

Załącznik 3a

Autoreferat z opisem dorobku i osiągnięć naukowych
związanych z postępowaniem habilitacyjnym

Katarzyna Pielech-Przybylska

Politechnika Łódzka
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Łódź, 2019



1. Dane personalne

Imię i Nazwisko: **Katarzyna Pielech-Przybylska**
Miejsce zatrudnienia: Politechnika Łódzka
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii
ul. Wólczańska 171/173
90-924 Łódź
Adres e-mail: katarzyna.pielech-przybylska@p.lodz.pl

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

- 1999** Stopień **magistra inżyniera**
Politechnika Łódzka
Wydział Chemii Spożywczej i Biotechnologii
Specjalność: Technologia fermentacji i mikrobiologii
Specjalizacja: Technologia spirytusu i drożdży

Praca dyplomowa nt.: „Biodegradacja acetonu przy wykorzystaniu filtra biologicznego”
Kierujący pracą: dr hab. inż. Krzysztof Ziemiński
- 2005** Stopień **doktora nauk technicznych**
Politechnika Łódzka
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Dyscyplina: Technologia chemiczna

Rozprawa doktorska nt.: „Mikrobiologiczny rozkład acetonu i toluenu w procesie biofiltracji”
Promotor rozprawy: prof. dr hab. Józef St. Szopa
- 2007** Kwalifikacje pedagogiczne
Dwusemestralne podyplomowe Studium Doskonalenia Pedagogicznego
Politechnika Łódzka
Wydział Organizacji i Zarządzania

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 7.10.2005 – 6.10.2006** Asystent
Politechnika Łódzka
Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii
- 7.10.2006 – obecnie** Adiunkt
Politechnika Łódzka
Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuk i (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311)

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Cykl publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe nt.:

„Doskonalenie technologii gorzelniczej oraz identyfikacja czynników determinujących skład związków lotnych w zacierach gorzelniczych i destylatach”

b) Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego:

B1. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Strąk E., Patelski P., Dziekońska U. Comparison of fermentation results and quality of the agricultural distillates obtained by application of commercial amylolytic preparations and cereal malts. European Food Research and Technology, **2016**, 242, 321-335. **IF₂₀₁₆ = 1,664; MNiSW = 25 pkt.**

Autor	Indywidualny wkład	Udział
Katarzyna Pielech-Przybylska	Koncepcja pracy, zaplanowanie badań, przygotowanie prób fermentacyjnych, analiza chromatograficzna destylatów, opracowanie i interpretacja wyników badań, analiza statystyczna wyników, przygotowanie i korekta manuskryptu.	70%
Maria Balcerek	Przygotowanie prób fermentacyjnych, konsultacja wyników, korekta manuskryptu. Autor korespondencyjny.	15%
Ewelina Strąk	Analiza lepkości zacierów.	5%
Piotr Patelski	Interpretacja i konsultacja wyników badań.	5%
Urszula Dziekońska	Oznaczenie zawartości cukrów w zacierach.	5%

- B2. Pielech-Przybylska K.,** Balcerek M., Nowak A., Wojtczak M., Czyżowska A., Dziekońska-Kubczak U., Patelski P. The effect of different starch liberation and saccharification methods on the microbial contaminations of distillery mashes, fermentation efficiency, and spirits quality. *Molecules* **2017**, 22(10), 1647. doi.org/10.3390/molecules22101647 IF₂₀₁₇ = 3,098; MNiSW** = 30 pkt.

Autor	Indywidualny wkład	Udział
Katarzyna Pielech-Przybylska	Koncepcja pracy, zaplanowanie badań, przygotowanie prób fermentacyjnych, analiza chromatograficzna destylatów, opracowanie i interpretacja wyników badań, analiza statystyczna, przygotowanie i korekta manuskryptu. Autor korespondencyjny.	70%
Maria Balcerek	Interpretacja i konsultacja wyników badań, korekta manuskryptu.	5%
Agnieszka Nowak	Analiza mikrobiologiczna zacierów. Interpretacja i konsultacja otrzymanych wyników badań.	5%
Maciej Wojtczak	Analiza składu zbóż słodowanych i niesłodowanych, interpretacja otrzymanych wyników badań.	5%
Agata Czyżowska	Oznaczenie zawartości cukrów w zacierach. Interpretacja otrzymanych wyników.	5%
Piotr Patelski	Analiza mikrobiologiczna zacierów. Interpretacja otrzymanych wyników badań.	5%
Urszula Dziekońska-Kubczak	Destylacja zacierów odfermentowanych, zateżnianie destylatów.	5%

- B3. Pielech-Przybylska K.,** Balcerek M., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U. Solutions for improvement of saccharification and fermentation of high gravity rye mashes. *International Agrophysics* **2019**, 33(1), 1-10. doi.org/10.31545/intagr/103748 IF_{5-letni}* = 1,267; MNiSW** = 25 pkt.

Autor	Indywidualny wkład	Udział
Katarzyna Pielech-Przybylska	Koncepcja pracy, zaplanowanie eksperymentów, przygotowanie prób fermentacyjnych, fermentacja, oznaczenie zawartości etanolu, opracowanie i interpretacja wyników badań, analiza statystyczna, przygotowanie i korekta manuskryptu. Autor korespondencyjny.	75%
Maria Balcerek	Oznaczenie lepkości zacierów, analiza mikrobiologiczna zacierów (oznaczenie liczby drożdży), opracowanie wyników, korekta manuskryptu.	15%
Piotr Patelski	Analiza mikrobiologiczna zacierów (oznaczenie liczby bakterii).	5%
Urszula Dziekońska-Kubczak	Oznaczenie zawartości cukrów w zacierach.	5%

- B4. Pielech-Przybylska K., Balcerek M., Dziekońska-Kubczak U., Patelski P., Różański M.** Effect of starch liberation method and initial pH of sweet mashes on higher alcohols content in distillates obtained from different starchy raw materials. Process Biochemistry **2018**, 73, 29-37. IF_{5-letni}^{*} = **2,987**; MNiSW^{**} = **30 pkt.**

Autor	Indywidualny wkład	Udział
Katarzyna Pielech-Przybylska	Koncepcja pracy, zaplanowanie badań, przygotowanie prób fermentacyjnych, kontrola fermentacji, analiza chromatograficzna destylatów, opracowanie i interpretacja wyników badań, analiza statystyczna, przygotowanie i korekta manuskryptu. Autor korespondencyjny.	80%
Maria Balcerek	Przygotowanie prób fermentacyjnych, interpretacja oraz konsultacja wyników badań.	5%
Urszula Dziekońska-Kubczak	Destylacja zacierów odfermentowanych.	5%
Piotr Patelski	Interpretacja i konsultacja wyników analizy chromatograficznej destylatów.	5%
Mateusz Różański	Przygotowanie destylatów, poprzez ich wzmocnienie, do analizy chromatograficznej.	5%

- B5. Pielech-Przybylska K., Balcerek M., Dziekońska-Kubczak U., Pacholczyk-Sienicka B., Ciepielowski G., Albrecht Ł., Patelski P.** The role of *Saccharomyces cerevisiae* yeast and lactic acid bacteria in 2-propanol formation from acetone during fermentation of rye mashes obtained using thermal-pressure method of starch liberation. Molecules **2019**, 24(3), 610. <https://doi.org/10.3390/molecules24030610> IF_{5-letni}^{*} = **3,268**; MNiSW^{**} = **30 pkt.**

Autor	Indywidualny wkład	Udział
Katarzyna Pielech-Przybylska	Koncepcja pracy, zaplanowanie badań, przygotowanie materiału biologicznego, przygotowanie prób fermentacyjnych, kontrola fermentacji, opracowanie i interpretacja wyników badań oraz sformułowanie wniosków, analiza statystyczna wyników, przygotowanie i korekta manuskryptu. Autor korespondencyjny.	70%
Maria Balcerek	Oznaczenie barwy zacierów. Korekta manuskryptu.	5%
Urszula Dziekońska-Kubczak	Oznaczenie zawartości cukrów i kwasów w zacierach. Korekta manuskryptu.	5%
Barbara Pacholczyk-Sienicka	Oznaczenie zawartości acetonu i 2-propanolu w próbach zacieru słodkiego i odfermentowanego.	5%
Grzegorz Ciepielowski	Oznaczenie zawartości furfuralu w zacierach próbach zacieru słodkiego.	5%
Łukasz Albrecht	Interpretacja i konsultacja wyników analizy chromatograficznej (HS-GC-MS) zacierów.	5%
Piotr Patelski	Interpretacji i konsultacja wyników badań. Korekta manuskryptu.	5%

B6. Pielech-Przybylska K., Balcerek M., Ciepeliowski G., Pacholczyk-Sienicka B., Albrecht Ł., Dziekońska-Kubczak U., Bonikowski R., Patelski P. Effect of co-inoculation with *Saccharomyces cerevisiae* and lactic acid bacteria on the content of propan-2-ol, acetaldehyde and weak acids in fermented distillery mash. International Journal of Molecular Sciences **2019**, 20(7), 1659. doi.org/10.3390/ijms20071659 IF_{5-letni}* = **3,878**; MNiSW** = **30 pkt.**

Autor	Indywidualny wkład	Udział
Katarzyna Pielech-Przybylska	Koncepcja pracy, zaplanowanie badań, przygotowanie materiału biologicznego, przygotowanie prób fermentacyjnych, kontrola fermentacji, analiza mikrobiologiczna zacierów, opracowanie i interpretacja wyników badań, analiza statystyczna, przygotowanie i korekta manuskryptu. Autor korespondencyjny.	65%
Maria Balcerek	Analiza mikrobiologiczna zacierów. Korekta manuskryptu.	5%
Grzegorz Ciepeliowski	Analiza NMR destylatów, interpretacja wyników badań.	5%
Barbara Pacholczyk-Sienicka	Analiza NMR destylatów, interpretacja wyników badań.	5%
Łukasz Albrecht	Interpretacja i konsultacja wyników analizy NMR.	5%
Urszula Dziekońska-Kubczak	Oznaczenie zawartości cukrów w zacierach.	5%
Radosław Bonikowski	Analiza GCxGC-TOF MS destylatów, interpretacja i konsultacja wyników badań.	5%
Piotr Patelski	Interpretacja i konsultacja wyników badań. Korekta manuskryptu.	5%

Dane scjentometryczne publikacji wchodzących w skład osiągnięcia stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego:

- **sumaryczna wartość współczynnika oddziaływania IF*: 16,162**
- **suma punktów MNiSW**: 170**

* współczynniki oddziaływania IF za lata 2018 i 2019 dla ww. czasopism nie zostały obliczone, w związku z tym do obliczeń wykorzystano 5-letni IF z 2017 roku.

** lista czasopism punktowanych za rok 2017, 2018 i 2019 nie została opublikowana – przyjęto punktację z listy opublikowanej 26 stycznia 2017 za lata 2013-2016 (Dz. U. 2016 r. poz. 2154)

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

Na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci, w polskim gorzelnictwie zaszły bardzo duże zmiany, które obejmowały m.in. redukcję liczby gorzelni oraz modernizację technologii produkcji spirytusu. Wg danych z 1995 roku, liczba czynnych gorzelni w Polsce wynosiła 950 [Golisz i in., 2013], natomiast w 2018 roku pracowało już tylko 70 zakładów. Bezspornie należy jednak podkreślić, że pracujące obecnie gorzelnie rolnicze to zakłady z kilkudziesięcioletnim doświadczeniem, otwarte na nowoczesne rozwiązania. Technologia produkcji destylatu rolniczego (inna nazwa: spirytus surowy) w XX wieku opierała się przede wszystkim na parowaniu surowców skrobiowych, z wykorzystaniem ciśnieniowo-termicznej metody uwalniania skrobi. Nowym rozwiązaniem, chociaż znanym jeszcze z początków produkcji okowit zbożowych w XVI wieku, jest bezciśnieniowa metoda uwalniania skrobi (BUS), określana również jako metoda „zimnego zacierania” [Wiwała, 2010]. Przejście na tzw. zimne zacieranie obserwowano w większej liczbie zakładów, począwszy od 2005 roku, i było to podyktowane przede wszystkim obniżeniem kosztów produkcji spirytusu. Modernizacji poddano również: kotły parowe w celu zwiększenia wydajności produkcji pary, poprawy sprawności cieplnej oraz wykorzystania niestandardowych surowców do spalania (np. słomy); aparaty odpędowe w celu zwiększenia wydajności produkcji (zwiększenie średnicy i/lub wysokości kolumn); kadzie fermentacyjne w celu zwiększenia wydajności produkcji (zwiększenie pojemności kadzi, montaż systemów chłodzenia kadzi). Uruchamiano również nowe instalacje, m.in. do zagospodarowania wywaru (produktu odpadowego) poprzez wykorzystanie ciepła wywarowego (np. do podgrzewania zacieru odfermentowanego podawanego na kolumnę zacierową aparatu odpędowego), produkcję biogazu z wywaru i wydłużanie trwałości wywaru poprzez jego suszenie (do celów paszowych) [Golisz i in.] Zmianie ulegał również asortyment surowców skrobiowych wykorzystywanych do produkcji spirytusu. Od XVI wieku podstawowymi surowcami były zboża. Koniec XIX wieku to początek produkcji spirytusu z ziemniaków, które były dominującym surowcem skrobiowym do końca lat osiemdziesiątch XX wieku, ustępując ostatecznie miejsca surowcom zbożowym. Obecnie, wśród zbóż wykorzystywanych do produkcji spirytusu surowego, wymienia się przede wszystkim żyto i pszenicę, ale także pszenżyto oraz kukurydzę, przy czym ten ostatni gatunek znacząco zdominował rynek spirytusu [Achremowicz i in., 2015].

Powyższe zmiany miały za zadanie poprawić byt ekonomiczny gorzelni rolniczych, ponieważ gorzelnicy nadal otrzymują od producentów napojów spirytusowych zbyt niską cenę za litr spirytusu. Jest to o tyle ważne, że wraz z rozszerzeniem się rynków zagranicznych, do których eksportowane są polskie napoje spirytusowe, zwiększyły się również wymagania jakościowe potencjalnych odbiorców zagranicznych. Należy tu wymienić przepisy dotyczące zawartości m.in.: karbaminianów, ftalanów, akroleiny oraz wyższych alkoholi. Innym, aczkolwiek bardzo ważnym zagadnieniem dla producentów napojów spirytusowych jest pochodzenie

surowcowe destylatu rolniczego, szczególnie w kontekście produkcji wódek sygnowanych oznaczeniem geograficznym „Polska Wódka”. Gorzelnicy, do produkcji takiego spirytusu, muszą wykorzystywać właściwy, tj. zgodny z rozporządzeniem, gatunek surowca skrobiowego [Rozporządzenie WE nr 110/2008 z dnia 15 stycznia 2008 r.; Dz.U. z 2012 r. poz. 800].

Nowym trendem wśród małych przedsiębiorstw zajmujących się produkcją destylatu rolniczego, jest również produkcja organicznych wódek naturalnych (okowit) oraz wódek czystych, z wykorzystaniem wysokiej jakości surowców roślinnych, jako źródła skrobi (zboża i ziemniaki) oraz enzymów pochodzenia roślinnego (słody zbożowe). Unikatowość takich produktów stwarza potencjalne możliwości zwiększenia dochodu zakładu. Niemniej jednak, w celu spełnienia wysokich wymagań klientów poszukujących produktów niszowych, producenci muszą dbać o wysoką jakość swoich wyrobów. Wprowadzanie do produkcji enzymów pochodzenia roślinnego niesie bowiem ze sobą ryzyko zanieczyszczeń mikrobiologicznych, które z kolei mogą wpłynąć na obniżenie wydajności etanolu z jednostki surowca oraz jakości spirytusu surowego. Podsumowując, **najważniejszymi zagadnieniami dla wytwórców destylatu rolniczego są obecnie: rentowność produkcji oraz jakość destylatu rolniczego.**

Moja dotychczasowa działalność naukowa polegająca na realizacji projektów, prac badawczych, publikowaniu prac naukowych i patentów, była w głównej mierze inspirowana przez ścisłe kontakty z przemysłem. Na przestrzeni ostatnich 10 lat współpracowałam z 6 gorzelniami rolniczymi oraz 3 dużymi producentami napojów spirytusowych. Znajomość realnych problemów technologicznych i ekonomicznych ww. zakładów oraz otwartość branży spirytusowej na nowe rozwiązania, dały podstawę do zaplanowania badań, dotyczących m.in. opracowania rozwiązań ukierunkowanych na poprawę efektywności produkcji oraz jakości destylatu rolniczego, wraz z poszerzeniem oferty handlowej (produkcja destylatów ze zbóż słodowanych) i wzmocnieniem pozycji polskich producentów spirytusu i napojów spirytusowych na rynkach krajowych i zagranicznych.

Biorąc pod uwagę powyższe fakty, głównym celem podjętych przeze mnie badań, stanowiących osiągnięcie naukowe, było wykazanie, czy i w jakim stopniu zastosowanie słodów, jako źródła enzymów amylolitycznych i skrobi, oraz metod przygotowania zacierów, wpływa na skład fizyko-chemiczny otrzymywanych zacierów słodkich oraz wydajność ich fermentacji, z jednoczesną oceną zawartości lotnych związków w otrzymanych destylatach. Ocenie poddałam również zależności występujące pomiędzy czystością mikrobiologiczną zacierów, stosowanymi metodami obróbki surowców oraz parametrami fermentacji a zawartością wybranych lotnych związków, ze szczególnym uwzględnieniem alkoholu izopropylowego w zacierach odfermentowanych lub destylatach.

Cele szczegółowe przeprowadzonych badań obejmowały:

- dobór warunków przygotowania zacierów żytnich z zastosowaniem słodów, w celu ich optymalnej i wydajnej fermentacji oraz otrzymania destylatów o wysokiej jakości,
- ocenę czystości mikrobiologicznej zacierów przygotowanych z wykorzystaniem enzymów pochodzenia roślinnego i mikrobiologicznego, dwóch metod uwalniania

i scukrzania skrobi oraz ich wpływ na wskaźniki fermentacji oraz jakość otrzymanych destylatów,

- zastosowanie metod fizycznych i chemicznych, ograniczających rozwój niepożądanej mikroflory podczas fermentacji zacierów gorzelniczych, w celu poprawy efektywności fermentacji oraz jakości otrzymanych destylatów,
- opracowanie warunków przygotowania zacierów gorzelniczych o podwyższonej zawartości suchej masy, w kierunku zwiększenia wydajności etanolu,
- identyfikację czynników wpływających bezpośrednio oraz pośrednio na syntezę alkoholu izopropylowego oraz ocena ich współzależności.

Wyniki ww. badań przedstawiłam w sześciu publikacjach naukowych, a kolejność ich prezentowania, wraz z syntetycznym omówieniem, wynika z ich merytorycznej treści.

Opis prac i wyników składających się na osiągnięcie naukowe

Wódki naturalne (okowity) zbożowe należą do wyrobów spirytusowych, rozpowszechnionych i cenionych na świecie, ze względu na ich walory smakowo-zapachowe. Produkcja tego rodzaju trunków (m. in. Irish whiskey, Scotch whisky, bourbon) oparta jest na wielowiekowych tradycjach i stanowi ważny dział gospodarki wytwarzających je krajów. Specjalnością polską, z tradycją sięgającą przełomu XVI/XVII wieku (ok. 1614 r.) jest starka, produkowana z odleżakowanego surowego spirytusu żytniego. Jako surowiec do produkcji starki stosuje się destylat żytni (tzw. surówkę) o mocy 91–92% obj. i o odpowiedniej zawartości lotnych produktów ubocznych, m.in. wyższych alkoholi, przyjmując ich optymalną dla jakości wyrobu zawartość na poziomie ok. 2 g/l spirytusu 100% obj. Opracowanie technologii produkcji okowit zbożowych z surowców słodowanych i niesłodowanych było obiektem moich zainteresowań, jako głównego wykonawcy, w ramach realizacji projektu badawczo-rozwojowego nt. „Nowoczesne technologie produkcji okowit uwzględniające ich przyspieszone dojrzewanie oraz poprawę stabilności fizyko-chemicznej” (PBS2/B8/9/2013), finansowanego w latach 2013-2016 przez NCBiR w ramach Programu Badań Stosowanych. Projekt był realizowany przez konsorcjum naukowo-przemysłowe.

Zmiany wprowadzane w technologii gorzelniczej powinny mieć charakter innowacyjny, z zachowaniem ekonomii produkcji oraz uwzględnieniem coraz wyższych wymagań konsumentów. Produkcja naturalnych wódek z użyciem słodu, jako źródła enzymów może zostać włączona do portfolio produkcyjnego małych przedsiębiorstw, co pozwoli zwiększyć ich konkurencyjność i ułatwić pozyskiwanie nowych klientów zainteresowanych destylatami niestandardowymi. Ponadto, pozwoli to na większe wykorzystanie zdolności produkcyjnych małych gorzelni, które obecnie nie osiągają maksymalnego poziomu, z uwagi na trudności ze zbytem produkowanego spirytusu surowego.

Badania z wykorzystaniem słodów, jako źródła enzymów oraz skrobi, prowadziłam w kierunku oceny ich wpływu na skład fizyko-chemiczny zacierów słodkich, stopień hydrolizy

skrobi, wydajność fermentacji oraz skład jakościowy i ilościowy lotnych związków w uzyskanych destylatach. Wyniki ww. badań przedstawiłam w publikacji **B1: Balcerek M., Pielech-Przybylska K., Strąg E., Patelski P., Dziekońska U. Comparison of fermentation results and quality of the agricultural distillates obtained by application of commercial amylolytic preparations and cereal malts. European Food Research and Technology, 2016, 242, 321-335. IF₂₀₁₆=1,664; MNiSW=25 pkt.**

Materiałem badawczym było zboże niesłodowane (żyto odmiany Dańkowskie Diament, Danko Sp. z o.o., Polska) oraz trzy rodzaje słodów (jasny pszeniczny, jasny żytni i ciemny jęczmienny). Zacier słodki przygotowane zostały metodą bezciśnieniowego uwalniania skrobi (BUS, 58-60°C, 60 minut), z udziałem 30 i 50% dawki słodu w całkowitej masie surowca poddawanego procesowi zacierania. Przygotowano również próbę referencyjną, z zastosowaniem komercyjnych preparatów enzymatycznych pochodzenia mikrobiologicznego. Wstępna analiza surowców dotyczyła oznaczenia m.in. zawartości cukrów oraz aktywności enzymów amylolitycznych słodu. Ziarno zbóż słodowanych charakteryzowała niższa zawartość skrobi (505÷543 g/kg), w porównaniu do zboża niesłodowanego (621 g/kg), co jest następstwem aktywności enzymów amylolitycznych indukowanych w procesie słodowania [Dewar i in., 1997]. Odwrotną zależność wykazano w przypadku cukrów redukujących, których stężenie było ponad 10-krotnie wyższe w ziarnach zbóż słodowanych (166÷189 g/kg), w porównaniu do żyta Dańkowskie Diament (15 g/kg).

Wysoka zawartość cukrów redukujących oraz aktywność enzymów amylolitycznych w słodzie pszenicznym, tj. α -amylazy (350 CU/g) i β -amylazy (96 BU/g), odpowiedzialnych odpowiednio za tzw. upłynnienie i scukrzenie skrobi, przyczyniły się do otrzymania zacieru słodkiego (30% słodu) z dwukrotnie wyższą zawartością cukrów redukujących, w porównaniu do próby referencyjnej. Wysoką aktywność ww. enzymów oznaczono również w słodzie żytnim (266 CU/g i 86 BU/g), natomiast w słodzie jęczmiennym była ona o połowę niższa, w porównaniu do słodu pszenicznego (150 CU/g i 31 BU/g), niemniej stężenie cukrów redukujących w zacierze słodkim (30% słodu żytniego i jęczmiennego) było na zbliżonym poziomie do słodu pszenicznego. Stwierdziłam, że zwiększenie udziału słodu w masie surowca użytej do przygotowania zacieru, do 50%, nie spowodowało dalszego istotnego wzrostu stężenia cukrów redukujących (107-115 g maltozy/l).

Ważnym etapem w prowadzonych przeze mnie badaniach było wykazanie, czy stosowanie słodów zapewni odpowiednio wysoką wydajność etanolu, w odniesieniu do komercyjnych preparatów pochodzenia mikrobiologicznego. Stwierdziłam, że pomimo nieznacznych różnic w stężeniu cukrów ogółem w badanych słodach, których zawartość w przeliczeniu na glukozę wyniosła od 750 do 780 g/kg (suma skrobi i cukrów redukujących), oraz przy zachowaniu tych samych dawek wszystkich trzech słodów, zacier słodki otrzymane z użyciem słodu żytniego charakteryzowały się najwyższą zawartością cukrów ogółem w zacierze, w porównaniu do pozostałych prób. Analizując natomiast wydajność fermentacji stwierdziłam, że zastosowanie słodu pszenicznego w ilości 30%, w stosunku do całkowitej masy wsadu surowcowego pozwoliło uzyskać wysoką efektywność fermentacji, na poziomie 84% wydajności teoretycznej. Zwiększenie udziału słodu (do 50%) przyniosło

statystycznie istotny wzrost wydajności fermentacji do ok. 88%, nie różniąc się tym samym od wyniku próby referencyjnej. Z kolei, zastosowanie słodu żytniego przyniosło niższe wskaźniki, jednakże dawka słodu nie miała w tym przypadku istotnego wpływu. Tę samą zależność wykazałam w próbach z zastosowaniem słodu jęczmiennego. W przypadku słodu żytniego, prawdopodobną przyczyną obniżenia wydajności może być, pomimo wysokiej aktywności α -amylazy oznaczonej w tym surowcu, obecność polisacharydów nieskrobiowych (NSP), które składają się głównie z arabinoksylianów (pentozanów), β -glukanów i celulozy [Lineback i Rasper, 1988]. Większość arabinoksylianów znajdujących się w ziarnach zbóż jest nierozpuszczalna w wodzie, ale te niezwiązane ze ścianami komórkowymi mogą tworzyć roztwory o dużej lepkości. Nierozpuszczalne NSP utrudniają dostęp endogennych enzymów do ich substratów poprzez fizyczne ich zablokowanie [Hübner i in., 2010].

Ważnym etapem prowadzonych badań, była również ocena składu chemicznego otrzymanych destylatów w celu wskazania, jak zastosowane słody wpływają na stężenie związków lotnych, determinujących zapach i smak wytwarzanych okowit, co stanowi istotę w późniejszej ocenie konsumenckiej. Podstawowym wskaźnikiem jakości spirytusu surowego, ocenianym przez producentów alkoholu etylowego rolniczego (spirytusu rektyfikowanego) i napojów spirytusowych jest, przede wszystkim, zawartość aldehydu octowego, głównego związku z grupy związków karbonylowych. **Wykazałam, że w destylatach otrzymanych z zacierów z użyciem słodów, stężenie aldehydu octowego było niższe, w porównaniu do próby kontrolnej otrzymanej z użyciem preparatów komercyjnych, i wyniosło poniżej 0,1 g/l sp. 100% obj.**

Estry to grupa związków współuczestniczących w tworzeniu wrażeń sensorycznych, w tym przede wszystkim zapachu napojów spirytusowych, takich jak whisky, koniak. W destylatach żytnich otrzymywanych z udziałem słodów, wykazałam obecność m.in. octanu etylu, maślanu etylu, octanu izoamylu, kapronianu etylu i kaprylanu etylu. Wprowadzenie słodów do procesu zacierania wpłynęło na wzrost stężenia estrów, w odniesieniu do próby kontrolnej. Różnice dotyczyły głównie octanu etylu, maślanu etylu, octanu izoamylu i kaprylanu etylu. Ważnymi, z sensorycznego punktu widzenia, związkami są także wyższe alkohole, które nadają charakterystyczny smak i zapach okowitom. Należą do nich m.in.: 1-propanol, 2-metylo-1-butanol, 3-metylo-1-butanol oraz 2-metylo-1-propanol. W otrzymanych destylatach największy udział spośród oznaczanych alkoholi wyższych dotyczył 3-metylo-1-butanolu, bez względu na stosowane proporcje żyta i słodów. Z kolei, różnice wykazałam w przypadku 2-metylo-1-butanolu i 2-metylo-1-propanolu.

Ocenie poddano również stężenie metanolu w otrzymanych destylatach. **Za istotny wskaźnik jakości badanych destylatów uznałam niską zawartość metanolu, która nie przekraczała 0,3 g/l sp. 100% obj. (tj. 30 g/hektolitr), spełniając tym samym wymagania Rozporządzenia UE nr 110/2008 dla alkoholu etylowego (spirytusu rektyfikowanego).**

Do czynników determinujących wydajność i jakość destylatów rolniczych należą, oprócz rodzaju i jakości przetwarzanych surowców, metoda uwalniania i scukrzania skrobi oraz czystość mikrobiologiczna zacierów. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne zacierów

są dotkliwym problemem gorzelni, z uwagi na obniżenie wydajności etanolu, oraz jakości otrzymywanych spirytusów [Narendranath i in., 2001].

Mając na uwadze zanieczyszczenia mikrobiologiczne surowców gorzelniczych, które są główną przyczyną zakażeń zacierów gorzelniczych, uważa się że ciśnieniowo-termiczna metoda (0,4 MPa, 151°C) uwalniania skrobi, z zastosowaniem preparatów enzymów amylolitycznych pochodzenia mikrobiologicznego, przynosi najkorzystniejsze rezultaty w ograniczaniu ich rozwoju. Niemniej, aktualne trendy panujące w branży gorzelniczo-spirytusowej ukierunkowane są na wykorzystywanie energooszczędnych, bezciśnieniowych metod uwalniania skrobi oraz wytwarzania napojów spirytusowych z surowców bioorganicznych, do których zalicza się zboża uprawiane zgodnie z wymaganiami produkcji ekologicznej, jak również produkowane z nich słydy. Stosowanie sładów zwiększa jednak ryzyko rozwoju zanieczyszczeń mikrobiologicznych w przygotowywanych zacierach słodkich. Zastosowanie α -kwasów chmielowych bardzo dobrze wpisuje się w trend wykorzystywania surowców naturalnych, a ich skuteczność antybakteryjna w procesie fermentacji zbożowych zacierów gorzelniczych została przebadana w kolejnym etapie.

Celem tego etapu była ocena czystości mikrobiologicznej zacierów przygotowanych z użyciem enzymów pochodzenia mikrobiologicznego oraz roślinnego (enzymy sładu), a także dwóch metod uwalniania skrobi, z określeniem wpływu niepożądanej mikroflory na efektywność fermentacji oraz skład jakościowy i ilościowy związków lotnych w otrzymanych destylatach. Podjęłam się również oceny możliwości zastosowania i ustalenia skuteczności α -kwasów chmielowych, w postaci handlowego preparatu, ograniczających wzrost bakterii, w kontekście poprawy wydajności fermentacji i jakości destylatów. Rezultaty otrzymane w toku prowadzonych eksperymentów, przedstawiłam w publikacji **B2: Pielech-Przybylska K, Balcerek M, Nowak A, Wojtczak M, Czyżowska A, Dziekońska-Kubczak U, Patelski P. The effect of different starch liberation and saccharification methods on the microbial contaminations of distillery mashes, fermentation efficiency, and spirits quality. Molecules 2017, 22(10), 1647. IF₂₀₁₇=3,098; MNiSW=30 pkt.**

Podstawowymi surowcami w badaniach były: ziarno jęczmienia (odmiana Karakan, Danko Sp. z o.o., Polska) oraz sład jęczmienny (Monachijski typu II), z których przygotowano zacier sładki, z zastosowaniem dwóch metod uwalniania skrobi, tj. parowania i bezciśnieniowego uwalniania skrobi (BUS). Próbkami referencyjnymi były zacier przygotowane ww. metodami, z zastosowaniem handlowych preparatów enzymatycznych pochodzenia mikrobiologicznego. Wszystkie przygotowane próby zacierów fermentowano z dodatkiem oraz bez dodatku handlowego preparatu zawierającego α -kwas chmielowy (IsoStab firmy BetaTec, zawartość izo- α -kwasów ok. 30% w/w).

Niska temperatura hydrolizy skrobi stosowana w procesie przygotowywania zacierów metodą BUS (90°C), może sprzyjać rozwojowi niepożądanej mikroflory, zaburzając prawidłowy przebieg procesu fermentacji. W produkcji etanolu najczęściej spotykanymi zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi są bakterie kwasu mlekowego, z rodzaju *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* i *Pediococcus*, z których większość bardzo dobrze toleruje niskie pH, wysokie stężenie cukrów i etanolu [Skinner i Leathers, 2004; Broda i Grajek,

2009]. Bakterie kwasu mlekowego, podczas fermentacji etanolowej zacierów, fermentują węglowodany, produkując m.in. kwas mlekowy i octowy [Beckner i in., 2011]. Źródłem bakterii może być surowiec, powietrze, woda, inokulum drożdży, jak również brak higieny produkcji. Proces słodowania, z uwagi na wysoką wilgotność ziarna i długi czas potrzebny do skiełkowania, stwarza optymalne warunki do wzrostu tych bakterii. Wykazano m.in., że liczba bakterii kwasu mlekowego obecnych na niesłodowanym ziarnie jęczmienia wynosiła średnio $4,5 \times 10^1$ jtk/g, podczas gdy po procesie słodowania i wysuszeniu słodu liczba ta wzrosła do $3,5 \times 10^7$ jtk/g [O'Sullivan i in., 1999].

Wykazałam, że w zacierach słodkich przygotowanych z użyciem słodu jęczmiennego w procesie zacierania, liczba bakterii kwasu mlekowego i ogólna liczba bakterii mezofilnych była dwukrotnie wyższa, w porównaniu do prób referencyjnych. W czasie fermentacji obserwowano ich dynamiczny wzrost, ponieważ w zacierach przygotowanych ze słodem liczba bakterii, po 72 godzinach procesu, wzrosła o ponad 5 log jtk/ml. Wzrost liczby bakterii wpłynął natomiast na znaczące obniżenie w czasie fermentacji liczby komórek drożdży (o 4,3 log jtk/ml) w zacierach odfermentowanych, przygotowanych metodą BUS. Mogło to być spowodowane wysoką zawartością kwasów w zacierze odfermentowanym, tj. kwasu mlekowego (7,1 g/l) oraz kwasu octowego (0,6 g/l). Znalazło to również odzwierciedlenie w niższej wydajności etanolu, w porównaniu do prób kontrolnych z użyciem preparatów enzymatycznych.

Stwierdziłam ponadto, że metoda uwalniania skrobi (BUS i parowanie) nie miała istotnego wpływu na stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego zacierów słodkich przygotowanych z użyciem enzymów pochodzenia mikrobiologicznego, który był na podobnym, niskim poziomie, nie przekraczającym 1 log jtk/ml, natomiast po 72 godzin fermentacji wzrósł do 3 log jtk/ml.

Zakłócenia procesu fermentacji, wywołane przez obecność niepożądanych mikroorganizmów, mogą znacząco wpływać na profil lotnych związków i ich stężenie w otrzymywanych spirytusach. Produkowane przez bakterie metabolity, jak np. kwasy, mogą obniżać wewnątrzkomórkowe pH, co może wpływać negatywnie na aktywność enzymów uczestniczących w procesie fermentacji. Również niektóre bakterie, np. z rodzaju *Lactobacillus* i *Leuconostoc*, zdolne są do syntezy związków lotnych, z grupy estrów, alkoholi i związków karbonylowych [Berger, 1995]. Skutecznym rozwiązaniem, w celu ograniczenia bakterii obecnych w zacierach gorzelnicznych, było zastosowanie preparatu IsoStab (BetaTec) zawierającego izo- α -kwasy chmielowe. Liczba bakterii w zacierach odfermentowanych z dodatkiem preparatu IsoStab była bowiem niższa, średnio o 3 log jtk/ml (BUS) i 5 log jtk/ml (parowanie), w porównaniu do analogicznych prób fermentowanych bez dodatku preparatu α -kwasów chmielowych.

Wykazałam, że stężenie aldehydu octowego było wyższe w destylatach otrzymanych z zacierów fermentowanych bez dodatku preparatu α -kwasów chmielowych, niezależnie od zastosowanej metody uwalniania skrobi. Zastosowanie ochrony antybakteryjnej w zacierach przygotowanych z użyciem słodów przyczyniło się do obniżenia stężenia aldehydu octowego o 63% (BUS) i 40% (parowanie). Analogiczne rezultaty stwierdziłam

w przypadku innych oznaczonych związków karbonylowych, tj.: aldehydu izomasłowego, aldehydu izowalerianowego, aldehydu 2-metylomasłowego, aldehydu fenylooctowego, furfuralu i diacetylu. **Wykazałam ponadto, że w destylatach otrzymanych z zacierów z dodatkiem słodu (bez stosowania α -kwasów chmielowych), obecny był mleczan etylu (2-hydroksypropionian etylu), ester o charakterystycznym maślano-owocowym zapachu, którego wyższe stężenie było skorelowane z większą liczbą bakterii kwasu mlekowego.** Charakterystyczne dla destylatów otrzymanych z zacierów o wysokim stopniu zanieczyszczenia bakteriami było również wyższe stężenie acetalu dietylowego aldehydu octowego, w porównaniu do prób z dodatkiem preparatu α -kwasów chmielowych.

Coraz większym zainteresowaniem w gorzelnictwie cieszą się metody beczciśnieniowego uwalniania skrobi, których zaletą jest możliwość przygotowywania i fermentowania zacierów słodkich o podwyższonej zawartości suchej substancji ($\geq 25\%$). Szczególnie interesujące, z punktu widzenia ograniczenia lepkości zacierów, jest rozwiązanie zwane hydrolizą skrobi natywnej, z zastosowaniem α -amylazy i amyloglukozydazy pochodzenia grzybowego (*Trichoderma reesei*). Oba enzymy z wysoką aktywnością działają w procesie fermentacji, uwalniając stopniowo, podczas hydrolizy, cukry fermentowane dalej przez drożdże. W celu rozluźnienia struktury skrobi i ułatwienia dostępu enzymom możliwe jest zastosowanie zabiegu wstępnego zwanego aktywacją, mającego na celu rozluźnienie struktury skrobi, co odbywa się w temperaturze nieprzekraczającej temperaturę kleikowania skrobi [Balcerek i Pielech-Przybylska, 2012]. Niemniej, już w takich temperaturach może dochodzić do wzrostu lepkości roztworów, w wyniku pęcznienia ziarenek skrobi i uwalniania z jej struktury amylozy, odpowiedzialnej za wzrost lepkości. Efektywna hydroliza skrobi do cząsteczek glukozy, to wypadkowa działania dwóch enzymów, ponieważ α -amylaza hydrolizując wiązania α -1,4-glikozydowe w amylozie i amylopektynie, „odstania” nieredukujące końce od których amyloglukozydaza rozpoczyna hydrolizę wiązań α -1,4 glikozydowych. Ten ostatni enzym degradowe również wiązania α -1,6, jednak znacznie wolniej niż wiązania α -1,4 [Roy i Gupta, 2004], przez co obserwuje się znaczne zahamowanie degradacji enzymatycznej [Kłosowski i in., 2010]. Prowadzi to do wytworzenia dekstryn granicznych - niefermentowanych przez drożdże.

W celu rozwiązania tych problemów można zastosować enzymy wspomagające, między innymi pullulanazę, która przekształca skrobię w liniowe dekstryny i oligosacharydy.

W naszych wcześniejszych pracach [Balcerek i Pielech-Przybylska, 2009; Sapińska i in., 2013] wykazaliśmy korzystny wpływ stosowania pullulanazy w procesie przygotowania zacierów na wydajność etanolu. Zastosowanie pullulanazy wnoszą bowiem korzyści bezpośrednie i pośrednie. Wśród tych pierwszych należy wymienić hydrolizę wiązań α -1,6 glikozydowych występujących w amylopektynie oraz dekstrynach granicznych, natomiast do pośrednich – wspomagające działanie amyloglukozydazy, jak również obniżenie lepkości zacierów. Rozwiązaniem problemów związanych z wysoką lepkością jest również zastosowanie wstępnej obróbki ultradźwiękowej zacierów. Pejin i in. [2012] badali zastosowanie ultradźwięków w produkcji bioetanolu z pszenżyta. Autorzy badań zaobserwowali wzrost

zawartości cukrów fermentowanych przez drożdże (glukozy i maltozy) w otrzymanych zacierach i w rezultacie wyższe stężenie etanolu.

W odpowiedzi na zainteresowanie producentów spirytusu tematyką fermentacji tzw. zacierów gęstych, z jednoczesnym wykorzystaniem energooszczędnych metod uwalniania i scukrzania skrobi, podjęłam badania ukierunkowane na dobór metod przygotowania i fermentacji zacierów o podwyższonej zawartości suchej substancji, które poddawane były wstępnej obróbce z zastosowaniem ultradźwięków oraz pullulanazy, w celu poprawy efektywności procesu jednoczesnego scukrzania i fermentacji. Jednocześnie oceniałam wpływ ultradźwięków oraz aktywności α -kwasów chmielowych na czystość mikrobiologiczną zacierów oraz wydajność etanolu. Otrzymane wyniki badań przedstawiłam w publikacji **B3: Pielech-Przybylska K., Balcerek M., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U. Solutions for improvement of saccharification and fermentation of high gravity rye mashes. International Agrophysics 2019, 33(1), 1-10. IF_(5-letni)=1,267; MNiSW=25 pkt.**

Zacierey słodkie przygotowano z żyta, stosując metodę hydrolizy skrobi natywnej, z tzw. aktywacją skrobi przez 60 minut, w temperaturze 49-51°C, po uprzednim dodaniu preparatów enzymatycznych zawierających kompleks ksylanazy i celulazy (Optimash VR, DuPont) oraz kwaśną α -amylazę (GC 626, DuPont). Obróbka ultradźwiękami stosowana była przed aktywacją, w czasie 5, 10 i 15 minut, w celu ustalenia optymalnego czasu, a następnie do obróbki ultradźwiękami dołączono wspomaganie hydrolizy skrobi z udziałem pullulanazy, a także ochronę antybakteryjną w postaci preparatu α -kwasów chmielowych. **Wykazałam korzystny wpływ obróbki ultradźwiękami (10 min.) na obniżenie lepkości zacierów (o ok. 69% w porównaniu do próby kontrolnej) i wzrost stężenia cukrów redukujących w zacierach słodkich.** Do dalszych etapów badań, wybrałam 10-minutową obróbkę ultradźwiękami. Zastosowanie pullulanazy, poprzedzone 10-minutowym działaniem ultradźwięków, spowodowało obniżenie lepkości zacieru o ponad 50%, w porównaniu do zacieru uzyskanego w tych samych warunkach, ale bez dodatku pullulanazy i o 85%, w porównaniu z kontrolą. Ponadto, **stwierdziłam, że zastosowanie dodatku preparatu pullulanazy do zacierów po uprzedniej obróbce ultradźwiękami, zwiększyło stopień hydrolizy skrobi.** Stężenie cukrów redukujących wzrosło o ponad 25%, w porównaniu z próbą traktowaną tylko ultradźwiękami (10 min.).

Na podstawie wyników analizy mikrobiologicznej zacierów słodkich, **wykazałam korzystny wpływ obróbki ultradźwiękami na redukcję liczby bakterii kwasu mlekowego oraz bakterii ogółem, w odniesieniu do próby kontrolnej.** Szczególnie korzystna była 10-minutowa obróbka, co spowodowało, że wzrost bakterii w czasie fermentacji był ograniczony. Dodatek preparatu α -kwasów chmielowych do zacierów słodkich przygotowanych z zastosowaniem ultradźwięków oraz dodatkiem pullulanazy, spowodował efektywne zahamowanie wzrostu bakterii w czasie fermentacji. Liczba komórek bakterii kwasu mlekowego oraz bakterii ogółem utrzymywała się w tej próbie na niskim, podobnym poziomie przez cały czas fermentacji.

Dalsze moje badania, które obejmują trzy kolejne publikacje (B4-B6), dotyczyły zagadnień związanych z oceną wpływu surowców skrobiowych, metod ich obróbki oraz parametrów fermentacji na stężenie alkoholi wyższych, ze szczególnym uwzględnieniem alkoholu izopropylowego (syn. izopropanol, 2-propanol) w zacierach oraz otrzymanych destylatach. Tematyka podjętych przeze mnie badań miała podłoże w realnych problemach producentów wódek czystych, którzy eksportują swoje wyroby na rynki wschodnie. Problem wynika z rozbieżności pomiędzy zapisami znajdującymi się w wymaganiach normatywnych Unii Europejskiej [Rozporządzenie WE nr 110/2008 z dnia 15 stycznia 2008 r.] dla alkoholu etylowego pochodzenia rolniczego (tj. spirytusu rektyfikowanego) oraz w wymaganiach obowiązujących w Rosji [GOST R 56389-2015; GOST 12712-2013]. Zgodnie z rozporządzeniem UE nr 110/2008 Parlamentu Europejskiego i Rady (załącznik I, definicje techniczne i wymogi), maksymalny poziom wyższych alkoholi wynosi 0,5 g na hektolitr sp. 100% obj., w przeliczeniu na 2-metylo-1-propanol (tj. alkohol izobutylovowy), natomiast w wymaganiach rosyjskich maksymalny poziom wyższych alkoholi wynosi 0,2-0,5 g na hektolitr sp. 100% obj., jednak w przeliczeniu na sumę 1-propanolu, 2-propanolu, 1-butanolu, alkoholu izobutylovowego oraz alkoholu izoamylovowego (tj. 3-metylo-1-butanolu). Ta różnica w zapisie wskazała na potrzebę kontrolowania zawartości 2-propanolu, ponieważ w przypadku pozostałych związków wymienionych w normie rosyjskiej, problem z ich usunięciem w procesie rektyfikacji nie występuje, z uwagi na dużo wyższe temperatury wrzenia w porównaniu do temperatury wrzenia etanolu, przez co zachowują charakter pogonowy. Trudności występują natomiast podczas próby usunięcia 2-propanolu podczas rektyfikacji. Ten drugorzędowy alkohol charakteryzuje się bowiem najniższą temperaturą spośród wszystkich wyższych alkoholi (C_3-C_8), wynoszącą $82,4^{\circ}C$, a ponadto może być składnikiem azeotropów binarnych, z udziałem wody, octanu etylu, octanu izopropylu, propionianu metylu, metanolu, benzenu, toluenu, n-pentanu, n-heksanu i n-heptanu, a także występować w trójskładnikowych azeotropach z wodą i na przykład z cykloheksanem, benzenem, czy toluenem [Lide, 2005]. Biorąc pod uwagę, że niektóre z ww. składników azeotropów są obecne w destylacie rolniczym, jest prawdopodobne, że podczas procesu rektyfikacji powstają azeotropy, których temperatura wrzenia dodatkowo się obniża poniżej temp. wrzenia izopropanolu. Przykładami są azeotropy binarne izopropanolu z alkoholem izobutylovym oraz izopropanolu z wodą, których temperatura wrzenia wynosi odpowiednio $70^{\circ}C$ i $80^{\circ}C$. **Wynika zatem, że polskie wódki mogą zawierać ponadnormatywne, w rozumieniu przepisów rosyjskich, zawartości 2-propanolu, a tym samym mogą nie spełniać przepisów pozwalających na ich dystrybucję na rynku rosyjskim.** Z uwagi na brak dostatecznych możliwości oczyszczenia destylatu rolniczego z 2-propanolu na drodze rektyfikacji, konieczne wydaje się obniżenie stężenia izopropanolu w destylacie rolniczym, a tym samym w zacierze gorzelniczym, z których otrzymuje się go na drodze odpędu.

W pierwszym etapie badań podjęłam się ustalenia, czy istnieje zależność pomiędzy surowcem skrobiowym stosowanym w produkcji spirytusu surowego oraz metodą jego obróbki w celu uwolnienia i hydrolizy skrobi, jak również początkowym pH zacierów słodkich a stężeniem izopropanolu oraz innych alkoholi wyższych w otrzymanych destylatach. Wyniki

tej części badań przedstawiłam w publikacji **B4: Pielech-Przybylska K., Balcerek M., Dziekońska-Kubczak U., Patelski P., Różański M. Effect of starch liberation method and initial pH of sweet mashes on higher alcohols content in distillates obtained from different starchy raw materials. Process Biochemistry 2018, 73, 29-37. IF_{5-letni}=2,987; MNiSW=30 pkt.** Surowcem do badań były trzy gatunki zbóż (żyto, pszenica i pszenżyto) oraz ziemniaki. Do przygotowania zacierów wykorzystano, w przypadku zbóż, metodę parowania oraz BUS, natomiast zacier ziemniaczany przygotowano z wykorzystaniem metody parowania. Początkowe pH zacierów słodkich regulowano do 4,0 oraz 5,5. Wyniki analizy ilościowej wyższych alkoholi w otrzymanych destylatach poddałam analizie statystycznej, na podstawie której **wykazałam, że wszystkie trzy badane zmienne, tj. rodzaj surowca, metoda uwalniania i scukrzania skrobi oraz początkowe pH zacierów słodkich wpływają na stężenie wyższych alkoholi.** Destylaty otrzymane z zacierów przygotowanych z wykorzystaniem parowania, charakteryzowały się wyższą zawartością alkoholi, takich jak: 1-butanol, 1-propanol i 2-propanol, podczas gdy pozostałe związki występowały w wyższych stężeniach w destylatach otrzymanych z użyciem metody BUS. Zaobserwowano również, że rodzaj użytych surowców skrobiowych miał wpływ na stężenie oznaczanych alkoholi. Destylaty ziemniaczane charakteryzowały się bowiem wyższą zawartością 2-propanolu, 1-propanolu, 1-butanolu i 1-pentanolu, określanymi jako drugorzędne alkohole wyższe. Natomiast stężenie głównych alkoholi wyższych (tj. 2-metylo-1-propanolu, 3-metylo-1-butanolu, 2-metylo-1-butanolu i 2-fenyletanolu) w destylatach ziemniaczanych, w porównaniu z destylatami zbożowymi, było niższe, co może wynikać z dużo niższej zawartości białka ogólnego w bulwach ziemniaka, a tym samym niższej zawartości wolnych aminokwasów i zachodzących podczas parowania strat azotu aminowego w reakcjach Maillarda. **Wykazałam ponadto, że wyższe początkowe pH zacierów słodkich (5,5) wpływa znacząco na wzrost zawartości 2-propanolu, 2-metylo-1-propanolu, 1-propanolu, 1-butanolu, 3-metylo-1-butanolu i 2-fenyletanolu w analizowanych destylatach. Największe różnice zaobserwowałam jednak w przypadku 2-propanolu.**

Chen i in. [1977] badając wpływ początkowego pH brzeczki piwnej na stężenie alkoholi wyższych wskazali, że im wyższe pH, tym wyższe stężenie wyższych alkoholi. Autorzy tych badań tłumaczyli to faktem, że alkaliczne pH podłoża (w zakresie od 6 do 8) jest korzystne dla aktywności enzymów uczestniczących w syntezie wyższych alkoholi, takich jak: aminotransferaza, dekarboksylaza i dehydrogenaza alkoholowa. To by tłumaczyło zaobserwowane w moich badaniach wyższe stężenie ww. związków w destylatach otrzymanych z zacierów, których początkowe pH wynosiło 5,5. Z kolei Dack i in. [2017], jako jedną z możliwych przyczyn obniżonego stężenia wyższych alkoholi w brzeczce piwnej przygotowanych z ciemnych słodów, podali wpływ produktów reakcji Maillarda na aktywność enzymów uczestniczących w szlaku Ehrlicha, głównie dehydrogenazy alkoholowej, odpowiedzialnej za redukcję aldehydów do odpowiednich alkoholi. Ponadto, synteza wyższych alkoholi, szczególnie tych występujących w niższych stężeniach, tzw. drugorzędnych alkoholi, może zachodzić na drodze metabolizmu glukozy do pirogronianu, który w dalszych etapach przekształcany jest do acetylo-CoA – prekursora tych związków [Liu i in., 2017].

M.in. alkohol izopropylowy powstaje w wyniku redukcji acetonu, który powstawać może w reakcji zapoczątkowanej przez kondensację dwóch cząsteczek acetylo-CoA. Jednakże, ta reakcja syntezy acetonu odbywa się z udziałem mikroorganizmów, głównie bakterii. Nie można również wykluczyć, że aceton jest obecny w zacierze słodkim, jeszcze przed jego fermentacją. Brak jednak informacji w literaturze naukowej, które potwierdziłyby obecność acetonu w gorzelnicznych zacierach słodkich.

W celu wyjaśnienia, co jest przyczyną wyższych stężeń 2-propanolu w destylatach otrzymanych z zacierów przygotowanych metodą ciśnieniowo-termiczną, w kolejnym etapie badań podjęłam się identyfikacji jednego z możliwych prekursorów alkoholu izopropylowego, tj. acetonu, którego obecność w grupie produktów reakcji Maillarda, wg Davidk'a i in. [2006], jest wynikiem hydrolitycznego rozszczepienia 2,4-pentanodionu. Można zatem przypuszczać, na podstawie wyników przedstawionych w publikacji **B4**, że aceton jest obecny w zacierach słodkich otrzymanych metodą ciśnieniowo-termiczną, a jego źródłem są zachodzące podczas parowania reakcje Maillarda. Aceton z kolei, w procesie fermentacji jest redukowany do alkoholu izopropylowego, co potwierdzają wyższe stężenia 2-propanolu w destylatach otrzymanych z zacierów przygotowanych metodą parowania, w porównaniu do destylatów otrzymanych z wykorzystaniem metody BUS.

Udowodnienia tej hipotezy podjęłam się w kolejnej części badań, których wyniki zostały przedstawione w publikacji **B5: Pielech-Przybylska K., Balcerek M., Dziekońska-Kubczak U., Pacholczyk-Sienicka B., Ciepeliowski G., Albrecht Ł., Patelski P. The role of *Saccharomyces cerevisiae* yeast and lactic acid bacteria in 2-propanol formation from acetone during fermentation of rye mashes obtained using thermal-pressure method of starch liberation. *Molecules* 2019, 24(3), 610, DOI:10.3390/molecules24030610. IF_{5-letni}= 3,268; MNiSW=30 pkt.**

Celem badań było ustalenie, czy i w jakim stężeniu aceton jest obecny w zacierze słodkim przygotowanym metodą parowania. Następnie zbadano wpływ drożdży *S. cerevisiae* oraz bakterii kwasu mlekowego, jak również temperatury fermentacji, na stężenie acetonu i 2-propanolu w zacierach, po zakończeniu ich fermentacji. Surowcem skrobiowym wykorzystanym do badań było ziarno żyta.

W pierwszej części badań oceniłam skład 37 próbek otrzymanych w warunkach przemysłowych, w celu analizy jakościowej i ilościowej acetonu. Zaciery słodkie różniły się barwą, co dało podstawę do przeprowadzenia pomiaru jasności (parametr L*) i barwy tych próbek (parametry chromatyczne a* i b*), obliczenia wskaźnika zażółcenia (YI) oraz oznaczenia w nich również zawartości furfuralu i 5-hydroksymetylofurfuralu – związków uważanych za wskaźniki reakcji Maillarda [Murata i in., 2007]. We wszystkich 37 próbkach wykryłam i oznaczyłam zawartość acetonu i furfuralu, jednak nie udało się oznaczyć ilościowo 5-hydroksymetylofurfuralu. Następnie, podjęłam się ustalenia, czy istnieje korelacja pomiędzy jasnością i barwą zacierów słodkich, a stężeniem furfuralu i acetonu.

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała statystycznie istotne różnice w barwie zacierów słodkich. 27 próbek zacierów charakteryzowały dodatnie wartości parametru a*, co oznacza, że w końcowej ocenie barwy zacierów wpływ miała barwa czerwona, co jest

szczególnie widoczne w czterech próbach z wysokimi wartościami tego parametru, powyżej 11. W próbach, w których stwierdzono większe nasycenie barwą czerwoną, wykazano również większy udział barwy żółtej, co wskazały zmierzone wartości parametru b^* . Następnie, wyniki analizy zawartości furfuralu i acetonu w próbkach zacierów słodkich zostały porównane z wynikami pomiaru barwy i jasności oraz obliczonym wskaźnikiem zażółcenia. Sam aceton nie wpływa na kolor, jednak jak podają inni autorzy [Davídek i in., 2006], pojawia się równolegle z barwnymi produktami reakcji Maillarda, w miarę postępu obróbki termicznej. Wykazałam, że stężenie furfuralu oraz acetonu było silnie skorelowane z ww. parametrami barwy i jasności zacierów. Parametry chromatyczne a^* i b^* były silnie dodatnio skorelowane ze stężeniem acetonu ($r > 0,9$) i furfuralu ($r > 0,8$ dla a^* ; $r > 0,9$ dla b^*). Stężenia tych związków w zacierach słodkich wzrastały wraz ze wzrostem nasycenia barwą czerwoną i żółtą. Równie silną pozytywną korelację zaobserwowano w przypadku wskaźnika zażółcenia ($r > 0,9$), obliczonego na podstawie parametru b^* i L^* , który jest uważany za wskaźnik obecności produktów reakcji Maillarda. **Wykazałam, że w zacierach słodkich przygotowanych metodą ciśnieniowo-termiczną, obecny jest aceton, który może być potencjalnym prekursorem alkoholu izopropylowego, a jego stężenie jest silnie skorelowane z barwą zacieru.**

W dalszej części badań przeprowadziłam próby fermentacyjne zacieru słodkiego przygotowanego metodą ciśnieniowo-termiczną w skali ćwierć-technicznej, w celu wykazania, czy zachodzi redukcja stężenia acetonu w procesie fermentacji, w obecności drożdży i bakterii kwasu mlekowego. Jednocześnie, próby zacierów po zakończonej fermentacji poddałam analizie w celu oznaczenia zawartości alkoholu izopropylowego, a następnie oceniłam na podstawie analizy statystycznej, czy istnieje zależność pomiędzy redukcją stężenia acetonu a stężeniem 2-propanolu. W porównaniu do drożdży, bakterie są częściej wymieniane jako producenci drugorzędowych alkoholi, w tym izopropanolu [Walther i François, 2016]. Należą do nich przede wszystkim bakterie z rodzaju *Clostridium*, natomiast brakuje takich informacji na temat bakterii kwasu mlekowego. W związku z tym, podjęłam się ustalenia, czy oprócz drożdży, również bakterie kwasu mlekowego mogą syntetyzować 2-propanol. W tym celu zaciery słodkie zaszczepione zostały oddzielnie trzema szczepami bakterii kwasu mlekowego (w postaci mieszanej kultury) oraz drożdżami *S. cerevisiae*, zabezpieczając próby przed rozwojem drożdży (zaciery zaszczepione bakteriami kwasu mlekowego) oraz bakterii Gram dodatnich (zaciery zaszczepione drożdżami). Fermentacje były prowadzone w dwóch różnych temperaturach (27 i 35°C). Wykazałam że, w próbach fermentowanych przez drożdże, bez względu na temperaturę fermentacji, redukcja stężenia acetonu była na zbliżonym poziomie, wynoszącym 23-28%. Również 2-propanol oznaczono na podobnym poziomie, wynoszącym 0,23-0,27 mg/l zacieru. Z kolei, w próbach fermentowanych przez bakterie kwasu mlekowego, redukcja stężenia acetonu była uzależniona od temperatury i wyniosła 20% (w temperaturze 27°C) i 79% (w temperaturze 35°C). Wykazałam również w tych próbach różnice w stężeniu 2-propanolu, które było ponad 11-krotnie wyższe w zacierze fermentowanym przez bakterie kwasu mlekowego w wyższej temperaturze (35°C), w porównaniu do analogicznej próby fermentowanej w temp. 27°C.

Na podstawie przeprowadzonych badań **stwierdziłam, że barwa zacierów słodkich otrzymanych metodą ciśnieniowo-termiczną uwalniania skrobi jest silnie skorelowana ze stężeniem acetonu, jednego z prekursorów alkoholu izopropylowego.** Stężenie acetonu wzrasta wraz z wyższym nasyceniem barwą czerwoną (a^*) i żółtą (b^*). **Udowodniłam ponadto, że w obecności drożdży *S. cerevisiae* oraz bakterii kwasu mlekowego w zacierach, podczas ich fermentacji, zachodzi redukcja stężenia acetonu z jednoczesnym występowaniem alkoholu izopropylowego w zacierze odfermentowanym.** Stosowane mikroorganizmy, tj. drożdże oraz bakterie kwasu mlekowego były stosowane oddzielnie. Za zasadne uznałam więc przeprowadzenie kolejnych badań, w celu potwierdzenia metabolizmu acetonu z udziałem drożdży *S. cerevisiae* i bakterii kwasu mlekowego do 2-propanolu oraz zbadania, jak obecność bakterii kwasu mlekowego w zacierach fermentowanych przez drożdże, wpłynie na stężenie alkoholu izopropylowego. Wyniki badań przedstawiłam w publikacji **B6: Pielech-Przybylska K., Balcerek M., Ciepielowski G., Pacholczyk-Sienicka B., Albrecht Ł., Dziekońska-Kubczak U., Bonikowski R., Patelski P. Effect of co-inoculation with *Saccharomyces cerevisiae* yeast and lactic acid bacteria strains on the content of propan-2-ol, acetaldehyde and weak acids in fermented distillery mashes. International Journal of Molecular Sciences 2019, 20(7), 1659. IF_{5-letni}= 3,878; MNiSW=30 pkt.**

Mikroorganizmy, które wykorzystywane są do syntezy alkoholu izopropylowego to najczęściej szczepy bakterii z rodzaju *Clostridium* (*C. beijerinckii*, *C. acetobutylicum*) i *Enterobacteriaceae* (*E. coli*). W przypadku drożdży, badania dotyczą szczepów z rodzaju *Candida* (*C. utilis*) [Walther i François, 2016; Ramachandriya i in., 2011], jako organizmów modelowych do zaprojektowania mikroorganizmów wydajnie produkujących izopropanol w warunkach określanych jako trudne do wzrostu i aktywności ww. szczepów bakterii, czyli w środowisku kwaśnym oraz niesterylnym. Ww. badania, dotyczące zintensyfikowania produkcji alkoholu izopropylowego, opierają się na szlaku metabolicznym, w którym substratem wyjściowym jest pirogronian, z którego na drodze przemiany z udziałem dekarboksylazy pirogronianowej, powstaje acetylo-CoA. W wyniku kondensacji dwóch cząsteczek acetylo-CoA, katalizowanej przez acetylotransferazę acetylo-CoA, powstaje acetoacetylo-CoA. Z kolei transferaza CoA katalizuje przeniesienie CoA na następną cząsteczkę aktywnego octanu w celu regeneracji acetylo-CA, z uwolnieniem cząsteczki acetoocetanu. Acetoocetan ulega następnie dekarboksylacji do acetonu, a ten z kolei jest redukowany do alkoholu izopropylowego. Jednak głównym kierunkiem metabolizmu pirogronianu z udziałem drożdży jest jego dekarboksylacja do aldehydu octowego, który jest redukowany do alkoholu etylowego [Walther i François, 2016].

Na podstawie otrzymanych wcześniej wyników (publikacja **B5**), potwierdziłam, że aceton jest obecny w zacierach słodkich otrzymywanych metodą parowania, oraz że stężenie acetonu obniża się podczas fermentacji. Możliwe jest zatem, że drożdże oraz bakterie kwasu mlekowego mogą redukować aceton do alkoholu izopropylowego, na co wskazują wyniki badań przedstawione w publikacji **B5**. W celu potwierdzenia tej hipotezy, w badaniach wykorzystałam aceton ze znakowanym izotopowo atomem węgla,

który wprowadziłam do zacierów słodkich (pH początkowe 5), z których dwie próby zaszczepiłam oddzielnie drożdżami *S. cerevisiae* oraz bakteriami kwasu mlekowego (pięć szczepów: *L. acidophilus* Ł0842, *L. delbrueckii* Ł0854, *L. casei* Ł0901, *L. fermentum* T53 Ł0954 i *L. lactis* Ł0877 – w postaci kultury mieszanej), natomiast trzecią próbę zaszczepiłam mieszaną kulturą drożdży *S. cerevisiae* i bakterii kwasu mlekowego. Fermentacje zacierów prowadzone były w pomieszczeniu termostatowanym, w temp. 35°C, zabezpieczając próby przed rozwojem bakterii (próba zaszczepiona *S. cerevisiae*) oraz przed rozwojem drożdży (próba zaszczepiona bakteriami kwasu mlekowego). Po zakończonej fermentacji, zacieru poddano destylacji, w celu wydzielenia lotnych związków i ich zateżenia. Przeprowadzono następnie analizę jakościową otrzymanych destylatów, w celu identyfikacji acetonu i alkoholu izopropylowego, stosując technikę spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR), a następnie technikę dwuwymiarowej chromatografii gazowej, sprzężonej ze spektrometrią mas czasu przelotu (GC×GC-TOF MS). Na podstawie analizy otrzymanych wyników **potwierdziłam obecność alkoholu izopropylowego ze znakowanym izotopowo atomem węgla, pochodzącym z acetonu wprowadzonego do zacierów przed fermentacją, co potwierdza hipotezę, że zarówno drożdże *S. cerevisiae* rasy Ethanol Red, jak i stosowane w badaniach szczepy bakterii kwasu mlekowego, wykazują uzdolnienia do syntezy alkoholu izopropylowego na drodze redukcji acetonu obecnego w zacierze słodkim.**

Wyniki analizy próby destylatu otrzymanego z zacieru zaszczepionego mieszaną kulturą drożdży i bakterii kwasu mlekowego, również potwierdziły obecność alkoholu izopropylowego, jednak nie było możliwe wskazanie, jakie mikroorganizmy syntetyzują izopropanol. To dało podstawę do przeprowadzenia kolejnego etapu badań, mającego na celu zidentyfikowanie czynników, które wpływają na syntezę 2-propanolu podczas fermentacji etanolowej zacierów gorzelniczych prowadzonej przez drożdże, w obecności bakterii kwasu mlekowego. Ocenie poddałam wpływ początkowej liczby bakterii kwasu mlekowego w zacierze słodkim (ok. 3, 4, 5 i 6 log jtk/ml), początkowego pH zacierów słodkich (4,5; 5,0 i 5,5), oraz temperatury fermentacji (27 i 35°C), na stężenie acetonu przed i po fermentacji oraz stężenie alkoholu izopropylowego w zacierach odfermentowanych, jak również na stężenie aldehydu octowego oraz kwasu octowego, które stanowią o jakości procesu fermentacji i jednocześnie, zgodnie z Polską Normą [PN-A-79523:2002], są determinantami jakości destylatu pochodzenia rolniczego.

Analiza statystyczna otrzymanych wyników wykazała, że występują zależności pomiędzy badanymi zmiennymi a otrzymanymi wynikami chemicznych i mikrobiologicznych analiz zacierów. Stwierdziłam, że liczba komórek drożdży, którą oznaczyłam po 72 godzinach fermentacji, nie była zależna od wielkości inokulum bakterii kwasu mlekowego, wprowadzanego do zacieru słodkiego. Logarytm jtk/ml drożdży zwiększył się z 6,43 do 7,53-8,22. Obecność komórek bakterii kwasu mlekowego w mniejszym stężeniu (3,34 i 4,34 log jtk/ml) w stosunku do komórek drożdży, spowodowała ograniczenie wzrostu bakterii, co szczególnie widoczne było w próbach z niższym początkowym pH (4,5), w których stężenie kwasu mlekowego nie przekroczyło 0,2 g/l. Z kolei, kiedy liczba komórek drożdży i bakterii kwasu mlekowego było na podobnym poziomie, obserwowany był wzrost stężenia

kwasu mlekowego, do 3,05-4,64 g/l zacieru odfermentowanego. Narendranath i in. [1997, 2001] zaobserwowali również wzrost stężenia kwasu mlekowego wraz ze wzrostem poziomu zaszczepienia bakteriami. W naszych badaniach nie zaobserwowaliśmy jednak negatywnego wpływu początkowego stężenia komórek bakterii kwasu mlekowego, w zakresie od 3,34 do 6,34 log jtk/ml, na zawartość etanolu w zacierach odfermentowanych. Niemniej, ze względów ekonomicznych, oprócz wysokiej wydajności etanolu z jednostki surowca, ważnym kryterium jest jakość otrzymywanego destylatu rolniczego, która determinuje cenę skupu destylatu rolniczego. Istotna jest zatem kontrola procesu fermentacji i zapewnienie drożdżom optymalnych warunków do wzrostu i wysokiej aktywności fermentacyjnej.

Badane przeze mnie zmienne wpłynęły zarówno na stężenie alkoholu izopropylowego i aldehydu octowego, jak również kwasu octowego. Zawartość izopropanolu w próbach kontrolnych (zaszczepionych tylko drożdżami) wahała się od 0,46 do 0,66 mg/l, przy czym wraz ze wzrostem początkowego pH zacierów oraz temperatury, jego stężenie wzrastało. Zaszczepienie zacierów słodkich bakteriami kwasu mlekowego w stężeniu 3,34 i 4,34 log jtk/ml nie zmieniło tej zależności. Natomiast wyższa liczba bakterii (5,34 i 6,34 log jtk/ml) wpłynęła na obniżenie stężenia alkoholu izopropylowego. Odwrotną zależność zaobserwowano w przypadku acetonu. **Potwierdziłam moje wcześniejsze obserwacje, że w procesie fermentacji zachodzi redukcja acetonu z jednoczesną syntezą izopropanolu.**

Enzymem katalizującym redukcję acetonu do alkoholu izopropylowego jest dehydrogenaza alkoholowa. Enzym ten jest przede wszystkim odpowiedzialny za redukcję aldehydu octowego do etanolu. Dlatego ocenie poddana została również zawartość aldehydu octowego. Zawartość aldehydu octowego wzrasta podczas fermentacji etanolowej, osiągając maksymalny poziom we wczesnej fazie fermentacji [Narendranath i in., 2001], a następnie jego stężenie obniża się wraz z upływem czasu, w wyniku redukcji do alkoholu etylowego. Zakłócenia procesu fermentacji mogą przyczynić się do wysokich zawartości aldehydu octowego w zacierze odfermentowanym i pogorszenia jakości spirytusu. Wyniki prowadzonych przeze mnie badań wskazały pewne analogie do wyników analizy zawartości acetonu i alkoholu izopropylowego. Stwierdziłam, że podwyższenie początkowego pH w kontrolach przyczyniło się do zwiększenia stężenia alkoholu izopropylowego, podczas gdy stężenie aldehydu octowego było niższe. Z drugiej strony, obecność komórek bakterii kwasu mlekowego w stężeniu równoważnym stężeniu komórek drożdży w zacierach o pH początkowym 5,5, przyczyniła się do wzrostu zawartości aldehydu octowego ponad dwukrotnie, w porównaniu z analogicznymi próbami kontrolnymi, bez względu na temperaturę fermentacji.

Podsumowując wyniki otrzymane w tej części badań, istotne jest stosowanie parametrów, które pozwolą osiągnąć kompromis pomiędzy wydajnością etanolu a stężeniem lotnych związków, które wpływają na jakość destylatu rolniczego, co przekłada się również na zyski gorzelni osiągane przy jego sprzedaży. Stosowanie wysokiego pH, powyżej 5, skutkuje wysoką aktywnością fermentacyjną drożdży, a co za tym idzie wysoką wydajnością etanolu i niską zawartością aldehydu octowego. Niemniej, powyższe założenia sprawdzają się

w warunkach, kiedy w fermentujących zacierach gorzelniczych drożdże stanowią monokulturę.

Za najważniejsze osiągnięcia prac badawczych w przedstawionym cyklu publikacji B1-B6, uważam wykazanie, że:

1. Zastosowanie sódów, jako źródła enzymów i skrobi, w procesie zacierania pozwala na efektywną hydrolizę skrobi i wydajną fermentację otrzymanych zacierów zbożowych (m.in. żytnich), co stwarza możliwość wytwarzania oryginalnych, pod względem sensorycznym, okowit zbożowych.
2. Metoda uwalniania skrobi nie wpływa istotnie na stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego zacierów słodkich przygotowanych z użyciem enzymów pochodzenia mikrobiologicznego.
3. Zastosowanie preparat α -kwasów chmielowych zapewnia skuteczne ograniczenie liczby komórek bakterii obecnych w zacierach gorzelniczych.
4. Wstępna obróbka ziarna zbóż (m.in. żyta) z zastosowaniem ultradźwięków, skojarzona z hydrolizą wiązań α -1,6-glikozydowych wspomaganą pullulanazą, efektywnie obniża lepkość żytnich zacierów słodkich o podwyższonej zawartości suchej substancji (>18 °B_{lg}), z jednoczesną poprawą hydrolizy skrobi i wydajności fermentacji.
5. Zastosowanie ultradźwięków, jako metody wstępnej obróbki surowców skrobiowych, skutecznie redukuje stopień zanieczyszczenia otrzymywanych zacierów słodkich bakteriami kwasu mlekowego i bakteriami ogółem. Utrzymanie efektu można osiągnąć, przez wspieranie procesu fermentacji ochroną antybakteryjną w postaci α -kwasów chmielowych.
6. Metoda ciśnieniowo-termiczna obróbki surowców skrobiowych, w porównaniu do metody bezciśnieniowego uwalniania skrobi (BUS), wpływa na wzrost stężenia tzw. drugorzędnych alkoholi wyższych, tj. 1-butanolu, 1-propanolu i 2-propanolu, w otrzymywanych destylatach.
7. Destylaty ziemniaczane otrzymywane z zacierów słodkich przygotowanych z wykorzystaniem metody parowania, charakteryzuje wyższa zawartość alkoholi tzw. drugorzędnych, w tym alkoholu izopropylowego, w porównaniu do destylatów zbożowych.
8. Wyższe pH zacierów słodkich, bez względu na metodę uwalniania skrobi, wpływa na wzrost stężenia alkoholu izopropylowego w otrzymywanych destylatach.
9. W zacierach słodkich otrzymanych metodą ciśnieniowo-termiczną obecny jest aceton, prekursor alkoholu izopropylowego, a jego stężenie jest silnie skorelowane z barwą zacierów.
10. Drożdże *S. cerevisiae* rasy Ethanol Red, stosowane w procesie fermentacji zacierów gorzelniczych, metabolizują aceton na drodze jego redukcji do alkoholu

- izopropylowego. Procesowi sprzyja wyższe początkowe pH zacierów (powyżej 5), jak również wyższa temperatura fermentacji.
11. W czasie fermentacji zacierów gorzelnicznych, w obecności mieszanej kultury bakterii kwasu mlekowego (*Lactobacillus acidophilus* Ł0842, *Lactobacillus delbrueckii* Ł0854, *Lactobacillus casei* Ł0901, *Lactobacillus fermentum* T53 Ł0954 i *Lactococcus lactis* Ł0877) zachodzi redukcja acetonu do alkoholu izopropylowego.
 12. Obecność bakterii kwasu mlekowego w zacierze słodkim, w zakresie od 3 do 4 log jtk/ml, fermentowanym z udziałem drożdży, nie wpływa na wzrost stężenia alkoholu izopropylowego w porównaniu z próbami kontrolnymi (zaszczepionymi tylko drożdżami). Wyższe początkowe stężenie komórek bakterii kwasu mlekowego (5-6 log jtk/ml) powoduje obniżenie stężenia izopropanolu.
 13. Rozpoczynanie fermentacji zacierów o pH początkowym powyżej 5 sprzyja wysokiej aktywności fermentacyjnej drożdży, co znajduje odzwierciedlenie w wysokiej wydajności spirytusu o niskiej zawartości aldehydu octowego (< 0,1 g/l spirytusu 100% obj.). Jednakże towarzyszy temu wzrost stężenia alkoholu izopropylowego i kwasu octowego w zacierach odfermentowanych i otrzymanych destylatach.

Wykaz piśmiennictwa:

1. Achremowicz B., Puchalski C., Haber T. Wykorzystanie ziarna pszenżyta w przemyśle fermentacyjnym. POSTĘPY TECHNIKI PRZETWÓRSTWA SPOŻYWCZEGO 1, 2015, 95-98.
2. Balcerek M., Pielech-Przybylska K. Effect of simultaneous saccharification and fermentation conditions of native triticale starch on the dynamics and efficiency of process and composition of the distillates obtained. J. Chem. Technol. Biotechnol., 2012, 8, 615-622.
3. Balcerek M., Pielech-Przybylska K. Effect of supportive enzymes on chemical composition and viscosity of rye mashes obtained by the pressureless liberation of starch method and efficiency of their fermentation. Eur. Food Res. Technol. 2009, 229, 141.
4. Beckner M., Ivey M.L., Phister, T.G. Microbial contamination of fuel ethanol fermentations. Lett. Appl. Microbiol. 2011, 53, 387-394.
5. Berger R.G. Application of genetic methods to the generation of volatile flavors. In: Food Biotechnology: Microorganisms. Hui Y.H., Khachatourians G.G. (Eds.), WILEY-VCH, Inc.: Hoboken, NJ, USA, 1995; Vol. 7, p. 286.
6. Broda M., Grajek W. Microbial contaminations during bioethanol production. Sci. Tech. Mag. Ferment. Fruit Veg. Ind. 2009, 7-8, 58-60.
7. Chen E.C.H., Formation and analysis of fusel' alcohols in beer. <http://digitool.library.mcgill.ca/thesisfile76253.pdf>, 1977 (ostatni dostęp: 15.03.2019).
8. Dack R.E., Black G.W., Koutsidis G., Usher St.J. The effect of Maillard reaction products and yeast strain on the synthesis of key higher alcohols and esters in beer fermentations. Food Chem. 2017, 232, 595-601.
9. Davídek T., Robert F., Devaud S., Vera F.A., Blank I., Sugar fragmentation in the Maillard reaction cascade: formation of short-chain carboxylic acids by a new oxidative α -dicarbonyl cleavage pathway. J. Agric. Food. Chem. 2006, 54, 6677-6684.
10. Dewar J., Taylor J.R.N., Berjak P. Determination of improved steeping conditions for sorghum malting. J. Cereal. Sci. 1997, 26, 129-136.

11. Dz.U. z 2012 r. poz. 800. Ustawa z dnia 25 maja 2012 r. o zmianie ustawy o wyrobie napojów spirytusowych oraz o rejestracji i ochronie oznaczeń geograficznych napojów spirytusowych. Zmiana dotyczy zapisu w ustawie Dz. U. Nr 208, poz. 1539.
12. Golisz E., Drozd B., Kupczyk A., Redlarski G. Historia, stan aktualny i perspektywy gorzelni rolniczych w Polsce. Cz.1. Trudna sytuacja gorzelni rolniczych i walka o przetrwanie w UE. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny 2013, 57(1), 23-25.
13. GOST 12712-2013 Russian state standard, Vodkas and special vodkas. General specifications. <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/55456/>, 2013 (ostatni dostęp: 15.03.2019).
14. GOST R 56389-2015 Russian state standard, Rectified ethyl alcohol from food raw material "Classic". Specifications. <http://internet-law.ru/gosts/gost/59786/>, 2015 (ostatni dostęp: 15.03.2019).
15. Hübner F., Schehl B.D., Gebruers K., Courtin C.M., Delcour J.A., Arendt E.K. Influence of germination time and temperature on the properties of rye malt and rye malt based worts. J. Cereal Sci. 2010, 52, 72–79.
16. Kłosowski G., Mikulski D., Czapryński B., and Kotarska K. Characterisation of fermentation of high-gravity maize mashes with the application of pullulanase, proteolytic enzymes and enzymes degrading non-starch polysaccharides. J. Biosci. Bioeng. 2010, 109, 466-471.
17. Lide D.R. (Ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 84th ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 2005.
18. Liu W., Zhang B., Jiang R. Improving acetyl-CoA biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae* via the overexpression of pantothenate kinase and PDH bypass. Biotechnol. Biofuels 2017, 10:41, DOI:10.1186/s13068-017-0726-z
19. Murata M., Totsuka H., Ono H. Browning of furfural and amino acids, and a novel yellow compound, furpate, formed from lysine and furfural. Biosci. Biotechnol. Biochem. 2007, 71, 1717–1723.
20. Narendranath N.V., Hynes S.H., Thomas K.C., Ingledew W.M. Effects of *Lactobacilli* on yeast-catalyzed ethanol fermentations. Appl. Environ. Microbiol. 1997, 63, 4158–4163.
21. Narendranath N.V., Thomas K.C., Ingledew W.M. Effects of acetic acid and lactic acid on the growth of *Saccharomyces cerevisiae* in a minimal medium. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 2001, 26, 171–177.
22. O'Sullivan T.F., Walsh Y., O'Mahony A., Fitzgerald G.F., van Sinderen D. A comparative study of malthouse and brewhouse microflora. J. Inst. Brew. 1999, 105, 55–61.
23. Pejin D.J., Mojović L.V., Pejin J.D., Grujić O.S., Markov S.L., Nikolić S.B., Marković M.N. Increase in bioethanol production yield from triticale by simultaneous saccharification and fermentation with application of ultrasound. J. Chem. Technol. Biotechnol. 2012, 87, 170-176.
24. Pielech-Przybylska K., Balcerek M., Nowak A., Wojtczak M., Czyżowska A., Dziekońska-Kubczak U., Patelski P. The effect of different starch liberation and saccharification methods on the microbial contaminations of distillery mashes, fermentation efficiency, and spirits quality. Molecules 2017, 22, 1647, DOI:10.3390/molecules22101647
25. Pielech-Przybylska K., Balcerek M., Dziekońska-Kubczak U., Pacholczyk-Sienicka B., Ciepielowski G., Albrecht Ł., Patelski P. The role of *Saccharomyces cerevisiae* yeast and lactic acid bacteria in 2-propanol formation from acetone during fermentation of rye mashes obtained using thermal-pressure method of starch liberation. Molecules 2019, 24(3), 610. <https://doi.org/10.3390/molecules24030610>
26. PN-A-79523 (2002) Polska Norma. Destylat rolniczy.
27. Ramachandriya K.D., Wilkins M.R., Delorme M.J.M., Zhu X., Kundiyana D.K., Atiyeh H.K., Huhnke R.L. Reduction of acetone to isopropanol using producer gas fermenting microbes. Biotechnol. Bioeng. 2011, 108, 2330–2338.
28. Roy I., Gupta M.N. Hydrolysis of starch by a mixture of glucoamylase and pullulanase entrapped individually in calcium alginate beads. Enzyme Microb. Technol. 2004, 34, 26-32.
29. Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 110/2008 z dnia 15 stycznia 2008 r. w sprawie definicji, opisu, prezentacji, etykietowania i ochrony oznaczeń geograficznych napojów spirytusowych oraz uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 1576/89

30. Sapińska E., Balcerek M., Pielech-Przybylska K. Alcoholic fermentation of high-gravity corn mashes with the addition of supportive enzymes. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2013, 88, 2152-2158.
31. Skinner K.A., Leathers T.D. Bacterial contaminants of fuel ethanol production. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2004, 31, 401-408.
32. Walther T., François J.M. Microbial production of propanol. *Biotechnol. Adv.* 2016, 34, 984-996.
33. Wiwała L. Od gorzałki do wódki. Zarys historii polskiej wódki. Wydawnictwo Leon, Warszawa, 2010.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Moje pozostałe zainteresowania naukowo-badawcze mieszczą się w następujących obszarach tematycznych:

1. Otrzymywanie okowit śliwkowych z wykorzystaniem owoców śliwy Węgierka Zwykła oraz półproduktów jej przerobu.
2. Technologia otrzymywania napojów spirytusowych owocowych oraz zbożowych, aromatyzowanych surowcami roślinnymi.
3. Poprawa stabilności fizyko-chemicznej napojów spirytusowych.
4. Wykorzystanie w technologii gorzelniczej energooszczędnych metod jednoczesnego scukrzania i fermentacji, wspomaganych enzymami pomocniczymi.
5. Fermentacja etanolowa półproduktów oraz produktów ubocznych przemysłu cukrowniczego.
6. Wykorzystanie chromatografii gazowej w kontroli procesu fermentacji, jakości napojów alkoholowych oraz w analizie środowiskowej.

Otrzymywanie okowit śliwkowych z wykorzystaniem owoców śliwy Węgierka Zwykła oraz półproduktów jej przerobu

Wódki naturalne owocowe (okowita, brandy) to napoje spirytusowe cenione na całym świecie za swoje niepowtarzalne walory smakowo-zapachowe. Podstawowym surowcem do wyrobu okowit owocowych, odpowiedzialnym za te szczególne wrażenia sensoryczne, jest nierektyfikowany spirytus owocowy otrzymywany na drodze destylacji odfermentowanych zacierów owocowych. Produkcja naturalnych owocowych wyrobów spirytusowych jest praktykowana na całym świecie, jednak do najbardziej cenionych zalicza się wyroby europejskie, takie jak Cognac, Kirschwasser i Calvados, produkowane odpowiednio z białych winogron, wiśni oraz jabłek. Niemniej, lista owoców wykorzystywanych do produkcji naturalnych wódek owocowych jest bardzo długa. Wśród nich znajdziemy również owoce śliwki, z których produkowane są okowity śliwkowe. W Polsce podstawowym surowcem do wytwarzania śliwowicy jest najczęściej śliwka odmiany Węgierka Zwykła. Oprócz całych owoców, do produkcji można również wykorzystywać półprodukty przerobu śliwek, jak np. pulpa, sok lub koncentrat.

W celu zwiększenia dostępności polskich regionalnych napojów spirytusowych na rynkach zagranicznych, ważnym kryterium jest m.in. spełnianie wymagań normatywnych, w zakresie związków potencjalnie szkodliwych dla zdrowia, jak metanol i cyjanowodór,

z zachowaniem niepowtarzalnych i unikatowych cech sensorycznych. Uwzględniając ww. kryteria, ważną rolę, oprócz rodzaju i jakości surowca, odgrywa stosowana mikroflora oraz warunki prowadzonej fermentacji, destylacji i maturacji.

Powyższe zagadnienia realizowałam wraz z zespołem, m.in. w ramach projektu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju nr PBS2/B8/9/2013. Badania dotyczyły m.in. oceny przydatności półproduktów owocowych w postaci pulpy śliwkowej, koncentratu soku śliwkowego oraz soku po procesie kandyzowania owoców śliwki. Przedmiotem badań była również ocena jakości destylatów śliwkowych otrzymanych z zacierów ze śliwki Węgierka Zwykła, fermentowanych w temp. 18 i 30°C, z udziałem drożdży szlachetnych oraz z udziałem mikroflory autochtonicznej owoców śliwki oraz rodzynek. Prowadzone badania dotyczyły również wpływu warunków destylacji na skład jakościowy i ilościowy lotnych związków w poszczególnych frakcjach destylatu, ze szczególnym uwzględnieniem związków niepożądanych (cyjanowodór, karbaminian etylu i metanol) oraz ich ocenę sensoryczną. Na koniec realizowane były prace w zakresie określenia zmian zachodzących podczas maturacji, z wykorzystaniem metod przyspieszonej maturacji, w profilu lotnych oraz nielotnych związków, stanowiących o właściwościach smakowo-zapachowych naturalnych destylatów owocowych.

W toku prowadzonych badań wykazano m.in., że produkty przetwarzania owoców śliwki, szczególnie pulpa śliwkowa oraz koncentrat śliwkowy, mogą stanowić atrakcyjny surowiec do produkcji spirytusów śliwkowych. Ponadto, otrzymane destylaty charakteryzowały się śladową zawartością związków szkodliwych, tj. metanolu i cyjanowodoru. Wykazano również, że zastosowanie mikroflory autochtonicznej owoców śliwki oraz rodzynek w procesie fermentacji zacierów śliwkowych, wpływa korzystnie na smak i zapach otrzymywanych destylatów. Oceniając natomiast wpływ temperatury, za korzystne dla zachowania składników aromatu surowca uznano prowadzenie fermentacji w niższej temperaturze (18°C). Próba destylatu otrzymana z zacieru fermentowanego spontanicznie przez mikroflorę bytującą na owocach śliwki i rodzynekach, w temp. 18°C, otrzymała najwyższe noty za zapach i smak, w porównaniu do prób otrzymanych z udziałem tylko mikroflory bytującej na owocach śliwki oraz z udziałem drożdży szlachetnych *Saccharomyces bayanus*.

Zastosowanie jednostopniowej oraz dwustopniowej destylacji frakcjonowanej zacierów śliwkowych oraz analiza mocy i składu poszczególnych frakcji potwierdziło ich korzystny wpływ na poprawę właściwości chemicznych oraz organoleptycznych otrzymanych destylatów śliwkowych. Zwiększanie mocy frakcji głównych (z 70 do 90% obj.) spowodowało stopniowe zmniejszenie stężeń związków lotnych, takich jak aldehydy, estry i wyższe alkohole, jak również metanolu, cyjanowodoru i karbaminianu etylu. Odnosząc się natomiast do oceny organoleptycznej, frakcja główna o mocy 83% obj., otrzymana w wyniku dwustopniowej destylacji, została oceniona najwyżej. Wykazano ponadto, że wszystkie frakcje główne zawierały metanol, cyjanowodór i karbaminian etylu w stężeniach znacznie niższych, niż limity określone w rozporządzeniu UE (Rozporządzenie nr 110/2008 z dnia 15 stycznia 2008 r. w sprawie definicji, opisu, prezentacji, etykietowania i ochrony oznaczeń geograficznych

napojów spirytusowych, w zakresie minimalnej zawartości substancji lotnych) dla destylatów z owoców pestkowych.

W prowadzonych badaniach ocenie poddano również wpływ rodzaju oraz dawki wiórów dębowych, temperatury oraz systemu dojrzewania (statyczny lub dynamiczny), jak również zastosowania ultradźwięków na jakość otrzymanych destylatów. Barwa destylatów oraz skład destylatów korelowały z rodzajem i dawką wiórów dębowych oraz warunkami dojrzewania. Wykazano korzystny wpływ zabiegów przyspieszających proces starzenia, takich jak okresowe mieszanie i cyrkulacja, z zastosowaniem okresowego podgrzewania prób do temperatury 45°C, na intensywniejszą barwę produktu oraz zwiększoną ekstrakcję polifenoli, związków garbnikowych oraz cukrów, z użyciem wiórów dębowych lekko opiekanych. Zaobserwowano ponadto spadek stężenia wyższych alkoholi i aldehydów alifatycznych w czasie dojrzewania, natomiast stężenia furfuralu było wyższe w próbach poddawanych maturacji, z wykorzystaniem lekko opiekanych wiórów dębowych. Zastosowanie przyspieszonych metod dojrzewania, z użyciem lekko opiekanych wiórów dębowych, wspomaganych okresową cyrkulacją i okresowym podgrzewaniem do 45°C, pozwoliło skrócić proces do 6 miesięcy.

Wyniki ww. badań zostały opublikowane w formie 4 artykułów w czasopismach z listy filadelfijskiej (sumaryczna wartość współczynnika oddziaływania IF=4,686 oraz 105 pkt. MNiSW), 2 rozdziałów w monografii oraz zaprezentowane na sesjach posterowych, na konferencjach krajowych i zagranicznych (8 doniesień posterowych).

Publikacje:

1. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Sapińska E., Książępolska M. The usefulness of intermediate products of plum processing for alcoholic fermentation and chemical composition of the obtained distillates. *Journal of Food Science* 2013, 78, S770-S776. (IF₂₀₁₃=1,791; MNiSW=30 pkt.)
2. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Nowak A., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U. Influence of yeast on the yield of fermentation and volatile profile of 'Węgierka Zwykła' plum distillates. *Journal of the Institute of Brewing* 2016, 122, 612-623. (IF₂₀₁₆=0,859; MNiSW=25 pkt.)
3. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Strąk, E. The effect of distillation conditions and alcohol content in 'heart' fractions on the concentration of aroma volatiles and undesirable compounds in plum brandies. *Journal of the Institute of Brewing* 2017, 123, 452-463. (IF₂₀₁₇=0,868; MNiSW=25 pkt.)
4. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Dziekońska-Kubczak U., Patelski P., Strąk E. Changes in the chemical composition of plum distillate during maturation with oak chips under different conditions. *Food Technology and Biotechnology* 2017, 55, 333-359. (IF₂₀₁₇=1,168; MNiSW=25 pkt.)

Rozdziały w monografiach:

1. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Książępolska M., Patelski P. Intermediate products of plum processing as raw materials for fruit distillates production. In: *Selected topics in food biotechnology. Monography CXXV*, ed. Chrzanowska J., Zambrowicz A., UWP, Wrocław, 2011, 33-42.

2. Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Chmielewska I. Wpływ mikroflory powierzchni owoców śliwy na przebieg fermentacji zacierów śliwkowych. W: Technologia produkcji i bezpieczeństwo żywności, red. Tarko T. i in. PTTŻ Oddział Małopolski, Wyd. MNISW, ISBN-978-83-937001-3-4, 2014, 31-42.

Doniesienia na konferencjach:

1. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P. Comparison of the quality of slivovitz originating from fresh plums (var. Węgierka Zwykła) and the plum pulp – intermediate product of plum processing, 3rd International ISEKI Food Conference „Food Science and Technology Excellence for a Sustainable Bioeconomy”, 21-23 May 2014, Ateny, Grecja.
2. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Patelski P. Związki lotne w zacierach i spirytusach śliwkowych. Konferencja Naukowa z cyklu Żywność XXI wieku. Żywność a bezpieczeństwo zdrowotne, 18-19 września 2014 r., Kraków.
3. Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Dziekońska U., Berłowska J. Influence of the native yeast on the fermentation of plum mashes. 42nd Annual Conference on Yeasts, 19 - 22 May 2015, Smolenice, Słowacja.
4. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziekońska U. The yeast used in fermentation of plum mashes and chemical composition of the obtained distillates. 42nd Annual Conference on Yeasts, 19 - 22 May 2015, Smolenice, Słowacja.
5. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Dziekońska-Kubczak U., Patelski P. The assessment of effectiveness of accelerated aging of plum distillate. 4th International ISEKI Food conference “Responsible Research and Innovation in the Food Value Chain”, 6-8 July 2016, Wiedeń, Austria.
6. Balcerek M., Nowak A., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziekońska-Kubczak U. Fungal microflora of plums and raisins used during production of plum brandy. 4th International ISEKI Food conference “Responsible Research and Innovation in the Food Value Chain”, 6-8 July 2016, Wiedeń, Austria.
7. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziekońska-Kubczak U. Rola techniki destylacyjnej w kształtowaniu cech smakowo-zapachowych okowit śliwkowych. ŻYWNOSĆ a INNOWACJE - XII Konferencja Naukowa z cyklu „Żywność XXI wieku”, 22-23 września 2016 r., Kraków.
8. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Strąg E., Robak K. The impact of filtration on the changes of plum distillate chemical composition, III International Scientific Conference, Agriculture of the XXI century – problems and challenges, 20-21.03.2018, Krzyżowa.

Technologie otrzymywania napojów spirytusowych owocowych oraz zbożowych, aromatyzowanych surowcami roślinnymi

Rezultatem mojej współpracy, jako głównego wykonawcy, w ramach projektu badawczego Program Badań Stosowanych (NCBiR, PBS2/B8/9/2013), realizowanego w latach 2013-2016, było opracowanie technologii otrzymywania nowych wyrobów spirytusowych, ze spirytusów śliwkowych i zbożowych, z wykorzystaniem procesu ich aromatyzowania.

Wykorzystano w tym celu surowce roślinne, m.in. anyż, anyż gwiazdzisty, gałka muszkatołowa, kora cynamonu, goździki, jagody jałowca, kardamon, skórka z cytryny, kmin, pieprz czarny, skórka z pomarańczy, laska wanilii oraz świeży imbir, które w pierwszym etapie

stosowano oddzielnie. Na podstawie oceny smaku i zapachu aromatyzowanych destylatów, do przygotowania kompozycji aromatyzujących wybrano, w przypadku destylatów śliwkowych, jagody jałowca i pieprz czarny, natomiast do aromatyzowania destylatów zbożowych - trzy kompozycje, zawierające: skórkę z cytryny, kardamon i pieprz czarny; skórkę z pomarańczy, cynamon, goździki i gałkę muskatołową oraz skórkę z cytryny, pieprz czarny i imbir. Ważnym punktem była również ocena wpływu mocy początkowej destylatu poddawanego aromatyzowaniu oraz mocy końcowej frakcji głównej, na walory smakowo-zapachowe destylatów. Wykazano, że moc odbieranych frakcji nie powinna przekraczać 82% obj. (destylaty zbożowe) i 86% obj. (destylaty śliwkowe).

Rezultaty ww. prac przedstawione zostały w 3 patentach, 2 rozdziałach w monografii oraz 2 doniesieniach na konferencji polskiej i zagranicznej.

Patenty:

1. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziekońska-Kubczak U. Sposób otrzymywania aromatyzowanej wódki smakowej z destylatu śliwkowego i surowca roślinnego. Numer zgłoszenia patentowego P. 417425. Numer prawa wyłącznego: 231950. Data przyznania: 2018-12-14. **(30 pkt. MNiSW)**
2. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U. Sposób otrzymywania napoju spirytusowego aromatyzowanego surowcem roślinnym. Numer zgłoszenia patentowego P.417129. Numer prawa wyłącznego: 231949. Data przyznania: 2018-12-14. **(30 pkt. MNiSW)**
3. Patelski P., **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Dziekońska-Kubczak U. Sposób otrzymywania aromatyzowanego napoju spirytusowego. Numer zgłoszenia patentowego P. 417654. Numer prawa wyłącznego: 231628. Data przyznania: 2018-11-23. **(30 pkt. MNiSW)**

Rozdziały w monografiach:

1. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Kotas M., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Książczowska M. Wykorzystanie techniki GC-MS i GC-O do oceny jakości spirytusów zbożowych poddanych aromatyzowaniu z udziałem surowców roślinnych. W: Innowacyjne rozwiązania w technologii żywności i żywieniu człowieka, red. Tarko T. i in. PTTŻ Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, ISBN 978-83-937001-8-9, 2016, 285-294.
2. Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Dziekońska-Kubczak U., Borzęcka A. Wykorzystanie surowców roślinnych do aromatyzowania destylatów rolniczych, W: Innowacyjne rozwiązania w technologii żywności i żywieniu człowieka, red. Tarko T. i in. PTTŻ Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, ISBN 978-83-937001-8-9, 2016, 80-90.

Doniesienia na konferencjach:

1. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Dziekońska-Kubczak U., Patelski P. Flavouring of agricultural distillate with compounds originating from plant raw materials. 4th International ISEKI Food conference "Responsible Research and Innovation in the Food Value Chain" Book of Abstracts, 6-8 July 2016, Wiedeń, Austria.

2. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U. Profil związków zapachowych destylatów żytnich aromatyzowanych z udziałem surowców roślinnych. ŻYWNOSĆ a INNOWACJE - XII Konferencja Naukowa z cyklu „Żywność XXI wieku”, 22-23 września 2016 r., Kraków.

Poprawa stabilności fizyko-chemicznej wódek

Jednym z aspektów mojej pracy naukowej, dotyczącej zagadnień związanych z produkcją okowit, były badania prowadzone w kierunku poprawy stabilności fizyko-chemicznej destylatów zbożowych i owocowych bez utraty tożsamości surowcowej oraz charakterystycznych cech smakowo-zapachowych. Ocenie poddano wiele parametrów, takich jak temperatura, moc, jakość wody, dostęp światła czy zastosowanie filtracji. Ww. zagadnienie było realizowane w ramach projektu NCBiR nr PBS2/B8/9/2013 (mój udział – główny wykonawca).

Nieliczne doniesienia naukowe, które dotyczą zagadnień dotyczących zmętnień w napojach spirytusowych nie wyjaśniają w sposób wyczerpujący przyczyn powstawania zmętnień w wódkach naturalnych. Podjęte przeze mnie i zespół badawczy prace ukierunkowane były na identyfikację związków odpowiedzialnych za utratę klarowności okowit owocowych oraz zbożowych, identyfikację czynników intensyfikujących zmętnienia oraz ocenę przydatności wybranych metod ich ograniczenia lub eliminacji. Dłuższe przechowywanie naturalnych wyrobów spirytusowych, po ich rozcieńczeniu do mocy końcowej poniżej 40% obj., sprzyja powstawaniu zmętnień, zarówno w warunkach pokojowych, jak i w warunkach chłodniczych. Za zmętnienia odpowiadają przede wszystkim wyższe alkohole, których stężenie w czasie przechowywania w warunkach obniżonej temperatury, obniża się o ponad 20-30%. Ponadto, w przypadku wyższych aldehydów oraz estrów kwasów tłuszczowych, których rozpuszczalność w wodzie jest ograniczona, również obserwowano obniżenie ich zawartości w czasie przechowywania, wraz z obniżeniem mocy wyrobu spirytusowego.

Stwierdzono, że najlepszą metodą eliminacji zmętnienia podczas ulepszania organoleptycznego badanych destylatów śliwkowych jest ich przechowywanie w temperaturze +8°C przez ok. 2 miesiące, a następnie filtracja przez arkusz filtracyjny o nominalnej szybkości retencji 0,8 µm (BECO® SELECT A20). Natomiast filtracja przez arkusz filtra z węglem aktywnym BECO® ACF 07 spowodowała największy spadek stężenia większości substancji lotnych. W konsekwencji, przefiltrowany destylat uzyskał najniższe wyniki oceny sensorycznej.

Przechowywanie w obniżonej temperaturze i późniejsza filtracja przez odpowiednio dobrane arkusze filtracyjne mogą być zatem uważane za skuteczne metody w zapewnieniu zarówno stabilności (pod względem braku zmętnienia), jak i jakości sensorycznej śliwowicy. Przechowywanie naturalnych wyrobów spirytusowych w warunkach chłodniczych jest jednak czasochłonne, kosztowne i tym samym nie zawsze stosowane. Stosowanie jedynie filtracji z użyciem ww. filtrów skutecznie usuwa zmętnienia, niemniej ich wykorzystanie znajduje uzasadnienie dopiero w przypadku pojawienia się takich zmętnień. Niejednokrotnie

zmętnienia pojawiają się już w gotowych wyrobach, na półkach sklepowych, w lokalach gastronomicznych lub po zakupie przez konsumentów, co może negatywnie wpłynąć na ich ocenę konsumencką i renomę producenta. Innym rozwiązaniem, w tym przypadku, jest wykorzystanie zabiegów obróbki destylatów z użyciem węgla aktywnego lub krzemionki, których zadaniem jest usunięcie związków odpowiedzialnych za zmętnienia. Istotne jest jednak prowadzenie procesu poprawy stabilności fizyko-chemicznej destylatów i napojów spirytusowych bez utraty ich tożsamości surowcowej, charakterystycznej dla naturalnych wyrobów spirytusowych.

W próbie destylatu zbożowego, po godzinnej obróbce węglem aktywnym (1 g na 100 ml destylatu o zawartości etanolu 50% obj.), wykazano znaczące zmniejszenie stężenia większości związków lotnych (aldehydów, alkoholi, estrów), w porównaniu do próby referencyjnej. Spośród badanych związków, aldehyd octowy i metanol wykazywały najniższą adsorpcję na węglu aktywnym. Najniższe stężenia tych zanieczyszczeń oznaczono w próbach o zawartości etanolu 70–80% obj. Z kolei, podczas obróbki węglem aktywnym roztworów o objętościowej zawartości alkoholu etylowego obniżonej do 40, nie wykazano statystycznie istotnych różnic w stężeniu tych związków, w stosunku do próby kontrolnej. Ocenie poddano również inny adsorbent, w postaci krzemionki, który stosowano oddzielnie lub w połączeniu z węglem aktywnym. Stwierdzono, że interesującą alternatywą dla węgla aktywnego jest adsorbent przygotowany z węgla aktywnego i krzemionki (Spiricol). Obróbka prób destylatów mieszaniną tych dwóch adsorbentów pozwoliła obniżyć stężenia aldehydu octowego i aldehydu izowalerinowego. Również w ocenie organoleptycznej, zastosowanie węgla aktywnego z krzemionką korzystnie wpłynęło na smak i zapach badanych destylatów. Rezultaty ww. badań przedstawione zostały w formie 2 publikacji w czasopismach z listy filadelfijskiej (sumaryczna wartość współczynnika oddziaływania IF=4,185 oraz 55 pkt. MNiSW), 1 doniesienia na konferencji zagranicznej oraz 2 doniesień na konferencji polskiej.

Publikacje:

1. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Jusel T. Treatment with activated carbon and other adsorbents as an effective method for the removal of volatile compounds in agricultural distillates. Food Additives and Contaminants: Part A – Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment 2017, 34, 714-727. (IF₂₀₁₇=2,129; MNiSW=30 pkt.)
2. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Dziekońska-Kubczak U., Patelski P., Różański M. Effect of filtration on elimination of turbidity and changes in volatile compounds concentrations in plum distillates. Journal of Food Science and Technology 2019, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03682-0> (IF_{5-letni}=2,056; MNiSW=25 pkt.)

Doniesienia na konferencjach:

1. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziekońska-Kubczak U. Treatment with activated carbon as a method for the selective reduction of by-products in grain distillates. 4th International ISEKI Food conference "Responsible Research and Innovation in the Food Value Chain" Book of Abstracts, 6-8 July 2016, Wiedeń, Austria.

2. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Dziekońska-Kubczak U., Patelski P., Różański M., Strąg E., Robak K. Turbidity formation in cereal spirits and methods of their elimination, III International Scientific Conference, Agriculture of the XXI century – problems and challenges, 20-21.03.2018, Krzyżowa.
3. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Strąg E., Robak: K. The impact of filtration on the changes of plum distillate chemical composition, III International Scientific Conference, Agriculture of the XXI century – problems and challenges, 20-21.03.2018, Krzyżowa.

Wykorzystanie w technologii gorzelniczej energooszczędnych metod jednoczesnego scukrzania i fermentacji, wspomaganych enzymami pomocniczymi

Polskie gorzelnictwo rolnicze opiera produkcję destylatu rolniczego (spirytusu surowego) przede wszystkim na stosowaniu metody ciśnieniowo-termicznej obróbki surowców skrobiowych, jednakże ponoszone duże nakłady energetyczne skłaniają do poszukiwania rozwiązań alternatywnych – energooszczędnych, ukierunkowanych na zwiększenie efektywności produkcji i obniżenie kosztów.

W obszarze moich zainteresowań naukowych są energooszczędne technologie jednoczesnego scukrzania i fermentacji (*ang.* SSF – Simultaneous Saccharification and Fermentation) skrobi zbożowej natywnej oraz wykorzystanie enzymów wspomagających w procesie zacierania surowców skrobiowych, w kierunku poprawy wydajności etanolu, z zachowaniem wysokiej jakości otrzymywanych spirytusów surowych.

Problemem powstającym podczas przerobu zbóż, szczególnie w przypadku stosowania energooszczędnej technologii bezciśnieniowego uwalniania skrobi (BUS) oraz fermentacji zacierów o podwyższonej zawartości suchej substancji ($\geq 25\%$), w której stosuje się podgrzanie do temp. 90°C , jest wysoka lepkość zacierów, co może utrudniać proces hydrolizy skrobi oraz fermentację zacierów. Prace badawcze, w których uczestniczyłam, były ukierunkowane na zastosowanie enzymów wspomagających, m.in. ksylanazy i celulazy (hydrolazy polisacharydów nieskrobiowych) oraz pullulanazy (hydrolaza wiązań α -1,6-glikozydowych) i proteazy w procesie przygotowywania zacierów zbożowych. Wykazano, że wykorzystanie hydrolaz polisacharydów nieskrobiowych, a przede wszystkim ksylanazy, efektywnie poprawia właściwości reologiczne otrzymywanych zacierów słodkich, obniżając ich lepkość ponad 30-krotnie, w odniesieniu do próby kontrolnej. Jednocześnie, wraz z obniżeniem lepkości, obserwowany był wzrost wykorzystania cukrów w procesie fermentacji oraz wydajności etanolu. Wysoką wydajność etanolu osiągnięto również w próbach, w których zastosowano hydrolizę białek oraz oligopeptydów, z udziałem proteazy. Zastosowanie hydrolaz polisacharydów nieskrobiowych (PNS) pozwala na przygotowywanie zacierów słodkich o podwyższonej zawartości suchej substancji, a przez to również poprawić wydajność etanolu z jednostki surowca, zmaksymalizować wykorzystanie mocy przerobowych zakładu oraz podwyższyć wartość paszową wywaru.

Badania w obszarze wykorzystania metod energooszczędnych w technologii gorzelniczej, dotyczyły również hydrolizy skrobi natywnej, z wyłączeniem etapu kleikowania skrobi. Jest to metoda polecana do przygotowywania zacierów o bardzo wysokiej zawartości suchej

substancji, powyżej 30%. Enzymy amylolityczne stosowane w tej technologii są pochodzenia pleśniowego, dlatego też ich wysoka aktywność jest wykorzystywana przede wszystkim w warunkach fermentacji etanolowej. Proces opiera się na zastosowaniu dwóch proponowanych przez producenta (DuPont) rozwiązań, z tzw. wstępną aktywacją (wstępna dekstrynizacja z udziałem pleśniowej α -amylazy) oraz bez wstępnej aktywacji. W badaniach oceniałam oba ww. rozwiązania w kontekście wydajności etanolu oraz jakości otrzymanych destylatów. Na podstawie otrzymanych wyników i ich analizy stwierdziłam, że wstępna aktywacja skrobi kwaśną α -amylazą nie jest konieczna do przeprowadzania wydajnego scukrzenia skrobi i procesu fermentacji, co może w dużej mierze wyeliminować ryzyko rozwoju niepożądanej mikroflory. Podsumowując, jednoczesne scukrzanie i fermentacja bez wstępnej aktywacji skrobi może uprościć i skrócić proces przygotowywania zacierów słodkich i poprawić wskaźnik ekonomiczny w branży gorzelniczej.

Wyniki ww. badań zostały opublikowane w czasopismach zagranicznych z listy filadelfijskiej (3 publikacje o sumarycznej wartości współczynnika oddziaływania $IF=5,104$ oraz 79 pkt. MNiSW), w 1 rozdziale w monografii oraz przedstawione na 1 konferencji krajowej.

Publikacje:

1. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.** Effect of supportive enzymes on chemical composition and viscosity of rye mashes obtained by PSL method and efficiency of their fermentation. *European Food Research and Technology* 2009, 229, 141–151. ($IF_{2009}=1,370$; MNiSW=24 pkt.)
2. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.** Effect of simultaneous saccharification and fermentation conditions of native triticale starch on the dynamics and efficiency of process and composition of the obtained distillates. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 2013, 88(4), 615-622. ($IF_{2013}=2,494$; MNiSW=30 pkt.)
3. Sapińska E., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Stanisław M. The impact of treatment of cereal mashes with hydrolases of non-starch polysaccharides and pullulanase on the chemical composition of the obtained distillates. *Journal of The Institute of Brewing* 2014, 120, 105-110. ($IF_{2014}=1,240$; MNiSW=25 pkt.)

Rozdział w monografii:

1. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Patelski P., Borowski S., Kordalik-Bogacka E. The effect of supportive enzymes on higher alcohols synthesis during rye mashes fermentation. In: *Selected Topics in Food Biotechnology. Monography CXXV*, ed. Chrzanowska J., Zambrowicz A., Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, ISBN 978-83-7717-065-6, 2011, 65-71.

Doniesienia na konferencjach:

1. Sapińska E., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Szopa J.St. Wpływ enzymów wspomagających na jakość żytnich destylatów rolniczych - sesja plakatu. XV Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ Jakość i prozdrowotne cechy żywności, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 20-21 maja 2010, Wrocław.

Fermentacja etanolowa półproduktów oraz produktów ubocznych przemysłu cukrowniczego

W obszarze moich zainteresowań naukowo-badawczych znajduje się również wykorzystanie produktów oraz półproduktów cukrowniczych do celów fermentacyjnych oraz produkcji białka paszowego.

W latach 2009-2019 byłem wykonawcą w 4 projektach:

- Projekt badawczo-rozwojowy NCBiR nt. Modyfikacja technologii produkcji bioetanolu z buraków cukrowych. Okres realizacji: 2009-2012, Nr 120062 06/2009.
- Projekt własny KBN MNiSW nt. Nowoczesne hybrydy drożdży do otrzymywania bioetanolu z buraków cukrowych. Okres realizacji: 2009-2012, Nr N N312 301037
- Projekt badawczo-rozwojowy w Programie Badań Stosowanych NCBiR nt.: Biomasa wyśtoków cukrowniczych jako nowy surowiec do wytwarzania podłoży fermentacyjnych. Okres realizacji: 2012-2015, Nr PBS1/B8/3/2012.
- Strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych "Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo" BIOSTRATEG/Konkurs II nt. Przetwarzanie biomasy odpadowej w skojarzonych procesach biologiczno-chemicznych. Okres realizacji 2016-2019, Nr BIOSTRATEG2/296369/5/NCBiR/2016.

Rezultatem mojej współpracy, jako wykonawcy, z zespołem badawczym, podczas realizacji ww. projektów, było opublikowanie otrzymanych wyników w 7 publikacjach w czasopismach z listy filadelfijskiej (sumaryczna wartość współczynnika oddziaływania IF=24,793 oraz 220 pkt. MNiSW), jak również w postaci 21 prezentacji naukowych (referaty, sesje posterowe) na konferencjach krajowych i zagranicznych, 2 zgłoszeń patentowych oraz w formie 4 rozdziałów w monografiach polskich.

Materiałem badawczym w prowadzonych pracach były soki cukrownicze (sok surowy, rzadki i gęsty), wyśtoki buraka cukrowego oraz krajanka buraczana. Tematyka podjętych badań miała podłoże w realnych problemach zakładów cukrowniczych, które pojawiły się z chwilą wprowadzenia przez UE limitów produkcji cukru. Zakres prac dotyczył możliwości zagospodarowania ww. produktów i półproduktów do wydajnej produkcji etanolu, z jednoczesną produkcją innych ważnych komponentów, jak chociażby białka paszowego.

Wykazano m.in., że soki cukrownicze są wydajnym substratem do fermentacji etanolowej, jak również skojarzonej fermentacji i produkcji biomasy drożdżowej. Za wartościowy, z punktu widzenia rozwoju biomasy drożdży, uznany został sok surowy. Fermentacja soków cukrowniczych, ze względu na obecność m.in. rafinozy wymaga jednak doboru drożdży, które wydajnie wykorzystają dostępne substraty cukrowe. Z kolei masa wyśtokowa oraz krajanka buraczana to bardzo interesujący odpad, z uwagi na możliwość kompleksowego wykorzystania zarówno mono-, di- i trisacharydów (glukozy, fruktozy, sacharozy i rafinozy), jak i składników kompleksu ligninocelulozowego, w tym hemicelulozy. Ocenie poddano zarówno: metody przygotowania ww. surowców, polegające na stosowaniu obróbki termicznej, kwasowej, ultradźwiękami i enzymatycznej, pojedynczo jak również w połączeniu; mikroorganizmy do fermentacji przygotowanych podłoży; jak również warunki

fermentacji. Otrzymane wyniki wskazują konieczność stosowania skojarzonych metod wstępnej obróbki surowców z fermentacją z wykorzystaniem mieszanych kultur drożdży. Produktem ubocznym powstającym po zakończeniu fermentacji alkoholowej jest wówczas wywar zawierający biomasę drożdży. Odzysk drożdży pofermentacyjnych, odznaczających się wysoką zawartością białka (do 70% s.m.) może stanowić cenny komponent paszowy.

Publikacje:

1. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M. Dobór warunków fermentacji brzeczek z soku gęstego. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 2008, 5, 10-12. (**MNiSW=4 pkt.**)
2. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.** Dobór drożdży do fermentacji brzeczek z soku gęstego, *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 2008, 11, 37-40. (**MNiSW=4 pkt.**)
3. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P. Selection of yeast strains for alcoholic fermentation of sugar beet thick juice and green syrup. *Biomass & Bioenergy* 2011, 35, 4841-4848. (**IF₂₀₁₁=3,646; MNiSW=35 pkt.**)
4. Dziugan P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P. Evaluation of the fermentation of high gravity thick sugar beet juice worts for efficient bioethanol production. *Biotechnology for Biofuels* 2013, 6, doi:10.1186/1754-6834-6-158. (**IF₂₀₁₃=6,221; MNiSW=45 pkt.**)
5. Berłowska J., **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Dziekońska-Kubczak U., Patelski P., Dziugan P., Kręgiel D. Simultaneous saccharification and fermentation of sugar beet pulp for efficient bioethanol production. *Biomed Research International* 2016, doi:10.1155/2016/3154929. (**IF₂₀₁₆=2,476; MNiSW=25 pkt.**)
6. Dziugan P., Balcerek M., Binczarski M.J., Kręgiel D., Kucner M., Kunicka-Styczyńska A., **Pielech-Przybylska K.**, Śmigielski K., Witońska I.A. Ozonation as an effective way to stabilize new kinds of fermentation media used in biotechnological production of liquid fuel additives. *Biotechnology for Biofuels* 2016, 9, doi:10.1186/s13068-016-0574-2. (**IF₂₀₁₆=5,203; MNiSW=45 pkt.**)
7. Berłowska J., **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Cieciora W., Borowski S., Kręgiel D. Integrated bioethanol fermentation/anaerobic digestion for valorization of sugar beet pulp. *Energies* 2017, 10, doi:10.3390/en10091255. (**IF₂₀₁₇=2,676; MNiSW=25 pkt.**)
8. Dziekońska-Kubczak U., Berłowska J., Dziugan P., Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Czyżowska A., Domański J. Comparison of steam explosion, dilute acid, and alkali pretreatments on enzymatic saccharification and fermentation of hardwood sawdust. *Bioresources* 2018, 13, 6970-6984. (**IF_{5-letni}=1,526; MNiSW=40 pkt.**)
9. Dziekońska-Kubczak U., Berłowska J., Dziugan P., Patelski P., **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M. Nitric acid pretreatment of *Jerusalem Artichoke* stalks for enzymatic saccharification and bioethanol production. *Energies* 2018, 11, doi:10.3390/en11082153. (**IF_{5-letni}=3,045; MNiSW=25 pkt.**)

Rozdziały w monografiach:

1. Dziekońska U., Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Szopa J.St., Czyżowska A. Enzymatic hydrolysis of steam exploded and alkali pretreated birchwood chips. *Copernican Letters*, ISSN 2082-968X, 2013, 4, 23-30.
2. Berłowska J., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Kalinowska H., Dziugan P., Przybylak Paulina: Dobór drożdży do fermentacji hydrolizatów z wyśrodków buraka cukrowego: Technologia Produkcji i Bezpieczeństwo Żywności, ISBN 978-83-937001-3-4, 2014, 17-30.
3. **Pielech-Przybylska K.**, Berłowska J., Balcerek M., Patelski P., Kalinowska H., Dziugan P. Fermentacja alkoholowa hydrolizatów z wyśrodków buraka cukrów: Technologia Produkcji i Bezpieczeństwo Żywności, ISBN 978-83-937001-3-4, 2014, 43-53.
4. Dziekońska-Kubczak U., Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.** Ocena wpływu sposobu neutralizacji hydrolizatów lignocelulozowych na wydajność hydrolizy oraz fermentacji etanolowej. W: „Innowacyjne rozwiązania w technologii żywności i żywieniu człowieka”, red. Tarko T. i in., PTTŻ Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, ISBN 978-83-937001-8-9, 2016, 91-101.

Doniesienia na konferencjach:

1. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziugan P. Ocena przydatności soku gęstego do celów fermentacyjnych - sesja plakatowa, XV Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ Jakość i prozdrowotne cechy żywności. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 20-21 maja 2010, Wrocław.
2. Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Nowak A. Obtaining of *Saccharomyces cerevisiae* hybrids for fermentation of sugar beet thick juice worts. 5th International Conference on the "Quality and safety in food production chain", 19-20 September 2011, Wrocław
3. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Patelski P., Dziugan P. Effect of yeast strains and nitrogen content on efficiency of alcoholic fermentation of raw juice based worts, Tagungsband zur VAAM-Jahrestagung, 3-6 April 2011, Karlsruhe, Niemcy.
4. Dziugan P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P. The intermediate products of sugar beet processing as raw material for bioethanol production, Tagungsband zur VAAM-Jahrestagung, 3-6 April 2011, Karlsruhe, Niemcy.
5. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Patelski P., Dziugan P., Śmigielski K., Pietruszka M. Effect of disinfection methods on composition of volatile compounds in distillates obtained by ethanol fermentation of sugar beet juices worts. Oral presentation on IMEF 2012, 5th International Mechanical Engineering Forum 2012, Czech University of Life Sciences, 20-22 June 2012, Praga, Republika Czeska.
6. Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziugan P., Sapińska E., Dziekońska U. Thick juice – intermediate product of sugar beet processing as a raw material for bioethanol production. Oral presentation on IMEF 2012, 5th International Mechanical Engineering Forum 2012, Czech University of Life Sciences Prague, 20-22 June 2012, Praga, Republika Czeska.
7. Patelski P., Dziekońska U., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Dziugan P., Szopa J.St. Usage of distillers' grains hydrolysates in fermentation of sugar beet juice. Oral presentation on IMEF 2012, 5th International Mechanical Engineering Forum 2012, Czech University of Life Sciences Prague, 20-22 June 2012, Praga, Republika Czeska.

8. Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Dziugan P. Influence of the zinc, magnesium, thiamine and pyridoxine supplementation on the fermentation of sugar beet juice to bioethanol. The Energy & Materials Research Conference EMR 2012, 20-22 June 2012, Terremolinos, Hiszpania.
9. Patelski P., Berłowska J., Dziugan P., **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M. Utilisation of sugar beet bagasse for biosynthesis of yeast SCP, 3rd International ISEKI_Food Conference „Food Science and Technology Excellence for a Sustainable Bioeconomy”, 21-23 May 2014, Ateny, Grecja.
10. Patelski P., Berłowska J., **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Dziuga P., Dziekońska U. Dobór drożdży paszowych do utylizacji hydrolizatów wysłodków buraczanych. XI Konferencja Naukowa z cyklu Żywność XXI wieku. Żywność a bezpieczeństwo zdrowotne, 18-19 września 2014 r., Kraków.
11. **Pielech-Przybylska K.**, Berłowska J., Balcerek M., Patelski P., Kalinowska H., Dziugan P., Fermentacja alkoholowa hydrolizatów z wysłodków buraka cukrowego. XI Konferencja Naukowa z cyklu Żywność XXI wieku. Żywność a bezpieczeństwo zdrowotne, 18-19 września 2014 r., Kraków.
12. **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Patelski P., Berłowska J., Dziugan P. Ethanol fermentation of sugar beet pulp hydrolysates, 3rd International ISEKI_Food Conference „Food Science and Technology Excellence for a Sustainable Bioeconomy”, 21-23 May 2014, Ateny, Grecja.
13. Balcerek M., Berłowska J., **Pielech-Przybylska K.**, Patelski P., Dziekońska U., Kręgiel D., Dudkiewicz M., Kalinowska H. Yeast recirculation in the process of ethanolic fermentation of sugar beet pulp hydrolysates. 42nd Annual Conference on Yeasts, 19 - 22 May 2015, Smolenice, Słowacja.
14. Patelski P., Berłowska J., **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Dziekońska U., Irzyniec Z. *C. utilis* and *P. stipitis* cultivation in sugar beet pulp hydrolysates. 42nd Annual Conference on Yeasts, 19 - 22 May 2015, Smolenice, Słowacja.
15. Dudkiewicz M., Berłowska J., Kręgiel D., Dziekońska U., **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M. The influence of ultrasounds on release of saccharides during yeast autolysis. 42nd Annual Conference on Yeasts, 19 - 22 May 2015, Smolenice, Słowacja.
16. Dziekońska U., Berłowska J., Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.** Effect of lignin degradation products on ethanol fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. 42nd Annual Conference on Yeasts, 19 - 22 May 2015, Smolenice, Słowacja.
17. **Pielech-Przybylska K.**, Berłowska J., Balcerek M., Patelski P., Dziekońska U., Książkowska M., Dudkiewicz M., Kalinowska H. Ethanol fermentation of sugar beet pulp hydrolysates by *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces cerevisiae*. 42nd Annual Conference on Yeasts, 19 - 22 May 2015, Smolenice, Słowacja.
18. Patelski P., **Pielech-Przybylska K.**, Balcerek M., Dziekońska-Kubczak U., Hodowla drożdży *Candida guilliermondii* w hydrolizatach wysłodków buraka cukrowego. ŻYWNOSĆ a INNOWACJE - XII Konferencja Naukowa z cyklu „Żywność XXI wieku” 22-23 września 2016 r., Kraków.
19. Dziekońska-Kubczak U., Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.** Ocena wpływu sposobu neutralizacji hydrolizatów lignocelulozowych na wydajność etanolu. ŻYWNOSĆ a INNOWACJE - XII Konferencja Naukowa z cyklu „Żywność XXI wieku” 22-23 września 2016 r., Kraków.
20. Dziekońska-Kubczak U., Patelski P., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.** Wpływ stosowania ultradźwięków na wydajność fermentacji etanolowej wiórow osikowych.

ŻYWNOSĆ a INNOWACJE - XII Konferencja Naukowa z cyklu „Żywność XXI wieku” 22-23 września 2016 r., Kraków.

21. Dziugan P., Berłowska J., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.**, Dziekońska-Kubczak U., Patelski P.: Hydrolysis and fermentation of sugar beet cossette, III International Scientific Conference, Agriculture of the XXI century – problems and challenges, 20-21.03.2018, Krzyżowa.

Zgłoszenia patentowe:

1. Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.** Sposób otrzymywania drożdży paszowych z surowca ligninocelulozowego. Numer zgłoszenia patentowego P. 427925. Data zgłoszenia: 2018-11-29.
2. Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Balcerek M., **Pielech-Przybylska K.** Brzeczka stężona do fermentacji etanolowej. Numer zgłoszenia patentowego P. 427926. Data zgłoszenia: 2018-11-29.

Wykorzystanie chromatografii gazowej w kontroli procesu fermentacji i jakości napojów alkoholowych oraz w analizie środowiskowej

Od 2005 roku opiekuję się pracownią chromatograficzną w Instytucie Technologii Fermentacji i Mikrobiologii. W 2012 roku przygotowałam razem z Instytutem Podstaw Chemii Żywności Wydziału BiNoŻ PŁ wniosek do MNiSW o dotację na inwestycję w zakresie dużej infrastruktury badawczej służącej potrzebom badań naukowych lub pracom rozwojowym. Wniosek, po przyznaniu dotacji i zakupie aparatury, umożliwił Instytutowi podjęcie szeroko zakrojonych badań interdyscyplinarnych w ramach projektów badawczych i badawczo-rozwojowych. Ponadto, pracownia chromatograficzna wyposażona została w chromatograf gazowy, sprzężony z detektorem mas oraz portem olfaktometrycznym, zakupionym z projektu badawczo-rozwojowego w Programie Badań Stosowanych NCBiR PBS2/B8/9/2013, nt.: „Nowoczesne technologie produkcji okowit uwzględniające ich przyspieszone dojrzewanie oraz poprawę stabilności fizyko-chemicznej” (2013-2016).

Kompleksowe wyposażenie pracowni chromatograficznej oraz moje doświadczenie w zakresie analizy lotnych związków z wykorzystaniem technik chromatografii gazowej, które zdobyłam na szkoleniach, warsztatach i seminariach poświęconych doskonaleniu umiejętności wykonywania analiz chromatograficznych oraz analizy i interpretacji wyników, umożliwiły mi uczestniczenie w dwóch dużych projektach oraz badaniach naukowych dotyczących analizy lotnych związków uciążliwych odorowo. Uczestniczyłam w prowadzonych przez prof. dr hab. Beatę Gutarowską badaniach dotyczących skuteczności usuwania przez aktywną mikroflorę związków odorowych z pomiotu kurzego i kompostu. Realizowane z moim udziałem prace dotyczyły oceny skuteczności opracowanego biopreparatu do dezodoryzacji powietrza, m.in. na fermach kurzych, ze związków uciążliwych odorowo, w ramach realizacji dwóch projektów, w których byłam wykonawcą, tj.: Projekt badawczy zamawiany „Nowe metody i technologie dezodoryzacji w produkcji przemysłowej, rolnej i gospodarce komunalnej” PBZ-MEiN - 5/2/2006 (2007-2009); Projekt NCBiR PBS2/B8/14/2014, nt. Innowacyjny biopreparat dezodoryzujący dla drobiarskich pomieszczeń produkcyjnych,

(2014-2017). Realizowałam również badania w zakresie analizy poziomu ergosterolu w powietrzu oraz na materiałach, w różnych miejscach pracy (kompostownie, muzea, archiwa, biblioteki oraz garbarnie), jako wskaźnika czystości mikrobiologicznej powietrza i powierzchni materiałów. Analizę zawartości ergosterolu oznaczałam również w badaniach dotyczących oceny skuteczności surfaktantów w hamowaniu rozwoju konidiów i grzybnii *Aspergillus brasiliensis*, prowadzonych przez dr Annę Koziróg.

Ponadto, uczestniczyłam w badaniach dotyczących oceny przydatności niesłodowanej komosy ryżowej w produkcji piwa, prowadzonych przez dr hab. inż. Edytę Kordialik-Bogacką oraz dr inż. Paulinę Bogdan. Mój udział dotyczył analizy profilu lotnych związków w próbach piw przygotowanych z zastosowaniem różnych dawek komosy ryżowej oraz z udziałem enzymów wspomagających hydrolizę skrobi oraz PNS. Brałam również udział w pracach obejmujących badania nad wytwarzaniem energii elektrycznej w mikrobiologicznych ogniwach paliwowych przy jednoczesnym oczyszczaniu ścieków z przemysłu drzewnego, prowadzonych przez dr hab. inż. Renatę Toczyłowską-Mamińską. Udział w ww. badaniach dotyczył monitorowania kwasowych metabolitów bakterii odpowiedzialnych za fermentację ścieków. Aktywnie uczestniczę również w badaniach realizowanych we współpracy z Polmosem Żyradów, w ramach umowy podpisanej z Wydziałem Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ, które dotyczą przeprowadzania analiz chemicznych oraz oceny sensorycznej nowych produktów.

Wyniki ww. badań, w których uczestniczyłam, zostały opublikowane w 10 publikacjach w czasopismach z listy filadelfijskiej (sumaryczna wartość współczynnika oddziaływania IF=21,664 i 280 pkt. MNiSW), 2 publikacjach w czasopismach spoza z listy filadelfijskiej (15 pkt. MNiSW) oraz przedstawione na 3 konferencjach polskich.

Publikacje:

1. Durka K., Gutarowska B., Pielech-Przybylska K., Borowski S., Iżynec Z., Paluszak Z., Hermann J. Ocena efektywności usuwania związków odorowych z kompostu przez aktywne bakterie. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie 2010, 10(3), 71-83. (MNiSW=6 pkt.)
2. Skóra J., Gutarowska B., Stępień L., Otlewska A., **Pielech-Przybylska K.** The evaluation of microbial contamination in the working environment of tanneries. Medycyna Pracy 2014, 65, 15-32. (IF₂₀₁₄=0,397; MNiSW=15 pkt.)
3. Gaylarde C., Otlewska A., Celikkol-Aydin S., Skóra J., Sulyok M., **Pielech-Przybylska K.**, Gillatt J., Beech I., Gutarowska B. Interactions between fungi of standard paint test method BS3900. International Biodeterioration & Biodegradation 2015, 104, 411-418. (IF₂₀₁₅=2,429; MNiSW=30 pkt.)
4. Gutarowska B., Skóra J., **Pielech-Przybylska K.** Evaluation of ergosterol content in the air of various environments. Aerobiologia 2015, 31, 33-44. (IF₂₀₁₅=1,452; MNiSW=25 pkt.)
5. Gutarowska B., Skóra J., Stępień L., Szponar B., Otlewska A., **Pielech-Przybylska K.** Assessment of microbial contamination within working environments of different types of composting plants. Journal of the Air & Waste Management Association 2015, 65, 466-478. (IF₂₀₁₅=1,613; MNiSW=25 pkt.)

6. Gutarowska B., Stawski D., Skóra J., Herczyńska L., **Pielech-Przybylska K.**, Połowiński S., Krucińska I. PLA nonwovens modified with poly(dimethylaminoethyl methacrylate) as antimicrobial filter materials for workplaces. *Textile Research Journal* 2015, 85, 1083-1094. (IF₂₀₁₅=1,299; MNiSW=40 pkt.)
7. Skóra J., Gutarowska B., **Pielech-Przybylska K.**, Stępień L., Pietrzak K., Piotrowska M., Pietrowski P. Assessment of microbiological contamination in the work environments of museums, archives and libraries. *Aerobiologia* 2015, 31, 389-401. (IF₂₀₁₅=1,452; MNiSW=25 pkt.)
8. Borowski S., Matusiak K., Powalowski S., **Pielech-Przybylska K.**, Makowski K., Nowak A., Rosowski M., Komorowski P., Gutarowska B. A novel microbial-mineral preparation for the removal of offensive odors from poultry manure. *International Biodeterioration & Biodegradation* 2017, 119, 299-308. (IF₂₀₁₇=3,562; MNiSW=30 pkt.)
9. Matusiak K., Szulc J., Borowski S., **Pielech-Przybylska K.**, Nowak A., Wojewódzki P., Hermann J., Okrasa M., Gutarowska B. Mikrobiologiczne, pyłowe i odorowe zagrożenia na fermach drobiu oraz biologiczna metoda eliminacji. *Inżynieria Ekologiczna* 2017, 3, 184–193. (MNiSW=9 pkt.)
10. Kordialik-Bogacka E., Bogdan P., **Pielech-Przybylska K.**, Michałowska D. Suitability of unmalted quinoa for beer production. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2018, 98, 5027-5036. (IF_{5-letni}=2,537; MNiSW=35 pkt.)
11. Koziróg A., Brycki B., **Pielech-Przybylska K.** Impact of cationic and neutral gemini surfactants on conidia and hyphal forms of *Aspergillus brasiliensis*. *International Journal of Molecular Sciences* 2018, 19, doi:10.3390/ijms19030873. (IF_{5-letni}=3,878; MNiSW=30 pkt.)
12. Toczyłowska-Mamińska R., Szymona K., Król P., Gliniewicz K., **Pielech-Przybylska K.**, Kloch M., Logan B.E. Evolving microbial communities in cellulose-fed microbial fuel cell. *Energies* 2018, 11, doi:10.3390/en11010124. (IF_{5-letni}=3,045; MNiSW=25 pkt.)

Doniesienia na konferencjach:

1. Durka K., Gutarowska B., Borowski S., **Pielech-Przybylska K.**, Iżynieć Z., Korczyński M., Kołacz R.: Ocena efektywności usuwania związków odorowych z pomiotu kurzego przez aktywną mikroflorę. V Konferencja Naukowa „Rozkład i Korozja Mikrobiologiczna Materiałów Technicznych”, 2009 r., Łódź.
2. Durka K., Gutarowska B., **Pielech-Przybylska K.**, Borowski S., Iżynieć Z., Paluszak Z., Hermann J. Ocena efektywności usuwania związków odorowych z kompostu przez aktywną mikroflorę. XLIII Międzynarodowe Sympozjum Mikrobiologiczne „Wkład mikrobiologii w rozwój rolnictwa i ochrony środowiska – 90lecie Mikrobiologii w Polsce, 2-5 września 2009 r., Warszawa – Falenty.
3. Krucińska I., Stawski D., Skóra J., Herczyńska L., **Pielech-Przybylska K.**, Połwiński S., Gutarowska B. Assessment of respiratory protection effectiveness of poly(dimethylaminoethyl methacrylate). XVI International Biodeterioration and Biodegradation Symposium, 2014, Łódź.

6. Sumaryczne zestawienie dorobku naukowego

Jestem autorką lub współautorką 43 oryginalnych prac naukowych opublikowanych w recenzowanych czasopismach zagranicznych i krajowych (w tym 39 z listy JCR), 3 prac przeglądowych, 1 rozdziału w książce wydawnictwa Elsevier (praca przeglądowa - w druku), 12 rozdziałów w monografiach w języku angielskim oraz 13 rozdziałów w monografiach w języku polskim, 4 patentów, 1 zgłoszenia patentowego na wzór użytkowy oraz 2 zgłoszeń patentowych na wynalazek. Jestem również autorką lub współautorką 79 doniesień prezentowanych na naukowych konferencjach i seminariach międzynarodowych oraz krajowych, zamieszczonych w materiałach konferencyjnych. Byłam kierownikiem 1 projektu z NCN oraz wykonawcą w 9 projektach finansowanych przez NCBiR, NCN oraz PBZ-MEiN w latach 2009-2019. Pełny wykaz dorobku habilitacyjnego przedstawiłam w załączniku nr 4.

Prace publikowałam w następujących czasopismach:

	IF ₅ -letni (2017)	Liczba publikacji
W języku angielskim:		
1. Biotechnology for Biofuels	6,661	2
2. Biomass & Bioenergy	4,232	1
3. International Journal of Molecular Sciences	3,878	2
4. Journal of Food Engineering	3,851	1
5. International Biodeterioration & Biodegradation	3,631	3
6. Molecules	3,268	3
7. RSC Advances	3,096	1
8. Energies	3,045	3
9. Process Biochemistry	2,987	1
10. Biomed Research International	2,931	1
11. Journal of Chemical Technology and Biotechnology	2,734	2
12. Journal of the Science of Food and Agriculture	2,537	2
13. Journal of Food Science	2,307	1
14. Food Additives and Contaminants Part A-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment	2,230	1
15. Journal of Food Science and Technology	2,056	1
16. Journal of the Air & Waste Management Association	1,950	1
17. European Food Research and Technology	1,940	2
18. Textile Research Journal	1,758	1
19. Aerobiologia	1,700	2
20. Food Technology and Biotechnology	1,548	1
21. Bioresources	1,526	1
22. International Agrophysics	1,267	1
23. Journal of the Institute of Brewing	1,238	4
24. Medycyna Pracy	0,572	1

W języku polskim:

25. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny	-	4
26. Przemysł Spożywczy	-	1
27. Inżynieria Ekologiczna	-	1
28. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie	-	1

Przygotowałam również 23 recenzje artykułów, w następujących czasopismach:

- | | |
|---|---|
| - Beverages | - Industrial Crops and Products |
| - Annals of Agricultural Science | - Food Bioscience |
| - Foods | - Process Biochemistry |
| - Food Research International | - Environmental Engineering Science |
| - Fermentation | - European Food Research and Technology |
| - Energy | - African Journal of Biotechnology |
| - Annual Research and Review in Biology | - Aerobiologia |

Podsumowanie mojego dorobku przedstawiłam w poniższej tabeli:

Dane	Przed uzyskaniem tytułu doktora	Po uzyskaniu tytułu doktora	Suma
Liczba artykułów w czasopismach z listy JCR	0	39	39
Liczba artykułów w czasopismach spoza listy JCR	0	7	7
Liczba rozdziałów w monografiach i książkach (w tym w jęz. angielskim)	0	26 (13)	26 (13)
Liczba referatów (w tym w jęz. angielskim)	0	16 (4)	16 (4)
Liczba doniesień konferencyjnych (w tym w jęz. angielskim)	2 (0)	77 (24)	79 (24)
Liczba patentów	0	4	4
Liczba zrealizowanych projektów (w tym jako kierownik/wykonawca)	1 (0/1)	9 (1/8)	10 (1/9)
Sumaryczna wartość współczynnika oddziaływania IF*, w tym:	0	93,461	93,461
- dla publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe	0	16,162	16,162
- dla pozostałych publikacji	0	77,299	77,299
Liczba punktów MNiSW**, w tym:	0	1403	1403
- dla publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe	0	170	170
- dla pozostałych publikacji i innych prac naukowych	0	1233	1233
Liczba cytowań*** (bez autocytowań)	0	186 (150)	186 (150)
Indeks Hirscha h***	0	9	9

* współczynniki oddziaływania IF za lata 2018 i 2019 dla ww. czasopism nie zostały obliczone, w związku z tym do obliczeń wykorzystano 5-letni IF z 2017 roku, wg JCR; ** lista czasopism punktowanych za rok 2017, 2018 i 2019 nie została opublikowana – przyjęto punktację z listy opublikowanej 26 stycznia 2017 za lata 2013-2016 (Dz. U. 2016 r. poz. 2154); *** wg Web of Science (stan z dnia 1.04.2019)

7. Współpraca z przemysłem i jednostkami naukowymi

W całym okresie zatrudnienia, w ramach współpracy z przemysłem oraz jednostkami naukowymi, aktywnie uczestniczyłam w realizacji prac badawczych, ekspertyz i innych prac świadczonych na potrzeby instytucji naukowych i gospodarczych oraz producentów napojów spirytusowych, napojów alkoholowych, wód mineralnych i dodatków do żywności. Wymiernym efektem prowadzonych prac było, m. in.: potwierdzenie przydatności technologicznej odmian żyta Dańkowskie Złote i Diament do produkcji Polskiej Wódki; opracowanie recepty ogólnego środka skażającego stosowanego do produkcji denaturatu; potwierdzenie przydatności technologicznej oraz dobór warunków fermentacji półproduktów cukrowniczych. Obecnie jestem kierownikiem pracy naukowo-badawczej podpisanej z zakładem spirytusowym (umowa z dnia 08.06.2018 – dane firmy oraz szczegóły umowy objęte klauzulą poufności).

W ramach projektów badawczych i badawczo-rozwojowych, uczestniczyłam w interdyscyplinarnych badaniach, publikując prace naukowe z pracownikami jednostek naukowych krajowych i zagranicznych, m.in.: Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Państwowego Instytutu Badawczego Centralnego Instytutu Ochrony Pracy, Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Politechniki Łódzkiej, University of Idaho oraz University of Oklahoma.

8. Działalność dydaktyczna

Jestem autorką programów wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych dla kierunku dyplomowania „Technologia spirytusu i drożdży” (studia I) oraz współautorką programów wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych dla kolegium Towaroznawstwa (Towaroznawstwo surowców i produktów pochodzenia roślinnego) oraz dla kierunku Biogospodarka (Technologie biokonwersji i biotransformacji, Innowacyjne technologie produktów fermentowanych).

W ramach działalności dydaktycznej, od 2005 roku prowadziłam zajęcia obejmujące wykłady (10), zajęcia laboratoryjne (8) i seminarium, dla studentów:

- kierunku Biotechnologia (**Procesy fermentacyjne – wykład i laboratorium, kierownik przedmiotu; Laboratorium specjalizacyjne – kierownik przedmiotu; Technologia spirytusu i drożdży – wykład, kierownik przedmiotu; Technologia gorzelnictwa – wykład, kierownik przedmiotu; Biotechnologia-procesy fermentacyjne – wykład; Seminarium specjalizacyjne – kierownik przedmiotu**),
- kierunku Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka (Technologia produktów fermentowanych – wykład);
- kierunku Biotechnologia Środowiska (**Technologie bezodpadowe – wykład i laboratorium, kierownik przedmiotu; Technologia biokonwersji – wykład i laboratorium**),

- kierunku Ochrona Środowiska (**Procesy fermentacyjne – fakultet, wykład; kierownik przedmiotu**)
- kolegium Towaroznawstwa (Towaroznawstwo surowców i produktów pochodzenia roślinnego – wykład i laboratorium);
- kierunku Biogospodarka (Technologie biokonwersji i biotransformacji – wykład i laboratorium; Innowacyjne technologie produktów fermentowanych – laboratorium).

Szczegółowy opis realizowanych zadań dydaktycznych przedstawiłam w Załączniku 4.

W latach 2006-2018 byłam opiekunem łącznie **75 prac dyplomowych**, w tym:

- 37 prac inżynierskich w języku polskim,
- 2 prac inżynierskich w języku angielskim,
- oraz 36 prac magisterskich w języku polskim,

Byłam **promotorem pomocniczym 1 rozprawy doktorskiej** (dr inż. Marta Pietruszka, 2014), a **obecnie jestem promotorem pomocniczym w 2 przewodach doktorskich** (mgr inż. Ewelina Strąk i mgr inż. Mateusz Różański).

Wykonałam również 14 recenzji prac dyplomowych.

Za dotychczasową działalność dydaktyczną i naukową na rzecz Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności, byłam wielokrotnie wyróżniana nagrodami J.M. Rektora Politechniki Łódzkiej, tj.:

- za osiągnięcia w działalności dydaktyczno-wychowawczej (2007-2016),
- za osiągnięcia w działalności naukowej (2014-2018),
- za osiągnięcia w działalności organizacyjnej (2018).

W roku 2019 zostałam nominowana do Brązowego Medalu za długoletnią służbę.

9. Charakterystyka dorobku organizacyjnego i popularyzatorskiego

W ramach działalności organizacyjnej, pełniłam od roku akademickiego 2015/2016 funkcję opiekuna roku (kierunek Biotechnologia). Brałam udział w akcjach informacyjnych dotyczących rekrutacji na PŁ oraz byłam członkiem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej (2007). Dwukrotnie organizowałam i prowadziłam warsztaty laboratoryjne dla młodzieży licealnej w ramach programu „Drzwi zawsze otwarte” (2017) oraz warsztaty laboratoryjne dla najmłodszych „ALeCHEMIA” (2013), prowadzone na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ. Od 2006 roku opiekuję się pracownią chromatografii gazowej w Instytucie Technologii Fermentacji i Mikrobiologii PŁ.

Przygotowałam również dwa wnioski dla Wydziału BiNoŻ PŁ do MNiSW o dotację na inwestycję w zakresie dużej infrastruktury badawczej służącej potrzebom badań naukowych lub pracom rozwojowym (2012) – dotacja przyznana, oraz wniosek do MNiSW o przyznanie dotacji na inwestycję budowlaną (2013).

Uczestniczę w komisjach egzaminacyjnych ds. Egzaminów Dyplomowych dla I i II stopnia studiów na kierunku Biotechnologia (kierunek dyplomowania Technologia Spirytusu i Drożdży). Od 2008 roku współorganizuję wycieczki dydaktyczne dla studentów

specjalizacji Technologia spirytusu i drożdży (I i II stopnia), do gorzelni rolniczych oraz zakładów spirytusowych. W latach 2010-2017 prowadziłam wykłady oraz uczestniczyłam w spotkaniach branżowych, w ramach cyklu seminariów nt. „Standardy produkcji ekologicznej w przemyśle spirytusowym - jakość i korzyści” oraz warsztatów dla producentów destylatu rolniczego, organizowanych przez Polmos Żyrardów Sp. z o.o. Kontynuując współpracę z Polmos Żyrardów Sp. z o.o., w latach 2012-2016 opracowałam cykl krótkich, o charakterze popularno-naukowym, artykułów do kwartalnika „Belvedere vodka” pod wspólnym tytułem: „Alfabet związków chemicznych występujących w spirytusach”, jak również artykuły z cyklu: „Korzyści i potrzeba poprawy jakości spirytusu surowego przeznaczonego do celów spożywczych”, drukowane w rocznikach Polmosu Żyrardów, w ramach programu Raw Spirit. Uczestniczyłam również w szkoleniu (organizacja i wykłady) zorganizowanym przez Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ, dla pracowników Polmosu Żyrardów „AKADEMIA MISTRZA REKTYFIKACJI” (25.09.2015 r.).

