6.41., B.2.6.42.) i 2 krajowych (B.2.6.84., B.2.6.85.). Wyniki prac prezentowano również w postaci referatów ustnych między innymi na międzynarodowej konferencji dotyczącej racjonalnego rozwoju i wykorzystania sektora energii, wody i środowiska w Dubrovniku, Chorwacja (B.7.3).

Inne moje zainteresowania badawcze nierozdzielnie związane są z branżą przemysłu fermentacyjnego, co znalazło swoje odzwierciedlenie w opublikowanych rozdziałach w podręcznikach czy przewodniku do ćwiczeń dotyczących napoi spirytusowych (B.2.3b.1., B.2.3b.2., B.2.4.4.), piwa (B.2.3b.3), jak również rozdział na temat cukru, miodu i produktów pszczelarskich (B.2.3b.4). Prace z moim udziałem dotyczące roli beta-glukanu w procesach otrzymywania słodu i piwa, wpływu parametrów słodu i procesu zacierania na stopień odfermentowania piwa były również prezentowane i opublikowane w całości na konferencjach tematycznie związanych z przemysłem fermentacyjnym (B.2.5.7., B.2.5.8., B.2.5.9.).

Wypracowany przez lata warsztat badawczy przyczynił się również do nawiązania współpracy z przemysłem. Nawiązana współpraca z Top Farms Wielkopolska (B.4.1.2.) oraz firmą Jantur z Nieszawy (B.4.1.3) zaowocowała wykonaniem serii badań i ekspertyz związanych z zakażeniami zacieru gorzelnianego. W ramach współpracy z Przedsiębiorstwem

Wielobranżowym LERS z Rudki (B.4.1.5) cyklicznie poddawane są analizom wywary płynne czy młóto.

4.4. Podsumowanie dorobku naukowo-badawczego.

Całkowity dorobek naukowy wg punktacji MNiSW (komunikat z dnia 23.12.2015r. oraz rozporządzenia MNiSW z dnia 13.07.2012r.) wynosi **622** punkty, z czego **49** punktów przypada na okres przed uzyskaniem stopnia doktora, a **573** punkty po jego uzyskaniu (w tym **130** punktów stanowi podstawę wniosku habilitacyjnego).

Sumaryczny Impact Factor (IF) dla opublikowanych prac wynosi 16,492.


Liczba cytowań wg bazy Web of Science – 35 (31 bez autocytaowań)

Index Hirscha – 3.

Dotychczas opublikowałam 202 prac z czego 184 po uzyskaniu stopnia doktora. Na dorobek składa się:

- 20 (18 po uzyskaniu stopnia doktora) artykuły w czasopismach uwzględnionych w bazie JCR,
 - 25 (23 po uzyskaniu stopnia doktora) publikacje naukowe nie uwzględnione w bazie JCR (wymienione w części B wykazu MNiSW),
 - 9 rozdziałów w monografii naukowej i innych opracowaniach zwartych w języku angielskim (4) i polskim (5),
 - 17 (13 po uzyskaniu stopnia doktora) prac konferencyjnych opublikowanych w całości w materiałach konferencyjnych
 - 93 komunikaty naukowe (85 po uzyskaniu stopnia doktora), w tym 49 na konferencjach o zasięgu międzynarodowym,
 - 11 referatów wygłoszonych na międzynarodowych (3) lub krajowych (8) konferencjach tematycznych,
 - 2 artykuły naukowe zamieszczone w zeszytach specjalnych i suplementach
 - 1 artykuł popularno-naukowy,
 - 4 rozdziały w książkach naukowych i przewodnikach do ćwiczeń
 - 4 zgłoszenia patentowe
 - 6 ekspertyz
 - 10 sprawozdań z grantów
 - 21 recenzji artykułów naukowych w czasopismach o zasięgu krajowym i międzynarodowym.
- Ponadto, brałam udział w 9 projektach badawczych między innymi w roli wykonawcy, 2 tematach związanych z badaniami własnymi i statutowymi. 2 projekty badawcze realizowane były w ramach Funduszy Strukturalnych, w jednym byłam kierownikiem 5 zadań badawczych, w drugim jako wykonawca, administrator oraz pełniłam obowiązki kierownika zespołu badawczego przez okres 3 miesięcy.

Zbiorcze zestawienie dorobku naukowego uwzględniając podział na poszczególne formy aktywności wraz z punktacją przedstawiono w załączniku 4.

 Małgorzata Gumienna