

# Potencjał biomasy w aspekcie otrzymywania wybranych surowców i produktów chemicznych

Iwona SZWACH, Renata KULESZA\* – Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej "Blachownia", Kędzierzyn-Koźle

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2014, 68, 10, 893–900

## Wstęp

Podstawowym surowcem w przemyśle chemicznym jest obecnie ropa naftowa, jednak prognozuje się, że wytwarzanie substancji chemicznych i materiałów o wysokiej wartości dodanej z surowców odnawialnych odgrywać będzie coraz większą rolę. Takim surowcem odnawialnym jest biomasa, powstająca m.in. z odpadów przemysłu rolno-spożywczego, wtórnych olejów roślinnych i odpadów tłuszczu zwierzęcych. Biomasa wykorzystywana jest dotychczas głównie jako surowiec energetyczny, ale można z niej również otrzymywać specjalistyczne dodatki, np. plastyfikatory, środki smarne, stabilizatory, wymaga to jednak nowych rozwiązań, przeprowadzenia wielu prac badawczo-rozwojowych i opracowania nowych technologii.

W artykule omówiono rynek biomasy w Polsce i możliwości jej zastosowania.

## Biomasa i jej potencjał w Polsce

Definicja biomasy: stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej oraz leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty, oraz części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji, i ziarna zbóż niespełniające wymagań jakościowych dla zbóż w zakupie interwencyjnym [1]. Naturalne źródła tłuszczów i olejów obejmują surowce pochodzenia roślinnego (uprawy glebowe), morskiego i zwierzęcego. Pojęcie biomasy obejmuje również odpady i pozostałości pochodzenia biologicznego z przemysłu rolno-spożywczego, w tym odpady tłuszczowe (wtórne oleje roślinne, odpadowe tłuszcze zwierzęce). Obecnie powody ekologiczne i ekonomiczne prowadzą do ponownego wykorzystania zużytych olejów i tłuszczów po ich odpowiedniej modyfikacji chemicznej [2].

## Biomasa do celów energetycznych i jej potencjał w Polsce

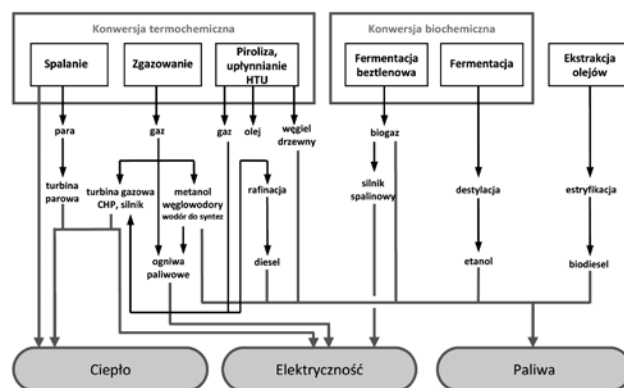
W Polsce biomasa jest wykorzystywana głównie w celach energetycznych, a jej zasoby, szacowane w różnych dokumentach strategicznych, są najwyższe spośród wszystkich pozostałych źródeł odnawialnych. Jej wykorzystanie w porównaniu do pozostałych źródeł odnawialnych jest dominujące we wszystkich sektorach energetycznych: w sektorze elektroenergetyki ok. 60% ciepła produkowanego ze źródeł odnawialnych wytwarza się z biomasy, w sektorze ciepłownictwa i chłodu ok. 95%, w sektorze transportu ok. 100% (są to biopaliwa I generacji) [3]. Realny potencjał ekonomiczny biomasy w Polsce szacowany jest na poziomie 600 168 Tj w 2020 r., zaś potencjał rynkowy na poziomie 533 118 Tj [4]. Obecne źródła pozyskiwania biomasy do celów energetycznych [5] stanowią:

- biomasa stała 292 562 Tj (88,84%)
- biopaliwa ciekłe – bioetanol 5 124 Tj (1,56%)
- biopaliwa ciekłe – biodiesel 23 247 Tj (7,06%)
- biogaz – wysypiska odpadów 2 249 Tj (0,68%)
- biogaz – oczyszczalnie ścieków 3 321 Tj (1,01%)
- biogaz – pozostały 1 463 Tj (0,44%)
- odpady komunalne 1360 Tj (0,41%)

Autor do korespondencji:

Dr inż. Renata KULESZA, e-mail: kulesza.r@icso.com.pl

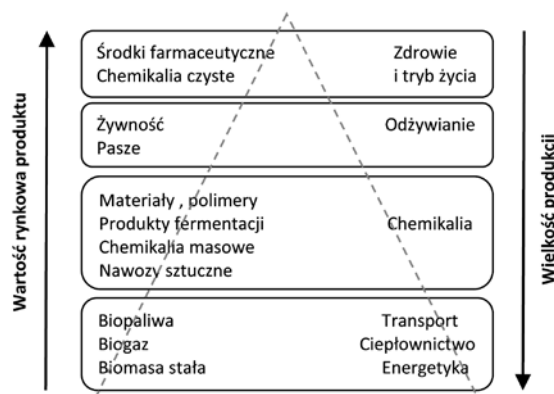
Główne techniki konwersji biomasy na wtórne nośniki energii przedstawiono na Rysunku 1.



Rys. 1. Główne techniki konwersji biomasy na wtórne nośniki energii [6]

## Chemiczne kierunki wykorzystania biomasy

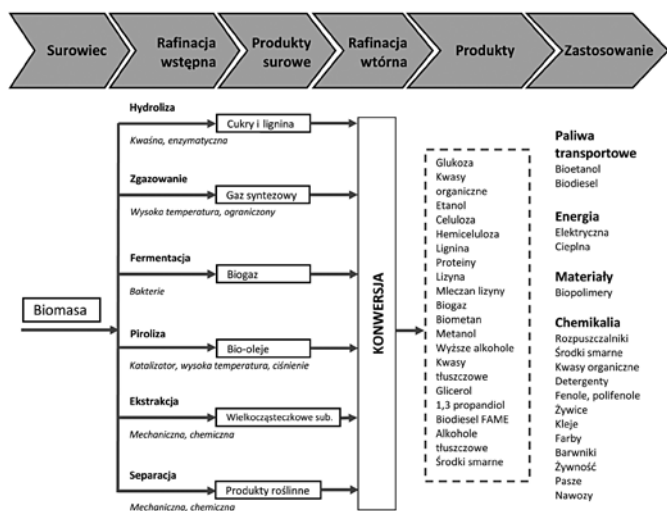
W ostatnich latach obserwuje się szybki rozwój technologii wykorzystania biomasy do wytwarzania różnego rodzaju materiałów i produktów chemicznych. Wartość rynkowa bioproduktów, w znaczeniu produktów nieżywnościowych pochodzących z biomasy, może wahać się od wysokiej wartości dodanej (są to chemikalia do farmaceutyków, kosmetyków, dodatków do żywności itp.) do niskiej wartości w przypadku pozyskiwania produktów masowych (np. bio-polimery, czy półprodukty chemiczne).



Rys. 2. Potencjał rynkowy bioproduktów [7]

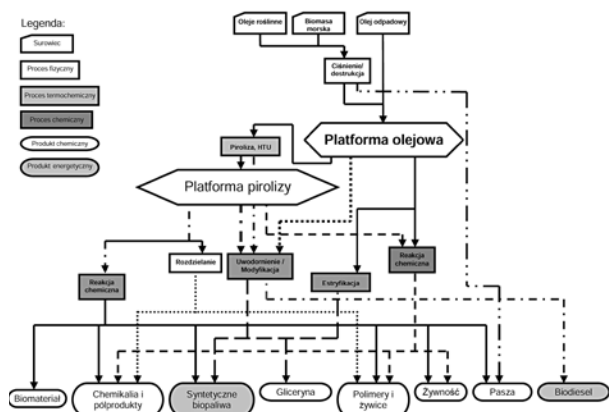
Główne kierunki rozwoju technologii wykorzystania biomasy sprowadzają się do procesów biorafinacji, w wyniku których można uzyskać nowe produkty. Stosuje się tutaj szeroką gamę procesów chemicznych i biochemicznych: hydrolizę chemiczną i/lub enzymatyczną, dehydratację, fermentację z udziałem mikroorganizmów, pirolizę, termiczne odtlenienie i uwodornienie itd. Dalej zamieszczono schemat biorafinerii. Najważniejszymi produktami chemicznymi i materiałami otrzymywanymi w biorafineriach są: substancje chemiczne (chemikalia specjalnego zastosowania, bazy surowcowe, produkty masowe), kwasy organiczne (bursztynowy, mlekowy, itakonowy i inne pochodne cu-

krowe), polimery i żywice (tworzywa sztuczne na bazie skrobi, żywice fenolowe, żywice furanowe), biomateriały (panele z drewna, masy celulozowej, papieru, celulozy), żywność, pasze, nawozy [8 ÷ 11].



Rys. 3. Schemat biorafinerii [9 ÷ 12]

Aby zmaksymalizować wykorzystanie zasobów biomasy w biorafineriach, należy zastosować zintegrowane rozwiązania technologiczne pozwalające zarówno na pozyskiwanie energii, jak i na wytwarzanie szerokiej gamy bioproduktów, a także używanie kilku rodzajów biomasy. Możliwe jest stworzenie wielu takich rozwiązań, zależnie od dostępnych źródeł biomasy, procesów technologicznych i zapotrzebowania na energię, paliwa i otrzymywane bioprodukty. Opracowano sposób klasyfikacji biorafinerii w oparciu o cztery podstawowe cechy (w kolejności ważności): platformy, produkty, surowce i procesy [8, 11, 13]. Wyróżnia się kilka platform technologicznych, tj. platforma biogazu, platforma gazu syntezowego, platforma wodoru, platforma cukrów C6, czy cukrów C5, platforma pirolizy (bio-olej), platforma olejowa, platforma soków organicznych, platforma energii elektrycznej i ciepła [8 ÷ 13]. W kontekście środków smarnych najbardziej interesująca jest platforma olejowa (Rys. 4).



Rys. 4. Wykorzystanie biomasy olejowej w biorafinerii [13]

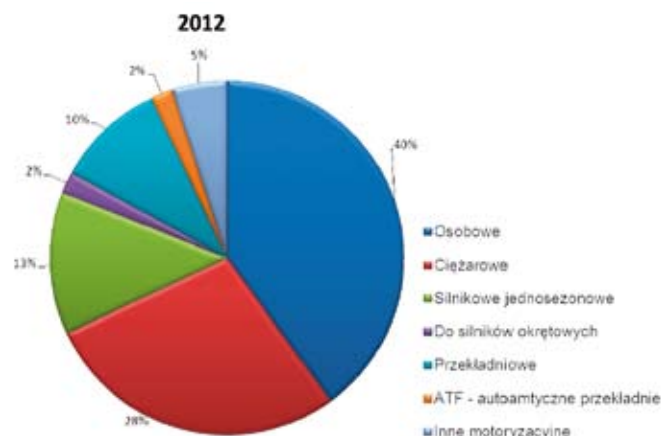
#### Bio-oleochemia

Korzystanie z naturalnych zasobów tłuszczów i olejów przez człowieka sięga starożytności, a skład chemiczny oraz szczególne właściwości pozwoliły na ich stosowanie jako środków spożywczych, paliw i smarów. Nacisk na stosowanie surowców odnawialnych spowodowało zainteresowanie ich wykorzystaniem dla celów innych niż żywnościowe. Technologia przetwarzania tłuszczów i odpadów tłuszczowych, zarówno pochodzenia roślinnego jak i zwierzęcego, w użyteczne produkty stanowi osobny dział technologii organicznej – oleochemia. Od wielu lat oleje roślinne i tłuszcze zwierzęce wykorzystywane są na skalę przemysłową do produkcji biopaliw, a także

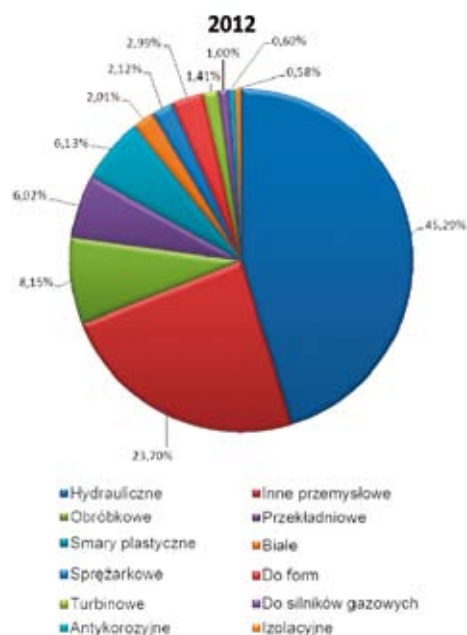
do środków smarnych z uwagi na ich nietoksyczność i biodegradowalność. Oleochemikalia mogą też być wykorzystywane jako monomery, jako plastyfikatory, środki smarne, środki przeciwdrożdżycowe, środki antystatyczne, stabilizatory itp. Mówiąc o bio-oleochemii, kojarzymy to z wykorzystaniem biomasy.

Wśród surowców pochodzenia roślinnego największe znaczenie ma olej rzepakowy. Olej ten (ok. 70% w Unii Europejskiej i ok. 50% w Polsce) jest przetwarzany na biodiesel. Wtórne oleje roślinne i tłuszcze zwierzęce w Unii Europejskiej stanowią tylko ok. 7% surowca. Analiza tendencji produkcyjnych wskazuje, że łączna produkcja olejów roślinnych, wynosząca na świecie ok. 150 Mt, będzie wykazywała średni roczny wzrost o ok. 4%. Największy wzrost podaży przewidywany jest dla oleju palmowego (5%), z jednoczesnym zmniejszeniem podaży oleju z rzepaku o 1,4% [15]. Szacuje się, że do 2020 r. ilość tłuszczu zwierzęcego powstałego przy przetwórstwie mięsnym wyniesie 791,7 tys. ton, a potencjał produkcji biopaliw z odpadów z rynku mięsnego szacowany jest na 699,2 tys. ton – przy założeniu, że z odpadów zostanie wytworzony biodiesel, lub 347,9 tys. ton – przy założeniu, że z odpadów zostanie wytworzony biogaz [16]. Jednak produkcja biodiesla wymaga dostarczenia surowca tłuszczowego stosunkowo czystego, niezawierającego wody, białka ani wolnych kwasów tłuszczowych. Na skutek użytkowania olejów i tłuszczów, do przygotowania potraw, jak również w celach technicznych, dochodzi do ich degradacji pod względem chemicznym.

#### Rynek środków smarnych



Rys. 5. Struktura sprzedaży olejów smarnych dla segmentu motoryzacji [16]



Rys. 6. Struktura sprzedaży środków smarnych dla segmentu przemysłu [16]

Całkowity rynek olejów smarowych w 2012 r. wyniósł w przybliżeniu ok. 222 tys. ton sprzedanych gotowych olejów dla motoryzacji, przemysłu oraz sklasyfikowanych jako „pozostałe”. Oznacza to, że po dwóch latach wzrostów, rynek skurczył się rok do roku o ok. 7,61%, osiągając poziom mniej więcej z 2006 r. Segment motoryzacyjny odnotował spadek o 5,2% w stosunku do poziomów z zeszłego roku, osiągając poziom 118 tys. ton, natomiast segment olejów dla przemysłu skurczył się w 2012 r. o 8% notując poziom 97 tys. ton [16].

W ostatnich latach w segmencie przemysłowych środków smarnych dominują oleje hydrauliczne stanowiące ok. 45%. Bliższe 70% olejów przemysłowych, to oleje pochodzenia mineralnego, a pozostałe, to oleje niemineralne [16]. Ok. 90% stosowanych obecnie środków smarujących można zastąpić materiałami pochodzenia roślinnego.

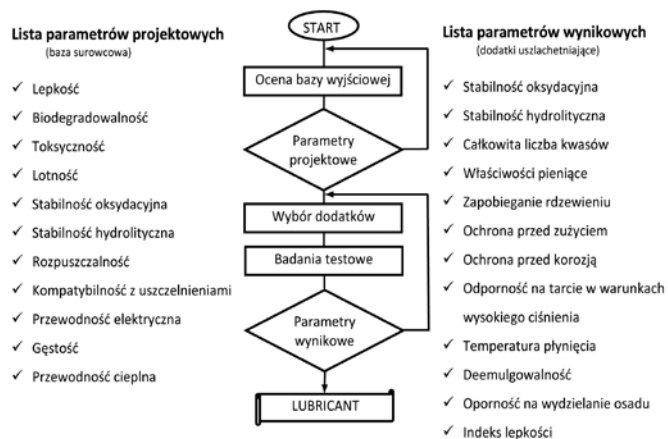
#### Środki smarne na bazie biomasy

Określenie bio-smaru dotyczy wszystkich środków smarnych, które są zarówno dobrze biodegradowalne jak i nie toksyczne dla ludzi i środowiska wodnego. Bio-smar może być na bazie oleju (np. olej rzepakowy) lub na bazie estrów syntetycznych wytwarzanych z odnawialnych źródeł lub zmodyfikowanych olejów mineralnych [2].

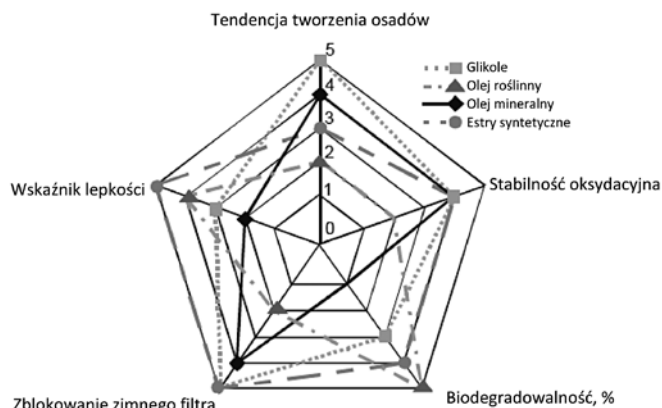
W praktyce od wielu lat oleje roślinne i tłuszcze zwierzęcych stosowane są do celów przemysłowych. Obecnie za wykorzystaniem tłuszczów i ich odpadów, po ich odpowiedniej modyfikacji chemicznej, jako bazy środków smarnych przemawiają jeszcze względy ekologiczne i ekonomiczne. Praktyczny sposób komponowania środków smarnych przedstawiono na schemacie (Rys. 7).

Zatem ważne są właściwości bazy olejowej. Bezpośrednie zastosowanie tłuszczów jako środków smarnych nie jest korzystne z kilku powodów. Charakteryzują się one ograniczoną stabilnością termiczną i oksydacyjną, a także niską odpornością hydrolityczną, co jest spowodowane obecnością wiązań nienasyconych C=C, ugrupowań β-CH i grup acylowych. Na diagramie (Rys. 8) porównano właściwości bio-bazy olejowej, oleju mineralnego i estru syntetycznego. Zredukowanie lub usunięcie tych wad jest możliwe na drodze modyfikacji chemicznej surowców tłuszczowych [18].

Sposobem na uzyskanie bio-bazy o pożądanymi właściwościami jest zmniejszenie liczby wiązań podwójnych na drodze epoksydacji tłuszczów lub przez ich selektywne uwodornienie. Epoksydowane oleje roślinne nie są kompatybilne z olejami mineralnymi, ze względu na słabą rozpuszczalność. Cechę tę można poprawić przez transestryfikację takich produktów epoksydacji alkoholami tłuszczowymi [19, 20].



Rys. 7. Schemat projektowania środków smarnych [17]



Rys. 8. Porównanie kilku właściwości bio-bazy olejowej, oleju mineralnego i estru syntetycznego [17]

Ważnym kierunkiem modyfikacji surowców jest proces estryfikacji kwasów tłuszczowych, transestryfikacji olejów lub estrów metylowych innymi alkoholami. Estry tłuszczów zwierzęcych, które zawierają w łańcuchu węglowym mniejszą liczbę wiązań nienasyconych, charakteryzują się wyższą temperaturą krzepnięcia. Produkty transestryfikacji estru metylowego kwasów tłuszczowych alkoholami zawierającymi 4-rzędowy atom węgla, nie zawierają w części alkoholowej ugrupowania β-CH, więc cechują się wysoką termostabilnością. Estry o większej masie cząsteczkowej charakteryzują się zwiększoną stabilnością oksydacyjną oraz hydrolityczną i nadają się do wykorzystania jako bazy olejowe środków smarowych [18].

Ważną grupą pod względem właściwości aplikacyjnych jako środków smarowych są oligomery i estolidy kwasów tłuszczowych oraz ich estry. Są to związki o dużej masie cząsteczkowej, wysokiej lepkości, a jednocześnie niskiej temperaturze krzepnięcia, co jest konsekwencją ich rozgałęzionej budowy. Modyfikacja kwasów tłuszczowych drogą dimeryzacji (i oligomeryzacji) przebiega według reakcji Dielsa-Aldera [21]. Estolidacja kwasów tłuszczowych polega na addycji grupy karboksylowej jednej cząsteczki kwasu do podwójnego wiązania w łańcuchu węglowym drugiej cząsteczki. Drugorzędowe wiązania estrowe specyficzne dla estolidów są mniej podatne na hydrolizę od wiązań estrowych w olejach roślinnych [22].

Obecnie wiele prac badawczych skupia się opracowywaniu i optymalizacji procesów modyfikacji pozyskanej bazy z biomasy – w celu zmiany jej właściwości na pożądane; dotyczy to zarówno modyfikacji chemicznych, procesów biotechnologicznych (z użyciem bakterii lub enzymów) a nawet modyfikacji upraw roślin olejistych [2, 22 ÷ 39].

#### Podsumowanie

W Polsce biomasa wykorzystywana jest głównie w celach energetycznych. Stały od kilkunastu lat rozwój technologii wykorzystania biomasy daje obecnie możliwość produkowania materiałów i chemikaliów o dużej wartości dodanej. Biorafinerie o platformie olejowej (tłuszczowej) pozwalają na pozyskanie surowca dla szerokokorozumianej oleochemii. Środki smarne na bazie biomasy, są jednym z kierunków ich zastosowania. Bezpośrednie użycie tłuszczów, jako środków smarnych nie jest korzystne z uwagi na ich ograniczoną stabilność termiczną i oksydacyjną, a także niską odporność hydrolityczną. Uzyskanie bio-bazy o pożądanymi właściwościami pozwoli na komponowanie biosmarów o zadanych parametrach odpowiednich dla danego zastosowania. Obecnie wiele prac badawczych skupia się opracowywaniu i optymalizacji procesów modyfikacji pozyskanej bio-bazy; są to głównie modyfikacje chemiczne i biochemiczne. Na rynku są dostępne środki smarne

z odnawialnej bazy surowcowej, poszerzenie oferty tych środków wymaga dalszych badań w celu opracowania i optymalizacji w miarę kompleksowej technologii modyfikacji surowej biodegradowalnej bazy tłuszczowej do bazy o założonych właściwościach.

#### Literatura

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dn. 14 sierpnia 2008 r. (Dz. U. z dn. 28 sierpnia 2008 r. Nr 156, poz. 969 ze zm.).
- Salimon, J., Salih, N., Yousif E.: *Biolubricants: Raw materials, chemical modifications and environmental benefits*, Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2010, **112**, 519–530.
- <http://www.pigeo.org.pl>, 5.04.2014 r., Polska Izba Gospodarcza Energii Odnawialnej.
- Możliwości wykorzystania OZE w Polsce do roku 2020*, <http://www.ieo.pl>, 28.03.2014 r., Instytut Energetyki Odnawialnej.
- Energia ze źródeł odnawialnych w 2012 r.*, GUS 2013.
- Bioenergetyka*, <http://www.environet.eu/bioenergetyka>, 28.03.2014 r.
- Kwant K.W.: *Przejście do biogospodarki z fermentacją beztlenową w Niderlandach*, <http://www.minrol.gov.pl>, 3.04.2014 r.
- Cherubini F.: *The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals*, Energ. Convers. Manage. 2010, **51** (7), 1412–1421.
- The future of industrial biorefineries*, World Economic Forum, 2010. Report., <http://www3.weforum.org>, 5.04.2014 r.
- Bio-based chemicals: Value added products from biorefineries*, IEA Bioenergy 2012, Report., <http://www.ieabioenergy.com>, 28.03.2014 r.
- Biorefineries Roadmap as part of the German Federal Government action plans for the material and energetic utilisation of renewable raw materials*, Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection, 2012, <http://www.bmelv.de>, 28.03.2014 r.
- Górecki R.: *Energia odnawialna szansą rozwojową przemysłu chemicznego?*, <http://www.senat.gov.pl>, 3.04.2014 r.
- Cherubini F. et al.: *Toward a common classification approach for biorefinery systems*, Biofuels, Bioprod., Bioref. 2009, **3**(5), 534–546.
- Rynek rzepaku – stan i perspektywy. Analizy rynkowe*, Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej PIB, 2011, 40, ISSN 1231-269X, 6.
- Biopaliwa. Produkcja biopaliw z tłuszczów zwierzęcych*, 2012, <http://www.zyjmyeko.pl/>, 28.03.2014r.
- Rynek olejów smarowych, Raport roczny 2012*, Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego, 2013, <http://www.popih.n.pl/>, 28.03.2014r.
- Pulcu G.: *Bio-based lubricants*, Opet Petrolcülük A.S., 2008, <http://www.fp7.org.tr>, 9.04.2014r.
- Mosio-Mosiewski, J., Muszyński, M., Nosal H., Warzała M.: *Nowe możliwości wytwarzania biopaliw oraz biodegradowalnych środków smarowych w oparciu o surowce oleochemiczne*, Środowisko i Rozwój 2008, **18**/2.
- Fox, N. J., Stachowiak G.W.: *Vegetable oil-based lubricants-A review of oxidation*, Tribol. Int. 2007, **40**, 1035–1046.
- Fischer S., Szałajko U., Szeja W., Niemiec P.: *Epoksydowane oleje roślinne jako środki smarowe*, Przem.Chem. 2003, **82**/8-9, 1016–1017.
- Walisiewicz-Niedbalska W., Chmielarz B., Kosmacińska B., Dyczewski M.: *Synteza dimerów i estolidów nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz ich adduktów z bezwodnikiem maleinowym*, Przem. Chem. 2001, **80**/2, 52–55.
- Fischer S., Niemiec P., Szeja W.: *Estolidy-oligomerowe pochodne kwasów tłuszczowych jako środki smarowe*, Przem. Chem. 2005, **84**/7, 512–515.
- Quinchia, L.A. et al.: *Viscosity modification of different vegetable oils with EVA copolymer for lubricant applications*, Ind. Crop. Prod. 2010, **32**/3, 607–612.
- Silva, J. A. C.: *Biodegradable lubricants and their production via chemical catalysis*, Tribology - Lubricants and Lubrication, C. Kuo, 2011, ISBN 978-953-307-371-2.
- Abdullah, B.M., Salimon J.: *Optimization of Process Parameters for Diesters Biolubricant using D-optimal Design*, World Acad. Sci., Eng. Technol. 2011, **56**, 773–781.
- Åkerman, C.O. et. al.: *Clean synthesis of biolubricants for low temperature applications using heterogeneous catalysts*, J. Mol. Catal. B-Enzym., 2011, **72**, 3-4, 263–269.
- Åkerman, C.O. et. al.: *Biolubricant synthesis using immobilised lipase: Process optimisation of trimethylolpropane oleate production*, Process Biochem. 2011, **46**, 12, 2225–2231.
- Quinchia, L.A., et al.: *Low-temperature flow behaviour of vegetable oil-based lubricants*, Ind. Crop. Produ. 2012, **37**, 1, 383–388.
- Bart, J. C. J., Cavallaro, S., Gucciardi, E.: *Biolubricants: Science and Technology*, Elsevier 2012.
- Salimon, J., Salih, N., Yousif, E.: *Biolubricant basestocks from chemically modified ricinoleic acid*, J. King. Saud. Univ. Sci. 2012, **24**, 11–17.
- Hamid, H.A.: *Synthesis of palm oil-based trimethylolpropane ester as potential biolubricant: Chemical kinetics modeling*, Chem. Engin. Jour. 2012, **200-202**, 532–540.
- Salimon, J., Salih N., Yousif E.: *Triester derivatives of oleic acid: The effect of chemical structure on low temperature, thermo-oxidation and tribological properties*, Ind. Crop. Prod. 2012, **38**, 107–114.
- Zulkifli, N.W.M et al., *Wear prevention characteristics of a palm oil-based TMP (trimethylolpropane) ester as an engine lubricant*, Energy 2013, **54**, 167–173.
- Bilal S. et al.: *Production of biolubricant from Jatropha curcas seed oil*, J. Chem. Eng. Mater. Sci. 2013, **4**(6), 72–79.
- Avisha, C., Debarati, M., Dipa B.: *Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical esterification*, J. Chem. Technol. Biot. 2013, **88**, 139–144.
- Cermak, S.C. et al.: *Synthesis and physical properties of new estolide esters*, Ind. Crop. Prod. 2013, **46**, 386–391.
- Lawal, S. A., Choudhury, I. A., Nukman, Y.: *A critical assessment of lubrication techniques in machining processes: a case for minimum quantity lubrication using vegetable oil-based lubricant*, J. Clean. Prod. 2013, **41**, 210–221.
- Biswas, A., Cheng, H. N., Kim, S., Liu, Z.: *Modified triglyceride oil through reactions with phenyltriazolinedione*, J. Am. Oil Chem. Soc. 2014, **91**, 1, 125 - 131.
- US Patent WO20140024869 A1 *Production of lubricant base oils from biomass*.
- US Patent WO 2013123393 A1 *Biobased semi-solid lubricant and method of preparation*.

\*Dr inż. Renata KULESZA jest absolwentką Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej (1992). Doktorat na Politechnice Krakowskiej, Wydział Inżynierii Środowiska (2003). Obecnie pracuje w Zakładzie Analitycznym Instytutu Ciężkiej Syntezy Organicznej "Blachownia" w Kędzierzynie-Koźlu. Zainteresowania naukowe: analityka chemiczna, inżynieria i ochrona środowiska, technologia chemiczna, bezpieczeństwo produktowe, zarządzanie projektami innowacyjnymi. Jest autorką 6. rozdziałów w monografiach, 11. artykułów w prasie naukowo technicznej i 42. referatów i posterów na konferencjach krajowych i zagranicznych. Współautorką 3. zgłoszeń patentowych.  
e-mail: kulesza.r@icso.com.pl, 77 487 3568

Dr Iwona SZWACH jest absolwentką Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach (1987). Doktorat na Politechnice Częstochowskiej, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska (2000). Obecnie pełni funkcję zastępcy dyrektora ds. badawczo-rozwojowych w Instytucie Ciężkiej Syntezy Organicznej "Blachownia" w Kędzierzynie-Koźlu. Zainteresowania naukowe: nauki techniczne, technologia chemiczna organiczna, badanie właściwości związków powierzchniowo czynnych, badania podatności na biodegradację i analizy związane z ochroną środowiska. Zarządzanie projektami innowacyjnymi, bezpieczeństwo produktowe. Jest autorką 14. artykułów w prasie naukowo technicznej i 41 referatów i posterów na konferencjach krajowych i zagranicznych.  
e-mail: szwach.i@icso.com.pl, 77 487 34 70