Projekt finansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach Programu Wektory Nauki nr umowy WNK/SP/0003/2025/01

CONFERENCE ON
INNOVATIONS
IN PACKAGING, FOOD SAFETY
AND WASTE MANAGEMENT

KONFERENCJA MIĘDZYNARODOWA INNOWACJE W OPAKOWALNICTWIE, BEZPIECZEŃSTWIE ŻYWNOŚCI I GOSPODARCE ODPADAMI

6-8 października, 2026 | Kołobrzeg

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący:

dr hab. inż. Rydzkowski Tomasz, profesor Politechniki Koszalińskiej

Członkowie:

dr inż. Sterczyńska Monika – Sekretarz Organizacyjny

dr hab. inż. Piepiórka-Stepuk Joanna, profesor Politechniki Koszalińskiej

dr hab. inż. Domiszewski Zdzisław, profesor Politechniki Koszalińskiej

dr hab. inż. Michalska-Pożoga Iwona, profesor Politechniki Koszalińskiej

dr inż. Mierzejewska Sylwia

mgr inż. Czajkowska Anna – Koordynator dostępności

mgr inż. Maziarz Karolina

SKŁAD I ŁAMANIE

mgr inż. Karolina Maziarz

KOMITET NAUKOWY KONFERENCJI

Przewodniczący:

dr hab. inż. Piepiórka-Stepuk Joanna, profesor Politechniki Koszalińskiej

Członkowie:

prof. dr hab. inż. Bartkowiak Artur, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

prof. dr hab. inż. Choszcz Dariusz, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

prof. dr hab. inż. Czarnecka-Komorowska Dorota, Politechnika Poznańska

prof. dr hab. inż. Garbe Leif-Alexander, Neubrandenburg University of Applied Sciences

prof. dr hab. Inż. Janowicz Monika, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

prof. dr hab. inż. Kobus Zbigniew, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

prof. dr hab. inż. Piesowicz Elżbieta, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

prof. dr. Pleissner Daniel Instytut Badawczy IFN Schönow

prof. dr hab. inż. Zarzyka Iwona, Politechnika Rzeszowska

dr hab. inż. Domiszewski Zdzisław, Politechnika Koszalińska

dr hab. inż. Ekielski Adam, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

dr hab. inż. Frąckowiak Stanisław, Politechnika Wrocławska

dr hab. inż. Frącz Wiesław, Politechnika Rzeszowska

dr hab. inż. Garbacz Tomasz, Politechnika Lubelska

dr hab. inż. Gnatowski Adam, Politechnika Częstochowska

dr hab. inż. Gołębski Rafał, Politechnika Częstochowska

dr hab. inż. Jadwisieńczak Krzysztof, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

dr hab. Leluk Karol, Politechnika Wrocławska

dr hab. inż. Marcinkowska-Lesiak Monika, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

dr hab. inż. Michalska-Pożoga Iwona, Politechnika Koszalińska

dr hab. inż. Obidziński Sławomir, Politechnika Białostocka

dr hab. inż. Paszkiewicz Sandra, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

dr hab. inż. Piekut Jolanta, Politechnika Białostocka

dr hab. inż. Piepiórka-Stepuk Joanna, Politechnika Koszalińska

dr hab. inż. Piskier Tomasz, Politechnika Koszalińska

dr hab. inż. Rydzkowski Tomasz, Politechnika Koszalińska

dr hab. inż. Smuga-Kogut Małgorzata, Politechnika Koszalińska

dr hab. inż. Wojtasik-Kalinowska Iwona, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

dr inż. Bieńczak Agata, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny

dr inż. Niedźwiedź Jacek, Sokołów S.A.

dr inż. Wojtewicz Michał, Miejski Zakład Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o.

dr inż. Woźniak Paweł, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny

PATRONAT HONOROWY

JM Rektor Politechniki Koszalińskiej
dr hab. Danuta Zawadzka, prof. PK

PATRONAT HONOROWY
MARSZAŁKA WOJEWÓDZTWA
ZACHODNIOPOMORSKIEGO
OLGIERDA GEBLEWICZA

Zarząd Główny
Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Przemysłu Spożywczego SITSpoż w Warszawie
Środkowopomorskie Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Przemysłu Spożywczego SITSpoż
z siedzibą w Koszalinie

PATRONAT MEDIALNY

FoodFakty – branżowy portal informacyjny dla sektora spożywczego
wydawca: Prokonsument Sp. z o.o

„Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny" – dwumiesięcznik naukowo-techniczny
wydawca: Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych SIGMA-NOT w Warszawie

„Polimery" – międzynarodowe czasopismo naukowo-techniczne
wydawca: Łukasiewicz – Instytut Chemii Przemysłowej.

HARMONOGRAM KONFERENCJI

October 6th, Tuesday	
8:00 – 9:00	**Breakfast**
9:00 – 12:00	Registrations Diune Hotel, Sułkowskiego 4 A-C street, Kołobrzeg 78-100
10:00 – 11:00	Conference room: Opening Ceremony and Introduction - dr hab. inż. Tomasz Rydzkowski, Politechnika Koszalińska
11:00 – 12:00	
Conference room: ***Plenary session I***	
Chairs: prof. dr hab. inż. Zarzyka Iwona, Politechnika Rzeszowska prof. dr hab. inż. Piesowicz Elżbieta, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	
11:00 – 11:30	**prof. dr hab. inż. Bartkowiak Artur, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie** *Innowacje w opakowalnictwie żywności – czego naprawdę oczekują producenci, marki i konsumenci?*
11:30 – 12:00	**prof. dr Pleissner Daniel, IFN Schönow** *The hidden potential of organic waste*
12:00 – 12:30	**Coffee Break**
12:30 – 13:40	
Conference room: ***Industrial Session - INDUSTRIAL PARTNERS' PRESENTATIONS***	
Chairs: dr hab. inż. Rydzkowski Tomasz, Politechnika Koszalińska dr inż. Bieńczak Agata, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny	
12:30 – 12:40	**Czerwiński Krzysztof** *Prezentacja firmy Witt Polska Sp. z o. o.*
12:40 – 12:50	**Kosik Piotr** *ULMA Packaging – kompletne linie i nowoczesne maszyny pakujące*
12:50 – 13:00	**Kotłowska Brygida** *Od opakowania do odpowiedzialności – Jak innowacja łączy bezpieczeństwo żywności, projektowanie opakowań i gospodarkę odpadami - Koral S.A.*
13:00 – 13:10	**Kurzaj Jacek** *Prezentacja Miejskiego Zakładu Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o.*
13:10 – 13:20	**Milewski Bartłomiej** *Messer Polska - Kompleksowe rozwiązania dla przemysłu*
13:20 – 13:30	**Moroz Przemysław** *Prezentacja firmy Plastmoroz Sp. z.o.o. Sp.k.*
13:30 – 13:40	**Stanasiuk Jacek** *Prezentacja firmy Sokołów S.A.*
14:00 – 15:00	**Lunch**
15:00 – 16:00	
Conference room: ***International Presentations Session***	
Chairs: dr hab. inż. Marcinkowska-Lesiak Monika, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie dr hab. inż. Frącz Wiesław, Politechnika Rzeszowska	
15:00 – 15:15	**Pleissner Daniel** *An alternative approach for the utilization of organic waste streams*
15:15 – 15:30	**Garbe Leif-Alexander** *How can brewery waste be utilized? - Alternative proteins from side-streams*
15:30 – 15:45	**Mernitz Gudrun** *From idea to solution: hackathons as a driver of value creation in the bioeconomy*
15:45 – 16:00	**Schwock Alexander**, Mernitz G. *From idea to innovation: MERGE as a platform for hackathons, knowledge transfer and SME support on the Polish-German border*

16:00 – 17:30 Conference room: *Poster Presentations*

Chairs: dr hab. inż. Piekut Jolanta, Politechnika Białostocka
dr hab. inż. Domiszewski Zdzisław, Politechnika Koszalińska

1. **Piesowicz Elżbieta**, Irska I., Paszkiewicz S.
Synteza, struktura i właściwości barierowe nowych triblokowych kopolimerów PET-b-PTMO-b-PEN

2. **Stoma Wiktoria,** Andrejko D.
Odpady żywnościowe jako surowiec do produkcji opakowań metodą druku 3D

3. **Marcinkowska-Lesiak Monika,** Zdanowski A., Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Szpicer A., Półtorak A., Wierzbicka A.
Effect of packaging method and added extracts on oxidative and hydrolytic changes in spreadable pork–beef fat products during refrigerated storage

4. **Sienkiewicz Aneta,** Kowczyk-Sadowy M., Obidziński S., Cwalina P., Koziak K., Krasowska M., Piekut J.
Ekoskóra z odpadów jako potencjalny materiał do produkcji opakowań i produktów użytkowych

5. **Gnatowski Adam,** Gołębski R., Filipek M., Palutkiewicz P.
Analiza właściwości termicznych mieszanin polimerowych polipropylenu i poliamidu 6 z dodatkiem poliwinylopirolidonu

6. **Gołębski Rafał,** Gnatowski A., Filipek M.
Badanie struktury wewnętrznej kompozytu metal-polimer metodą tomografii komputerowej

7. **Zarzyka Iwona,** Krzykowska B., Bąk Ł., Frącz W.
Nowa generacja biodegradowalnych opakowań na bazie kompozycji biopolimerowych poli(hydroksyalkanian)-poliuretan

8. **Niedźwiedź Jacek,** Galus S., Karwacka M., Janowicz M.
Wpływ bioprotekcyjnych jadalnych powłok na bazie bulionu wołowego na trwałość dań gotowych

9. **Krzykowska Beata,** Zarzyka I., Frącz W.
Biodegradowalne kompozycje polimerowe jako potencjalne materiały opakowaniowe

10. **Frącz Wiesław,** Janowski G., Bąk Ł.
Application of PHA polyhydroxyalkanoate derivatives in the packaging industry – possibilities and limitations

11. **Wojtasik-Kalinowska Iwona,** Marcinkowska-Lesiak M., Szpicer A., Bińkowska W., Półtorak A.
Utilization of Strawberry Pomace in Food Production and Waste Management

12. **Obidziński Sławomir,** Cwalina P., Kowczyk-Sadowy M., Krasowska M., Sienkiewicz A., Piekut J., Jałbrzykowski M.
Wytwarzanie i ocena jakości granulatu opałowego z dodatkiem odpadów z folii opakowaniowych

13. **Czarnecka-Komorowska Dorota,** Zmyślona Ł., Kanciak W.
Polymer blends with valorised mechanical and functional properties for flat film extrusion

14. **Piskier Tomasz,** Smuga-Kogut M., Jas E. Bujaczek R.
Wpływ odmiany truskawek na zawartość witaminy C i polifenoli oraz jakość sensoryczną wina owocowego

15. Witczak A., Kamiński P., Undeland I., **Szymczak Barbara,** Szymczak M.
Wpływ marynowania szprota bałtyckiego z wnętrznościami na zawartość PCDD/F, PCB i PFAS w tkance mięśniowej

16. Szpicer A., Bińkowska W., Stelmasiak A., **Wojtasik-Kalinowska Iwona**, Marcinkowska-Lesiak M., Zalewska M., Półtorak A.
Innowacyjna żywność funkcjonalna z wykorzystaniem mikrokapsułkowanych polifenoli – opracowanie i optymalizacja receptury jogurtu

17. Małolepsza M., **Marcinkowska-Lesiak Monika,** Stangierska-Mazurkiewicz D., Poławska E.
Food knowledge of the technological role and safety aspects of nitrites in processed meat products among students of non-food and nutrition-related fields

18. **Mierzejewska Sylwia,** Domiszewski Z., Piepiórka-Stepuk J., Szpicer A., Wojtasik-Kalinowska I.
Analysis of the impact of the addition of Alphitobius diaperinus larval powder on the physicochemical, textural, and sensorial properties of shortbread cookies

19. **Bieńczak Agata,** Woźniak P., Kiczek T., Ignasiak Ł.
Bobik jako surowiec bez strat – innowacyjne podejście do wykorzystania wszystkich frakcji

20. Maziarz K., **Sterczyńska Monika,** Stachnik M., Piepiórka-Stepuk J., Ivanišová E., Bieńczak A., Woźniak P.
Analiza zmętnień w piwach z dodatkiem jęczmienia niesłodowanego z uwzględnieniem różnych wariantów przechowywania

17:30 – 19:00 **Coffee Break**

17:30 – 19:00 **Coffee room: *Networking session***

20:00 – 2:00 **Dinner**

October 7th, Wednesday	
7:30 – 9:00	**Breakfast**
9:00 – 10:00	
Conference room: ***Plenary session II***	
Chairs: prof. dr hab. inż. Kobus Zbigniew, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie prof. dr hab. inż. Czarnecka-Komorowska Dorota, Politechnika Poznańska	
9:00 – 9:30	**dr inż. Szymczak Barbara, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie** *Bezpieczeństwo mikrobiologiczne żywności a zagrożenie Listeria monocytogenes – od monitoringu do barier antylisteriozowych*
9:30 – 10:00	**dr hab. inż. Piekut Jolanta, Politechnika Białostocka** *Innowacje w pszczelarstwie i bezpieczeństwo produktów pszczelich*
10:10 – 11:40	
Conference room: ***1st Thematic Session – Modern Packaging***	
Chairs: dr hab. inż. Smuga-Kogut Małgorzata, Politechnika Koszalińska dr hab. inż. Garbacz Tomasz, Politechnika Lubelska	
10:10 – 10:25	**Paszkiewicz Sandra,** Irska I., Walkowiak K., Olszewski A., Zdanowicz M., Piesowicz E., Mituła-Chmielowiec K., Rzonsowska M., Dudziec B., Aniśko-Michalak J., Andrzejewski J., Hejna A., Barczewski M. *Zrównoważone materiały opakowaniowe na bazie PEF: mieszaniny z PLA oraz struktury wielowarstwowe*
10:25 – 10:40	**Leluk Karol,** Rus E. *The role of polymer composites in a resilient European economy*
10:40 – 10:55	**Ekielski Adam** Wykorzystanie ligniny odpadowej jako warstwy ochronnej w opakowaniach
10:55 – 11:10	**Filipek Marek,** Gołębski R., Gnatowski A. *Analiza właściwości termomechanicznych i strukturalnych kompozytu guma-polimer*
11:10 – 11:20	**Janowicz Monika,** Ciurzyńska A., Karwacka M., Szulc K., Piasecka M., Galus S. *Potencjał strukturotwórczy składników roślinnych w projektowaniu folii jadalnych o funkcjonalnych właściwościach opakowaniowych*
11:20 – 11:30	**Ludwiczak Joanna,** Frąckowiak S. *Od odpadu do opakowania – kompozyty polimerowe z fusami kawowymi w koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym*
11:30 – 11:40	**Michalska-Pożoga Iwona** *RASFF jako źródło wiedzy dla projektowania bezpiecznych i zrównoważonych opakowań do żywności*
11:40 – 12:00	**Coffee Break**
12:00 – 13:55	
Conference room: ***II Thematic Session – Food Safety***	
Chairs: dr hab. inż. Wojtasik-Kalinowska Iwona, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie dr hab. inż. Michalska-Pożoga Iwona, Politechnika Koszalińska	
12:00 – 12:15	**Domiszewski Zdzisław,** Płotka N., Mierzejewska S., Sterczyńska M. *Porównanie pod względem przydatności technologicznej odpadów piekarskich z cukierniczymi jako surowca do produkcji pieczywa*
12:15 – 12:30	**Maziarz Karolina,** Piepiórka-Stepuk J., Mierzejewska S. *Intensyfikacja oddziaływań mechanicznych w procesie mycia Clean-in-Place*
12:30 – 12:45	**Piepiórka-Stepuk Joanna,** Maziarz K., Czerwińska E., Szafraniec F. *Badania adhezji zanieczyszczeń na powierzchni stali nierdzewnej AISI 304 o różnej chropowatości*
12:45 – 12:55	**Woźniak Paweł,** Bieńczak A., Kiczek T., Ignasiak Ł. *Potencjał łuski cebuli jako surowca wtórnego w procesach jej przetwarzania*
12:55 – 13:05	**Mierzejewska Sylwia** Jakość i bezpieczeństwo proszków z owadów jako dodatków do żywności

13:05 – 13:15	**Kobus Zbigniew** *Wykorzystanie obróbki ultradźwiękowej do utrwalania soków owocowo-warzywnych jako alternatywy dla pasteryzacji termicznej*
13:15 – 13:25	**Sławiński Kazimierz,** Smuga-Kogut M. *Środowiskowa efektywność produkcji białka z Arthrospira platensis na tle konwencjonalnych źródeł białka – analiza porównawcza metodą oceny cyklu życia (LCA)*
13:25 – 13:35	**Piekut Jolanta,** Smolewska M., Krasowska M., Smolewski M., Obidziński S., Kowczyk-Sadowy M., Sienkiewicz A., Cwalina P., Koziak K. *Rola mikroorganizmów w ograniczaniu zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) podczas kompostowania bioodpadów roślinnych*
13:35 – 13:45	**Jadwisieńczak Krzysztof,** Choszcz D., Majkowska-Gadomska J. *Automatyzacja procesu różyczkowania i kalibrowania brokułu włoskiego w obiegu zamkniętym*
13:45 – 13:55	**Łusiak Patrycja,** Sobczak Paweł, Mazur J., Wójcik M., Szafrańska J. *Zastosowanie węgla aktywnego przy produkcji antyhydratowych (bezwodnych) szamponów*
14:00 – 15:00	**Lunch**
15:00 – 16:30	
Conference room: ***III Thematic Session – II Koszalin Food Packaging Workshops***	
Chairs: dr hab. inż. Krzysztof Jadwisieńczak, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie dr inż. Paweł Woźniak, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny	
15:00 – 15:15	**Stanasiuk Jacek** *Przyszłość opakowań dla produktów mięsnych – między oczekiwaniami rynku a realiami produkcji*
15:15 – 15:30	**Milewski Bartłomiej** *Optymalizacja pakowania w atmosferze modyfikowanej oraz dystrybucja żywności – propozycje od Messer Polska*
15:30 – 15:45	**Czerwiński Krzysztof** *Badanie szczelności opakowań krokiem w kierunku perfekcyjnego opakowania*
15:45 – 16:00	**Wojtewicz Michał,** Kurzaj J. *Innowacje w gospodarce odpadami a rzeczywistość - na przykładzie MZZDiOŚ sp. z o.o.*
16:00 – 16:15	**Moroz Przemysław** *Tworzywa sztuczne – wynalazek, bez którego nie wyobrażamy sobie współczesnego świata*
16:15 – 16:30	**Rydzkowski Tomasz,** Mierzejewska S., Domiszewski Z. *Wyzwania technologiczne w pakowaniu owadów, produktów owadopochodnych i żywności z ich dodatkiem*
16:30 – 16:45	**Zieliński Sławomir** *Innowacyjne rozwiązania w zakresie zrównoważonego pakowania: strategia #ULMAWECARE*
16:45 – 17:00	**Coffee Break**
17:00 – 19:05	
Conference room: ***IV Thematic Session – Recycling and Waste Management***	
Chairs: dr hab. inż. Obidziński Sławomir, Politechnika Białostocka dr hab. inż. Gołębski Rafał, Politechnika Częstochowska	
17:00 – 17:15	**Frąckowiak Stanisław,** Ludwiczak J., Raszewska K., Żyszkiewicz O. *Wpływ wybranych odpadów spożywczych na właściwości biokompozytów polimerowych*
17:15 – 17:30	**Smuga-Kogut Małgorzata** *Od osadu ściekowego do biofertilizera – wykorzystanie mikroalg Arthrospira platensis w gospodarce o obiegu zamkniętym*
17:30 – 17:45	**Bieńczak Agata,** Woźniak P., Kiczek T., Ignasiak Ł. *Minimalizacja odpadów i strat w technologii żywności jako element zrównoważonego zarządzania zasobami*
17:45 – 18:00	**Rus Emilia,** Leluk K. *Renewable polymer composites – potential raw materials for a resilient European economy*

18:00 – 18:15	**Czajkowska Anna,** Rydzkowski T., Szada-Borzyszkowski W., Smuga-Kogut M. *Badanie płyt wiórowych z udziałem przemiału łopat turbin wiatrowych z analizą ich śladu węglowego*
18:15 – 18:25	**Garbacz Tomasz,** Gawrjołek J., Tomasik J. *Recykling oraz wybrane właściwości porowanego PVC*
18:25 – 18:35	**Sterczyńska Monika,** Stachnik M., Zdaniewicz M., Wolny-Koładka K. *Browarniczy osad gorący – charakterystyka i potencjał wykorzystania*
18:35 – 18:45	**Bosacka Alicja** *Zużyte sorbenty w procesach oczyszczania ścieków i wód – możliwości regeneracji, recyklingu i bezpiecznej utylizacji*
18:45 – 18:55	**Pecyna Anna,** Blicharz-Kania A., Kobus Z. *Upcycling wytłoków owocowych jako strategia zagospodarowania produktów ubocznych przemysłu spożywczego*
18:55 – 19:05	**Jadwisieńczak Krzysztof,** Choszcz D., Majkowska-Gadomska J., Obidziński S. *Wykorzystanie biomasy pochodzenia rolniczego i leśnego do produkcji paliw stałych*
20:00 – 22:00	**Dinner**
October 8th, Thursday	
7:30 – 9:00	**Breakfast**
Study visit: ***Koral S.A. Production Plant, Kukinia*** ***PLASTMOROZ Sp. z o.o. Sp. k. Production Plant, Białogard***	
9:05	Participants' meeting point at the reception
9:15	Coach departure
12:00 – 12:30	Conference summary
12:30–14:00	**Lunch**

SPIS TREŚCI

WYKŁADY PLENARNE

Bartkowiak A., *Innowacje w opakowalnictwie żywności – czego naprawdę oczekują producenci, marki i konsumenci?* 16

Pleissner D., *The hidden potential of organic waste* 17

Piekut J., *Innowacje w pszczelarstwie i bezpieczeństwo produktów pszczelich* 18

Szymczak B., *Bezpieczeństwo mikrobiologiczne żywności a zagrożenie Listeria monocytogenes – od monitoringu do barier antylisteriozowych* 19

DONIESIENIA NAUKOWE

Bieńczak A., Woźniak P., Kiczek T., Ignasiak Ł., *Minimalizacja odpadów i strat w technologii żywności jako element zrównoważonego zarządzania zasobami* 21

Bieńczak A., Woźniak P., Kiczek T., Ignasiak Ł., *Bobik jako surowiec bez strat – innowacyjne podejście do wykorzystania wszystkich frakcji* 22

Bosacka A., *Zużyte sorbenty w procesach oczyszczania ścieków i wód – możliwości regeneracji, recyklingu i bezpiecznej utylizacji* 23

Czajkowska A., Rydzkowski T., Szada-Borzyszkowski W., Smuga-Kogut M., *Investigation of particleboards containing recycled wind turbine blade regrind with carbon footprint analysis* 24

Czarnecka-Komorowska D., Zmyślona Ł., Kanciak W., *Polymer blends with valorized mechanical and functional properties for flat film extrusion* 25

Czerwiński K., *Badanie szczelności opakowań krokiem w kierunku perfekcyjnego opakowania* 26

Domiszewski Z., Płotka N., Mierzejewska S., Sterczyńska M., *Porównanie pod względem przydatności technologicznej odpadów piekarskich z cukierniczymi jako surowca do produkcji pieczywa* 27

Ekielski A., *The use of waste lignin as a protective layer in packaging* 28

Filipek M., Gołębski R., Gnatowski A., *Analiza właściwości termomechanicznych i strukturalnych kompozytu guma-polimer* 30

Frąckowiak S., Ludwiczak J., Raszewska K., Żyszkiewicz O., *Wpływ wybranych odpadów spożywczych na właściwości biokompozytów polimerowych* 31

Frącz W., Janowski G., Bąk Ł., *Application of PHA polyhydrocyalkanoate derivatives in the packaging industry – possibilities and limitations* 32

Garbacz T., Gawrjołek J., Tomasik J., *Recykling oraz wybrane właściwości porowanego PVC* 33

Garbe L., *How can brewery waste be utilized? - Alternative proteins from side-streams* 35

Gnatowski A., Gołębski R., Filipek M., Palutkiewicz P., *Analiza właściwości termicznych mieszanin polimerowych polipropylenu i poliamidu 6 z dodatkiem poliwinylopirolidonu* 36

Gołębski R., Gnatowski A., Filipek M., *Badanie struktury wewnętrznej kompozytu metal-polimer metodą tomografii komputerowej* 37

Jadwisieńczak K., Choszcz D., Majkowska-Gadomska J., *Automatyzacja procesu różyczkowania i kalibrowania brokułu włoskiego w obiegu zamkniętym* 38

Jadwisieńczak K., Choszcz D., Majkowska-Gadomska J., Obidziński S., *Wykorzystanie biomasy pochodzenia rolniczego i leśnego do produkcji paliw stałych* 40

Janowicz M., Ciurzyńska A., Karwacka M., Szulc K., Piasecka M., Galus S., *Potencjał strukturotwórczy składników roślinnych w projektowaniu folii jadalnych o funkcjonalnych właściwościach opakowaniowych* 41

Kobus Z., *Wykorzystanie obróbki ultradźwiękowej do utrwalania soków owocowo-warzywnych jako alternatywy dla pasteryzacji termicznej* 42

Kosik P., *Innowacyjne rozwiązania w zakresie zrównoważonego pakowania: strategia #ULMAWECARE* 44

Kotłowska B., *Od opakowania do odpowiedzialności – jak innowacja łączy bezpieczeństwo żywności, projektowanie opakowań i gospodarkę odpadami* 45

Krzykowska B., Zarzyka I., Frącz W., *Biodegradowalne kompozycje poliestrowe jako potencjalne materiały opakowaniowe* 46

Leluk K., Rus E., *The role of polymer composites in a resilient European economy* 48

Ludwiczak J., Frąckowiak S., *Od odpadu do opakowania – kompozyty polimerowe z fusami kawowymi w koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym* 49

Łusiak P., Sobczak P., Mazur J., Wójcik M., Szafrańska J., *Zastosowanie węgla aktywnego przy produkcji antyhydratowych (bezwodnych) szamponów* 50

Małolepsza M., Marcinkowska-Lesiak M., Stangierska-Mazurkiewicz D., Poławska E., *Food knowledge of the technological role and safety aspects of nitrites in processed meat products among students of non-food and nutrition-related fields* 51

Marcinkowska-Lesiak M., Zdanowski A., Wojtasik-Kalinowska I., Onopiuk A., Szpicer A., Półtorak A., Wierzbicka A., *Effect of packaging method and added extracts on oxidative and hydrolytic changes in spreadable pork–beef fat products during refrigerated storage* 52

Maziarz K., Piepiórka-Stepuk J., Mierzejewska S., *Intensification of mechanical effects in the Clean-in-Place (CIP) cleaning process* 53

Maziarz K., Sterczyńska M., Stachnik M., Piepiórka-Stepuk J., Ivanišová E., Bieńczak A., Woźniak P., *Analiza zmętnień w piwach z dodatkiem jęczmienia niesłodowanego z uwzględnieniem różnych wariantów przechowywania* 55

Mernitz G., *From idea to solution: hackathons as a driver of value creation in the bioeconomy* 56

Michalska-Pożoga I., *RASFF jako źródło wiedzy dla projektowania bezpiecznych i zrównoważonych opakowań do żywności* 57

Mierzejewska S., Piepiórka-Stepuk J., Domiszewski Z., Maziarz K., *Jakość i bezpieczeństwo proszków z owadów jako dodatków do żywności* 58

Mierzejewska S., Piepiórka-Stepuk J., Domiszewski Z., Maziarz K., Wojtasik-Kalinowska I., Szpicer A., *Analysis of the impact of the addition of Alphitobius diaperinus larval powder on the physicochemical, textural, and sensorial properties of shortbread cookies* 59

Milewski B., *Optymalizacja pakowania w atmosferze modyfikowanej oraz dystrybujca żywności – propozycje od Messer Polska* 60

Niedźwiedź J., Galus S., Karwacka M., Janowicz M., *Wpływ bioprotekcyjnych filmów na bazie bulionu wołowego na trwałość dań gotowych* 61

Obidziński S., Cwalina P., Kowczyk-Sadowy M., Krasowska M., Sienkiewicz A., Piekut J., Jałbrzykowski M., *Wytwarzanie i ocena jakości granulatu opałowego z dodatkiem odpadów z folii opakowaniowych* 62

Paszkiewicz S., Irska I., Walkowiak K., Olszewski A., Zdanowicz M., Piesowicz E., Mituła-Chmielowiec K., Rzonsowska M., Dudziec B., Aniśko-Michalak J., Andrzejewski J., Hejna A., Barczewski M., *Zrównoważone materiały opakowaniowe na bazie PEF: mieszaniny z PLA oraz struktury wielowarstwowe* 63

Pecyna A., Blicharz-Kania A., Kobus Z., *Upcycling wytłoków owocowych jako strategia zagospodarowania produktów ubocznych przemysłu spożywczego* 65

Piekut J., Smolewska M., Krasowska M., Smolewski M., Obidziński S., Kowczyk-Sadowy M., Sienkiewicz A., Cwalina P., Koziak K., *Rola mikroorganizmów w ograniczaniu zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) podczas kompostowania bioodpadów roślinnych* 66

Piepiórka-Stepuk J., Maziarz K., Czerwińska E., Szafraniec F., *Study of foulant adhesion to AISI 304 stainless steel surfaces with different roughness levels* 68

Piesowicz E., Irska I., Paszkiewicz S., *Synteza, struktura i właściwości barierowe nowych triblokowych kopolimerów PET-b-PTMO-b-PEN* 69

Piskier T., Smuga-Kogut M., Jas E., Bujaczek R., *Wpływ odmiany truskawek na zawartość witaminy C i polifenoli oraz jakość sensoryczną wina owocowego* 70

Pleissner D., *An alternative approach for the utilization of organic waste streams* 71

Rus E., Leluk K., *Renewable polymer composites – potential raw materials for a resilient European economy* 72

Rydzkowski T., Mierzejewska S., Domiszewski Z., *Wyzwania technologiczne w pakowaniu owadów, produktów owadopochodnych i żywności z ich dodatkiem* 73

Schwock A., Mernitz G., *From idea to innovation: MERGE as a platform for hackathons, knowledge transfer and SME support in the German-Polish border region* 74

Sienkiewicz A., Kowczyk-Sadowy M., Obidziński S., Cwalina P., Koziak K., Krasowska M., Piekut J., *Ekoskóra z odpadów jako potencjalny materiał do produkcji opakowań i wyrobów użytkowych* 75

Sławiński K., Smuga-Kogut M., *Środowiskowa efektywność produkcji białka z Arthrospira platensis na tle konwencjonalnych źródeł białka – analiza porównawcza metodą oceny cyklu życia (LCA)* 76

Smuga-Kogut M., *Od osadu ściekowego do biofertilizera – wykorzystanie mikroalg Arthrospira platensis w gospodarce o obiegu zamkniętym* 77

Stanasiuk J., *Przyszłość opakowań dla produktów mięsnych – między oczekiwaniami rynku a realiami produkcji* 79

Sterczyńska M., Stachnik M., Zdaniewicz M., Wolny-Koładka K., *Browarniczy osad gorący – charakterystyka i potencjał wykorzystania* 80

Stoma W., Andrejko D., *Odpady żywnościowe jako surowiec do produkcji opakowań metodą druku 3D* 81

Szpicer A., Bińkowska W., Stelmasiak A., Wojtasik-Kalinowska I., Marcinkowska-Lesiak M., Zalewska M., Półtorak A., *Innowacyjna żywność funkcjonalna z wykorzystaniem mikrokapsułkowanych polifenoli – opracowanie i optymalizacja receptury jogurtu* 82

Witczak A., Kamiński P., Undeland I., Szymczak B., Szymczak M., *Wpływ marynowania szprota bałtyckiego z wnętrznościami na zawartość PCDD/F, PCB i PFAS w tkance mięśniowej* 83

Wojtasik-Kalinowska I., Marcinkowska-Lesiak M., Szpicer A., Bińkowska W., Półtorak A., *Utilization of Strawberry Pomace in Food Production and Waste Management* 85

Wojtewicz M., Kurzaj J., *Innowacje w gospodarce odpadami a rzeczywistość na przykładzie MZZDIOŚ sp. z o.o.* 86

Wojtewicz M., Kurzaj J., *Miejski Zakład Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu sp. z o.o. - prezentacja spółki* 87

Woźniak P., Bieńczak A., Kiczek T., Ignasiak Ł., *Potencjał łuski cebuli jako surowca wtórnego w procesach jej przetwarzania* 88

Zarzyka I., Krzykowska B., Bąk Ł., Frącz W., *Nowa generacja biodegradowalnych opakowań na bazie kompozycji biopolimerowych poli(hydroksyalkanian)-poliuretan* 89

WYKŁADY PLENARNE

INNOWACJE W OPAKOWALNICTWIE ŻYWNOŚCI – CZEGO NAPRAWDĘ OCZEKUJĄ PRODUCENCI, MARKI I KONSUMENCI?

Artur Bartkowiak[1]

[1]Zachodniopomorski Uniwersytet Technlogiczny w Szczecinie, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Centrum Bioimmobilizacji i Innowacyjnych Materiałów Opakowaniowych

E-mail: artur.bartkowiak@zut.edu.pl

Współczesne opakowanie żywności przestaje być jedynie bierną barierą oddzielającą produkt od otoczenia. Coraz częściej staje się elementem złożonego systemu, w którym jednocześnie trzeba pogodzić bezpieczeństwo żywności, wydłużenie trwałości, wygodę użytkowania, wymagania regulacyjne, możliwość recyklingu, oczekiwania konsumentów oraz presję kosztową po stronie producentów i marek. Co więcej, opakowanie coraz częściej pełni także funkcję informacyjną, marketingową i środowiskową, stając się jednym z najważniejszych nośników komunikacji pomiędzy producentem a konsumentem.
W wystąpieniu zostanie podjęta próba odpowiedzi na pytanie, czego naprawdę oczekują dziś trzy kluczowe grupy kształtujące rynek opakowań: producenci żywności, właściciele marek i konsumenci. Najnowsze badania pokazują, że mimo rosnącej presji na zrównoważony rozwój, w praktyce nadal decydują przede wszystkim bezpieczeństwo produktu, jego trwałość, funkcjonalność opakowania i cena. Jednocześnie rośnie znaczenie recyklingowalności, ograniczania masy materiału, zawartości surowców wtórnych, czytelnej komunikacji środowiskowej oraz projektowania zgodnego z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym.

Szczególna uwaga zostanie poświęcona napięciu pomiędzy innowacją materiałową a realną zdolnością do wdrożenia. Nowy biopolimer, aktywna powłoka, inteligentny wskaźnik świeżości czy papier o podwyższonej barierowości mogą być technologicznie atrakcyjne, lecz nie staną się rozwiązaniem rynkowym, jeśli wymagają kosztownej zmiany linii produkcyjnej, ograniczają szybkość pakowania, pogarszają szczelność, komplikują recykling lub nie mają jasno określonej ścieżki zagospodarowania po użyciu.

W kontekście obowiązującego PPWR szczególnego znaczenia nabiera więc przejście od myślenia „nowy materiał = innowacja” do projektowania całego systemu: produktu, opakowania, logistyki i końca życia. Omówione zostaną kierunki o największym potencjale wdrożeniowym: struktury monomateriałowe, lekkie i wysokobarierowe opakowania, funkcjonalne powłoki zgodne z recyklingiem, aktywne i inteligentne systemy ograniczające straty żywności oraz rozwiązania projektowane z myślą o realnej infrastrukturze sortowania i recyklingu.

Największą innowacją w opakowalnictwie żywności nie jest dziś nowy materiał. Jest nią znalezienie rozwiązania, które jednocześnie chroni żywność, jest akceptowalne kosztowo, spełnia wymagania PPWR, daje się rzeczywiście zagospodarować po użyciu i nie wymaga od konsumenta zachowań, których ten w praktyce nie chce podejmować.

Słowa kluczowe: *opakowania żywności, innowacje opakowaniowe, PPWR, recyklingowalność, zrównoważony rozwój*

THE HIDDEN POTENTIAL OF ORGANIC WASTE

Daniel Pleissner[1]

[1]IFN Schoenow e.V., Section of Food and Environment, 16321 Bernau bei Berlin, Germany

E-mail: d.pleissner@ifn-schoenow.de

Organic waste streams, whether from urban green spaces, agricultural residues, or animal husbandry, represent an underutilised resource for circular economy strategies in both rural and peri-urban contexts. Effective valorisation requires not only technical treatment solutions but also business models tailored to local infrastructure, feedstock characteristics, and regulatory environments.

This contribution sheds light on the potential of organic waste-based value chains, introduce to products and applications. Feedstock-specific properties will be linked to market pathways to identify viable strategies. It will be shown how value creation depends on application, processing, and business models suited to spatial and regulatory context, and how integrating waste science with business model design can unlock broader value from organic wastes in both urban and rural systems.

Keywords: *organic waste, value, utilization, bioeconomy, cascade use*

INNOWACJE W PSZCZELARSTWIE I BEZPIECZEŃSTWO PRODUKTÓW PSZCZELICH

Jolanta Piekut[1]

[1]Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku

E-mail: j.piekut@pb.edu.pl

Pszczelarstwo odgrywa istotną rolę nie tylko w produkcji żywności, lecz także w zachowaniu bioróżnorodności i prawidłowym funkcjonowaniu ekosystemów. Współczesne wyzwania związane ze zmianami klimatu, presją środowiskową, chorobami pszczół oraz rosnącymi oczekiwaniami konsumentów w zakresie jakości żywności powodują, że tradycyjne metody prowadzenia pasiek są coraz częściej wspierane przez nowoczesne technologie. Rozwój innowacyjnych rozwiązań technicznych i cyfrowych pozwala na zwiększenie efektywności produkcji, poprawę dobrostanu rodzin pszczelich oraz zapewnienie wysokiej jakości i bezpieczeństwa produktów pszczelich. Omówiono najważniejsze kierunki rozwoju nowoczesnego pszczelarstwa, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowania inteligentnych uli wyposażonych w systemy monitoringu parametrów środowiskowych, takich jak temperatura, wilgotność, masa ula czy aktywność akustyczna rodzin pszczelich. Wykorzystanie rozwiązań opartych na Internecie Rzeczy (IoT), systemów telemetrycznych, analizy danych oraz aplikacji mobilnych umożliwia bieżącą ocenę kondycji rodzin pszczelich, wczesne wykrywanie zagrożeń zdrowotnych oraz optymalizację gospodarki pasiecznej. Coraz większe znaczenie mają również technologie wspomagające lokalizację pożytków, zarządzanie pasiekami wędrownymi oraz ochronę uli przed kradzieżą. Drugim istotnym obszarem jest bezpieczeństwo i jakość produktów pszczelich, przede wszystkim miodu. Omówiono najważniejsze parametry jakościowe, takie jak zawartość wody, aktywność enzymatyczna (liczba diastazowa), zawartość sacharozy oraz poziom 5-hydroksymetylofurfuralu (HMF), stanowiące podstawę oceny autentyczności i przydatności handlowej miodu. Na szczególną uwagę zasługuje ocena wpływu procesów technologicznych, warunków przechowywania oraz nieprawidłowej obróbki cieplnej na zachowanie właściwości biologicznych produktu. Omówiono również aktualne wymagania prawne dotyczące jakości i znakowania miodu obowiązujące w Unii Europejskiej oraz w Polsce. Uzupełnieniem prezentacji jest charakterystyka innych produktów pszczelich, takich jak propolis, pyłek kwiatowy, pierzga, mleczko pszczele, wosk oraz jad pszczeli, których znaczenie dla przemysłu spożywczego, farmaceutycznego i kosmetycznego stale wzrasta. Produkty te stanowią cenne źródło związków biologicznie aktywnych i są przedmiotem coraz liczniejszych badań naukowych oraz wdrożeń innowacyjnych rozwiązań technologicznych.

Integracja nowoczesnych technologii monitoringu i zarządzania pasieką z zasadami zapewnienia jakości żywności stanowi jeden z kluczowych kierunków rozwoju pszczelarstwa przyszłości. Innowacyjne narzędzia diagnostyczne i cyfrowe nie tylko zwiększają efektywność produkcji pasiecznej, ale również przyczyniają się do poprawy bezpieczeństwa produktów pszczelich, ochrony zdrowia konsumentów oraz wspierania zrównoważonego rozwoju sektora rolno-spożywczego.

Słowa kluczowe: *pszczelarstwo precyzyjne, inteligentne ule, IoT, produkty pszczele, jakość miodu.*

BEZPIECZEŃSTWO MIKROBIOLOGICZNE ŻYWNOŚCI A ZAGROŻENIE LISTERIA MONOCYTOGENES – OD MONITORINGU DO BARIER ANTYLISTERIOZOWYCH

Barbara Szymczak[1]

[1]Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Szczecin, Polska

E-mail: barbara.szymczak@zut.edu.pl

Listeria monocytogenes stanowi szczególne wyzwanie dla bezpieczeństwa żywności, zwłaszcza produktów gotowych do spożycia (RTE), ponieważ może przetrwać w środowisku produkcyjnym i namnażać się w warunkach chłodniczych, a jej obecność w produkcie może prowadzić do poważnych konsekwencji zdrowotnych.

W wykładzie przedstawione zostanie kompleksowe podejście do problemu *L. monocytogenes* – od monitoringu surowców, produktów i środowiska produkcyjnego, poprzez właściwą interpretację wyników badań mikrobiologicznych i ocenę potencjalnego ryzyka, aż po projektowanie działań ograniczających możliwość przetrwania i namnażania się patogenu. Szczególna uwaga zostanie zwrócona na znaczenie monitoringu środowiskowego jako narzędzia umożliwiającego identyfikację miejsc występowania i potencjalnego utrzymywania się *L. monocytogenes* w zakładach produkcyjnych oraz na potrzebę odpowiedniego wykorzystania uzyskiwanych danych w działaniach prewencyjnych. Omówiona zostanie również specyfika produktów RTE oraz znaczenie ich właściwości fizykochemicznych i warunków przechowywania dla przezywania i namnażania *L. monocytogenes*. W tym kontekście przedstawiona zostanie rola badań trwałości oraz testów obciążeniowych (challenge test) w ocenie, czy określony produkt stwarza warunki umożliwiające wzrost patogenu w przewidywanym okresie przydatności do spożycia.

Istotną część wykładu stanowić będzie koncepcja wielobarierowego ograniczania *L. monocytogenes*. Bezpieczeństwo produktu nie powinno opierać się na pojedynczym czynniku, lecz na świadomym łączeniu barier technologicznych i środowiskowych, takich jak: temperatura, pH, aktywność wody, skład produktu, zastosowane procesy utrwalania, warunki pakowania i przechowywania oraz higiena środowiska produkcyjnego. Odpowiednio zaprojektowany system barier może ograniczać zarówno możliwość zanieczyszczenia produktu, jak i przeżywanie oraz wzrost obecnych w nim komórek patogenu.

Celem wykładu będzie pokazanie, że skuteczna kontrola *L. monocytogenes* wymaga odejścia od postrzegania badań mikrobiologicznych wyłącznie jako narzędzia kontroli produktu końcowego na rzecz podejścia opartego na monitoringu, ocenie ryzyka i projektowaniu komplementarnych barier antylisteriozowych w całym procesie produkcji i dystrybucji żywności.

DONIESIENIA NAUKOWE

MINIMALIZACJA ODPADÓW I STRAT W TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI JAKO ELEMENT ZRÓWNOWAŻONEGO ZARZĄDZANIA ZASOBAMI

Agata Bieńczak[1], Paweł Woźniak[1], Tomasz Kiczek[1,2], Łukasz Ignasiak[1]

[1]Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny,
Grupa Badawcza Inżynierii Mechanicznej,
[2] Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej

E-mail: agata.bienczak@pit.lukasiewicz.gov.pl

Minimalizacja odpadów i strat w technologii żywności stanowi jedno z kluczowych wyzwań współczesnego przemysłu spożywczego oraz ważny element zrównoważonego gospodarowania zasobami. Podejście to zakłada maksymalne wykorzystanie surowców, ograniczenie ilości powstających odpadów oraz utrzymanie ich wartości w obiegu gospodarczym. Szczególne znaczenie ma wdrażanie zasad gospodarki cyrkularnej, w której produkty uboczne, pozostałości poprodukcyjne oraz surowce niespełniające wymagań handlowych mogą być ponownie wykorzystywane do wytwarzania nowych produktów o wyższej wartości dodanej.

Istotną rolę w ograniczaniu strat odgrywają nowoczesne technologie, w tym automatyzacja, robotyzacja, cyfryzacja, sztuczna inteligencja oraz Internet Rzeczy. Umożliwiają one optymalizację procesów produkcyjnych, ograniczenie zużycia surowców, energii i wody, a także bieżące monitorowanie parametrów procesu i szybkie reagowanie na nieprawidłowości, zanim doprowadzą one do powstania strat. Przykładem takich działań są prace badawczo-rozwojowe prowadzone w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Poznańskim Instytucie Technologicznym, obejmujące m.in. opracowanie technologii wykorzystania mrożonego wysortu warzywnego do produkcji burgerów warzywnych oraz zagospodarowanie jaj z mikropęknięciami lub zbyt cienką skorupką do produkcji pasteryzowanej masy jajowej. Opracowane rozwiązania pozwalają ograniczyć marnotrawienie pełnowartościowych surowców, a jednocześnie umożliwiają tworzenie nowych produktów o wyższej wartości dodanej, odpowiadających na potrzeby rynku.

Ważnym obszarem ograniczania strat jest również automatyzacja kontroli jakości i procesu etykietowania. Zastosowanie systemów wizyjnych umożliwia wykrywanie błędów na etapie produkcji, dzięki czemu możliwe jest ich szybkie usunięcie i zapobieganie wycofywaniu z rynku pełnowartościowych produktów. Rozwój inteligentnych opakowań, materiałów pochodzących z recyklingu oraz surowców biodegradowalnych dodatkowo przyczynia się do ograniczenia zużycia pierwotnych zasobów, wydłużenia trwałości produktów oraz zmniejszenia ilości odpadów powstających w całym łańcuchu żywnościowym.

Słowa kluczowe: *gospodarka cyrkularna, minimalizacja odpadów, technologie żywności, efektywne wykorzystanie surowców.*

BOBIK JAKO SUROWIEC BEZ STRAT – INNOWACYJNE PODEJŚCIE DO WYKORZYSTANIA WSZYSTKICH FRAKCJI

Agata Bieńczak[1], Paweł Woźniak[1], Tomasz Kiczek[1,2], Łukasz Ignasiak[1]

[1]Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny,
Grupa Badawcza Inżynierii Mechanicznej,
[2]Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej

E-mail: agata.bienczak@pit.lukasiewicz.gov.pl

Celem pracy jest opracowanie sposobu przetwarzania ziarna bobiku, umożliwiającego efektywne zagospodarowanie wszystkich frakcji powstających podczas jego obróbki. Proces obejmuje etapy oczyszczania surowca, rozdrabniania, oddzielania łuski oraz przesiewania materiału na frakcje o zróżnicowanej wielkości. Szczególną uwagę poświęcono uzyskaniu możliwie czystej frakcji ziarna o wielkości 3–5 mm, przeznaczonej do dalszych badań nad fermentacją grzybową oraz opracowaniem produktu roślinnego.

Równolegle analizowane są możliwości zagospodarowania oddzielonej łuski oraz frakcji drobnych, powstających w trakcie procesu rozdrabniania i przesiewania. Przyjęte podejście zakłada ich dalsze wykorzystanie jako wartościowych surowców, a nie traktowanie ich jako odpadów poprocesowych. Odpowiedni dobór parametrów oczyszczania, rozdrabniania i separacji ma istotne znaczenie zarówno dla uzyskania frakcji o wymaganej jakości, przeznaczonej do dalszego wykorzystania w produkcji żywności, jak i dla ograniczenia strat surowca.

Przedstawiona koncepcja wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym, zakładającej maksymalne wykorzystanie dostępnego surowca oraz ograniczenie ilości powstających odpadów. Opracowanie efektywnego sposobu przetwarzania ziarna bobiku stanowi podstawę do dalszych badań nad potencjalnym wykorzystaniem poszczególnych frakcji, w tym ich zastosowaniem w procesach fermentacji oraz wytwarzaniu produktów roślinnych.

Słowa kluczowe: *bobik, przetwarzanie ziarna, surowce wtórne, separacja frakcji,, fermentacja grzybowa*

ZUŻYTE SORBENTY W PROCESACH OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW I WÓD – MOŻLIWOŚCI REGENERACJI, RECYKLINGU I BEZPIECZNEJ UTYLIZACJI

Alicja Bosacka[1]

[1]Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji,
Katedra Podstaw Techniki, Głęboka 28, 20-612 Lublin

E-mail: alicja.bosacka@up.edu.pl

Organiczne zanieczyszczenia, w tym fenole i ich pochodne, pochodzące z różnych gałęzi przemysłu, trafiające do środowiska wodnego stanowią poważne zagrożenie dla ekosystemów ze względu na ich toksyczność i trwałość. Adsorpcja, z zastosowaniem sorbentów o rozwiniętej powierzchni, jest jedną z najskuteczniejszych metod ich usuwania. Celem pracy jest analiza możliwości zastosowania sorpcji w oczyszczaniu wód z organicznych zanieczyszczeń, ze szczególnym uwzględnieniem grupy związków fenolowych oraz ocena sposobów zagospodarowania zużytych sorbentów[1]. Przedmiotem analizy są wybrane sorbenty, takie jak węgle aktywne, materiały mineralne, polimerowe, kompozytowe, hybrydowe, a także odpadowe. Analizie poddano mechanizmy oddziaływań sorbent-adsorbat (w tym oddziaływania hydrofobowe, van der Waalsa, elektrostatyczne, czy wiązania wodorowe). Zwrócono uwagę na czynniki wpływające na efektywność sorpcji, takie jak: właściwości sorbentu, budowa chemiczna adsorbatu, pH, temperatura oraz skład ośrodka wodnego. Istotnym elementem jest także ocena zmian właściwości sorbentu po procesie oraz konieczność minimalizacji odpadów[2]. Badania wskazują, że regeneracja zużytych sorbentów (metodami termicznymi, chemicznymi lub fizykochemicznymi) może umożliwiać ich ponowne wykorzystanie, redukując koszty i obciążenie środowiska. Wybór metody regeneracji powinien uwzględniać rodzaj sorbentu, charakter zanieczyszczeń oraz ryzyko powstawania wtórnych odpadów. W przypadku braku możliwości regeneracji, konieczne jest bezpieczne zagospodarowanie zużytego materiału, z uwzględnieniem jego potencjalnej toksyczności. Racjonalne zarządzanie zużytymi sorbentami, obejmujące regenerację, recykling lub utylizację, jest kluczowe dla zrównoważonego stosowania technologii adsorpcyjnych w oczyszczaniu wód i ścieków[3].

Słowa klucz: *sorbenty, adsorpcja, organiczne zanieczyszczenia wód, oczyszczanie wód i ścieków, regeneracja sorbentów*

Temat pracy jest związany z realizacją programu rozwojowego Młodych Naukowców na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (nr projektu: SUBM.WTT.26.042).

[1]S. Mamman, S.S. Abdullahi, A.H. Birniwa, O.D. Opaluwa, R.E.A. Mohammad, O. Okiemute, S.B. Suleiman, A.H. Jagaba, Influence of adsorption parameters on phenolic compounds removal from aqueous solutions: A mini review, Desalination and Water Treatment 320 (2024) 100631. https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100631.

[2]J. Jjagwe, P.W. Olupot, E. Menya, H.M. Kalibbala, Synthesis and Application of Granular Activated Carbon from Biomass Waste Materials for Water Treatment: A Review, Journal of Bioresources and Bioproducts 6 (2021) 292–322. https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.03.003.

[3] A.I. Osman, E.M.A. El-Monaem, A.M. Elgarahy, C.O. Aniagor, M. Hosny, M. Farghali, E. Rashad, M.I. Ejimofor, E.A. López-Maldonado, I. Ihara, P.-S. Yap, D.W. Rooney, A.S. Eltaweil, Methods to prepare biosorbents and magnetic sorbents for water treatment: a review, Environ Chem Lett 21 (2023) 2337–2398. https://doi.org/10.1007/s10311-023-01603-4.

INVESTIGATION OF PARTICLEBOARDS CONTAINING RECYCLED WIND TURBINE BLADE REGRIND WITH CARBON FOOTPRINT ANALYSIS

Anna Czajkowska[1], Tomasz Rydzkowski[1], Wiesław Szada-Borzyszkowski[2], Małgorzata Smuga-Kogut[3]

[1]Koszalin University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Energetics, Department of Food Industry Processes and Equipment, Koszalin, Poland
[2]Branch Campus of Koszalin University of Technology in Szczecinek, Szczecinek, Poland
[3]Koszalin University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Energetics, Department of Agrobiotechnology, Koszalin, Poland

E-mail: anna.czajkowska@tu.koszalin.pl

The objective of the performed LCA analysis was to determine the carbon footprint of flat-pressed particleboards incorporating regrind from decommissioned wind turbine blades in their structure. A cut-off approach was applied in the study, according to which the waste raw material is not burdened with the environmental impacts stemming from the primary production of the composite. It was shown that the carbon footprint of the tested particleboards falls within the range of 27–40 kg CO_2e/m^2, depending on the binder used and the pressing technology. The lowest GWP of approximately 32 kg CO_2e/m^2 was obtained for the variant containing wind turbine blade regrind in the core and wood chips in the face layers, bonded with polyurethane resin at a 25.5% glue content. The highest emissions, reaching approximately 45 kg CO_2e/m^2, were observed for the variant made of wind turbine blade regrind throughout all layers of the board, bonded with a 25.5% epoxy resin content and pressed at 100°C. Resin production has the largest impact on the generated emissions, accounting for 60–80% of the total carbon footprint; however, using a polyurethane binder instead of an epoxy resin allows for a reduction of this parameter by up to 30%. The utilization of regrind as a secondary material significantly lowers the carbon footprint compared to using primary raw materials, making the developed technology a potentially vital component of circular economy strategies in the wind energy sector. Furthermore, although End-of-Life (EoL) perspectives were not explicitly included in the emission balance, the analyzed potential waste management scenarios — comprising mechanical grinding, energy recovery, and co-processing in cement kilns — could lead to additional environmental credits within a circular economy framework in the future.

Keywords: *carbon footprint, particleboards, polymer resins, LCA*

POLYMER BLENDS WITH VALORIZED MECHANICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES FOR FLAT FILM EXTRUSION

Dorota Czarnecka-Komorowska[1], Łucja Zmyślona, Wiktoria Kanciak[2]

[1]Poznan University of Technology – Faculty of Mechanical Engineering, Plastics Division,

E-mail: Dorota.Czarnecka-Komorowska@put.poznan.pl

The paper presents a novel technological solution for the production of cast film for extrusion processes, based on blended and upcycled polymer waste. A comparative analysis was conducted on the mechanical and functional properties of the cast film obtained from low-density polyethylene (LDPE) and polystyrene (PS), modified with a PE-g-MAH compatibilizer. Compositions with varying mass fractions of PS were investigated. Based on the mechanical testing and thermal properties (DSC) results, the physicochemical parameters of the films were determined. A comprehensive evaluation included the assessment of haze, gloss, and water vapor permeability. It was demonstrated that the developed formulation of the LDPE/PE-g-MAH/PS polymer blend confirms the high recycling potential of thermoplastic waste within the framework of a circular economy.

Keywords: *cicrcular economy, recycling, valorizaction, compatybilization, cast film*

BADANIE SZCZELNOŚCI OPAKOWAŃ KROKIEM W KIERUNKU PERFEKCYJNEGO OPAKOWANIA

Krzysztof Czerwiński[1]

[1]Witt Polska Sp. z o. o.

E-mail: czerwinski@wittgas.com

Opakowania powinny być w pełni szczelne, jednak nawet przy zachowaniu najwyższej dbałości w procesie pakowania nie da się całkowicie uniknąć wadliwego opakowania produktów. Wady w procesie uszczelniania lub wady materiałowe mogą łatwo doprowadzić do nieszczelności, czasem mikroskopijnych rozmiarów. Właśnie dlatego na przestrzeni lat wykrywanie nieszczelności i badanie nienaruszalności zamknięcia opakowań stało się nieodzowną częścią procesu zapewniania jakości – zarówno w wypadku opakowań żywności, jak i opakowań innych produktów wrażliwych, na przykład w przemyśle farmaceutycznym lub chemicznym. Systemy wykrywania nieszczelności opakowań marki WITT sprawiają, że zapewnianie i dokumentowanie jakości staje się kompletne, a jakość produktów docierających do konsumenta jest gwarantowana i weryfikowalna. Dzięki badaniu szczelności opakowań można w łatwy i pewny sposób uniknąć niepożądanych zwrotów, nadszarpnięcia reputacji, konsekwencji prawnych, a w najgorszym wypadku – utraty klienta.

Nawiasem mówiąc, to nie tylko szczelność opakowań z żywnością, butelek PET i puszek, które można przetestować za pomocą serii LEAK-MASTER®. Te detektory nieszczelności są również powszechnie stosowane w innych gałęziach przemysłu: na przykład w przemyśle motoryzacyjnym różne elementy, takie jak światła tylne, migacze i reflektory, muszą być wodoszczelne, a zatem są sprawdzane pod względem szczelności. Również w kosmetykach i farmaceutykach, produkty takie jak fiolki, zestawy do testów laboratoryjnych i opakowania na leki są losowo testowane pod względem szczelności. Doskonała jakość opakowania daje przewagę konkurencyjną.

Za sprawą asortymentu LEAK-MASTER® firma WITT oferuje ostateczne rozwiązania do wykrywania nieszczelności i badania nienaruszalności zamknięcia opakowań. Są to certyfikowane systemy przeznaczone do wszystkich typów opakowań – w atmosferze modyfikowanej (MAP) lub próżniowych. Z myślą o optymalizacji zapewnienia jakości oferujemy wybór urządzeń do wykrywania nieszczelności opakowań za pomocą badań losowych lub badań na linii pakującej, opartych na wykrywaniu obecności CO_2 lub próbach pęcherzykowych z zastosowaniem kąpieli wodnej.

Słowa kluczowe: *analiza, szczelność, badanie szczelności, nieszczelność, kontrola*

PORÓWNANIE POD WZGLĘDEM PRZYDATNOŚCI TECHNOLOGICZNEJ ODPADÓW PIEKARSKICH Z CUKIERNICZYMI JAKO SUROWCA DO PRODUKCJI PIECZYWA

Zdzisław Domiszewski[1], Natalia Płotka[2], Sylwia Mierzejewska[1], Monika Sterczyńska[1]

[1]Politechnika Koszalińska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki,
Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, ul. Racławicka 15–17, 75-620 Koszalin
[2]Piekarnia Manufaktura Płotka, Łeba

E-mail: zdzislaw.domiszewski@tu.koszalin.pl

Branża piekarnicza stoi przed wyzwaniem ograniczenia strat surowców oraz zagospodarowania nadwyżek i zwrotów pieczywa. Jednym z możliwych kierunków ograniczenia marnotrawstwa żywności jest ponowne wykorzystanie zwrotów piekarniczych i cukierniczych jako surowca wtórnego w procesie produkcji pieczywa.

Celem badań było porównanie przydatności technologicznej zwrotów piekarniczych i cukierniczych oraz określenie wpływu ich dodatku na jakość chleba żytniego na zakwasie. W warunkach laboratoryjnych przygotowano wypieki z udziałem zwrotów piekarniczych i cukierniczych w ilości 10%, 30% oraz 60% w stosunku do masy mąki. Ocenie poddano najważniejsze cechy fizykochemiczne (kwasowość, wilgotność, porowatość, objętość) i sensoryczne (smak, zapach, tekstura) otrzymanego pieczywa.

Wykazano, że zastosowanie 10% dodatku zarówno zwrotów piekarniczych, jak i cukierniczych nie powodowało pogorszenia jakości chleba. W przypadku zastosowania zwrotów cukierniczych uzyskano nawet korzystne cechy sensoryczne, obejmujące gładką i równomiernie wybarwioną skórkę oraz miękisz o pożądanej strukturze i porowatości. Zwiększenie udziału zwrotów do 30% prowadziło natomiast do wyraźnego pogorszenia jakości pieczywa, przejawiającego się zmniejszeniem wilgotności miękiszu, obniżeniem objętości bochenków oraz spadkiem ocen sensorycznych. Najmniej korzystne właściwości uzyskano dla chleba zawierającego 60% zwrotów. Produkty te charakteryzowały się zbitą strukturą miękiszu, zwiększoną twardością oraz niekorzystnym profilem smakowo-zapachowym. Wszystkie analizowane warianty pieczywa mieściły się w granicach określonych przez normę PN-A-74103:1993 w zakresie kwasowości, co potwierdza prawidłowy przebieg procesu fermentacji ciasta.

Uzyskane wyniki wskazują, że wykorzystanie zwrotów piekarniczych i cukierniczych w ilości do 10% jest technologicznie uzasadnione i może przyczynić się do ograniczenia marnotrawstwa żywności bez pogorszenia jakości chleba żytniego na zakwasie. Udział zwrotów przekraczający 30% nie jest zalecany ze względu na znaczące pogorszenie właściwości fizykochemicznych i sensorycznych pieczywa. Wyniki stanowią podstawę do dalszych badań nad optymalizacją technologii wykorzystania zwrotów oraz opracowaniem efektywnych metod ich zagospodarowania w produkcji piekarskiej.

Słowa kluczowe: *zwroty piekarnicze, zwroty cukiernicze, zakwas, jakość pieczywa, marnotrawstwo żywności*

THE USE OF WASTE LIGNIN AS A PROTECTIVE LAYER IN PACKAGING

Adam Ekielski[1]

[1] Faculty of Computer Science and Engineering, Warsaw University of Life Sciences, 164 Nowoursynowska St., Building 34, 02-776 Warsaw

E-mail: adam_ekielski@sggw.edu.pl

Growing demands to reduce the use of petrochemical-based plastics and to implement the principles of the circular economy are driving the rapid development of biodegradable packaging materials. A particularly promising raw material is waste lignin, a natural aromatic polymer obtained primarily from the pulp and paper industry and the processing of lignocellulosic biomass. The aim of the research is to assess the potential for using lignin, including nanolignin and its chemically modified derivatives, to produce multifunctional protective layers on the surface of packaging materials, with particular emphasis on improving mechanical, barrier, optical, hydrophobic and biological properties.

The study analysed the results of research on lignin obtained using the Kraft, organosolv and eutectic solvent extraction methods, and characterised coating technologies, including dip coating, spray coating, layer-by-layer (LbL) coating and Pickering emulsion coating.

Analysis of the cited studies showed that appropriate modification of lignin and its integration into a polymer matrix can lead to a reduction in water vapour permeability of over 50% (figure 1) and oxygen permeability of over 55%, as well as an increase in tensile strength of up to over 200% compared with reference materials. It was also demonstrated that it is possible to produce coatings that block up to 99.4% of ultraviolet radiation and exhibit high antimicrobial activity, including 99.3% inhibition of Staphylococcus aureus growth.

Of particular significance is the increase in surface hydrophobicity, manifested by a water contact angle exceeding 130°, which indicates the potential to improve the packaging's resistance to moisture. The mechanisms underlying the improvement in the functional properties of the coatings are primarily linked to the formation of hydrogen bonds between the lignin and the polymer matrix, an increase in the tortuosity of gas diffusion pathways, and the presence of active phenolic groups responsible for antioxidant properties. The comparative section of the article also presents a comparison of the mechanical, barrier and biological parameters of various coating formulations, as well as their potential application in smart packaging systems that enable the monitoring of food freshness through a colour change in pH indicators.

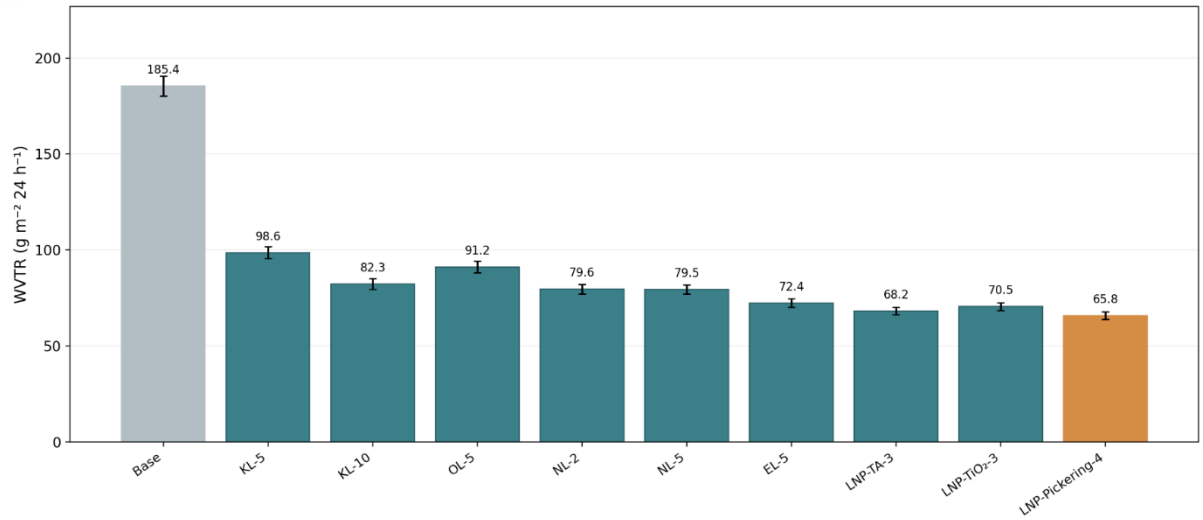


Fig. 1.Water Vapour Transmission Rate (WVTR), Waste –lignin protective coatings on paper. Base: Uncoated paper, KL:Kraft lignin, OL: Organosolv lignin, NL: Lignin, nanoparticles, EL: Esterified lignin, LNP:Lignin nanoparticles, TA: Tannic acid, TiO_2: Titanium dioxide, LNP-Pickering: Lignin nanoparticle-based Pickering emulsion coating. The number in the sample designation, e.g., NL-5, indicates a lignin concentration of 5% by weight.

The analysis carried out indicates that waste lignin is a promising raw material for the production of active and smart packaging materials, enabling an increase in packaging functionality whilst simultaneously valorising industrial by-products. Further development of this technology requires standardisation of the raw material's properties, optimisation of nanolignin modification methods, experimental confirmation of the durability and safety of the coatings, and the development of economically viable technologies for their production on an industrial scale.

Keywords: *waste lignin, nanolignin, lignin nanoparticles, protective coatings, biodegradable packaging, active packaging, barrier properties, antimicrobial activity, circular economy*

ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI TERMOMECHANICZNYCH I STRUKTURALNYCH KOMPOZYTU GUMA-POLIMER

Marek Filipek[1], Rafał Gołębski[1], Adam Gnatowski[1]

[1]Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej,
Katedra Technologii i Automatyzacji, Armii Krajowej 21, 42-201 Częstochowa,

E-mail: marek.filipek@pcz.pl

Materiały kompozytowe wytwarzane w 100% z recyklatu, stosowane jako różnego typu elementy maszyn i urządzeń, obecnie są bardzo rzadko wytwarzane i stanowią bardzo duże wyzwanie zarówno ze względu na kontrolę samego procesu technologicznego jak i opanowania uzyskania pożądanej struktury i właściwości termomechanicznych materiału. Przedmiotem analizy był kompozyt termoplastyczny guma – polimer. Obydwa składniki otrzymano w procesie recyklingu. Jako osnowy polimerowej kompozytu użyto polietylenu o małej gęstości (LDPE) posiadającego temperaturę topnienia niższą niż temperatura degradacji napełniacza. Jako napełniacz zastosowano rozdrobnioną gumę jako materiał recyklingowy z zużytych opon, który przesiano na sitach z użyciem wytrząsarki oscylacyjnej celem otrzymania pożądanych zakresów frakcji. Metodą prasowania na gorąco wytworzono próbki badawcze o różnych proporcjach składu osnowa-wypełniacz i poddano analizie celem oceny ich właściwości termomechanicznych. Termiczną analizę dynamicznych właściwości mechanicznych kompozytu wykonano metodą DMTA. W trakcie badania kompozyt był poddawany zmiennym naprężeniom przy jednoczesnym kontrolowaniu temperatury. Określono wpływ zachowania materiału na zmienne warunki obciążenia oraz wartości takie jak moduł Younga, tłumienie, kruchość oraz stopień relaksacji. Uzyskane rezultaty wykazały, że zarówno zawartość osnowy - polimeru, jak i frakcja wypełniacza - gumy mają istotny wpływ na właściwości mechaniczne kompozytu.

Słowa kluczowe: *prasowanie kompozytów na gorąco, polietylen, guma, termiczna analiza dynamicznych właściwości mechanicznych, recyklat*

WPŁYW WYBRANYCH ODPADÓW SPOŻYWCZYCH NA WŁAŚCIWOŚCI BIOKOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH

Stanisław Frąckowiak[1], Joanna Ludwiczak[1], Kinga Raszewska, Oliwia Żyszkiewicz

[1]Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska,
Katedra Gospodarki Wodno-Ściekowej i Technologii Odpadów

E-mail: stanislaw.frackowiak@pwr.edu.pl

Rosnące zainteresowanie materiałami przyjaznymi dla środowiska oraz założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym stwarza potrzebę opracowywania nowych biokompozytów wykorzystujących surowce odnawialne i odpadowe. Jednym z obiecujących kierunków jest zagospodarowanie odpadów pochodzenia rolno-spożywczego poprzez ich zastosowanie jako funkcjonalnych napełniaczy w biodegradowalnych matrycach polimerowych. Cenny materiał odpadowy stanowią fusy kawowe (SCG, *spent coffee grounds*), które ze względu na powszechne spożycie kawy są łatwo dostępne i powstają w znacznych ilościach na całym świecie. SCG stanowią cenny surowiec wtórny, bogaty w składniki lignocelulozowe oraz związki bioaktywne, dzięki czemu mogą pełnić nie tylko funkcję napełniacza, ale również wpływać korzystnie na właściwości użytkowe materiałów kompozytowych. Takie podejście pozwala jednocześnie ograniczyć zużycie surowców pierwotnych oraz zagospodarować odpady, które w przeciwnym razie wymagałyby utylizacji.

Celem pracy było opracowanie biodegradowalnych kompozytów polimerowych na bazie mieszanin kwasu polimlekowego (PLA) i poli(bursztynianu butylenu) (PBS), modyfikowanych dodatkiem fusów kawowych, oraz kompleksowa ocena ich właściwości użytkowych. Materiały wytworzono metodą mieszania w stanie stopionym, a następnie poddano badaniom właściwości mechanicznych, reologicznych, termicznych i strukturalnych oraz ocenie biodegradowalności.

Uzyskane wyniki potwierdziły możliwość skutecznego wykorzystania fusów kawowych jako napełniacza biodegradowalnych kompozytów. Dodatek SCG wpływał na właściwości mechaniczne i reologiczne materiałów, zachowując jednorodną strukturę kompozytów oraz sprzyjając ich biodegradacji. Otrzymane wyniki potwierdzają potencjał opracowanych biokompozytów jako materiałów zgodnych z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym i wskazują na możliwość ich dalszego rozwoju w kierunku zrównoważonych zastosowań.

Słowa kluczowe: *kompozyty PLA/PBS, biokompozyty, fusy z kawy, biodegradacja*

APPLICATION OF PHA POLYHYDROCYALKANOATE DERIVATIVES IN THE PACKAGING INDUSTRY – POSSIBILITIES AND LIMITATIONS

Wiesław Frącz, Grzegorz Janowski, Łukasz Bąk

Rzeszów University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautics, Department of Materials Forming and Processing, Rzeszów, Poland

E-mail: wf@prz.edu.pl

Polyhydroxyalkanoates (PHAs) constitute a diverse group of bio-based and biodegradable polyesters with significant potential for application in sustainable packaging systems. This paper presents an overview of the opportunities and limitations associated with the use of selected representatives of this group, including poly(3-hydroxybutyrate) (PHB), poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (PHBV), poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) (PHBH), and more flexible, amorphous PHA grades. Particular attention is given to their mechanical, thermal, processing, and barrier properties, which determine the suitability of PHAs for the production of rigid packaging, flexible films, paper coatings, multilayer structures, and active packaging systems.

The main advantages of PHAs include good oxygen barrier properties, the possibility of production from renewable feedstocks, and biodegradability under appropriate environmental conditions. However, the wider implementation of these materials in industry remains limited by their relatively high production costs, narrow processing window for certain grades, susceptibility to thermal degradation, brittleness of highly crystalline grades, aging phenomena, and insufficient water vapor barrier performance in some applications. Current development directions therefore include the design of copolymers with tailored compositions, blending PHAs with other biodegradable polymers, plasticization, incorporation of functional fillers, and optimization of processing conditions.

The future role of PHAs in the packaging sector will depend not only on further improvements in their properties and production efficiency, but also on their compatibility with recycling systems, food-contact requirements, and regulations supporting the circular economy. Therefore, PHAs should not be regarded as universal substitutes for conventional polyolefins, but rather as a functional group of materials that is particularly attractive for packaging applications in which biodegradability, barrier properties, and renewable feedstock origin can provide tangible technological and environmental benefits.

Keywords: *polyhydroxyalkanoates, PHA, sustainable packaging, biodegradable polymers, barrier properties, circular economy*

RECYKLING ORAZ WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI POROWANEGO PVC

Tomasz Garbacz[1], Jakub Gawrjołek[2], Joanna Tomasik[3]

[1]Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny,
Katedra Technologii i Przetwórstwa Tworzyw Polimerowych,
[2]Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny
[3]Szkoła Doktorska w Politechnice Lubelskiej

E-mail: t.garbacz@pollub.pl

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu długoterminowego starzenia naturalnego oraz recyklingu na właściwości mechaniczne kompozycji z tworzyw wtórnych. Tworzywem bazowym był polichlorek winylu (PVC) modyfikowany środkiem porującym. Badaniom poddano kompozycje niemodyfikowane oraz modyfikowane poroforem o zawartości wagowo od 0,25% do 1%. W badaniach porównano właściwości kompozycji wytworzonych w 2021 roku, z wynikami otrzymanymi obecnie po pięciu latach naturalnego starzenia materiałów oraz procesie recyklingu mechanicznego. Wykonano badania przetwarzalności kompozycji po recyklingu oraz wybrane właściwości mechaniczne wyrobów wytworzonych z recyklatów.

Wyroby w postaci taśmy wytworzono metodą wytłaczania. Zastosowano polichlorek winylu (PVC) o nazwie handlowej Alfavinyl GFM/4-31, wyprodukowany przez firmę Alfa sp. z o.o. Tworzywo to ma gęstość 1230 kg/m³ i twardość 80 Sh° A. Środkiem porujący był Expancel 950 MB80 produkowany przez firmę Akzo Nobel. Jest to chemiczny środek porujący o charakterystyce endotermicznej. Expancel 950 MB80 to środek w postaci kulistych kapsułek z polimeru termoplastycznego (mikrosfer), zawierających gaz węglowodorowy. Produkty rozkładu obejmują głównie dwutlenek węgla CO_2, niewielką ilość wody H_2O oraz azot N_2.

Przetwarzanie kompozycji polimerowych przeprowadzono przy zastosowaniu wytłaczarki jednoślimakowej typu W-25 o średnicy ślimaka D = 25 mm. Linia technologiczna składała się z głowicy do wytłaczania taśmy, wanny chłodzącej oraz odciągu taśmowego. Recykling mechaniczny wykonano przez proces rozdrabniania taśm tworzywa, przy zastosowabiu młyna nożowego Xiecheng XC-GP230. Urządzenie pracuje w układzie tnącym, w którym materiał podawany do komory roboczej poddawany jest działaniu zespołu noży obrotowych współpracujących z nożami stałymi. W przypadku zastosowanego modelu proces realizowany był w komorze tnącej o wymiarach 230 × 200 mm, wyposażonej w sześć noży wirujących oraz dwa noże stałe. Rozdrobnione tworzywo przechodzi przez sito o średnicy oczek 8 mm, proces ten umożliwia otrzymanie granulatu o jednorodnym rozdrobnieniu. Wtórne wytworzenie taśm zrealizowano przy zastosowaniu linii technologicznej wytłaczania dwuślimakowego. Zastosowano wytłaczarkę dwuślimakową Zamak Mercator EHP 2x20 z głowicą do wytwarzania taśmy płaskiej, wannę chłodzącą oraz odciąg taśmowy.

W wykonanej analizie wskaźnika szybkości płynięcia wykazano zmiany wartości tego wskaźnika na przestrzeni lat. Zauważono, że wzrost zawartości środka porującego do 1% wagowo przełożył się na zwiększenie wartości wskaźnika MFR z 0,69 g/10 min dla próbki litej do 1,66 g/10 min. Wyniki badań z 2026 roku wykazały wyższe wartości MFR we wszystkich seriach, np. dla próbki z 1% dodanego

poroforu wskaźnik wzrósł do 2,01 g/10 min). Wynika to z procesu mielenia i degradacji materiału pierwotnego. Siły ścinające towarzyszące procesom rozdrabniania materiału doprowadziły do zerwania wiązań w łańcuchach polimerowych. Recyklaty PVC charakteryzują się lepszym płynięciem niż pierwotny materiał.

W badaniach wytrzymałości na rozciąganie zaobserwowano różnice we właściwościach kompozycji po okresie starzenia naturalnego bez recyklingu oraz po rozdrobnieniu i ponownym wytłoczeniu. Odnosząc się do wyników z 2021 r., 1% dodanego poroforu wywołał spadek wytrzymałości na rozciąganie z ok. 13 MPa dla czystego PVC do ok. 6 MPa, przy zmniejszeniu wydłużenia z ok. 300% do 190%. Ponowne wytłoczenie doprowadziło do usunięcia struktury porowatej a to przełożyło się na ujednolicenie tworzywa i zbliżenie do pierwotnych właściwości wytrzymałościowych tworzywa. Przetworzone kompozycje z zawartością 1% poroforu posiadały wytrzymałość wynoszącą około 13 MPa oraz osiągnęły wydłużenie wynoszące ponad 700%.

Pomiary twardości metodą Shore'a w skali A wskazały, że dodanie środka porującego obniżyło twardość z wartości około 78°Sh dla próbek litych do 63°Sh dla kompozycji z zawartością 1% poroforu w 2021 r. Z upływem pięciu lat przechowywania oraz starzenia naturalnego, twardość próbek uległa podwyższeniu np. dla próbek litych wzrost twardości do ok. 83°Sh. Po ponownym wytłoczeniu twardość wszystkich kompozycji wyrównała się i osiągnęła wartości w przedziale 79 - 83°Sh. Usunięcie pustych przestrzeni w strukturze, które spowodowane jest rozdrobnieniem i wytłoczeniem sprawiło, że w przetworzonych kompozycjach twardość wzrosła do i osiągnęła poziom taki jak w próbkach z czystego niemodyfikowanego PVC.

Proces porowania PVC przez dodanie poroforu jest skuteczny, jedynie po pierwszym przetworzeniu tworzywa. Modyfikacja to pozwala na zmniejszenie gęstości tworzywa, lecz wiąże się z pogorszeniem właściwości wytrzymałościowych. Starzenie naturalne kompozycji PVC prowadzi do powolnego usztywniania się osnowy. Proces recyklingu niszczy całkowicie strukturę porowatą tworzyw zmodyfikowanych środkiem porującym. Utrata charakteru porowatego powoduje wyrównanie struktury, a to skutkuje otrzymaniem właściwości mechanicznych zbliżonych do czystego PVC lub niekiedy nawet wyższych.

Przeprowadzone badania wykazują również, że wtórne wykorzystanie tworzyw polimerowych jest uzasadnione. Kompozycje po recyklingu nie stają się odpadem o zmniejszonej wartości użytkowej, lecz przekształcają się w jednorodne tworzywo o właściwościach zbliżonych do czystego PVC. Oznacza to, że tworzywa po zakończeniu pierwszego cyklu życia mogą zostać ponownie wprowadzone do obiegu materiałowego.

Słowa kluczowe: *wytłaczanie PVC, recykling materiałowy, starzenie, przetwarzalność, właściwości mechaniczne*

HOW CAN BREWERY WASTE BE UTILIZED? - ALTERNATIVE PROTEINS FROM SIDE-STREAMS

Leif-Alexander Garbe[1]

[1]Hochschule Neubrandenburg - University of Applied Sciences Brodaer Str. 2 17033 Neubrandenburg – Germany

E-mail: garbe@hs-nb.de

The presentation explores how brewer's spent grain, a major side-stream of beer production, can be valorized as a source of alternative proteins. Against the background of the need to diversify Europe's protein supply, the MaltFungiProtein project investigates the use of fungal fermentation to convert brewer's spent grain into protein-rich fungal biomass. The presentation outlines the interdisciplinary process from side-stream to food application and presents first results on protein content, protein quality and a food prototype based on fungal mycelium. Finally, it discusses the potential of this approach for circular and regional protein value chains, as well as remaining challenges related to scale-up, product quality, economic feasibility and regulatory requirements.

ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI TERMICZNYCH MIESZANIN POLIMEROWYCH POLIPROPYLENU I POLIAMIDU 6 Z DODATKIEM POLIWINYLOPIROLIDONU

Adam Gnatowski[1], Rafał Gołębski[1], Marek Filipek[1], Paweł Palutkiewicz[1]

[1]Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej,
Katedra Technologii i Automatyzacji, Armii Krajowej 21, 42-201 Częstochowa,

E-mail: adam.gnatowski@pcz.pl

Mieszaniny polimerowe, stanowiące połączenie co najmniej dwóch materiałów polimerowych o odmiennych właściwościach, są powszechnie wykorzystywane w wielu sektorach przemysłu. Łączenie różnych polimerów umożliwia otrzymywanie materiałów charakteryzujących się nowymi lub ulepszonymi właściwościami fizycznymi, termicznymi oraz chemicznymi.

Przedmiotem badań były niemieszające się układy polimerowe składające się z polipropylenu (PP) – Malen P J-400 produkcji Basell Orlen oraz poliamidu 6 (PA6) – Tarnamid T-27 firmy Grupa Azoty. Do mieszanin wprowadzono kompatybilizator w postaci poliwinylopirolidonu (PVP) w celu poprawy oddziaływań międzyfazowych pomiędzy składnikami.

Próbki badawcze otrzymano metodą formowania wtryskowego. W procesie przetwórstwa zastosowano zróżnicowane parametry technologiczne, obejmujące temperaturę wtrysku oraz czas chłodzenia wyprasek w formie.

Analizę właściwości termicznych przeprowadzono z wykorzystaniem różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC), na podstawie której wyznaczono stopień krystaliczności oraz temperaturę topnienia badanych materiałów. Uzyskane wyniki wskazały na istotne zmiany stopnia krystaliczności badanych mieszanin, przy jednocześnie niewielkich różnicach w wartościach temperatury topnienia.

Słowa kluczowe: *formowanie wtryskowe, polipropylen, poliamid 6, poliwinylopirolidon, mieszaniny polimerowe, różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC)*

BADANIE STRUKTURY WEWNĘTRZNEJ KOMPOZYTU METAL-POLIMER METODĄ TOMOGRAFII KOMPUTEROWEJ

Rafał Gołębski[1], Adam Gnatowski[1], Marek Filipek[1]

[1]Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej,
Katedra Technologii i Automatyzacji, Armii Krajowej 21, 42-201 Częstochowa

E-mail: rafal.golebski@pcz.pl

Kompozyty polimerowe, które są coraz częściej stosowane w nowoczesnych konstrukcjach, nabierają znaczenia jako materiały zastępujące tradycyjne surowce w różnych sektorach przemysłu. Dzięki swoim unikalnym właściwościom, takim jak lekkość, wysoka wytrzymałość mechaniczna oraz odporność na korozję, materiały te znajdują zastosowanie w produkcji zaawansowanych technologicznie komponentów oraz przedmiotów codziennego użytku.

Dla potrzeby analiz wykonano próbki kompozytów o bardzo dużej zawartości napełniacza, w których osnowa polimerowa stanowiła 5 – 15% zawartości masowo. Badania podjęte w pracy obejmowały kompozyty z napełniaczami ze stopów aluminium i mosiądzu oraz osnowy PA6 i PEEK. Tomografia komputerowa obejmowała analizę materiałów kompozytowych o zróżnicowanych proporcjach napełniacza metalicznego, o różnych frakcjach oraz osnowy w różnych proporcjach wagowych. Celem pracy było określenie wpływu tych proporcji na strukturę kompozytów, co było kluczowe dla analizy zależności wpływu procesu przetwórstwa i właściwości jednorodności struktury. Do analizy próbek zastosowano tomografię komputerową przy użyciu systemu ZEISS METROTOM 1500, co umożliwiło uzyskanie trójwymiarowych obrazów wewnętrznej struktury materiałów oraz precyzyjne określenie jednorodności struktur poszczególnych składów materiału.

Słowa kluczowe*: kompozyt, poliamid 6, polieteroeteroketon, wióry aluminium, wióry mosiężne, komputerowa tomografia*

AUTOMATYZACJA PROCESU RÓŻYCZKOWANIA I KALIBROWANIA BROKUŁU WŁOSKIEGO W OBIEGU ZAMKNIĘTYM

Krzysztof Jadwisieńczak[1], Dariusz Choszcz[1], Joanna Majkowska-Gadomska[2]

[1]Katedra Pojazdów i Maszyn, Wydział Nauk Technicznych,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. M. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn
[2]Katedra Agroekosystemów i Ogrodnictwa, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. R. Prawocheńskiego 21, 10-957 Olsztyn

E-mail: krzychj@uwm.edu.pl

Gospodarka o obiegu zamkniętym w sektorze rolno-spożywczym wymaga poszukiwania rozwiązań umożliwiających pełne wykorzystanie surowców oraz ograniczenie strat powstających podczas ich przygotowania i przetwarzania. Szczególne znaczenie ma właściwe przygotowanie surowca przeznaczonego do dalszego zagospodarowania, ponieważ uzyskanie produktu o odpowiedniej jakości i wymaganych wymiarach zwiększa możliwość jego przyjęcia przez odbiorcę. W przypadku brokułu włoskiego jednym z istotnych problemów jest pracochłonność procesu różyczkowania i rozdrabniania oraz konieczność uzyskania jednorodnego półproduktu odpowiadającego wymaganiom dalszego przetwarzania. Niespełnienie określonych parametrów może skutkować odrzuceniem części surowca, powodując straty ekonomiczne producenta oraz zwiększenie masy pozostałości poprodukcyjnych.

Celem niniejszej pracy było opracowanie i ocena rozwiązania konstrukcyjnego umożliwiającego automatyzację procesu przygotowania róż brokułu oraz uzyskanie jednorodnego półproduktu o określonych wymiarach. Założeniem prowadzonych prac było zastąpienie części pracy ręcznej pracą urządzeń, skrócenie czasu przetwarzania oraz zwiększenie powtarzalności uzyskiwanego produktu. Istotnym aspektem było również takie przygotowanie surowca, aby spełniał wymagania odbiorcy, co może zwiększać możliwość jego przyjęcia przez chłodnie i zakłady przetwórcze, a tym samym ograniczać straty surowca po stronie producenta rolnego. Opracowane rozwiązanie konstrukcyjne stanowi element linii technologicznej przeznaczonej do przerobu róż brokułu.

W badaniach analizowano wpływ wybranych parametrów pracy kruszarki na skuteczność uzyskiwania prawidłowo rozdrobnionych róż brokułu. Materiał badawczy stanowiły róże brokułu pochodzące z gospodarstw indywidualnych oraz Ogrodu Ośrodka Dydaktyczno-Doświadczalnego UWM w Olsztynie. Analizowano wpływ prędkości obrotowej oraz liczby ramion roboczych kruszarki na skuteczność procesu. Istotność różnic pomiędzy analizowanymi wariantami oceniono z wykorzystaniem testu Kruskala-Wallisa. Wykazano istotny statystycznie wpływ prędkości obrotowej kruszarki wyposażonej w osiem ramion na skuteczność procesu ($H(3,N=120)=10,76$; $p=0,0131$). Najkorzystniejsze rezultaty uzyskano przy prędkości 8 obr/min. Jednocześnie analiza wpływu liczby ramion przy tej prędkości nie wykazała istotnych statystycznie różnic ($H(2,N=86)=1,85$; $p=0,3972$). Zastosowanie kruszarki wyposażonej w osiem ramion, pracującej z prędkością 8 obr/min, pozwoliło uzyskać około 93% skuteczność prawidłowego rozdrobnienia róż brokułu, przy wydajności urządzenia wynoszącej około 200–700 kg/h. Uzyskane wyniki wskazują, że automatyzacja procesu przygotowania surowca może przyczynić się do zwiększenia jego jednorodności i powtarzalności,

co ma znaczenie dla dalszego procesu przetwarzania. Przygotowanie surowca o wymaganych wymiarach może zwiększać możliwość jego przyjęcia przez chłodnie i zakłady przetwórcze, ograniczając tym samym ryzyko strat po stronie rolnika. Jednocześnie ograniczenie ilości surowca pozostającego niewykorzystanego oraz możliwość dalszego zagospodarowania pozostałości poprodukcyjnych wpisują opracowane rozwiązanie w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym.

Słowa kluczowe: *brokuł, automatyzacja procesu, różyczkowanie, gospodarka o obiegu zamkniętym, ograniczenie strat surowca.*

WYKORZYSTANIE BIOMASY POCHODZENIA ROLNICZEGO I LEŚNEGO DO PRODUKCJI PALIW STAŁYCH

Krzysztof Jadwisieńczak[1], Dariusz Choszcz[1], Joanna Majkowska-Gadomska[2], Sławomir Obidziński[3],

[1]Katedra Pojazdów i Maszyn, Wydział Nauk Technicznych,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. M. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn
[2]Katedra Agroekosystemów i Ogrodnictwa, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, ul. R. Prawocheńskiego 21, 10-957 Olsztyn
[3]Katedra Inżynierii Rolno-Spożywczej i Kształtowania Środowiska,
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku,
Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

E-mail: krzychj@uwm.edu.pl

Rosnąca ilość odpadów pochodzenia rolniczego i leśnego stwarza potrzebę poszukiwania sposobów ich efektywnego zagospodarowania, w tym wykorzystania ich jako surowców do produkcji paliw stałych. Aglomeracja biomasy odpadowej w postaci granulatu może stanowić rozwiązanie łączące ograniczenie masy odpadów z uzyskaniem paliwa o właściwościach umożliwiających jego energetyczne wykorzystanie.

Celem badań było określenie wybranych właściwości granulatu paliwowego otrzymanego z trocin sosnowych z dodatkiem odpadu kukurydzianego pod kątem jego jakości i przydatności energetycznej.

Materiał badawczy stanowiły trociny sosnowe oraz rozdrobniony odpad kukurydziany. W procesie aglomeracji ciśnieniowej przygotowano mieszanki zawierające 0, 5, 10 i 15% odpadu kukurydzianego. Określono gęstość fizyczną, gęstość nasypową, wytrzymałość kinetyczną granulatu oraz zapotrzebowanie granulatora na moc. Dodatkowo oznaczono ciepło spalania i wartość opałową zastosowanych surowców.

Wraz ze zwiększeniem udziału odpadu kukurydzianego z 0 do 15% stwierdzono wzrost gęstości fizycznej granulatu z 1251,42 do 1268,08 kg/m³ oraz wytrzymałości kinetycznej z 98,11 do 98,51%. Jednocześnie gęstość nasypowa zmniejszyła się z 639,25 do 628,68 kg/m³, a zapotrzebowanie na moc granulatora z 5,01 do 4,84 kW. Trociny sosnowe charakteryzowały się wyższą wartością opałową w stanie suchym (18,89 MJ/kg) niż odpad kukurydziany (17,02 MJ/kg).

Wyniki wskazują, że wykorzystanie odpadu kukurydzianego jako dodatku do trocin sosnowych może być sposobem jego zagospodarowania, korzystnie wpływającym na wybrane właściwości mechaniczne granulatu i zmniejszającym energochłonność procesu granulacji.

Słowa kluczowe: *biomasa rolnicza, biomasa leśna, paliwa stałe, brykietowanie, gospodarka o obiegu zamkniętym.*

POTENCJAŁ STRUKTUROTWÓRCZY SKŁADNIKÓW ROŚLINNYCH W PROJEKTOWANIU FOLII JADALNYCH O FUNKCJONALNYCH WŁAŚCIWOŚCIACH OPAKOWANIOWYCH

Monika Janowicz[1], Agnieszka Ciurzyńska[1], Magdalena Karwacka[1], Karolina Szulc[1], Magdalena Piasecka[1], Sabina Galus[1]

[1]SGGW w Warszawie, Wydział Technologii Żywności, Katedra Inżynierii Żywności

E-mail: monika_janowicz@sggw.edu.pl

Zapewnienie bezpieczeństwa żywności wymaga nie tylko odpowiedniego doboru metod utrwalania, lecz również opracowania materiałów opakowaniowych zdolnych do skutecznej ochrony produktu przed czynnikami środowiskowymi, które mogą pogorszyć jego jakość. Współczesne trendy związane ze zrównoważonym rozwojem oraz gospodarką o obiegu zamkniętym wskazują na konieczność wykorzystania odnawialnych surowców roślinnych do projektowania biodegradowalnych materiałów opakowaniowych. Szczególne znaczenie przypisuje się foliom jadalnym, w których właściwości użytkowe determinowane są przez wzajemne oddziaływania pomiędzy biopolimerami naturalnie występującymi w surowcach roślinnych. Celem badań było określenie potencjału strukturotwórczego składników roślinnych w kształtowaniu funkcjonalnych właściwości kompozytowych folii jadalnych opartych na pektynie cytrusowej oraz przecierach warzywnych. Oceniono wpływ naturalnych polisacharydów i innych składników matrycy roślinnej na właściwości reologiczne roztworów błonotwórczych, mikrostrukturę, właściwości mechaniczne, optyczne oraz barierowe otrzymanych materiałów. Dodatkowo przedstawiono możliwości modyfikacji matrycy pektynowej z wykorzystaniem roślinnych składników bioaktywnych, takich jak olejowy ekstrakt z jarzębiny, wpływających na ograniczenie przepuszczalności pary wodnej oraz poprawę właściwości ochronnych folii. Uzyskane wyniki potwierdziły, że skład chemiczny surowców roślinnych oraz oddziaływania zachodzące pomiędzy pektyną a biopolimerami obecnymi w przecierach warzywnych umożliwiają świadome projektowanie mikrostruktury materiałów opakowaniowych. Powstające kompozytowe folie charakteryzowały się poprawionymi właściwościami mechanicznymi oraz korzystniejszą barierowością wobec gazów i pary wodnej, co ma bezpośrednie znaczenie dla ograniczania procesów utleniania, utraty wilgoci oraz wydłużenia trwałości produktów spożywczych. Wprowadzenie naturalnych składników bioaktywnych stwarza ponadto możliwość opracowania aktywnych materiałów opakowaniowych wspomagających ochronę jakości żywności. Przedstawione wyniki wskazują, że odpowiednie wykorzystanie potencjału strukturotwórczego składników roślinnych umożliwia projektowanie biodegradowalnych, kompozytowych folii jadalnych o właściwościach dostosowanych do wymagań współczesnych systemów pakowania żywności, łączących aspekty bezpieczeństwa, funkcjonalności oraz zrównoważonego rozwoju.

Słowa kluczowe: *folie jadalne, pektyna cytrusowa, składniki roślinne, właściwości barierowe*

WYKORZYSTANIE OBRÓBKI ULTRADŹWIĘKOWEJ DO UTRWALANIA SOKÓW OWOCOWO-WARZYWNYCH JAKO ALTERNATYWY DLA PASTERYZACJI TERMICZNEJ

Zbigniew Kobus[1]

[1]Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji, Katedra Podstaw Techniki

E-mail: zbigniew.kobus@up.edu.pl

Soki owocowo-warzywne są źródłem wielu cennych składników bioaktywnych, jednak ze względu na wysoką zawartość wody i składników odżywczych charakteryzują się ograniczoną trwałością mikrobiologiczną. Tradycyjna pasteryzacja termiczna skutecznie ogranicza rozwój drobnoustrojów, ale może jednocześnie powodować straty związków wrażliwych na podwyższoną temperaturę. Jedną z rozwijanych metod alternatywnych jest obróbka ultradźwiękowa, która umożliwia inaktywację mikroorganizmów w niższych temperaturach niż klasyczne procesy cieplne, przy jednoczesnym ograniczeniu niekorzystnego wpływu na wartość odżywczą i jakość produktu.

Działanie ultradźwięków opiera się przede wszystkim na zjawisku kawitacji, polegającym na powstawaniu, wzroście i gwałtownym zapadaniu się pęcherzyków w cieczy. Towarzyszące temu siły mechaniczne, lokalne zmiany temperatury i ciśnienia prowadzą do uszkodzenia błon komórkowych mikroorganizmów, a w konsekwencji do ich inaktywacji. Skuteczność procesu zależy m.in. od mocy i amplitudy ultradźwięków, czasu działania, temperatury, właściwości produktu oraz rodzaju występujących mikroorganizmów (Kobus et al., 2023).

Jedną z najważniejszych zalet sonikacji jest możliwość utrwalania produktu przy niższej temperaturze niż w klasycznej pasteryzacji. Dzięki temu można ograniczyć degradację witaminy C, polifenoli, naturalnych barwników oraz innych biologicznie aktywnych składników. Odpowiednio dobrane parametry procesu mogą również sprzyjać zachowaniu barwy i konsystencji soku. W efekcie produkt może zachować właściwości bardziej zbliżone do świeżego soku niż produkt poddany intensywnej obróbce cieplnej.

Istotnym ograniczeniem tej technologii jest fakt, że same ultradźwięki nie zawsze zapewniają wystarczającą inaktywację wszystkich mikroorganizmów i enzymów. Z tego względu perspektywicznym rozwiązaniem jest termosonikacja, czyli połączenie działania ultradźwięków z umiarkowanym ogrzewaniem. Synergiczne działanie kawitacji i temperatury może zwiększać skuteczność mikrobiologiczną procesu, umożliwiając zastosowanie niższej temperatury i krótszego czasu ogrzewania niż podczas tradycyjnej pasteryzacji (Anaya-Esparza et al., 2017).

Skuteczność obróbki ultradźwiękowej prowadzonej w warunkach zbliżonych do termosonikacji potwierdzają badania przeprowadzone na świeżym soku pomidorowym. Podczas procesu temperatura soku wzrastała, w zależności od czasu i intensywności ultradźwięków, do około 37–52°C, co wskazuje na współudział łagodnego efektu cieplnego. Wykazano, że krótka, 2-minutowa obróbka była niewystarczająca do skutecznego ograniczenia liczby drobnoustrojów, natomiast wydłużenie procesu do 5 i 10 minut znacząco zwiększało jego efektywność. Zastosowanie ultradźwięków o intensywności

40 W/cm² przez 5 minut lub 28 W/cm² przez 10 minut pozwoliło uzyskać sok o wysokiej jakości mikrobiologicznej nawet po 10 dniach przechowywania chłodniczego (Starek et al., 2021).

Podsumowując, obróbka ultradźwiękowa, szczególnie w połączeniu z łagodnym ogrzewaniem, może stanowić obiecującą alternatywę do tradycyjnej pasteryzacji soków owocowo-warzywnych. Jej zaletą jest możliwość ograniczenia liczby drobnoustrojów przy umiarkowanej temperaturze oraz zachowania znacznej części składników bioaktywnych. Technologia ta może znaleźć zastosowanie przede wszystkim w produkcji wysokiej jakości soków NFC o wydłużonej trwałości.

Słowa kluczowe: *ultradźwięki, pasteryzacja, soki owocowo-warzywne, trwałość mikrobiologiczna, termosonikacja.*

Literatura:

Anaya-Esparza, L. M., Velázquez-Estrada, R. M., Roig, A. X., García-Galindo, H. S., Sayago-Ayerdi, S. G., & Montalvo-González, E. (2017). Thermosonication: An alternative processing for fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology, 61*, 26–37. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.020

Kobus, Z., Osmólska, E., Starek-Wójcicka, A., & Krzywicka, M. (2023). Effect of High-Powered Ultrasound on Bioactive Compounds and Microbiological Stability of Juices—Review. *Applied Sciences*, *13*(19), 10961. https://doi.org/10.3390/app131910961

Starek, A., Kobus, Z., Sagan, A., Chudzik, B., Pawłat, J., Kwiatkowski, M., Terebun, P., & Andrejko, D. (2021). Influence of ultrasound on selected microorganisms, chemical and structural changes in fresh tomato juice. *Scientific Reports, 11*, 3488. https://doi.org/10.1038/s41598-021-83073-8

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE ZRÓWNOWAŻONEGO PAKOWANIA: STRATEGIA #ULMAWECARE

Piotr Kosik[1]

[1]Dyrektor Zarządzający ULMA Packaging Polska, Skrzeszew

E-mail: pkosik@ulmapackaging.pl

Przemysł opakowań stanął przed wyzwaniem związanym z ochroną środowiska oraz transformacją z gospodarki liniowej na gospodarkę o obiegu zamkniętym. Zgodnie z Europejską Strategią Tworzyw Sztucznych na rzecz Gospodarki o Obiegu Zamkniętym, do 2030 roku 55% tworzyw sztucznych musi podlegać recyklingowi.

Celem niniejszego wystąpienia jest zaprezentowanie inicjatywy #ULMAweCare, która stanowi bezpośrednią odpowiedź na współczesne wymagania i regulacje. Strategia ta ułatwia zrównoważone zarządzanie odpadami oraz optymalizację wykorzystania zasobów w trakcie procesu pakowania. Podczas wystąpienia zostaną przedstawione kluczowe technologie ULMA – maszyny pakujące typu Flow Pack (HFFS), traysealery, maszyny rolowe oraz pionowe (VFFS). Metodyka opiera się na analizie rozwiązań technologicznych wdrażanych w sektorze spożywczym (m.in. mięso, drób, owoce, warzywa) oraz medycznym. Analiza pracy maszyn ULMA wskazuje na znaczące ograniczenie zużycia plastiku i materiałów opakowaniowych w nowoczesnych liniach produkcyjnych. Zastosowanie autorskich rozwiązań takich jak LeafSkin™ i LeafMap™, opartych na w 100% podlegających recyklingowi płaskich tackach kartonowych, pozwala na redukcję użycia plastiku nawet o 80%. Ponadto innowacyjny system ReducedScrap™ zmniejsza ilość ścinków folii o 40%. Zadowalające rezultaty osiągnięto również poprzez eliminację tradycyjnych tacek, stosowanie cieńszych folii ochronnych oraz wdrożenie podlegających recyklingowi monomateriałów (np. rPET), a także w 100% kompostowalnych tacek i folii bazujących na celulozie i kwasie mlekowym. Podsumowując, optymalizacja procesu pakowania pozwala na znaczną redukcję ilości odpadów z tworzyw sztucznych bez strat w zakresie hermetyczności opakowania i bezpieczeństwa żywności. Rozwiązania z zakresu #ULMAweCare skutecznie wpisują się w globalne cele redukcji marnotrawstwa żywności, w tym program SAVE FOOD, dowodząc, że wdrażanie odnawialnych i biodegradowalnych materiałów jest w pełni wykonalne i efektywne.

Słowa kluczowe: *zrównoważony rozwój, recykling, maszyny pakujące, obieg zamknięty, opakowanie.*

OD OPAKOWANIA DO ODPOWIEDZIALNOŚCI – JAK INNOWACJA ŁĄCZY BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOŚCI, PROJEKTOWANIE OPAKOWAŃ I GOSPODARKĘ ODPADAMI

Brygida Kotłowska[1]

[1]KORAL S.A.

Pełnomocnik Zarządu ds. Jakości

E-mail: bkotlowska@koral.pl

Opakowanie produktów rybnych pełni znacznie szerszą funkcję niż wyłącznie zabezpieczenie produktu podczas dystrybucji. W przypadku żywności chłodzonej stanowi integralny element systemu bezpieczeństwa i jakości, wpływając na trwałość, szczelność, ochronę przed czynnikami zewnętrznymi oraz ograniczenie strat żywności. Celem wystąpienia jest przedstawienie podejścia do innowacji opakowaniowych, które łączy bezpieczeństwo żywności, wymagania prawne, funkcjonalność procesu oraz ograniczanie wpływu opakowań na środowisko.

Przedstawione podejście opiera się na analizie cyklu wdrażania zmian opakowaniowych w przedsiębiorstwie przetwórstwa rybnego – od określenia celu i oceny ryzyka, poprzez próby produkcyjne i walidację, aż do wdrożenia i weryfikacji skuteczności. Szczególną uwagę poświęcimy zgodności materiałów przeznaczonych do kontaktu z żywnością (FCM), integralności opakowania, parametrom procesów VAC/MAP, trwałości produktu oraz wymaganiom IFS Food 8. Uwzględniono również nowe uwarunkowania wynikające z Rozporządzenia (UE) 2025/40 w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych (PPWR).

Analiza wskazuje, że redukcja ilości materiału opakowaniowego nie może być celem samym w sobie. Zmniejszenie masy opakowania jest uzasadnione wyłącznie wtedy, gdy nie prowadzi do pogorszenia jego funkcji ochronnej, wzrostu nieszczelności, skrócenia trwałości produktu lub zwiększenia liczby reklamacji i strat żywności. Dlatego efektywność innowacji powinna być oceniana za pomocą mierzalnych wskaźników obejmujących m.in. masę materiału, odpady produkcyjne, nieszczelności, trwałość, reklamacje oraz zgodność dostaw.

Odpowiedzialne opakowanie przyszłości powinno być projektowane równocześnie pod kątem bezpieczeństwa żywności, funkcjonalności, zgodności prawnej i możliwości recyklingu. Skuteczna innowacja oznacza zatem nie tylko „mniej opakowania", lecz lepszy i mierzalny system ochrony produktu przy możliwie najmniejszym wpływie środowiskowym.

Słowa kluczowe: *opakowania, bezpieczeństwo żywności, PPWR, FCM, gospodarka odpadami*

BIODEGRADOWALNE KOMPOZYCJE POLIESTROWE JAKO POTENCJALNE MATERIAŁY OPAKOWANIOWE

Beata Krzykowska[1], Iwona Zarzyka[1], Wiesław Frącz[2]

[1]Politechnika Rzeszowska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii Organicznej,
al. Powstańców Warszawy 6, 35-029 Rzeszów
[2]Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Przeróbki Plastycznej,
al. Powstańców Warszawy 8, 35-029 Rzeszów

E-mail: b.krzykowska@prz.edu.pl

Rosnące wymagania związane z ochroną środowiska oraz konieczność ograniczenia ilości odpadów z tworzyw sztucznych pochodzenia petrochemicznego stwarzają potrzebę opracowywania nowych biodegradowalnych materiałów opakowaniowych o korzystnych właściwościach użytkowych. Jednym z najbardziej perspektywicznych biopolimerów jest poli(3-hydroksymaślan) (P3HB), który charakteryzuje się biodegradowalnością, biozgodnością oraz możliwością pozyskiwania ze źródeł odnawialnych. Jego zastosowanie jest jednak ograniczone ze względu na dużą kruchość, wysoką krystaliczność oraz niewielką odporność na obciążenia udarowe. Celem pracy było opracowanie biodegradowalnych kompozycji polimerowych na osnowie poliestru - P3HB modyfikowanych alifatycznymi poliuretanami liniowymi oraz określenie wpływu rodzaju i zawartości modyfikatora na morfologię, właściwości termiczne, mechaniczne i strukturę chemiczną materiałów pod kątem ich potencjalnego zastosowania w opakowalnictwie.

Biokompozycie polimerowe otrzymano metodą współbieżnego wytłaczania dwuślimakowego z dodatkiem 5, 10, 15 i 20% mas. poliuretanów zsyntetyzowanych z 1,6-diizocyjanianu heksametylenu oraz glikolu polietylenowego o masie cząsteczkowej 400 g/mol. Właściwości otrzymanych materiałów oceniono z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), analizy termograwimetrycznej (TGA), różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC), spektroskopii FT IR oraz badań mechanicznych obejmujących wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie przy zerwaniu, udarność i twardość.

Wykazano, że dodatek poliuretanów wpływa na poprawę stabilności termicznej biokompozycji polimerowych, zwiększając temperaturę początku degradacji nawet o około 30°C względem niemodyfikowanego P3HB. Analiza DSC potwierdziła obniżenie temperatury zeszklenia oraz stopnia krystaliczności, świadczące o uplastycznieniu materiału i zwiększeniu udziału fazy amorficznej. Obserwacje SEM wykazały najbardziej jednorodną morfologię oraz najlepszą kompatybilność międzyfazową dla kompozytów zawierających 10–15% mas. poliuretanu, natomiast analiza spektralna FT IR potwierdziła tworzenie wiązań wodorowych pomiędzy grupami estrowymi P3HB i grupami uretanowymi modyfikatora.

Z kolei badania mechaniczne wykazały wzrost wydłużenia przy zerwaniu, poprawę udarności oraz obniżenie twardości kompozytów, przy jednoczesnym zmniejszeniu wytrzymałości na rozciąganie. Najkorzystniejszy bilans właściwości uzyskano dla biokompozycji zawierającej 10% mas. poliuretanu otrzymanego z glikolu polietylenowego o masie cząsteczkowej 400 g. Opracowane biodegradowalne

biokompozycje charakteryzują się zwiększoną elastycznością, odpowiednią stabilnością termiczną oraz korzystnymi właściwościami mechanicznymi, co wskazuje na ich potencjał jako materiałów przeznaczonych do wytwarzania nowoczesnych, przyjaznych środowisku opakowań łączące odpowiednie właściwości użytkowe z możliwością biodegradacji.

Słowa kluczowe*: poli(hydroksyalkaniany), poliuretany, biokompozycje, biodegradacja*

THE ROLE OF POLYMER COMPOSITES IN A RESILIENT EUROPEAN ECONOMY

Karol Leluk[1], Emilia Rus[1]

[1]Wroclaw Univeristy of Science and Technology, Faculty of Environmental Engineering

E-mail: karol.leluk@pwr.edu.pl

It has been two years now since Marco Draghi, one of the most recognizable face of european economy has published his report on the condition and future of EU market. About the same time amount of time has passed since two other ones - Enrico Letta and Sauli Ninisto – also gave their insight into the description of current situation. Those documents, underrated in public discussion depicts clearly must to have been achieved bullet points when building strong, resilient European economy. As global market behaves as an interconnected vessels relying to high extent on import/export, seldomly it is considered to limit the freedom of economic exchange by shutting down the borders and/or over-taxing incoming goods. But, resilient economy has to stay prepared for such an actions, taking an advantege on natural resources abundantly available inland. As polymer plastic market (imp/exp) gives an annual turnout of ca 10 bln EUR, with Europe being the third worldwide plastic producer – undoubtly plastics play an important role not only as engineered materials but also crucial element of economy value chain.

Fiber reinforced composites are known for their outstanding mechanical properties. While fiber application into the matrix has an impact on the composite's performance, the plant itself may have additional positive effect on the sustainability chain. Taking into consideration hemp plants, they are well known of their bio/water/air-remediation, sorption, restoration, poisonous chemicals removal are only few examples of their beneficial properties. What has to be emphasized is that crop was broadly cultivated on the continent due to favourable weather conditions.

Keywords: *sustainability, biopolymers, fibre reinforced biocomposites*

OD ODPADU DO OPAKOWANIA – KOMPOZYTY POLIMEROWE Z FUSAMI KAWOWYMI W KONCEPCJI GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

Joanna Ludwiczak[1], Stanisław Frąckowiak[1]

[1]Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska,
Katedra Gospodarki Wodno-Ściekowej i Technologii Odpadów

E-mail: joanna.ludwiczak@pwr.edu.pl

Rosnące zapotrzebowanie na materiały o ograniczonym wpływie środowiskowym oraz konieczność zmniejszenia zużycia surowców pierwotnych stanowią istotne wyzwanie w projektowaniu współczesnych materiałów opakowaniowych. Jednym z możliwych rozwiązań jest wykorzystanie biodegradowalnych polimerów w połączeniu z materiałami odpadowymi, zgodnie z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym. Celem badań było opracowanie i ocena biokompozytów z dodatkiem zużytych fusów kawowych (SCG, *spent coffee grounds*) jako odpadowego napełniacza oraz określenie wpływu ich składu na środowiskowy potencjał materiału.

Przygotowano kompozyty na bazie polilaktydu (PLA) i poli(bursztynianu butylenu) (PBS) o różnym składzie, zawierające 5–15% mas. SCG. Fusy kawowe poddano suszeniu i rozdrabnianiu, a następnie składniki mieszano w stanie stopionym. Oceniono właściwości materiałów oraz przeprowadzono uproszczoną analizę śladu węglowego w ujęciu cradle-to-gate, uwzględniając produkcję polimerów, przygotowanie SCG i proces mieszania. Rozważono również wybrane scenariusze zagospodarowania materiału po zakończeniu użytkowania.

Wykazano, że zwiększenie udziału PBS powoduje wzrost śladu węglowego, natomiast zastosowanie SCG prowadzi do jego obniżenia. Dla kompozytów zawierających 15% SCG uzyskano redukcję śladu węglowego o około 12–15% w stosunku do odpowiednich mieszanin bez napełniacza. Wyniki wskazują, że wykorzystanie fusów kawowych jako surowca wtórnego może jednocześnie ograniczać zużycie surowców pierwotnych i emisję gazów cieplarnianych, zwiększając potencjał środowiskowy biodegradowalnych materiałów opakowaniowych.

Słowa kluczowe: *biokompozyty polimerowe, fusy z kawy, redukcja śladu węglowego*

ZASTOSOWANIE WĘGLA AKTYWNEGO PRZY PRODUKCJI ANTYHYDRATOWYCH (BEZWODNYCH) SZAMPONÓW

Patrycja Łusiak[1], Paweł Sobczak[1], Jacek Mazur[1], Monika Wójcik[1], Jagoda Szafrańska[2]

[1]Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji,
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
[2]Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii,
Katedra Technologii żywności pochodzenia zwierzęcego

E-mail: patrycja.lusiak@up.lublin.pl

W ciągu ostatnich lat znacząco wzrosło zainteresowanie kosmetykami zawierającymi składniki i dodatki pochodzenia naturalnego. Trend ten wynika z rosnącej świadomości konsumentów dotyczącej wpływu stosowanych produktów zarówno na zdrowie człowieka, jak i środowisko naturalne. Coraz większą popularność zyskują kosmetyki opracowywane zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, wykorzystujące surowce naturalne oraz składniki pozyskiwane z produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego. Celem prezentowanych badań jest ocena jakości szamponów w kostce (oczyszczających) produkcji własnej z dodatkiem węgla aktywnego. Jako materiał badawczy, posłużyły 4 receptury szamponów własnej produkcji z różną zawartością węgla aktywnego oraz jako próba kontrolna – bez dodatku węgla. Ocenę jakości dokonano poprzez pomiar twardości, siły cięcia, rozmywania, zdolność do wytwarzania piany, pomiar pH a także pomiar wilgotności.

Dodatek węgla aktywnego nie wpłyną w sposób istotny statystycznie na twardość szamponu w kostce z dodatkiem węgla aktywnego, jest natomiast statystycznie istotny przy porównywaniu poszczególnych próbek z dodatkami do podstawowej formulacji. W przypadku siły cięcia, jej wzrost nie jest proporcjonalny względem stężenia dodatku. Najwyższą siłę cięcia (5,26N) odnotowano przy stężeniu 3% węgla aktywnego, natomiast dalszy wzrost względem próby zerowej (do 5%) nie był istotny statystycznie. Rozmywanie próbek szamponu w temperaturze wody 17ºC nie jest statystycznie istotne w przypadku szamponu bez dodatku węglowego ani w przypadku dowolnych stężeń dodatku. W przypadku rozmywania w temperaturze 35ºC, wzrost stężenia dodatku do 5%, prowadził do istotnie większego ubytku masy w porównaniu do próby kontrolnej. Wartość pH szamponów w kostce z dodatkiem węgla aktywnego mieści się w dopuszczalnym zakresie, co czyni je bezpiecznymi i delikatnymi dla skóry głowy. Utrzymywanie się piany przez okres 5 minut sugeruje, że formuły utrzymują pianę wystarczająco długo, aby można je było stosować w praktyce. Z kolei wyższy dodatek węgla aktywnego powodował utrzymanie się niższych poziomów wilgoci, co wskazuje na lepszą stabilność i trwałość.

Słowa kluczowe: *szampon w kostce, zrównoważony rozwój*

FOOD KNOWLEDGE OF THE TECHNOLOGICAL ROLE AND SAFETY ASPECTS OF NITRITES IN PROCESSED MEAT PRODUCTS AMONG STUDENTS OF NON-FOOD AND NUTRITION-RELATED FIELDS

Maria Małolepsza[1], Monika Marcinkowska-Lesiak[1], Dagmara Stangierska-Mazurkiewicz[2], Ewa Poławska[3]

[1]Warsaw University of Life Sciences, Institute of Human Nutrition Sciences, Department of Technique and Food Development, 02-776 Warsaw, Poland
[2]Warsaw University of Life Sciences, Institute of Horticultural Sciences, Department of Pomology and Horticultural Economics, 02-776 Warsaw, Poland
[3]Institute of Genetics and Animal Biotechnology of the Polish Academy of Sciences, Department of Genomics and Biodiversity, 05-552 Magdalenka, Poland

E-mail: monika_marcinkowska-lesiak@sggw.edu.pl

Nitrites, particularly potassium nitrite (E249) and sodium nitrite (E250), play an important role in meat processing by contributing to microbiological safety, inhibiting the growth of *Clostridium botulinum*, stabilizing the characteristic colour of cured meat products and contributing to their sensory properties. However, under certain conditions, nitrites may participate in reactions leading to the formation of N-nitrosamines. Therefore, consumer awareness should encompass both the technological benefits of nitrite use and knowledge of factors that may affect their transformations and safety. The aim of this study was to assess knowledge of the technological role and safety aspects of nitrites in processed meat products among university students from non-food and nutrition-related fields.

The study involved 106 university students and was conducted using an online questionnaire comprising 44 questions concerning knowledge of nitrites, their technological functions, sources and transformations, as well as dietary habits, food preparation practices and selected consumer behaviours. The collected data were subjected to descriptive and statistical analyses.

The results showed that 62.26% of respondents correctly identified E249 and E250 as nitrites used as food additives. Previous familiarity with E249/E250 was significantly associated with the assessment of the health effects of cured meat products ($\chi^2 = 28.97$; $p < 0.001$), with uncertainty being more frequent among respondents unfamiliar with these additives. However, knowledge concerning nitrate and nitrite transformations was considerably more limited. Only 35.85% correctly indicated that nitrates can be reduced to nitrites, whereas 53.77% were unable to identify this relationship. Furthermore, 39.62% of respondents were unable to assess the potential risks associated with frying or grilling cured meat products containing nitrites.

The findings indicate that consumer education should address both the important technological and microbiological safety functions of nitrites and the conditions that may promote the formation of N-nitrosamines. Improving understanding of nitrite and nitrate transformations and the effects of food preparation practices may help limit the formation of undesirable compounds while preserving the technological and microbiological safety benefits associated with nitrite use in processed meat products.

Keywords: *nitrites, N-nitrosamines, food safety, processed meat products, consumer knowledge*

EFFECT OF PACKAGING METHOD AND ADDED EXTRACTS ON OXIDATIVE AND HYDROLYTIC CHANGES IN SPREADABLE PORK–BEEF FAT PRODUCTS DURING REFRIGERATED STORAGE

Monika Marcinkowska-Lesiak[1], Adam Zdanowski[2], Iwona Wojtasik-Kalinowska[1], Anna Onopiuk[1], Arkadiusz Szpicer[1], Andrzej Półtorak[1], Agnieszka Wierzbicka[1]

[1]Department of Technique and Food Development, Institute of Human Nutrition Sciences, Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland
[2]Wierzejki Meat Processing Plant J. M. Zdanowscy General Partnership, Trzebieszów, Poland

E-mail: monika_marinkowska-lesiak@sggw.edu.pl

Animal fat-based spreadable products are susceptible to oxidative and hydrolytic deterioration during storage, adversely affecting their quality and shelf life. Combining natural plant extracts with appropriate packaging systems may improve lipid stability. This study investigated the effects of packaging method and plant extracts on oxidative and hydrolytic changes in spreadable pork–beef fat products during 35 days of refrigerated storage (8°C).

Products were prepared from 85% pork back fat and 15% beef subcutaneous fat. Three formulations were evaluated: control without spice oleoresins (C), product supplemented with basil, thyme, onion, and garlic oleoresins (E), and product containing the oleoresin blend and pork cracklings (E+C). Products were packaged under air (MAP1), 5% O_2/95% N_2 (MAP2), 30% CO_2/70% N_2 (MAP3), or vacuum (VC). Lipid stability was assessed by TBARS, peroxide value (PV), acid value (AV), and iodine value (IoV). Data were analyzed using multifactorial GLM analysis of variance and Tukey's test ($p < 0.05$).

Storage time, packaging method, and formulation significantly affected TBARS and AV ($p < 0.001$), while PV was significantly affected by storage time and formulation ($p < 0.001$). VC and MAP3 showed the highest oxidative stability, reflected by the lowest TBARS, PV, and AV values during storage. MAP2 also showed a protective effect, whereas MAP1 generally exhibited the greatest oxidative changes. Plant extracts reduced secondary lipid oxidation and peroxide formation and partially limited hydrolytic degradation, confirming their antioxidant activity. In contrast, samples containing cracklings generally exhibited higher TBARS, PV, and AV values than those containing extracts alone, probably due to previous thermal processing and the presence of oxidized lipid fractions. However, plant extracts partially reduced the negative effect of cracklings.

The results indicate that combining natural plant extracts with vacuum packaging or appropriately selected modified atmospheres can effectively improve the oxidative stability of spreadable pork–beef fat products during refrigerated storage.

Keywords: *lipid oxidation, MAP, VP, plant extracts, animal fat*

The research was carrierd out within the framework of procject POIR.01.01.01.01-00-1066/19 entitled "Innovative functional edible fats with enhanced nutritional, health-promoting and technological value in the 'spray-off' and 'friendlu use' system".

INTENSIFICATION OF MECHANICAL EFFECTS IN THE CLEAN-IN-PLACE (CIP) CLEANING PROCESS

Karolina Maziarz[1], Joanna Piepiórka-Stepuk[1], Sylwia Mierzejewska[1]

[1]Politechnika Koszalińska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki,
Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego

E-mail: karolina.maziarz@tu.koszalin.pl

Clean-in-Place (CIP) cleaning is widely used for the hygienic cleaning of equipment and installations in the food industry. Despite its numerous advantages, such as the ability to clean equipment without disassembly and the automation of the cleaning process, this method is associated with considerable consumption of water, energy, and chemical cleaning agents. One approach to improving CIP procedures involves the intensification of mechanical effects to enhance the removal efficiency of deposits from the surfaces of industrial equipment components.

The aim of this study was to evaluate the effects of three mechanical intensification techniques, namely air bubbling, flow pulsation, and ultrasonication, on CIP cleaning efficiency. The experiments were conducted using a laboratory-scale closed-loop cleaning system equipped with dedicated units for generating each type of mechanical action. The investigations focused on the removal of a model protein–fat deposit from the surface of a steel component representative of an industrial installation. The effects of air flow rate and diffuser orifice diameter, pulsation frequency and valve type, as well as ultrasonic frequency and power, were investigated. Cleaning efficiency was determined based on the difference in the mass of the test specimen before and after the cleaning process.

The results demonstrated differences in the effectiveness of the mechanical intensification techniques investigated. In the case of air bubbling, deposit removal efficiency reached up to 95%, with an improvement of up to 74% relative to the control condition. The effectiveness of air bubbling was found to depend on the appropriate combination of diffuser orifice diameter and air flow rate. For diffusers with smaller orifices, higher air flow rates resulted in more favourable cleaning performance, whereas lower air flow rates were more effective for diffusers with larger orifices.

The application of pulsating flow also enhanced cleaning performance, with improvements in efficiency of up to 65% compared with the control condition. Better results were obtained at lower pulsation frequencies, although the final cleaning performance also depended on the type of valve used. In the case of ultrasonication, the improvement in cleaning efficiency relative to the control condition reached up to 138%; however, the absolute deposit removal efficiency was only approximately 34%. The power of the ultrasonic transducers and the design configuration of the ultrasonic system were identified as important factors affecting cleaning performance.

Based on the preliminary experimental results, air bubbling was selected for further investigation. The scope of the study was extended to evaluate the effects of cleaning liquid temperature, liquid flow velocity, and air flow rate on deposit removal efficiency, taking into account the diffuser geometry. The results obtained for diffusers with orifice diameters of 0.2 and 1.0 mm demonstrated that cleaning performance varied depending on the combination of process parameters applied. Within the

investigated range, cleaning efficiencies exceeding 95% were achieved, indicating that a high degree of deposit removal can be obtained through appropriate selection of operating conditions.

The findings indicate that the intensification of mechanical effects can improve CIP cleaning efficiency. In particular, the appropriate matching of process parameters to the design characteristics of the system generating additional mechanical effects is essential for achieving high cleaning performance.

Keywords: *Clean-in-Place; cleaning efficiency; mechanical intensification; air bubbling; flow pulsation; ultrasonication.*

ANALIZA ZMĘTNIEŃ W PIWACH Z DODATKIEM JĘCZMIENIA NIESŁODOWANEGO Z UWZGLĘDNIENIEM RÓŻNYCH WARIANTÓW PRZECHOWYWANIA

Karolina Maziarz[1], Monika Sterczyńska[1], Marta Stachnik[2], Joanna Piepiórka-Stepuk[1], Eva Ivanišová[3], Agata Bieńczak[4], Paweł Woźniak[4]

[1]Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, Politechnika Koszalińska, ul. Racławicka 15–17, 75-620 Koszalin
[2]Zakład Uniwersytet Nauk Stosowanych w Turku (Turku UAS) Joukahaisenkatu 3 20520 Turku
[3]Słowacki Uniwersytet Rolniczy w Nitrze, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Katedra Technologii i Jakości Produktów Roślinnych, Tr. A. Hlinku 2, Nitra, SK-949 76, Słowacja
[4]Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny, Grupa Badawcza Inżynierii Mechanicznej

E-mail: monika.sterczynska@tu.koszalin.pl

Piwo stanowi ponad połowę spożywanych napojów alkoholowych w Polsce. Tak duże zainteresowanie tym produktem powoduje, że poszukiwane są rozwiązania, które wpłyną zarówno na technologię i koszty produkcji, ale także na cechy organoleptyczne i fizykochemiczne napoju. Jednym z rozwiązań jest zastosowanie surowców niesłodowanych. Celem przeprowadzonych badań była analiza porównawcza podatności na zmętnienia piw słodowanych i z dodatkiem surowca niesłodowanego, z uwzględnieniem różnych warunków przechowywania i różnej skali produkcyjnej. Wykazano, że światło w większym stopniu wpływa na tworzenie zmętnień niż temperatura. Promieniowanie ultrafioletowe powoduje bardzo dużą mętność piwa niezależnie od skali produkcji.

Słowa klucz: *piwo, zmętnienia, jęczmień browarny, przechowywanie*

FROM IDEA TO SOLUTION: HACKATHONS AS A DRIVER OF VALUE CREATION IN THE BIOECONOMY

Gudrun Mernitz[1]

[1]WITENO GmbH, Walther-Rathenau-Str 49 a, 17489 Greifswald, Germany

E-mail: mernitz@witenbo.de

E-mail: schwock@witeno.de

The transition to a circular bioeconomy needs practical tools that connect industry, research and innovators quickly and effectively. Hackathons are one such tool. This contribution shows, using the Interreg project MERGE, Pomerania BioBridge (INT0400116), how a challenge based hackathon format creates real value for companies in the cross border region of Vorpommern, northern Brandenburg and Zachodniopomorskie.

MERGE builds on the proven BioBoosters hackathon model but adapts it into a leaner format for the region: one hackathon day instead of several, partners take over moderation instead of external moderators, existing networks are used instead of extensive scouting, and two to three focused challenges replace one large challenge. The format is business to business focused. A company brings a real, well described problem. Start ups, SMEs, research teams and students develop concrete cooperation proposals, not just prototypes.

In 2026, the first MERGE Bioeconomy Hackathon ran with two industrial challenge providers. Kronospan Polska, a wood based panel producer, searched for bio based resin systems that can replace fossil and formaldehyde based binders in industrial production. HALM GmbH, a manufacturer of straw based building elements, searched for ways to use its residual streams, straw offcuts, wood residues and plastic twine, as new materials, products or energy sources instead of waste. Between April and June 2026, cross border teams (among them LIKAT, Fraunhofer WKI, Bio2Materials, LIGARO, Zelfo Technology and EcoLock) developed solution concepts together with mentors and presented them to the companies at the final hackathon day.

The results show the potential of this format for the region. Both companies received several usable approaches, new bio based adhesive formulations and concepts for straw residue valorisation, some of which are now being examined further for implementation. Beyond the concrete solutions, the hackathon built new cross border contacts between companies, research institutions and young innovators and strengthened the regional bioeconomy innovation ecosystem. A second MERGE hackathon is already planned for spring 2027, confirming the format as a recurring driver of value creation and cross border cooperation in the region.

Keywords: *circular bioeconomy; bioeconomy hackathon; cross-border cooperation; open innovation.*

Markierung nicht vorher definierter Quellen: Alle Fakten stammen aus deinen hochgeladenen Dateien (BioBoosters Handbuch, Arguments/Concept Dokumente, PPTX zum Hackathon-Tag, Onepager, Projektdokument INT0400116, LinkedIn-Posts). Zur Gegenprüfung habe ich zusätzlich zwei WITENO-Unterseiten zu den Kronospan- und HALM-Challenges per Websuche gefunden (nicht in der Antwort direkt zitiert).

RASFF JAKO ŹRÓDŁO WIEDZY DLA PROJEKTOWANIA BEZPIECZNYCH I ZRÓWNOWAŻONYCH OPAKOWAŃ DO ŻYWNOŚCI

Iwona Michalska-Pożoga[1]

[1]Politechnika Koszalińska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki,
Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego

E-mail: iwona.michalska-pozoga@tu.koszalin.pl

System Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznej Żywności i Paszach (RASFF) stanowi istotne źródło informacji o zagrożeniach związanych z żywnością oraz materiałami i wyrobami przeznaczonymi do kontaktu z żywnością. Analiza zgłoszeń RASFF może dostarczać wiedzy o problemach związanych z materiałami i wyrobami do kontaktu z żywnością, a w szczególności z materiałami opakowaniowymi, ich składem, migracją substancji oraz niewłaściwym zastosowaniem. Celem pracy jest wskazanie możliwości wykorzystania danych RASFF jako narzędzia wspierającego projektowanie bezpiecznych i zrównoważonych opakowań do żywności. Przeanalizowano zgłoszenia dotyczące materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością, uwzględniając rodzaj materiału, kategorię zagrożenia, pochodzenie produktu oraz charakter stwierdzonej niezgodności. Szczególną uwagę zwrócono na zagrożenia chemiczne, w tym migrację substancji z materiałów opakowaniowych do żywności, a także na problemy związane z tworzywami polimerowymi, metalami, papierem i tekturą, szkłem oraz materiałami wielowarstwowymi. Wyniki analizy wskazują, że informacje zawarte w systemie RASFF mogą stanowić wartościowe źródło danych do identyfikacji powtarzających się problemów materiałowych i technologicznych oraz wspierać podejście oparte na analizie ryzyka już na etapie projektowania materiałów opakowaniowych i opakowań. Wykorzystanie danych historycznych i aktualnych może przyczyniać się do lepszego doboru materiałów, ograniczania potencjalnej migracji substancji oraz uwzględniania wymagań dotyczących bezpieczeństwa, funkcjonalności i środowiskowej trwałości opakowań. RASFF może zatem pełnić nie tylko funkcję systemu monitorowania i ostrzegania, ale również stanowić praktyczne źródło wiedzy wspierające rozwój innowacyjnych i bezpiecznych rozwiązań opakowaniowych zgodnych z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym.

Słowa kluczowe: *RASFF, bezpieczeństwo, żywności, opakowania do żywności, projektowanie opakowań, gospodarka o obiegu zamkniętym*

JAKOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO PROSZKÓW Z OWADÓW JAKO DODATKÓW DO ŻYWNOŚCI

Sylwia Mierzejewska[1], Joanna Piepiórka-Stepuk[1], Zdzisław Domiszewski[1], Karolina Maziarz[1]

[1]Politechnika Koszalińska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki, Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego

E-mail: sylwia.mierzejewska@tu.koszalin.pl

Owady stanowią obiecujące, alternatywne źródło żywności w obliczu rosnącej liczby ludności, ograniczonych zasobów naturalnych i konieczności ochrony środowiska. Charakteryzują się wysoką wartością odżywczą, przede wszystkim dużą zawartością pełnowartościowego białka, aminokwasów oraz cennych kwasów tłuszczowych. Ich hodowla jest również bardziej przyjazna dla środowiska niż tradycyjna produkcja zwierzęca, ponieważ wymaga mniejszej ilości wody, paszy i powierzchni oraz wiąże się z niższą emisją gazów cieplarnianych. Z tego względu owady mogą w przyszłości stanowić ważny element zrównoważonego systemu żywnościowego.

W prezentacji przedstawiono zagadnienia związane z wykorzystaniem owadów jako alternatywnego źródła składników odżywczych oraz ich zastosowaniem w przemyśle spożywczym. Szczególną uwagę poświęcono proszkom otrzymywanym z owadów, które mogą być wykorzystywane jako dodatek do różnych produktów spożywczych, m.in. pieczywa, produktów wysokobiałkowych i przekąsek. Omówiono ich wartość odżywczą, w tym zawartość białka, tłuszczów, składników mineralnych oraz innych substancji bioaktywnych. Zwrócono również uwagę na najważniejsze czynniki wpływające na jakość i bezpieczeństwo proszków owadzich, takie jak gatunek owada, sposób hodowli, warunki żywienia, metody przetwarzania i przechowywania. Szczególnie istotne są potencjalne zagrożenia mikrobiologiczne i chemiczne oraz możliwość występowania alergenów. Istotnym elementem jest także kontrola jakości surowca i przestrzeganie odpowiednich wymagań dotyczących bezpieczeństwa żywności.

Podsumowując, proszki z owadów mogą stanowić interesującą alternatywę dla tradycyjnych składników stosowanych w przemyśle spożywczym. Ich wykorzystanie wiąże się jednak z koniecznością zapewnienia odpowiedniej jakości i bezpieczeństwa. Dalszy rozwój tej technologii oraz prowadzenie badań nad właściwościami produktów owadzich mogą przyczynić się do zwiększenia ich zastosowania w żywności i akceptacji przez konsumentów.

Słowa klucz: *proszki owadzie, bezpieczeństwo, mikrobiologia, metale ciężkie, alergeny*

ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE ADDITION OF *ALPHITOBIUS DIAPERINUS* LARVAL POWDER ON THE PHYSICOCHEMICAL, TEXTURAL, AND SENSORIAL PROPERTIES OF SHORTBREAD COOKIES

Sylwia Mierzejewska[1], Joanna Piepiórka-Stepuk[1], Zdzisław Domiszewski[1], Karolina Maziarz[1], Iwona Wojtasik-Kalinowska[2], Arkadiusz Szpicer[2]

[1]Division of Food Industry Processes and Facilities, Koszalin University of Technology,
[2]Department of Technique and Food Development, Warsaw University of Life Sciences-SGGW,

E-mail: sylwia.mierzejewska@tu.koszalin.pl

Based on the EFSA opinion dated 4 July 2022, the safety of frozen and freeze-dried larvae of *Alphitobius diaperinus* for human consumption was confirmed, leading to their approval as a novel food in the European Union. Given the increasing demand for sustainable protein sources and alternative foods, studies explored the application of *A. diaperinus* larval powder as an additive in shortbread cookie production.

In this experiment, wheat flour was partially replaced with insect powder at varying levels (10%, 20%, 30%, and 50% w/w), while butter was substituted with margarine. The analysis covered the protein content, moisture, ash, color, textural properties, and sensorial evaluation of the baked products. The results indicated that increasing the proportion of insect powder significantly raised the protein content and reduced moisture, impacting the cookie structure and brittleness. The sensorial evaluation indicated that incorporating up to 20% insect powder produced cookies with an optimal flavor, aroma, and texture balance, assessed at the level of 4.5 points and 11.7 N, respectively. Storage studies revealed that higher insect powder levels slowed moisture loss and reduced hardness over a 14-day period, stabilizing texture. However, excessive insect powder incorporation led to reduced consumer acceptability.

These findings confirm the potential of *A. diaperinus* powder as an innovative additive to enhance the nutritional value of traditional baked goods, while also underscoring the need to modify technological parameters during production.

Keywords: *edible insects; Alphitobius diaperinus powder; cookies*

OPTYMALIZACJA PAKOWANIA W ATMOSFERZE MODYFIKOWANEJ ORAZ DYSTRYBUJCA ŻYWNOŚCI – PROPOZYCJE OD MESSER POLSKA

Bartłomiej Milewski[1]

[1]Dział Technik Zastosować, Sekcja Branży Spożywczej,
Messer Polska Sp. z o.o. z siedzibą w Chorzowie, Polska

E-mail: bartlomiej.milewski@messergroup.com

Prezentacja przedstawia możliwości optymalizacji pakowania żywności w atmosferze modyfikowanej (MAP) oraz wykorzystania gazów kriogenicznych w transporcie chłodniczym. Technologia MAP ogranicza rozwój mikroorganizmów i niekorzystne przemiany fizykochemiczne, przyczyniając się do wydłużenia trwałości oraz zachowania wysokiej jakości produktów bez stosowania chemicznych środków konserwujących. Szczególną uwagę poświęcono opatentowanemu systemowi laminarnego wtrysku gazu, który stabilizuje poziom tlenu resztkowego, ogranicza turbulencje i zmniejsza ryzyko zanieczyszczenia strefy zgrzewu cząstkami produktu. Rozwiązanie to może poprawić jakość sensoryczną żywności, zwiększyć wydajność pakowania oraz ograniczyć zużycie gazów spożywczych o 5–30%. Drugim obszarem prezentacji są kriogeniczne technologie chłodnicze wykorzystujące ciekły dwutlenek węgla, suchy lód i ciekły azot do utrzymywania wymaganej temperatury podczas dystrybucji produktów chłodzonych i mrożonych. Systemy te wyróżniają się wysoką wydajnością chłodniczą, niskim poziomem hałasu oraz możliwością zastosowania w transporcie mieszanym, dystrybucji miejskiej i dostawach bezpośrednich. Integracja technologii MAP i chłodzenia kriogenicznego stanowi perspektywiczny kierunek rozwoju bezpiecznych, efektywnych i bardziej zrównoważonych systemów dystrybucji żywności.

Słowa kluczowe: *pakowanie w atmosferze modyfikowanej, pakowanie MAP, transport chłodniczy, suchy lód, gazy techniczne.*

WPŁYW BIOPROTEKCYJNYCH FILMÓW NA BAZIE BULIONU WOŁOWEGO NA TRWAŁOŚĆ DAŃ GOTOWYCH

Jacek Niedźwiedź[1], Sabina Galus[2], Magdalena Karwacka[2], Monika Janowicz[2]

[1]Centrum Badań i Rozwoju Przetwórstwo, Sokołów S.A., Sokołów Podlaski
[2]Katedra Inżynierii Żywności, Wydział Technologii Żywności,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

E-mail: jnied@sokolow.pl

Powłoki jadalne stanowią innowacyjne rozwiązanie wykorzystywane do poprawy jakości i trwałości żywności. Oprócz funkcji ochronnych mogą pełnić rolę nośników substancji aktywnych, w tym kultur bioprotekcyjnych ograniczających rozwój niepożądanej mikroflory. Bioprotekcja żywności opiera się na wykorzystaniu korzystnych mikroorganizmów lub ich metabolitów do hamowania wzrostu drobnoustrojów powodujących psucie produktów, co umożliwia wydłużenie okresu przydatności do spożycia przy zachowaniu wysokiej jakości wyrobów.

Celem badań była ocena wpływu bioprotekcyjnych filmów na bazie bulionu wołowego zawierających wyselekcjonowane kultury ochronne na trwałość dań gotowych przechowywanych w atmosferze modyfikowanej na tackach z tektury litej powleczonej folią barierową oraz tackach CPET.

Badania przeprowadzono dla prób kontrolnych oraz próbek zabezpieczonych bioprotekcyjnym filmem z wyselekcjonowanymi kulturami. Ocenę wykonywano po 0, 7, 14 i 21 dniach przechowywania. Oznaczono ogólną liczbę drobnoustrojów tlenowych mezofilnych, obecność mikroorganizmów patogennych, wskaźnik TBARS, parametry TPA (m.in. sprężystość, gumowatość i żuwalność), cechy organoleptyczne oraz skład atmosfery w opakowaniach.

Na podstawie uzyskanych wyników wykazano istotny wpływ zastosowania kultur bioprotekcyjnych na stabilność mikrobiologiczną badanych dań. Po 21 dniach przechowywania liczebność drobnoustrojów w próbkach z kulturami bioprotekcyjnymi utrzymywała się na poziomie około 10^3 jtk/g, podczas gdy w próbach kontrolnych osiągała około $4{,}1 \cdot 10^4$ jtk/g na tackach CPET oraz $8{,}8 \cdot 10^5$ jtk/g na tackach tekturowych. Jednocześnie nie stwierdzono negatywnego wpływu zastosowanej bioprotekcji na cechy sensoryczne. Wartości TBARS pozostawały na zbliżonym poziomie we wszystkich wariantach doświadczenia. Zaobserwowano również zmiany składu atmosfery ochronnej związane z aktywnością metaboliczną kultur ochronnych, szczególnie w zakresie zawartości CO_2.

Przeprowadzone badania potwierdziły skuteczność bioprotekcyjnych filmów na bazie bulionu wołowego jako narzędzia wydłużającego trwałość mikrobiologiczną dań gotowych. Najkorzystniejsze wyniki uzyskano dla próbek zawierających kultury bioprotekcyjne, szczególnie w połączeniu z opakowaniami CPET, co wskazuje na wysoki potencjał tej technologii do zastosowań przemysłowych.

Słowa kluczowe: *bioprotekcja, powłoki jadalne, bulion wołowy, dania gotowe, trwałość mikrobiologiczna.*

Badania zrealizowano w ramach projektu POIR.01.01.01-00-0125/21 „Opracowanie technologii produkcji dań gotowych o określonych innowacyjnych cechach funkcjonalnych z dodatkiem długo gotowanych bulionów będących składnikiem recepturowym dań oraz nośnikiem dla bioprotekcyjnych kultur mikroorganizmów przedłużających w naturalny sposób trwałość finalnego produktu" współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.

WYTWARZANIE I OCENA JAKOŚCI GRANULATU OPAŁOWEGO Z DODATKIEM ODPADÓW Z FOLII OPAKOWANIOWYCH

Sławomir Obidziński[1], Paweł Cwalina[1], Małgorzata Kowczyk-Sadowy[1], Małgorzata Krasowska[1], Aneta Sienkiewicz[1], Jolanta Piekut[1], Marek Jałbrzykowski[2]

[1]Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku
[2]Politechnika Białostocka, Wydział Mechaniczny

E-mail: s.obidzinski@pb.edu.pl

Celem pracy było oszacowanie możliwości wykorzystania odpadowych folii opakowaniowych jako dodatku do produkcji pelletu opałowego z trocin drzewnych.

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu dodatku odpadowych folii opakowaniowych z PET (dodawanych w ilości 5, 10, 15 %) do trocin świerkowych na przebieg proces granulowania oraz właściwości fizyczne i energetyczne otrzymanego granulatu. Wytwarzanie granulatu przeprowadzono na stanowisku badawczym, którego głównym elementem jest granulator z układem roboczym „płaska obrotowa matryca-rolki zagęszczające".

Przeprowadzone badania wykazały, że dodatek odpadowego tworzywa PET, którego wartość opałowa dla suchej masy wynosi 25,362 MJ/kg MJ/kg, nieco podwyższy walory energetyczne produkowanego pelletu. Przeprowadzone badania wykazały również, że zwiększenie dodatku tworzywa PET od 5 do 15% powoduje wzrost zapotrzebowanie granulatora o ok. ok. 11% (z wartości 3,80 kW do 4,21 kW), spadek wytrzymałości kinetycznej granulatu ok. 3,5% (z 98,46% do 94,80%) oraz spadek gęstości otrzymanego granulatu o ok. 6 % (z 1221,38 do 1146,93 kg/m^3).

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że uzyskany granulat ma bardzo dobrą jakość rynkową i może stanowić pełnowartościowe innowacyjne paliwo stałe do wykorzystania w szczególności do spalania w instalacjach przemysłowych.

Słowa kluczowe: *granulat, paliwo, kaloryczność granulatu, odpady folii*

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy zespołowej WZ/WB-IIŚ/4/2026 w Politechnice Białostockiej i sfinansowane z subwencji przekazanej przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

ZRÓWNOWAŻONE MATERIAŁY OPAKOWANIOWE NA BAZIE PEF: MIESZANINY Z PLA ORAZ STRUKTURY WIELOWARSTWOWE

Sandra Paszkiewicz[1], Izabela Irska[1], Konrad Walkowiak[1], Adam Olszewski[1], Magdalena Zdanowicz[2], Elżbieta Piesowicz[1], Katarzyna Mituła-Chmielowiec[3], Monika Rzonsowska[3], Beata Dudziec[3], Joanna Aniśko-Michalak[4], Jacek Andrzejewski[4], Aleksander Hejna[4], Mateusz Barczewski[4]

[1]Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Katedra Technologii Materiałowych, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin
[2]Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Centrum Bioimmobilizacji i Innowacyjnych Materiałów Opakowaniowych, ul. K. Janickiego 35, 71-270 Szczecin
[3]Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Centrum Zaawansowanych Technologii, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 10, 61-614 Poznań
[4]Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Materiałów, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań

E-mail: sandra.paszkiewicz@zut.edu.pl

W odpowiedzi na rosnące wymagania środowiskowe oraz potrzebę ograniczenia zużycia surowców petrochemicznych intensywnie rozwijane są nowoczesne materiały polimerowe bazujące na surowcach odnawialnych. Szczególne zainteresowanie wzbudzają poliestry otrzymywane z diestru kwasu 2,5-furanodikarboksylowego (FDCA), które dzięki korzystnym właściwościom mechanicznym i barierowym są postrzegane jako perspektywiczna alternatywa dla konwencjonalnych tworzyw opakowaniowych [1]. W niniejszej pracy przedstawiono kompleksowe podejście do projektowania zrównoważonych materiałów opartych na poli(alkileno-2,5-furanodikarboksylanach), obejmujące zarówno mieszaniny polimerowe, kopolimery, jak i układy wielowarstwowe przeznaczone do zastosowań opakowaniowych.

Badania koncentrowały się na opracowaniu i charakterystyce mieszanin poli(2,5 furanodikarboksylanu etylenu) (PEF) z polilaktydem (PLA) [2], elastomerycznych kopoliestrów zawierających segmenty poli(tlenku tetrametylenu) (PTMO) [3] oraz wielowarstwowych struktur typu PLA/PEF/PLA [4]. Szczególną uwagę poświęcono analizie zależności pomiędzy strukturą materiału, oddziaływaniami międzyfazowymi oraz właściwościami użytkowymi istotnymi z punktu widzenia opakowań. Wykazano, że odpowiedni dobór składu i architektury materiału pozwala skutecznie kształtować właściwości mechaniczne, elastyczność oraz zdolności barierowe wobec gazów i par.

Szczególnie obiecujące okazały się laminaty PLA/PEF/PLA, w których warstwa PEF pełniła funkcję aktywnej bariery ograniczającej przenikanie tlenu i pary wodnej. Dzięki połączeniu wysokiej sztywności i biodegradowalności warstw PLA z doskonałymi właściwościami barierowymi PEF uzyskano wielowarstwowe materiały o parametrach szczególnie atrakcyjnych dla nowoczesnych opakowań żywności. Takie podejście umożliwia wykorzystanie niewielkiej ilości PEF do znaczącej poprawy funkcjonalności całego układu, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego udziału komponentów pochodzących ze źródeł odnawialnych. Z kolei zastosowanie segmentów PTMO

pozwoliło na otrzymanie materiałów o zwiększonej odkształcalności i odporności na kruche pękanie, co dodatkowo rozszerza zakres potencjalnych zastosowań tych poliestrów.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że integracja różnych strategii modyfikacji materiałowej, obejmujących mieszaniny, kopolimery oraz struktury wielowarstwowe, stanowi skuteczną drogę projektowania nowoczesnych, zrównoważonych materiałów poliestrowych o właściwościach dostosowanych do wymagań rynku opakowaniowego. Szczególnie układy laminatowe PLA/PEF/PLA pokazują, że odpowiednio zaprojektowane materiały wielowarstwowe mogą łączyć wysoką zawartość surowców odnawialnych z bardzo dobrymi właściwościami barierowymi, niezbędnymi do wydłużenia trwałości przechowywanej żywności i ograniczenia strat produktów.

Słowa kluczowe: *poli(2,5-furanodikarboksylan etylenu), poli(laktyd), poliestry opakowaniowe, mieszaniny fizyczne*

Praca realizowana w ramach projektu OPUS-26 2023/51/B/ST8/00775 pt. „Opracowanie nowego podejścia do produkcji i kompatybilizacji mieszanin poliestrowych z zastosowaniem hybrydowych dodatków organiczno-nieorganicznych”, akronim: siliCOMP.

Literatura:

1. Sousa A.F., Patrício R., Bikiaris D.N., Terzopoulou Z., Stern T., Wenger J., Loos K., Lotti N., Siracusa V., Szymczyk A., Paszkiewicz S., Triantafyllidis K.S., Zamboulis A., Nikolic M.S., Spasojevic P., Thiyagarajan S., van Es D.S., Guigo N., Recommendations for replacing PET on packaging, fibre and film materials with a biobased counterpart(s), Green Chemistry 2021, 23, 8795-8820
2. Barczewski M., Anisko-Michalak J., Irska I., Piasecki A., Figiel P., Andrzejewski J., Hejna A., Dudziec B., Paszkiewicz S., On the Structure of Poly(Lactic Acid) (PLA)/Poly(Ethylene 2,5-Furandicarboxylate) (PEF) Blends Processed in No-Shearing Conditions of Rotational Molding Technology, Journal of Polymers and the Environment 2026, 34(72)
3. Paszkiewicz S., Walkowiak K., Irska I., Zubkiewicz A., Figiel P., Goracy K., El Fray M., Furan-based copoly(ester-ethers) and copoly(ester-amide-ethers). Comparison study on the phase structure, mechanical and thermal properties, Polymer 2023, 269, 125740
4. Paszkiewicz S., Irska I., Walkowiak K., Włodarczyk F., Zdanowicz M., Piesowicz E., Barczewski M., Sustainable and eco-friendly single- and multilayer polyester foils from polylactide (PLA) and poly(ethylene 2,5-furandicarboxylate) (PEF), Molecules 2025, 30(1)

UPCYCLING WYTŁOKÓW OWOCOWYCH JAKO STRATEGIA ZAGOSPODAROWANIA PRODUKTÓW UBOCZNYCH PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO

Anna Pecyna[1], Agata Blicharz-Kania[2], Zbigniew Kobus[1]

[1]Katedra Podstaw Techniki, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
[2]Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

E-mail: anna.pecyna@up.edu.pl

Przetwórstwo owoców, w szczególności produkcja soków, wiąże się z powstawaniem znacznych ilości wytłoków, które zachowują część wartościowych składników surowca. Ze względu na zawartość błonnika pokarmowego, polifenoli, składników mineralnych i innych związków bioaktywnych mogą one stanowić wartościowy surowiec do produkcji żywności. Ich wykorzystanie wpisuje się w koncepcję upcyclingu, pozwalając na zwiększenie wartości użytkowej produktów ubocznych i ograniczenie strat surowcowych.

Celem badań była ocena możliwości wykorzystania wytłoków owocowych jako składników żywności o podwyższonej wartości funkcjonalnej oraz potwierdzenie ich potencjału poprzez zastosowanie wytłoków malinowych w produkcji modelowego pieczywa bezglutenowego. Oceniono właściwości fizykochemiczne i funkcjonalne wybranych wytłoków owocowych, a następnie wytłoki malinowe, poddane suszeniu konwekcyjnemu lub liofilizacji, zastosowano w chlebie bezglutenowym w ilości 5% i 10%. Określono wpływ dodatku na zawartość błonnika i polifenoli, aktywność antyoksydacyjną oraz wybrane cechy jakościowe i sensoryczne pieczywa.

Wykazano zróżnicowany potencjał funkcjonalny badanych wytłoków owocowych. Zastosowanie wytłoków malinowych w pieczywie bezglutenowym zwiększyło zawartość błonnika i związków polifenolowych oraz aktywność antyoksydacyjną produktu. Najkorzystniejsze efekty uzyskano dla chleba z 10% dodatkiem liofilizowanych wytłoków malinowych, w którym zawartość błonnika wynosiła 19,97% s.m., a zawartość polifenoli ogółem oraz aktywność antyoksydacyjna oznaczana metodami ABTS i DPPH były wyższe odpowiednio o 81,75%, 159,54% i 96,43% w porównaniu z pieczywem kontrolnym. Odpowiedni poziom dodatku pozwalał jednocześnie na uzyskanie produktu o akceptowalnych właściwościach sensorycznych.

Wyniki wskazują, że wytłoki owocowe mogą być efektywnie zagospodarowane jako surowce wtórne w produkcji żywności. Ich zastosowanie w pieczywie bezglutenowym stanowi przykład upcyclingu, łączącego ograniczenie strat wartościowej biomasy ze zwiększeniem wartości żywieniowej i funkcjonalnej produktu.

Słowa kluczowe: *upcycling, wytłoki owocowe, wytłoki malinowe, pieczywo bezglutenowe, związki bioaktywne*

ROLA MIKROORGANIZMÓW W OGRANICZANIU ZAWARTOŚCI WIELOPIERŚCIENIOWYCH WĘGLOWODORÓW AROMATYCZNYCH (WWA) PODCZAS KOMPOSTOWANIA BIOODPADÓW ROŚLINNYCH

Jolanta Piekut, Marzena Smolewska, Małgorzata Krasowska, Maciej Smolewski, Sławomir Obidziński, Małgorzata Kowczyk-Sadowy, Aneta Sienkiewicz, Paweł Cwalina, Kinga Koziak

Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku, Katedra Inżynierii Rolno-Spożywczej i Kształtowania Środowiska

E-mail: j.piekut@pb.edu.pl

Współczesna gospodarka odpadami stawia coraz większy nacisk na odzysk materii organicznej oraz ograniczanie negatywnego wpływu odpadów biodegradowalnych na środowisko. Szczególnym problemem są wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), zaliczane do trwałych zanieczyszczeń organicznych, które mogą akumulować się w glebie, wpływać niekorzystnie na rozwój roślin oraz stanowić zagrożenie dla ekosystemów. Jedną z metod ograniczania ich zawartości jest kompostowanie, wykorzystujące naturalną aktywność mikroorganizmów do biodegradacji związków organicznych. Celem badań była ocena wpływu aktywności mikroorganizmów na zawartość WWA podczas kompostowania wybranych bioodpadów roślinnych oraz identyfikacja zależności pomiędzy liczebnością mikroorganizmów a efektywnością degradacji tych związków. Badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem mieszanin opartych na trawie pochodzącej z terenów miejskich i wiejskich. Skład kompostów uzupełniono liśćmi, wytłokami jabłkowymi, fusami kawowymi oraz gałęziami w celu uzyskania korzystnego stosunku węgla do azotu. W wybranych wariantach zastosowano komercyjny preparat przyspieszający kompostowanie. Proces prowadzono przez 70 dni przy wilgotności około 60%.

Analizy mikrobiologiczne wykonywano w trzech etapach procesu: po jego rozpoczęciu, w fazie termofilnej oraz po zakończeniu kompostowania. Oznaczano liczebność bakterii właściwych, bakterii Gram-ujemnych i grzybów pleśniowych. Równolegle przeprowadzono oznaczenia 16 związków z grupy WWA metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS).

Uzyskane wyniki potwierdziły istotne znaczenie mikroorganizmów w przemianach zachodzących podczas kompostowania. W części badanych wariantów odnotowano redukcję sumy 16 WWA, przy czym najwyższą efektywność osiągnięto dla próby zawierającej trawę wiejską z dodatkiem preparatu przyspieszającego kompostowanie, gdzie spadek stężenia wyniósł około 29%. W pozostałych próbach redukcja wynosiła od 9 do 19%. Jednocześnie stwierdzono, że w niektórych wariantach następował wzrost oznaczanych stężeń WWA, co może być związane z uwalnianiem związków wcześniej związanych z materią organiczną oraz zmianami ich biodostępności podczas dojrzewania kompostu.

Analiza statystyczna wykazała silne zależności pomiędzy liczebnością mikroorganizmów a zawartością WWA. Szczególnie istotną rolę odgrywały bakterie uczestniczące w procesach biodegradacyjnych oraz mikroorganizmy rozwijające się w fazie termofilnej kompostowania.

Uzyskane rezultaty wskazują, że odpowiedni dobór składu wsadu, utrzymanie optymalnej wilgotności, temperatury i napowietrzania oraz stymulowanie rozwoju pożądanej mikroflory mogą zwiększać efektywność usuwania zanieczyszczeń organicznych. Przeprowadzone badania potwierdzają, że kompostowanie stanowi skuteczne narzędzie zagospodarowania bioodpadów, wpisujące się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym. Optymalizacja parametrów mikrobiologicznych procesu może przyczyniać się do poprawy jakości otrzymywanego kompostu oraz ograniczenia zawartości niepożądanych zanieczyszczeń organicznych, zwiększając bezpieczeństwo jego późniejszego wykorzystania środowiskowego i rolniczego.

Słowa kluczowe: *kompostowanie, bioodpady, WWA, biodegradacja, mikroorganizmy*

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy zespołowej WZ/WB-IIŚ/4/2026 w Politechnice Białostockiej i sfinansowane z subwencji przekazanej przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

STUDY OF FOULANT ADHESION TO AISI 304 STAINLESS STEEL SURFACES WITH DIFFERENT ROUGHNESS LEVELS

Joanna Piepiórka-Stepuk[1], Karolina Maziarz[1], Ewa Czerwińska[2], Filip Szafraniec[3]

Koszalin University of Technology, Faculty of Mechanical and Energy Engineering,
Racławicka Street 15–17, 75-620 Koszalin

[1]Department of Food Industry Processes and Facilities
[2]Department of Biomedical Engineering
[3]Department of Technical Systems Engineering and Informatics

E-mail: joanna.piepiorka@tu.koszalin.pl

This study presents the results of investigations into the effects of the surface properties of AISI 304 stainless steel on the formation and adhesion of fouling deposits generated during the thermal processing of milk, as well as on microbial adhesion. Surfaces with different roughness values (Ra), ranging from 0.05 to 1.20 µm, were examined. Their wettability and surface free energy, including its polar and dispersive components, were characterized. The amount, adhesion strength, microstructure, and formation kinetics of milk deposits were also evaluated, along with the susceptibility of the surfaces to adhesion by selected microorganisms. The results demonstrated that increasing surface roughness led to a decrease in the contact angle and, consequently, an increase in surface free energy, primarily due to an increase in its dispersive component. Increased surface roughness was also found to result in a greater mass of milk deposits formed on AISI 304 stainless steel surfaces and higher deposit adhesion strength. Furthermore, relationships were identified between the surface energy properties and both the mass and adhesion strength of the deposits. Additionally, the work of adhesion between milk and the steel surface was analysed, revealing a strong negative correlation between the work of adhesion and the mass of milk deposits formed. This finding suggests that the energetic affinity of milk for the steel surface is not the dominant factor determining the amount of deposit formation. The deposition process is also influenced by phenomena occurring during milk heating and the subsequent buildup of successive deposit layers. Microbiological investigations revealed no bacteriostatic activity of AISI 304 stainless steel against the tested microorganisms. However, a positive correlation was observed between surface roughness and the number of adhering bacterial cells.

The findings indicate that the morphometric and surface energy properties of AISI 304 stainless steel play an important role in fouling deposit formation and adhesion. Reducing surface roughness may therefore help decrease the susceptibility of stainless steel surfaces to deposit formation and microbial adhesion.

Keywords: *AISI 304 stainless steel, surface roughness, surface energy properties, adhesion, milk deposits, microorganisms*

SYNTEZA, STRUKTURA I WŁAŚCIWOŚCI BARIEROWE NOWYCH TRIBLOKOWYCH KOPOLIMERÓW PET-B-PTMO-B-PEN

Elżbieta Piesowicz[1], Izabela Irska[1], Sandra Paszkiewicz[1]

[1]Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Katedra Technologii Materiałowych

E-mail: Elzbieta.Piesowicz@zut.edu.pl

Rozwój techniki oraz rosnąca świadomość ekologiczna stwarzają potrzebę opracowywania nowych materiałów polimerowych o określonych właściwościach użytkowych. W tym celu stosuje się modyfikacje chemiczne i fizyczne polimerów, umożliwiające poprawę ich właściwości, zwiększenie przetwarzalności oraz obniżenie kosztów produkcji.

Szczególne znaczenie mają kopolimery poliestrowe zawierające segmenty poli(tereftalan etylenu) (PET), poli(tereftalan butylenu) (PBT) i poli(naftalan etylenu) (PEN), które dzięki korzystnym właściwościom mechanicznym, termicznym, chemicznym i barierowym znajdują szerokie zastosowanie, zwłaszcza w przemyśle opakowaniowym. Interesującą grupę stanowią także blokowe kopolimery estrowo-eterowe o strukturze heterofazowej, zaliczane do elastomerów termoplastycznych. Łączą one wysoką elastyczność z dobrymi właściwościami przetwórczymi i możliwością recyklingu, a ich budowa przypomina strukturę kompozytów.

Celem pracy było otrzymanie nowych blokowo-bezładnych terpolimerów z segmentem polioksytetrametylenu (PTMO) - PET-ran-PEN-blok-PTMO metodą dwuetapowej polikondensacji w stanie stopionym oraz określenie ich struktury fazowej i właściwości, ze szczególnym uwzględnieniem efektów barierowych. Aktualny stan wiedzy oraz brak doniesień dotyczących tej grupy materiałów świadczą o innowacyjnym charakterze badań.

W wyniku przeprowadzonych syntez otrzymano serię materiałów o zmiennych udziałach poszczególnych segmentów i dokonano ich kompleksowej charakterystyki wykorzystując takie techniki badawcze jak DSC, DMTA, FTIR oraz SEM.

Otrzymane wyniki badań nad syntezą, strukturą oraz właściwościami nowych blokowo-bezładnych terpolimerów PET-ran-PEN-blok-PTMO potwierdziły możliwość otrzymania materiałów o kontrolowanej budowie chemicznej i zróżnicowanych właściwościach fizycznych metodą polikondensacji w stanie stopionym. Wykazano, że udział sekwencji PEN decyduje o strukturze nadcząsteczkowej, stopniu krystaliczności oraz stabilności termicznej terpolimerów. Materiały zawierające ponad 40% wag. PTMO wykazały cechy elastomerów termoplastycznych. Najkorzystniejsze właściwości barierowe wobec tlenu uzyskano dla terpolimerów zawierających 30–60% mol. sekwencji PEN i zwiększony udział PTMO, co wskazuje na ich potencjał jako funkcjonalnych materiałów wysokobarierowych.

Słowa kluczowe: *kopolimery blokowo-bezładne, barierowość, struktura nadcząsteczkowa*

WPŁYW ODMIANY TRUSKAWEK NA ZAWARTOŚĆ WITAMINY C I POLIFENOLI ORAZ JAKOŚĆ SENSORYCZNĄ WINA OWOCOWEGO

Tomasz Piskier, Małgorzata Smuga-Kogut, Ewa Jas, Robert Bujaczek

Katedra Agrobiotechnologii, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki,

Politechnika Koszalińska, ul. Racławicka 15–17, 75-620 Koszalin

E-mail: tomasz.piskier@tu.koszalin.pl

Dobór odmiany owoców jest jednym z czynników kształtujących skład i jakość sensoryczną wina truskawkowego. Poszczególne odmiany mogą różnić się zawartością związków bioaktywnych, ekstraktu oraz cechami wpływającymi na barwę, smak i aromat produktu. Celem badań była ocena wpływu trzech odmian truskawek: Vibrant, Roxana i Honeoye, na zawartość witaminy C, polifenoli, ekstraktu i alkoholu etylowego oraz na jakość sensoryczną otrzymanych win.

Wina przygotowano w warunkach laboratoryjnych z owoców pochodzących od producentów z województwa zachodniopomorskiego. Nastawy sporządzono bez dodatku wody, stosując drożdże winiarskie Saccharomyces cerevisiae ssp. bayanus. W moszczach oznaczono zawartość witaminy C i polifenoli, a w gotowych winach ponownie oznaczono te związki oraz określono zawartość alkoholu etylowego i ekstraktu. Zmiany ekstraktu śledzono także w trakcie fermentacji. Po czterech miesiącach od sporządzenia nastawów pięcioosobowy zespół ocenił klarowność, barwę, zapach i smak win w skali pięciopunktowej.

Najwięcej witaminy C zawierał moszcz z odmiany Vibrant (134 mg%), podczas gdy w moszczach z odmian Honeoye i Roxana oznaczono po 67,72 mg%. Wino z odmiany Vibrant zachowało najwyższą zawartość tej witaminy spośród badanych produktów, chociaż jej ilość po fermentacji i przechowywaniu zmniejszyła się we wszystkich wariantach. Najwyższą zawartość polifenoli wśród moszczów stwierdzono dla odmiany Honeoye (818 mg/dm³), następnie Vibrant (605 mg/dm³) i Roxana (578 mg/dm³). W gotowych winach kolejność była inna: największą zawartość polifenoli oznaczono w winie z odmiany Vibrant (1667 mg/dm³), następnie Roxana (1588 mg/dm³) i Honeoye (1483 mg/dm³). We wszystkich trzech przypadkach wartości oznaczone w winie były wyższe niż w odpowiadającym mu moszczu. Zawartość alkoholu etylowego wynosiła od 12,45% obj. w winie z odmiany Honeoye do 15,19% obj. w winie z odmiany Roxana; wino z odmiany Vibrant zawierało 13,59% obj. alkoholu. W trakcie fermentacji zaobserwowano spadek zawartości ekstraktu, a jego najwyższą wartość końcową odnotowano w winie z odmiany Honeoye (11,2%). W ocenie sensorycznej wino to wyróżniało się zharmonizowanym smakiem, wyraźnym aromatem truskawkowym i intensywną, ciemnoczerwoną barwą. Wino z odmiany Roxana uzyskało najwyższą ocenę klarowności, natomiast wino z odmiany Vibrant miało najjaśniejszą barwę i niższą ocenę ogólnej jakości sensorycznej.

Wyniki wskazują, że wybór odmiany truskawek pozwala kształtować różne cechy wina owocowego. Odmiana Honeoye była najkorzystniejsza pod względem ocenionych cech sensorycznych, Vibrant wyróżniała się zawartością witaminy C i polifenoli w gotowym winie, a Roxana umożliwiła uzyskanie wina o najwyższej zawartości alkoholu.

Słowa kluczowe: *wino truskawkowe, odmiany truskawek, fermentacja alkoholowa, witamina C, polifenole, ocena sensoryczna.*

AN ALTERNATIVE APPROACH FOR THE UTILIZATION OF ORGANIC WASTE STREAMS

Daniel Pleissner[1]

[1]IFN Schoenow e.V., Section of Food and Environmenta, 16321 Bernau bei Berlin, Germany

E-mail: d.pleissner@ifn-schoenow.de

The valorization of organic waste streams through biotechnological processes offers a sustainable pathway toward a circular economy. This contribution presents an integrated biorefinery concept centered on the extremophilic microalga *Galdieria sulphuraria*, a thermo-acidophilic organism capable of growing heterotrophically on a wide range of organic substrates. A key advantage of *Galdieria* is its ability to thrive under conditions that inhibit most contaminants, enabling non-sterile cultivation and reducing operational costs. The process utilizes organic waste hydrolysates, such as those derived from food waste or agricultural residues, as carbon and energy sources. For example, *Galdieria* cultivated on pre-treated food waste achieved high biomass densities while simultaneously removing organic carbon and nutrients from the medium. The biomass itself is a valuable product, accumulating high levels of proteins, glycogen, and the red pigment phycocyanin, which has applications in food, cosmetics, and pharmaceuticals. This extremophile-based approach offers a robust and cost-effective platform for converting organic waste into high-value bioproducts, contributing to a closed-loop bioeconomy.

Słowa kluczowe: *organic waste, value, utilization, bioeconomy, cascade use*

RENEWABLE POLYMER COMPOSITES – POTENTIAL RAW MATERIALS FOR A RESILIENT EUROPEAN ECONOMY

Emilia Rus[1], Karol Leluk[1]

[1]Wroclaw Univeristy of Science and Technology, Faculty of Environmental Engineering

E-mail: emilia.rus@pwr.edu.pl

The European economy has in general made a significant shift from linear to circular model. Although there is still much to be done, in many industrial branches it can be claimed that we are much closer to circularity, leaving behind classical linear approach. On the other hand, looking at the data concerning crude-oil based polymer plastic consumption one may conclude that we, as a society, are in the beginning of the pathway leading to sustainable economy. One of the most important factors (if not the most important one) limiting broad use of sustainable materials is their lack of mechanical performance. The concept of natural fiber reinforced sustainable composites is not the fresh and new approach, but the valorization of organic waste streams (fiber-like natural materials) throughout commonly known processing technologies opens economically beneficial pathways. Authors present research results carried on a hemp reinforced sustainable polymer composites in terms of their use as a conceptual materials in FDM printed household appliances and compressed tiles for (indoor) insulation. This approach was intended to offer cost effective and sustainable materials giving their huge contribution to circular economy system.

Keywords: *biocomposites, fiber reinforced composites, CT*

WYZWANIA TECHNOLOGICZNE W PAKOWANIU OWADÓW, PRODUKTÓW OWADOPOCHODNYCH I ŻYWNOŚCI Z ICH DODATKIEM

Tomasz Rydzkowski[1], Sylwia Mierzejewska[1], Zdzisław Domiszewski[1]

[1]Politechnika Koszalińska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki,
Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, ul. Racławicka 15–17, 75-620 Koszalin

E-mail: tomasz.rydzkowski@tu.koszalin.pl

Wykorzystanie owadów jako alternatywnego źródła białka i innych składników żywnościowych jest jednym z kierunków rozwoju współczesnego sektora rolno-spożywczego i gospodarki o obiegu zamkniętym. Oprócz bezpośredniego wykorzystania całych owadów coraz większe znaczenie mają mączki, proszki, ekstrakty i inne składniki owadopochodne stosowane jako komponenty produktów spożywczych. Rozwój tej grupy produktów stwarza nowe wyzwania dotyczące ich utrwalania, przechowywania oraz doboru odpowiednich systemów pakowania.

Właściwości fizykochemiczne produktów owadzich, w szczególności zawartość i aktywność wody, obecność lipidów podatnych na utlenianie oraz wrażliwość na działanie tlenu i światła, mają istotny wpływ na ich stabilność i trwałość przechowalniczą. Odpowiednio dobrane materiały opakowaniowe powinny zapewniać skuteczną ochronę przed czynnikami zewnętrznymi, a jednocześnie być dostosowane do postaci produktu, technologii jego wytwarzania oraz warunków dystrybucji. Szczególne znaczenie mają właściwości barierowe wobec tlenu, pary wodnej i światła, a także możliwość wykorzystania nowoczesnych folii, struktur wielowarstwowych oraz monofolii i struktur monomateriałowych zgodnych z aktualnymi trendami projektowania opakowań z myślą o ich recyklingu.

Dodatkowe możliwości zwiększenia trwałości i bezpieczeństwa produktów stwarzają opakowania aktywne i inteligentne, pozwalające na ograniczenie niekorzystnych zmian jakościowych oraz monitorowanie wybranych parametrów produktu lub warunków jego przechowywania. W przypadku żywności zawierającej składniki owadzie znaczenia nabierają również wymagania dotyczące bezpieczeństwa, identyfikowalności i prawidłowego znakowania, a także akceptacji konsumentów. Dobór materiału, konstrukcji i funkcjonalności opakowania powinien uwzględniać cały cykl życia produktu, w tym możliwość ograniczenia zużycia materiałów, wykorzystania surowców ze źródeł odnawialnych oraz efektywnego zagospodarowania zużytych opakowań.

Rozwiązania opakowaniowe dla produktów owadzich powinny zatem łączyć wymagania związane z bezpieczeństwem i trwałością żywności z rosnącymi oczekiwaniami dotyczącymi funkcjonalności, możliwości recyklingu i ograniczania wpływu opakowań na środowisko. Odpowiednio zaprojektowane opakowanie może stać się jednym z ważnych czynników wspierających rozwój rynku produktów owadzich oraz ich integrację z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym.

Słowa kluczowe: *opakowanie, owady, innowacje, białko, GOZ*

FROM IDEA TO INNOVATION: MERGE AS A PLATFORM FOR HACKATHONS, KNOWLEDGE TRANSFER AND SME SUPPORT IN THE GERMAN-POLISH BORDER REGION

Alexander Schwock[1], Gudrun Mernitz[1]

[1]WITENO GmbH; department International Projects;
Walther-Rathenau-Str. 49a; 17489 Greifswald

E-mail: schwock@witeno.de

The Interreg project MERGE (Mecklenburg-Vorpommern / Brandenburg / Polska 2021-2027) builds a joint German-Polish platform connecting science, industry and small and medium-sized enterprises (SMEs) in the bioeconomy, with a strong focus on the circular economy. The talk presents the project, its partners and its main tools for cross-border cooperation. Central to MERGE are multilateral contact points and a shared database that link companies, research institutions and experts on both sides of the border, making it easier to find partners for research and development (R&D) projects. Two German-Polish bioeconomy hackathons bring together SMEs, start-ups and researchers to develop practical solutions for real business challenges, supported by training in design thinking and pitching. The Pomerania Bioeconomy Conference, planned for 2027 in Vorpommern, continues the long-standing bioeconomy conference tradition from Anklam and brings together actors from science, business and politics from Poland and Germany, with growing outreach toward the Baltic Sea region. The talk shows how these formats work together as one network, opening access to shared research infrastructure, promoting knowledge and technology transfer, and giving SMEs concrete ways to test ideas, find partners and grow their R&D capacity across the border.

EKOSKÓRA Z ODPADÓW JAKO POTENCJALNY MATERIAŁ DO PRODUKCJI OPAKOWAŃ I WYROBÓW UŻYTKOWYCH

Aneta Sienkiewicz, Małgorzata Kowczyk-Sadowy, Sławomir Obidziński, Paweł Cwalina, Kinga Koziak, Małgorzata Krasowska, Jolanta Piekut

Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku,
Katedra Inżynierii Rolno-Spożywczej i Kształtowania Środowiska

E-mail: a.sienkiewicz@pb.edu.pl

Rosnące zainteresowanie materiałami przyjaznymi środowisku sprzyja poszukiwaniu nowych sposobów zagospodarowania odpadów pochodzenia roślinnego. Szczególnie istotne są rozwiązania wpisujące się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym, umożliwiające przekształcanie produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego w materiały o wartości użytkowej. Jednym z takich materiałów jest ekoskóra otrzymywana z odpadów owocowych, która dzięki swoim właściwościom może znaleźć zastosowanie w produkcji opakowań oraz różnego rodzaju wyrobów codziennego użytku.

Podstawowym surowcem wykorzystywanym do wytwarzania ekoskóry są wytłoki jabłkowe, stanowiące cenne źródło włókien roślinnych i substancji naturalnych. W procesie produkcyjnym są one odpowiednio rozdrabniane i łączone ze skrobią roślinną, która odpowiada za tworzenie spójnej struktury materiału. W celu uzyskania jednorodnej mieszaniny oraz poprawy jej właściwości stosuje się proces ekstruzji. Następnie do przygotowanej masy wprowadza się dodatki modyfikujące, takie jak gliceryna zwiększająca elastyczność, olej roślinny poprawiający odporność na wilgoć, substancje wspomagające tworzenie wiązań między składnikami oraz pulpa porzeczkowa pełniąca funkcję naturalnego dodatku wzmacniającego i nadającego barwę.

W trakcie obróbki termicznej zachodzą procesy prowadzące do powstania przestrzennej struktury biopolimerowej, z której formowany jest cienkowarstwowy materiał. Po wysuszeniu uzyskuje się elastyczną i zwartą ekoskórę o cechach użytkowych zbliżonych do tradycyjnych materiałów skóropodobnych. Dodatkowe pokrycie powierzchni przy użyciu naturalnych powłok ochronnych pozwala zwiększyć odporność na ścieranie oraz działanie wilgoci, co jest szczególnie ważne w przypadku zastosowań opakowaniowych.

Wyniki badań wskazują, że materiały otrzymywane z mieszaniny wytłoków jabłkowych i pulpy porzeczkowej wykazują korzystne właściwości mechaniczne oraz wysoki udział składników pochodzenia naturalnego. Opracowana ekoskóra stanowi przykład efektywnego wykorzystania odpadów organicznych i może być rozpatrywana jako alternatywa dla konwencjonalnych materiałów wykorzystywanych do produkcji opakowań, akcesoriów oraz innych wyrobów użytkowych.

Słowa kluczowe: *materiał skóropodobny, odpady rolno-spożywcze, opakowania ekologiczne, wyroby użytkowe, gospodarka o obiegu zamkniętym*

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy zespołowej WZ/WB-IIŚ/4/2026 w Politechnice Białostockiej i sfinansowane z subwencji przekazanej przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

ŚRODOWISKOWA EFEKTYWNOŚĆ PRODUKCJI BIAŁKA Z ARTHROSPIRA PLATENSIS NA TLE KONWENCJONALNYCH ŹRÓDEŁ BIAŁKA – ANALIZA PORÓWNAWCZA METODĄ OCENY CYKLU ŻYCIA (LCA)

Kazimierz Sławiński[1], Małgorzata Smuga-Kogut[1]

[1]Politechnika Koszalińska, Katedra Agrobiotechnologii, ul. Racławicka 15–17, 75-620 Koszalin

E-mail: kazimierz.slawinski@tu.koszalin.pl

Rosnące zapotrzebowanie na żywność i białko skłania do poszukiwania alternatywnych źródeł białka o mniejszym wpływie na środowisko. W ostatnich latach coraz większe zainteresowanie wzbudza *Arthrospira platensis* (spirulina), wyróżniająca się bardzo wysoką zawartością białka oraz szybkim tempem wzrostu biomasy. Celem pracy było porównanie wpływu środowiskowego produkcji spiruliny z wybranymi źródłami białka roślinnego i zwierzęcego. Analizę oparto na metodologii oceny cyklu życia (LCA), wykorzystując dane pochodzące z literatury naukowej. Aby umożliwić bezpośrednie porównanie wyników, wszystkie wartości przeliczono do wspólnej jednostki funkcjonalnej wynoszącej 1 kg czystego białka. Ocenie poddano emisję gazów cieplarnianych, zapotrzebowanie na powierzchnię uprawną oraz wydajność produkcji białka. Uzyskane wyniki pokazują, że wpływ środowiskowego produkcji spiruliny nie jest jednoznaczny i w dużym stopniu zależy od zastosowanej technologii. W systemach wykorzystujących energię geotermalną, ślad węglowy może osiągać wartości zbliżone do zera. Z kolei w przemysłowej produkcji tabletek, wymagającej znacznych nakładów energii, wynosi około 12,8 kg CO_2-eq na 1 kg białka. Oznacza to poziom wyższy niż w przypadku roślin strączkowych, ale nadal wielokrotnie niższy od wartości -notowanych dla wołowiny. Spirulina pozwala uzyskać od 18 do 19,2- ton białka z hektara rocznie, dzięki czemu do wyprodukowania 1 kg białka wystarcza 0,52–0,56 $m^2 \cdot$rok powierzchni. Przeprowadzona analiza wskazuje, że mikroalgi mogą stać się ważnym elementem zrównoważonych systemów żywnościowych. Ich rzeczywisty potencjał środowiskowy będzie jednak zależał od dalszego rozwoju technologii oraz coraz szerszego wykorzystania odnawialnych źródeł energii i rozwiązań wpisujących się w gospodarkę o obiegu zamkniętym.

Słowa kluczowe: *Arthrospira platensis*; *spirulina*; *analiza cyklu życia (LCA); ślad węglowy*; *alternatywne źródła białka*

OD OSADU ŚCIEKOWEGO DO BIOFERTILIZERA – WYKORZYSTANIE MIKROALG ARTHROSPIRA PLATENSIS W GOSPODARCE O OBIEGU ZAMKNIĘTYM

Małgorzata Smuga-Kogut[1]

[1]Katedra Agrobiotechnologii, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki, Politechnika Koszalińska, ul. Racławicka 15–17, 75-620 Koszalin

E-mail: malgorzata.smuga-kogut@tu.koszalin.pl

Wdrażanie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym wymaga opracowania technologii umożliwiających efektywne zagospodarowanie odpadów oraz odzysk zawartych w nich składników odżywczych. Jednym z perspektywicznych kierunków jest wykorzystanie mikroalg do biokonwersji odpadów organicznych pochodzących z przemysłu spożywczego oraz dalsze wykorzystanie uzyskanej biomasy jako produktu o wartości dodanej dla rolnictwa.

Celem badań była ocena możliwości wykorzystania osadu ściekowego pochodzącego z zakładu przetwórstwa rybnego Polryb (Maszkowo) jako źródła składników odżywczych do hodowli *Arthrospira platensis*, a następnie zastosowania otrzymanej biomasy do produkcji biofertilizera wykorzystywanego w uprawie hydroponicznej roślin zielarskich.

Hodowlę prowadzono w zamkniętych fotobioreaktorach o łącznej objętości roboczej 40 l (4 × 10 l) przez okres 10 dni. Do pożywki jednorazowo wprowadzano osad ściekowy w dawce 20 $g \cdot l^{-1}$. W trakcie doświadczenia monitorowano wzrost mikroalg metodą spektrofotometryczną, a po zakończeniu hodowli oceniano wydajność produkcji biomasy. Średnio z każdego reaktora uzyskano około 200 ml zagęszczonej biomasy w postaci pasty o zawartości suchej masy wynoszącej 54%. Uzyskaną biomasę poddano analizie pod kątem zawartości białka, zdolności sekwestracji ditlenku węgla oraz akumulacji metali ciężkich. Wyniki wykazały, że osad ściekowy może stanowić efektywne źródło składników odżywczych wspomagających wzrost *A. platensis*, umożliwiając jednocześnie odzysk składników biogennych oraz częściowe wiązanie CO_2. Jednocześnie stwierdzono zdolność mikroalg do akumulacji wybranych metali ciężkich obecnych w osadzie, jednak ich stężenia w biomasie pozostawały poniżej wartości granicznych dla materiałów organicznych. W kolejnym etapie badań biomasa mikroalgowa została wykorzystana do przygotowania biofertilizera o stężeniu 10% (m/m) i pH 6,0. Otrzymany preparat stosowano dolistnie w hydroponicznej uprawie bazylii (*Ocimum basilicum*). Opryski wykonywano trzykrotnie w odstępach tygodniowych, aplikując każdorazowo 30 mL preparatu na roślinę. Po dwutygodniowym okresie karencji od ostatniego zabiegu zebrano materiał roślinny do analiz.

Badania wykazały, że stosowanie biofertilizera mikroalgowego prowadziło do zwiększenia przyrostu biomasy bazylii w porównaniu z próbą kontrolną. Jednocześnie analiza zawartości metali ciężkich w liściach nie wykazała ich podwyższonej akumulacji, co wskazuje na brak transferu oznaczanych pierwiastków z preparatu do części użytkowych roślin. Otrzymane wyniki potwierdzają możliwość bezpiecznego wykorzystania biomasy *Arthrospira platensis* wyprodukowanej na bazie odpadowych osadów ściekowych jako składnika biofertilizerów przeznaczonych do produkcji roślin.

Przeprowadzone badania wskazują, że technologie mikroalgowe mogą stanowić efektywne narzędzie odzysku składników odżywczych z odpadów przemysłu rybnego oraz wpisują się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym poprzez przekształcenie odpadu w produkt wspomagający produkcję roślinną.

Słowa kluczowe**:** *Arthrospira platensis*, *biofertilizer, metale ciężkie, osady ściekowe, gospodarka o obiegu zamkniętym, przemysł rybny, sekwestracja* CO_2

PRZYSZŁOŚĆ OPAKOWAŃ DLA PRODUKTÓW MIĘSNYCH – MIĘDZY OCZEKIWANIAMI RYNKU A REALIAMI PRODUKCJI

Jacek Stanasiuk[1]

[1]Centrum Badań i Rozwoju Przetwórstwo, Sokołów S.A.

E-mail: jaces@sokolow.pl

Dynamiczne zmiany regulacyjne, rosnąca świadomość ekologiczna oraz zmieniające się oczekiwania konsumentów stawiają przed branżą spożywczą nowe wyzwania w zakresie projektowania opakowań. Szczególne znaczenie ma to w sektorze mięsnym, gdzie opakowanie musi jednocześnie zapewniać bezpieczeństwo, jakość i trwałość produktu, odpowiadając na rosnące wymagania środowiskowe.

Celem prezentacji jest przedstawienie aktualnych wyzwań i kierunków rozwoju opakowań produktów mięsnych z perspektywy dużego producenta żywności. Omówione zostaną najważniejsze regulacje i trendy europejskie, ze szczególnym uwzględnieniem założeń rozporządzenia PPWR oraz wymagań związanych z redukcją materiałów, zwiększaniem recyklowalności opakowań i rozwojem gospodarki o obiegu zamkniętym. Poruszona zostanie również problematyka greenwashingu oraz znaczenie rzetelnej komunikacji dotyczącej rzeczywistego wpływu środowiskowego stosowanych rozwiązań.

W prezentacji przedstawione zostaną także oczekiwania konsumentów wobec opakowań produktów mięsnych, obejmujące m.in. wygodę użytkowania, możliwość wielokrotnego otwierania i zamykania, ograniczenie zużycia tworzyw sztucznych, łatwość segregacji odpadów oraz wykorzystanie komponentów papierowych. Na tym tle zaprezentowane zostaną działania podejmowane przez Sokołów S.A., obejmujące rozwój nowych form opakowań, optymalizację ich konstrukcji oraz redukcję ilości wykorzystywanych materiałów.

Przedstawione przykłady pokażą, że rozwój opakowań dla produktów mięsnych wymaga kompleksowego podejścia, łączącego bezpieczeństwo żywności, funkcjonalność, efektywność produkcji, oczekiwania konsumentów oraz cele środowiskowe. Kluczowym wyzwaniem dla branży będzie znalezienie równowagi pomiędzy wymaganiami regulacyjnymi, technologicznymi i rynkowymi, przy jednoczesnym uwzględnieniu zasad zrównoważonego rozwoju.

Słowa kluczowe: *opakowania, produkty mięsne, PPWR, zrównoważony rozwój, recyklowalność*

BROWARNICZY OSAD GORĄCY – CHARAKTERYSTYKA I POTENCJAŁ WYKORZYSTANIA

Monika Sterczyńska[1], Marta Stachnik[2], Marek Zdaniewicz[3], Katarzyna Wolny-Koładka[4]

[1]Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, Politechnika Koszalińska,
[2]Uniwersytet Nauk Stosowanych w Turku (Turku UAS) Joukahaisenkatu 3 20520 Turku
[3]Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
[4]Katedra Mikrobiologii i Biomonitoringu, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
E-mail: monika.sterczynska@tu.koszalin.pl

Osad gorący jest produktem ubocznym powstającym podczas gotowania brzeczki piwnej i jej późniejszego klarowania. Stanowi złożoną matrycę zawierającą m.in. skoagulowane białka, związki pochodzące z chmielu, polifenole oraz inne składniki wytrącane lub adsorbowane w trakcie obróbki brzeczki. Jego skład i właściwości mogą być uzależnione zarówno od zastosowanych surowców, jak i parametrów procesu technologicznego. Celem badań była charakterystyka wybranych właściwości osadu gorącego oraz ocena możliwości jego dalszego zagospodarowania.

Badania obejmowały oznaczenie suchej masy, zawartości białka i ekstraktu, a także ocenę właściwości reologicznych osadu, w tym lepkości i tiksotropii. Analizowano również wpływ wybranych czynników surowcowych i technologicznych, takich jak rodzaj zastosowanego słodu, temperatura oraz czas gotowania brzeczki. Uzupełnieniem charakterystyki była analiza mikrobiologiczna obejmująca wybrane mikroorganizmy potencjalnie patogenne. Wykazano, że osad gorący jest materiałem o właściwościach nienewtonowskich i wykazuje wyraźne cechy tiksotropowe. Jego maksymalna lepkość zmniejszała się wraz ze wzrostem temperatury oraz była zależna od zastosowanego słodu i czasu gotowania brzeczki. W analizowanych próbkach nie wykryto badanych zanieczyszczeń mikrobiologicznych, co wskazuje na skuteczność zastosowanych warunków technologicznych i higienicznych w ograniczaniu przeżywalności analizowanych mikroorganizmów.

Określenie właściwości fizykochemicznych i reologicznych osadu gorącego ma znaczenie zarówno dla optymalizacji jego usuwania, pompowania i transportu, jak również dla poszukiwania kierunków jego dalszego wykorzystania. Ze względu na obecność białek oraz składników pochodzących ze słodu i chmielu osad gorący może być rozpatrywany nie tylko jako strumień odpadowy, lecz także jako potencjalne źródło składników możliwych do odzysku. W literaturze wskazuje się m.in. na możliwość wykorzystania produktów ubocznych tego typu jako źródła białka i związków bioaktywnych, składników paszowych, substratów w procesach biotechnologicznych i energetycznych, a także na możliwość odzysku wybranych związków fenolowych i innych substancji pochodzenia chmielowego.

Uzyskane wyniki wskazują, że kompleksowa charakterystyka osadu gorącego, uwzględniająca jego skład, właściwości reologiczne oraz jakość mikrobiologiczną, może stanowić podstawę do projektowania efektywnych sposobów jego zagospodarowania. Takie podejście wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym i może przyczynić się do przekształcenia osadu gorącego z produktu ubocznego browarnictwa w surowiec o potencjalnej wartości technologicznej.

Słowa kluczowe: *osad gorący, produkty uboczne browarnictwa, reologia, gospodarka odpadami*

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w Polsce (nr grantu: LIDER 46/0185/L-9/17/NCBR/2018).

ODPADY ŻYWNOŚCIOWE JAKO SUROWIEC DO PRODUKCJI OPAKOWAŃ METODĄ DRUKU 3D

Wiktoria Stoma[1], Dariusz Andrejko[1]

[1] Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji,
Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz

E-mail: wiktoria.stoma@up.edu.pl

Rosnąca ilość generowanych na świecie odpadów żywnościowych stanowi istotny problem środowiskowy, ekonomiczny oraz wyzwanie dla współczesnych systemów gospodarowania zasobami. Marnowanie żywności wiąże się nie tylko ze stratami ekonomicznymi, ale również z negatywnym wpływem na środowisko. W związku z rosnącym zainteresowaniem ideą gospodarki o obiegu zamkniętym poszukuje się nowych metod wykorzystania odpadów organicznych jako surowców do wytwarzania innowacyjnych materiałów. Jednym z perspektywicznych kierunków jest ich zastosowanie w produkcji materiałów przeznaczonych do wytwarzania opakowań metodą druku 3D.

Celem pracy jest przedstawienie możliwości wykorzystania odpadów żywnościowych jako surowca do produkcji opakowań z wykorzystaniem technologii druku 3D oraz omówienie znaczenia tego rozwiązania w kontekście rozwoju materiałów. W pracy przedstawiono ogólną charakterystykę przykładowych materiałów otrzymywanych z udziałem surowców odpadowych, możliwości ich zastosowania oraz czynniki wpływające na właściwości i jakość końcowych wyrobów. Uwzględniono znaczenie odpowiedniego przygotowania materiału, doboru warunków procesu wytwarzania oraz innych parametrów mających wpływ na uzyskany produkt.

Analiza dostępnej literatury wskazuje, że odpady żywnościowe mogą stanowić wartościowy zasób dla rozwoju ekologicznych materiałów opakowaniowych. Połączenie ich zagospodarowania z technologią druku 3D otwiera nowe możliwości projektowania oraz daje możliwość wytwarzania produktów o ograniczonym wpływie na środowisko. Jednocześnie obszar ten nadal pozostawia szerokie możliwości dalszych badań, ponieważ potencjał wielu rodzajów odpadów żywnościowych jako surowców do wytwarzania materiałów opakowaniowych nie został jeszcze zweryfikowany.

Słowa kluczowe: *odpady żywnościowe, druk 3D, opakowania, gospodarka obiegu zamkniętego, zrównoważony rozwój*

INNOWACYJNA ŻYWNOŚĆ FUNKCJONALNA Z WYKORZYSTANIEM MIKROKAPSUŁKOWANYCH POLIFENOLI – OPRACOWANIE I OPTYMALIZACJA RECEPTURY JOGURTU

Arkadiusz Szpicer, Weronika Bińkowska, Adrian Stelmasiak, Iwona Wojtasik-Kalinowska, Monika Marcinkowska-Lesiak, Magdalena Zalewska, Andrzej Półtorak

E-mail: iwona_wojtasik-kalinowska@sggw.edu.pl

Jednym z wyzwań współczesnej technologii żywności jest zapewnienie stabilności i ochrony składników bioaktywnych, przy jednoczesnym zachowaniu jakości i bezpieczeństwa produktów spożywczych. Celem pracy było opracowanie innowacyjnej żywności funkcjonalnej w postaci jogurtu wzbogaconego w mikrokapsułkowane polifenole z czarnej marchwi, błonnik bambusowy oraz olej açaí. Optymalizację receptury przeprowadzono z wykorzystaniem metody powierzchni odpowiedzi (Response Surface Methodology - RSM). Analizie poddano właściwości fizykochemiczne produktu, zawartość związków bioaktywnych, aktywność antyoksydacyjną oraz akceptowalność konsumencką. Optymalna receptura obejmowała 3,82% mikrokapsułkowanych polifenoli, 4,94% błonnika bambusowego i 0,46% oleju açaí. Opracowany produkt charakteryzował się wysoką zawartością składników bioaktywnych, podwyższoną aktywnością antyoksydacyjną oraz wysoką akceptowalnością konsumencką (7,38/10). Zastosowanie mikrokapsułkowania umożliwiło zabezpieczenie polifenoli, a produkt wykazywał stabilność podczas 12 dni przechowywania. Wyniki wskazują, że połączenie mikrokapsułkowania i optymalizacji receptury metodą RSM stanowi skuteczne podejście do projektowania innowacyjnej żywności funkcjonalnej.

Słowa kluczowe*: Żywność funkcjonalna; mikrokapsułkowanie; polifenole; czarna marchew; jogurt; RSM; aktywność antyoksydacyjna; składniki bioaktywne*

WPŁYW MARYNOWANIA SZPROTA BAŁTYCKIEGO Z WNĘTRZNOŚCIAMI NA ZAWARTOŚĆ PCDD/F, PCB I PFAS W TKANCE MIĘŚNIOWEJ

Agata Witczak[1], Patryk Kamiński[1], Ingrid Undeland[2], Barbara Szymczak[1], Mariusz Szymczak[1]

[1]Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Szczecin, Polska
[2]Chalmers University of Technology, Department of Life Sciences, Division of Food and Nutrition Science, Göteborg, Sweden

E-mail: barbara.szymczak@zut.edu.pl

Szprot bałtycki (*Sprattus sprattus*) stanowi wartościowy surowiec do produkcji żywności, jednak jego niewielkie rozmiary utrudniają tradycyjne patroszenie i filetowanie. Wykorzystanie całych ryb mogłoby zwiększyć wydajność surowcową, lecz obecność wnętrzności budzi pytania dotyczące możliwej dyfuzji zanieczyszczeń środowiskowych do mięśni podczas przetwarzania. Celem badań była ocena wpływu sezonu połowu, obecności wnętrzności oraz stopnia obróbki wstępnej na zawartość polichlorowanych dibenzo-*p*-dioksyn i dibenzofuranów (PCDD/F), dioksynopodobnych i niedioksynopodobnych polichlorowanych bifenyli (dl-PCB i ndl-PCB) oraz związków per- i polifluoroalkilowych (PFAS) w tkance mięśniowej marynowanego szprota.

Szproty poławiane wiosną (marzec) i jesienią (listopad) marynowano (kąpiel 3,5% kwasu octowego, 4,5% NaCl, ryba do kąpieli (m/m) 1:1, temp. 7°C) w trzech postaciach: ryby całe, tusze oraz filety ze skórą. Po 7 dobach marynowania ze wszystkich wariantów pobierano tkankę mięśniową filetów do analiz na zawartość wody i tłuszczu (AOAC). Wybrane trwałe zanieczyszczenia organiczne (TZO) oznaczano w tkance mięśniowej ryb surowych i marynowanych oraz we wnętrznościach. Otrzymane stężenia odnoszono do najwyższych dopuszczalnych poziomów określonych w rozporządzeniu Komisji (UE) 2023/915.

Zarówno w tkance mięśniowej jak i we wnętrznościach szprota zawartość sumy PCDD/F i dl-PCB nie przekraczała najwyższego dopuszczalnego poziomu (ML=6,5 pg WHO-TEQ/g mokrej masy), stanowiąc 16,4–51,4% ML. Stężenia w mięśniach szprota odłowionego wiosną były wyższe niż jesienią. Odmienną zależność stwierdzono dla wnętrzności: wiosną zawartość PCDD/F/dl-PCB (WHO-TEQ) stanowiła 36% zawartości w tkance mięśniowej, natomiast jesienią odwrotnie, była o 40% wyższa niż w mięśniach. Zawartość ndl-PCB (ICES-6), zarówno w surowych i marynowanych szprotach, również pozostawała poniżej ML wynoszącego 75 ng/g mokrej masy. W tkance mięśniowej stężenia były wyższe wiosną niż jesienią, podczas gdy we wnętrznościach jesienią oznaczono około 2,5-krotnie więcej ndl-PCB niż wiosną.

Proces marynowania lub połączony efekt marynowania i stopnia obróbki ryb poławianych w obu sezonach nie miały istotnego wpływu na zmiany ich poziomu zarówno pozostałości PCDD/F/dl-PCB jak i ndl-PCB w mięśniu. W szczególności marynowanie ryb całych z wnętrznościami nie prowadziło do zwiększenia zawartości badanych of PCDD/F, dl-PCB i ndl-PCB w porównaniu do marynowanych filetów i tusz, bez względu na dużą różnicę w zawartości PCDD/F/dl-PCB oraz ndl-PCB we

wnętrznościach szprota złowionego w różnym sezonie. Wyniki nie wskazują na istotną dyfuzję badanych związków z wnętrzności do tkanki mięśniowej szprota podczas 7 dób marynowania.

W przypadku PFAS stwierdzono odmienny wzorzec. Suma PFOS, PFOA, PFNA i PFHxS odpowiadała 8,8–79,9% ML (8.0 μg/kg m.m.)., a najwyższe stężenie występowało we wnętrznościach ryb poławianych wiosną, kiedy odnotowano silną korelację między sumą PFOS, PFOA, PFNA i PFHxS a zawartością lipidów we wnętrznościach. Dominującym związkiem był PFOS, stanowiący 82,2–100% sumy czterech regulowanych PFAS. W sezonie wiosennym zawartość sumy czterech PFAS wzrastała od minimalnej w surowej tkanki mięśniowej, poprzez filety i tusze marynowane do maksymalnej w szprocie marynowanym w całości. Jesienią podobnego efektu nie obserwowano. Uwzględniając ponad 2-krotnie wyższą zawartość sumy PFAS we wnętrznościach względem surowca, może to świadczyć o możliwości dyfuzji badanych PFAS z wnętrzności do tkanki mięśniowej szprota podczas marynowania. Pojawienie się PFOA i PFHxS w niektórych próbkach po marynowaniu, przy ich niewykrywalnym poziomie w odpowiadającej im surowej tkance mięśniowej, wskazuje na potrzebę dalszych badań nad źródłem tych związków i możliwością ich transferu podczas procesu np. z opakowań plastikowych.

W przeciwieństwie do chlorowanych TZO, dla których nie stwierdzono dyfuzji z wnętrzności do mięśni, wyniki dla PFAS w szprocie odłowionym wiosną wskazują na możliwość redystrybucji tych związków podczas marynowania. Na podstawie obecnego doświadczenia nie można jednak jednoznacznie rozstrzygnąć, czy obserwowany wzrost wynika z transferu z wnętrzności, zmian składu tkanki podczas marynowania czy innego źródła technologicznego. Zagadnienie wymaga dalszych badań z zastosowaniem odpowiednich prób kontrolnych. Wszystkie analizowane warianty pozostawały poniżej obowiązujących najwyższych dopuszczalnych poziomów, przy czym sezon połowu był ważniejszym czynnikiem różnicującym obciążenie związkami TZO niż sposób obróbki wstępnej ryby.

Słowa kluczowe: *szprot bałtycki, marynowanie, PCDD/F, PCB, PFAS, bezpieczeństwo żywności*

This research was funded by the National Centre for Research and Development (NCBR), Poland within Project no. SBEP/2023/43/RE-BLUE/2024 "Resource efficient blue food production from small underutilized pelagic fish species (RE-BLUE)" (Sustainable Blue Economy Partnership, SBEP). This project is funded through the joint co-funded call for transnational research projects on "The way forward: a thriving sustainable blue economy for a brighter future" (Sustainable Blue Economy Partnership, SBEP https://bluepartnership.eu/).

UTILIZATION OF STRAWBERRY POMACE IN FOOD PRODUCTION AND WASTE MANAGEMENT

Iwona Wojtasik-Kalinowska, Monika Marcinkowska-Lesiak, Arkadiusz Szpicer, Weronika Bińkowska, Andrzej Półtorak

Warsaw University of Life Sciences, Institute of Human Nutrition Sciences,
Department of Technique and Food Development,
Nowoursynowska 159c Street, 32, 02-776 Warsaw, Poland,

E-mail: iwona_wojtasik-kalinowska@sggw.edu.pl

The aim of this study was to evaluate the potential for the sustainable utilization of strawberry processing by-products within a zero-waste approach, with particular emphasis on the use of fruit pomace as a functional ingredient in yogurt production. Three strawberry varieties ('Faith', 'Tea', and 'Rumba') and two juice extraction methods (press and steam juicer) were investigated to determine how processing conditions affect juice quality and the properties of the resulting pomace. Juice extraction efficiency, pH, extract content, and volatile aroma compounds were analyzed. In addition, instrumental color analysis using the L*a*b* system and semi-consumer evaluation of both strawberry juices and yogurts enriched with fruit pomace were performed.

The extraction method significantly influenced juice characteristics and the technological potential of the resulting by-products. Steam juicing provided the highest juice extraction efficiency; however, steam condensation resulted in juice dilution, reflected in lower extract content, particularly for the 'Faith' variety, and decreased pH. Pressed juices were characterized by higher extract content and higher L*a*b* parameters. Among the tested juices, the highest semi-consumer acceptance was observed for the 'Rumba' variety processed using a press. The method of juice extraction also affected the color and sensory acceptance of yogurts enriched with strawberry pomace. Yogurts containing pomace showed higher L* and a* values, whereas those containing pomace obtained using a steam juicer exhibited higher b* values. The highest semi-consumer acceptance was recorded for yogurt enriched with pressed pomace from the 'Faith' variety, while the lowest ratings were obtained for yogurts containing pomace from the 'Tea' and 'Rumba' strawberries.

The results demonstrate that strawberry pomace, conventionally regarded as a fruit-processing by-product, has potential as a valuable ingredient in yogurt production. Its utilization may contribute to reducing food-processing waste and improving resource efficiency, thereby supporting circular economy and zero-waste strategies in the food industry.

Słowa kluczowe: *strawberry pomace, by-product valorization, zero waste, yogurt*

INNOWACJE W GOSPODARCE ODPADAMI A RZECZYWISTOŚĆ NA PRZYKŁADZIE MZZDIOŚ SP. Z O.O.

Michał Wojtewicz[1], Jacek Kurzaj[1]

[1]Miejski Zakład Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o

E-mail: m.wojtewicz@zielen.kolobrzeg.pl

Głównym celem prezentacji jest przedstawienie problemów wdrażania innowacji przez spółki ze 100% udziałem Jednostek Samorządu Terytorialnego (Gmin). Tematyka badawcza głównie podejmowana ze względów optymalizacji kosztów, monitoringu gospodarki odpadami oraz zwiększania poziomów recyklingu wynikających bezpośrednio z dyrektyw UE.

Główne punkty prezentacji:

a) Przedstawienie Spółki

b) Udział poszczególnych Zakładów w przychodach MZZDiOŚ w Kołobrzegu Sp. z o. o.

c) Innowacje/Inwestycje zrealizowane

d) Skutki regulacji prawnych

e) Innowacje/inwestycje planowane a możliwości prawne

f) Podsumowanie

Założycielem Miejskiego Zakładu Zieleni Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o. jest Gmina Miasto Kołobrzeg. Spółka powstała 24 września 1993 r. Miejski Zakład Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o. jest spółką prawa handlowego (spółka komunalna, której jedynym właścicielem jest Gmina Miasto Kołobrzeg).

Miejski Zakład Zieleni Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o. realizuje swoje zadania statutowe zgodnie z zezwoleniem na przetwarzanie odpadów w instalacji wydanym przez Urząd Marszałkowski z 29.09.2015 r. WOŚ.II.7243.6.2015.WR z aktualizacją z dnia 24 lutego 2017 roku. WOŚ.II.7243.4.1.2017.WR, z dnia 04.08.2023 r. znak WOŚ.II.7243.2.11.2020.IB oraz z dnia 19.03.2025 r. znak WOŚ.II.7243.10.2025.IB, a także pozwoleniem na wytwarzanie odpadów z uwzględnieniem wymagań przewidzianych dla zezwolenia na przetwarzanie i zbieranie odpadów, w związku z eksploatacją punktu zbierania w tym przeładunku odpadów, PSZOK oraz instalacji przetwarzania odpadów w Kołobrzegu przy ul. Wspólnej 1, dz. nr 306/4 i 314/11 obręb 21 miasto Kołobrzeg z dnia 3 kwietnia 2026 r. znak WOŚ-II.7243.31.2025.IB.

Spółka została utworzona głównie w celu wykonywania zadań publicznych samorządu gminy miejskiej. Wiele z zadań realizowanych jest z niewielkim zyskiem. Umowy poprzedzane są procedurą przetargową. Spółka świadczy również usługi z zakresu gospodarki odpadami dla innych gmin w ramach podpisanych umów.

Słowa kluczowe: *przetwarzanie odpadów, recykling, odpady opakowaniowe*

MIEJSKI ZAKŁAD ZIELENI, DRÓG I OCHRONY ŚRODOWISKA W KOŁOBRZEGU SP. Z O.O. - PREZENTACJA SPÓŁKI

Michał Wojtewicz[1], Jacek Kurzaj[1]

[1]Miejski Zakład Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o.

E-mail: m.wojtewicz@zielen.kolobrzeg.pl

Założycielem Miejskiego Zakładu Zieleni Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o. jest Gmina Miasto Kołobrzeg. Spółka powstała 24 września 1993 r. Miejski Zakład Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o. jest spółką prawa handlowego (spółka komunalna, której jedynym właścicielem jest Gmina Miasto Kołobrzeg).

Jako największa spółka kapitałowa, której właścicielem jest miasto Kołobrzeg, oferujemy usługi m.in. w następujących dziedzinach:

– odbiór i unieszkodliwienie odpadów komunalnych,
– kompleksowe usługi pogrzebowe,
– urządzanie i pielęgnacja terenów zieleni,
– budowa i remonty ciągów komunikacyjnych,
– zimowe utrzymanie dróg.

Jesteśmy nowoczesnym przedsiębiorstwem, którego celem jest świadczenie usług komunalnych na jak najwyższym poziomie. Szeroki zakres prowadzonej działalności oraz doświadczenie i fachowość pracowników sprawiają, iż cieszymy się uznaniem wśród klientów.

Spółka została utworzona głównie w celu wykonywania zadań publicznych samorządu gminy miejskiej. Wiele z zadań realizowanych jest z niewielkim zyskiem. Umowy poprzedzane są procedurą przetargową. Spółka świadczy również usługi z zakresu gospodarki odpadami dla innych gmin w ramach podpisanych umów.

Słowa klucz: *przetwarzanie odpadów, recykling, odpady opakowaniowe*.

POTENCJAŁ ŁUSKI CEBULI JAKO SUROWCA WTÓRNEGO W PROCESACH JEJ PRZETWARZANIA

Paweł Woźniak[1], Agata Bieńczak[1], Tomasz Kiczek[1,2], Łukasz Ignasiak[1]

[1] Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny,
Grupa Badawcza Inżynierii Mechanicznej,
[2] Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej

E-mail: pawel.wozniak@pit.lukasiewicz.gov.pl

Proces mechanicznego przygotowania i oczyszczania cebuli generuje znaczne ilości produktów ubocznych, obejmujących przede wszystkim zewnętrzne łuski, korzenie oraz pozostałości szczypioru. W Sieci Badawczej Łukasiewicz PIT w ramach projektu POIR.04.01.04-00-0063/18-00 opracowano linię do oczyszczani cebuli umożliwiającą automatyzację procesu usuwając niepożądane elementy z powierzchni surowca. Powstający materiał odpadowy w postaci łuski, korzenia oraz szczypioru może stanowić wartościowy surowiec wtórny przeznaczony do dalszego zagospodarowania, jednak jego wykorzystanie wymaga odpowiedniego przygotowania oraz separacji poszczególnych składników. Celem referatu jest przedstawienie potencjału wykorzystania materiału odpadowego powstającego podczas mechanicznego oczyszczania cebuli oraz określenie znaczenia jego właściwego przygotowania do dalszych procesów technologicznych. Ze względu na zróżnicowany skład oraz właściwości fizyczne materiału konieczne jest wydzielenie poszczególnych frakcji, w szczególności łuski suchej i mokrej, oraz usunięcie zanieczyszczeń i innych niepożądanych elementów powstających w procesie przetwarzania cebuli. Odpowiednio przeprowadzony proces separacji umożliwia uzyskanie jednorodnego materiału o parametrach dostosowanych do określonych kierunków dalszego przetwarzania. Łuska cebuli jako główny składnik wydzielonej frakcji, charakteryzuje się obecnością związków o potencjalnej wartości użytkowej, takich jak błonnik, celuloza, związki fenolowe, flawonoidy oraz naturalne barwniki. Po odpowiednim przygotowaniu materiał ten może być wykorzystany między innymi do pozyskiwania substancji bioaktywnych i pigmentów naturalnych, produkcji materiałów biodegradowalnych i biokompozytów, a także w procesach odzysku energii. Efektywne zagospodarowanie produktów ubocznych powstających podczas oczyszczania cebuli może przyczynić się do ograniczenia ilości generowanych odpadów oraz zwiększenia stopnia wykorzystania biomasy. Przedstawione podejście jest zgodne z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym, w której produkty uboczne i odpady są traktowane jako potencjalne źródło surowców dla kolejnych procesów technologicznych.

Słowa kluczowe: *łuska cebuli, przetwarzanie cebuli, surowce wtórne, separacja frakcji*

NOWA GENERACJA BIODEGRADOWALNYCH OPAKOWAŃ NA BAZIE KOMPOZYCJI BIOPOLIMEROWYCH POLI(HYDROKSYALKANIAN)-POLIURETAN

Iwona Zarzyka[1], Beata Krzykowska[1], Łukasz Bąk[2], Wiesław Frącz[2]

[1]Politechnika Rzeszowska, Wydział Chemiczny,
Katedra Chemii Organicznej, al. Powstańców Warszawy 6, 35-029 Rzeszów
[2] Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa,
Katedra Przeróbki Plastycznej, al. Powstańców Warszawy 8, 35-029 Rzeszów

E-mail: izarzyka@prz.edu.pl

Rosnące wymagania środowiskowe, wdrażanie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym oraz konieczność ograniczenia zużycia tworzyw sztucznych pochodzenia petrochemicznego powodują intensywny rozwój badań nad biodegradowalnymi materiałami opakowaniowymi. Szczególne znaczenie mają poli(hydroksyalkaniany), które są biopolimerami otrzymywanymi z odnawialnych surowców i ulegają całkowitej biodegradacji w warunkach naturalnych. Ich szersze zastosowanie ograniczają jednak wysoka krystaliczność, kruchość oraz stosunkowo niewielka elastyczność.

Celem pracy było opracowanie nowej generacji kompozycji polimerowych na bazie kwasu poli(3-hydroksymasłowego) (P3HB), modyfikowanych termoplastycznym poliuretanem oraz mocznikiem, a następnie ocena wpływu zastosowanych modyfikatorów na strukturę, właściwości termiczne oraz biodegradowalność materiałów przeznaczonych do zastosowań opakowaniowych.

Termoplastyczny poliuretan otrzymano w reakcji 1,6-diizocyjanianu heksametylenu z glikolem polietylenowym o masie cząsteczkowej 400 g/mol w obecności dilaurynianu dibutylocyny(IV) jako katalizatora. Otrzymany poliuretan wykorzystano do przygotowania kompozycji P3HB-PU oraz kompozycji wzbogaconych dodatkiem 1 i 2% mas. mocznika. Materiały otrzymano metodą mieszania w stanie stopionym z użyciem wytłaczarki. Do ich charakterystyki zastosowano spektroskopię FT IR, skaningową mikroskopię elektronową (SEM), analizę elementarną i EDS, różnicową kalorymetrię skaningową (DSC) oraz badania biodegradacji prowadzone w warunkach kompostowania przez 90 dni.

Analiza FT IR potwierdziła powstawanie wiązań wodorowych pomiędzy grupami estrowymi P3HB, ugrupowaniami uretanowymi poliuretanu oraz mocznikiem, wskazując na dobre oddziaływanie pomiędzy składnikami kompozycji. Obserwacje SEM wykazały zmianę morfologii materiału z kruchej i krystalicznej na bardziej jednorodną oraz elastyczną, świadczącą o efektywnym uplastycznieniu matrycy polimerowej. Wyniki DSC wykazały znaczne obniżenie temperatury zeszklenia oraz temperatury topnienia, co świadczy o zwiększeniu udziału fazy amorficznej i poprawie przetwarzalności materiału. Badania biodegradacji wykazały, że obecność poliuretanu nie ogranicza procesu rozkładu P3HB, natomiast mocznik wyraźnie przyspiesza biodegradację, szczególnie w pierwszych 30 dniach kompostowania. Największy ubytek masy, wynoszący około 40%, uzyskano dla kompozycji zawierającej 2% mas. mocznika.

Otrzymane kompozycje poli(hydroksyalkanian)-poliuretan charakteryzują się korzystnym połączeniem biodegradowalności, ulepszonymi, zmodyfikowanymi warunkami przetwarzania

i odpowiedniej stabilności termicznej w warunkach wytwarzania materiałów – poszerzone okno przetwórcze. Zmodyfikowana struktura i skład nowowytworzonych biokompozycji czyni je perspektywicznymi materiałami do wytwarzania nowej generacji biodegradowalnych opakowań zgodnych z założeniami zrównoważonego rozwoju i gospodarki o obiegu zamkniętym. Ponadto obecność mocznika nie tylko ułatwia biodegradację materiału zużytych opakowań, ale mocznik działa jako nawóz azotowy stymulując wzrost roślin, co stanowi wartość dodaną.

Słowa kluczowe: *poli(3-hydroksymaślan), poliuretany alifatyczny, biokompozycje polimerowe, biodegradowalne opakowania, gospodarka o obiegu zamkniętym*

WYKAZ UCZESTNIKÓW

prof. dr hab. inż.	Bartkowiak Artur	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
dr inż.	Bieńczak Agata	Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny
dr	Bosacka Alicja	Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
prof. dr hab. inż.	Choszcz Dariusz	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
mgr inż.	Czajkowska Anna	Politechnika Koszalińska
prof. dr hab. inż.	Czarnecka-Komorowska Dorota	Politechnika Poznańska
mgr inż.	Czerwiński Krzysztof	Witt Polska Sp. z o. o.
dr hab. inż. prof. PK	Domiszewski Zdzisław	Politechnika Koszalińska
Mgr	Duda Robert	KORAL S.A.
M.A.	Durse Paulina	University of Applied Sciences
dr hab. inż., prof. SGGW	Ekielski Adam	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
dr hab. inż., prof. PWr	Frąckowiak Stanisław	Politechnika Wrocławska
dr hab. inż., prof. PRz	Frącz Wiesław	Politechnika Rzeszowska
mgr inż.	Filipek Marek	Politechnika Częstochowska
dr hab. inż., prof. PL	Garbacz Tomasz	Politechnika Lubelska
prof. dr. rer. nat. habil.	Garbe Leif-Alexander	University of Applied Sciences
dr hab. inż., prof. PCz	Gnatowski Adam	Politechnika Częstochowska
dr hab. inż., prof. PCz	Gołębski Rafał	Politechnika Częstochowska
dr hab. inż.	Jadwisieńczak Krzysztof	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
prof. dr hab. inż.	Janowicz Monika	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
prof. dr hab. inż.	Kobus Zbigniew	Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
dyrektor zarządzający	Kosik Piotr	ULMA Packaging Polska Sp. z o.o
mgr	Kotłowska Brygida	KORAL S.A.
mgr inż.	Kurzaj Jacek	Miejski Zakład Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o.
dr inż.	Krzykowska Beata	Politechnika Rzeszowska
dr hab.	Leluk Karol	Politechnika Wrocławska
dr inż.	Ludwiczak Joanna	Politechnika Wrocławska
mgr	Łusiak Patrycja	Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
dr hab., prof. SGGW	Marcinkowska-Lesiak Monika	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
dr	Mernitz Gudrun	WITENO GmbH
mgr inż.	Maziarz Karolina	Politechnika Koszalińska
dr hab. inż. prof. PK	Michalska-Pożoga Iwona	Politechnika Koszalińska
dr inż.	Mierzejewska Sylwia	Politechnika Koszalińska
mgr	Milewski Bartłomiej	Messer Polska Sp. z o.o.
mgr	Moroz Przemysław	PLASTMOROZ Sp.z.o.o.Sp.k.
dr inż.	Niedźwiedź Jacek	Sokołów S.A.
dr hab. inż., prof. PB	Obidziński Sławomir	Politechnika Białostocka
dr hab. inż., prof. ZUT	Paszkiewicz Sandra	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
dr inż.	Pecyna Anna	Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
dr hab., prof. PB	Piekut Jolanta	Politechnika Białostocka
dr hab. inż., prof. PK	Piepiórka-Stepuk Joanna	Politechnika Koszalińska
prof. dr hab. inż.	Piesowicz Elżbieta	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
dr hab. inż., prof. PK	Piskier Tomasz	Politechnika Koszalińska
prof. dr	Pleissner Daniel	IFN Schönow
prof. dr hab. inż.	Rokosz Krzysztof	Politechnika Koszalińska
mgr inż.	Rus Emilia	Politechnika Wrocławska

dr hab. inż., prof. PK	Rydzkowski Tomasz	Politechnika Koszalińska
dr inż.	Schwock Alexander	WITENO GmbH
dr inż.	Sienkiewicz Aneta	Politechnika Białostocka
dr inż.	Sławiński Kazimierz	Politechnika Koszalińska
dr hab. inż. prof. PK	Smuga-Kogut Małgorzata	Politechnika Koszalińska
mgr inż.	Stanasiuk Jacek	Sokołów S.A.
dr inż.	Sterczyńska Monika	Politechnika Koszalińska
mgr inż.	Stoma Wiktoria	Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
dr inż.	Szymczak Barbara	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
mgr	Walczak Włodzimierz	Messer Polska Sp. z o.o.
dr hab. inż. prof. SGGW	Wojtasik-Kalinowska Iwona	Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
dr inż.	Wojtewicz Michał	Miejski Zakład Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o.
dr inż.	Woźniak Paweł	Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny
prof. dr hab. inż.	Zarzyka Iwona	Politechnika Rzeszowska
Dyrektor regionalny	Zieliński Sławomir	ULMA Packaging Polska Sp. z o.o

PATRONAT EKOLOGICZNY I PRZEMYSŁOWY

Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Szczecinie

Waldemar Miśko – Prezes Zarządu

PATRONAT EKOLOGICZNY
WOJEWÓDZKI FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA
I GOSPODARKI WODNEJ W SZCZECINIE
Prezes Zarządu Waldemar Miśko

Miejski Zakład Zieleni, Dróg i Ochrony Środowiska w Kołobrzegu Sp. z o.o.

MIEJSKI ZAKŁAD ZIELENI DRÓG I OCHRONY ŚRODOWISKA KOŁOBRZEG

Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Koszalinie

PGK
KOSZALIN

KORAL S.A.

przetwórstwo rybne

Sokołów S.A.

przemysł mięsny

Plastmoroz Sp. z o.o. Sp.k.

producent opakowań foliowych

Messer Polska Sp. z o.o.

gazy przemysłowe

ULMA Packaging Polska Sp. z o.o.

systemy i maszyny pakujące

WITT Polska Sp. z o.o.

technologie gazowe, aparatura kontrolno-pomiarowa i systemy bezpieczeństwa gazowego