

Ocena właściwości fizykochemicznych Palm Kernel Shell jako biomasy agro stosowanej w energetyce

Barbara JAGUSTYN, Iga PATYNA, Agnieszka SKAWIŃSKA – Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2013, 67, 6, 552-559

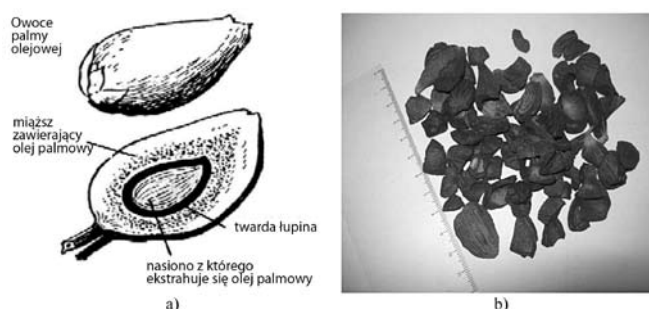
Jednym z celów strategicznych, przyjętych przez Unię Europejską, jest wzrost wykorzystania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych (OZE) [1, 2]. Rosnące ceny konwencjonalnych paliw kopalnych, negatywne skutki, jakie wywierają one na środowisko podczas energetycznego wykorzystywania oraz możliwość wyczerpania się ich zasobów, przyczyniają się do korzystania z paliw odnawialnych. W Polsce największy potencjał spośród OZE przypisuje się biomase roślinnej, która stanowi trzecie co do wielkości odnawialne źródło energii [3]. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 18.10.2012 r. „biomasa to stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej i leśnej oraz przemysłu przetwarzającego ich produkty, a także części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji, oraz ziarna zbóż niespełniające wymagań jakościowych dla zbóż w zakupie interwencyjnym określonych w art. 7 rozporządzenia Komisji (WE) nr 1272/2009 z dnia 11 grudnia 2009 r. ustanawiającego wspólne szczegółowe zasady wykonywania rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 w odniesieniu do zakupu i sprzedaży produktów rolnych w ramach interwencji publicznej (Dz. Urz. UE L 349 z 29.12.2009, str. 1) i ziarna zbóż, które nie podlegają zakupowi interwencyjnemu” [4]. Wykorzystując biomasę jako paliwo, warto zwrócić uwagę na nadwyżki i odpady z produkcji rolnej. Biomasę agro można stosować w procesach bezpośredniego spalania/współspalania lub przetwarzać na paliwa ciekłe i gazowe. Coraz częściej w Polsce jako paliwo stosowana jest biomasa rolna pochodząca z importu. Prezes Urzędu Regulacji Energetyki (URE) podjął decyzję o konieczności przeprowadzenia weryfikacji biomasy wykorzystywanej w jednostkach wytwórczych, w celu uniknięcia nieprawidłowości podczas jej kwalifikowania do biopaliw. Zgodnie z Informacją Prezesa URE nr 30/2011 z dnia 4 października 2011 r., biomasa pozyskiwana poza granicami kraju powinna posiadać dokumenty potwierdzające jej pochodzenie. Dokumenty te powinny być wydawane przez organy lub instytucje z kraju pochodzenia biomasy [5]. Jednym z rodzajów biomasy importowanej do Polski są pozostałości z procesu uzyskiwania oleju palmowego z owoców palmy olejowca gwinejskiego (ang. *Palm Kernel Shell* – PKS). Zainteresowanie tym materiałem palnym ma miejsce wśród producentów energii i ciepła na całym świecie. W Załączniku nr 1 do Informacji Prezesa Regulacji Energetyki z dnia 4 października 2011 r. określono, że PKS należy uznać za materiał biodegradowalny, wówczas gdy zawartość biomasy (frakcji biodegradowalnej) w badanej próbce w stanie suchym i bezpopiołowym wynosi $\geq 97\%$ [6].

W artykule przedstawiono możliwość klasyfikacji PKS, jako biomasy stosowanej do celów energetycznych w oparciu o powyższe wymagania.

Elaeis Guineensis – palma olejowa jako przykład biomasy agro

Palma olejowa, a dokładniej olejowiec gwinejski, to tropikalna roślina z rodziny arekowców. Uprawiana jest na szeroką skalę przede wszystkim w Malesji, Indonezji, a także w Afryce Zachodniej i Środkowej. *Elaeis guineensis* Jacq., to najlepiej znana odmiana tej palmy pochodząca z Afryki, która występuje na terenach pomiędzy Angolą a Gambią. Odkrył ją w 1763 r. Nicholas Jacquin. Afrykańska palma olejowa osiąga wysokość nawet do 30 metrów. Owocowanie zaczyna się

po pięcioletnim okresie wegetacji, a jej okres produktywności wynosi 25–30 lat. W każdym roku palma może wyprodukować 8–12 owocostanów. Owocostany ważą od 10–25 kg i składają się z ok. 1–3 tysięcy czerwonych owoców wielkości dużej śliwki. Charakteryzują się one oleistą, mięsistą warstwą zewnętrzną oraz bogatą w olej palmowy pestką (Rys. 1) [7, 8]. Jednohektarowa plantacja olejowca gwinejskiego, daje możliwość uzyskania ok. 10 Mg owoców w skali roku. Uzyskuje się z tego ok. 3000 kg oleju palmowego i 750 kg pestek, w tym ok. 250 kg wysokiej jakości nasiona palmy [9].



Rys. 1. a) Owoce palmy olejowej [8]; b) lupiny olejowca gwinejskiego (*Palm Kernel Shell*) pochodzące z Nigerii

Produkcja oleju palmowego

Historia produkcji oleju palmowego sięga czasów starożytności. Mieszkańcy Egiptu produkowali olej palmowy ręcznie, gotując a następnie wyciskając owoce, aby uzyskać czerwono-pomarańczowy olej. Palmy olejowe uprawia się przede wszystkim w celu pozyskiwania oleju palmowego, który wykorzystuje się w przemyśle spożywczym, kosmetycznym, a także energetycznym [9]. W dzisiejszych czasach stosuje się termiczną obróbkę masy owoców, wytapiając pożądaną produkt, jakim jest olej palmowy. Jest on ekstrahowany z miąższu owoców palmy oleistej i najczęściej wykorzystuje się go w przemyśle spożywczym. Natomiast olej uzyskiwany z nasion palmowych znajduje zastosowanie przy wyrobie produktów niespożywczych [7]. Mieszanina pestek, liści i innych pozostałości z przetwórstwa palmy olejowej, takich jak: włókna, czy puste kiście oraz lupiny wykorzystywane są jako biomasa spalana w kotłach energetycznych. Pnie palmy olejowej wykorzystywane są do produkcji niskiej jakości materiałów drzewnych, takich jak: sklejki, płyty pilśniowe czy wiórowe stosowane przy produkcji mebli, drzwi i podłóg [10]. Rozdrobniona pestka owoców palmy olejowej zwana *Palm Kernel Shell* (PKS) w ostatnim czasie poszerza zakres stosowanych paliw pochodzenia rolnego. Znajduje również zastosowanie przy produkcji węgla aktywnych [10].

Ocena przydatności energetycznej lupin olejowca gwinejskiego (PKS)

Jak wspomniano, aby PKS mogły być stosowane w energetyce do produkcji zielonej energii, muszą spełniać odpowiednie wymagania dotyczące właściwości fizykochemicznych. W Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla (IChPW) przeprowadzono badania lupin olejowca gwinejskiego (*Palm Kernel Shell*) dla oceny przydatności tego materiału do celów energetycznych. Analizowane próbki pochodziły z Indonezji, Wybrzeża Kości Słoniowej, Ghany i Nigerii.

Analiza właściwości energetycznych

Podstawowym parametrem określającym przydatność paliw do celów energetycznych jest wartość opałowa (Q_i lub $q_{p,net}$). Wartość opałowa (w stanie roboczym) próbek PKS analizowanych w IChPW mieściła się w przedziale od 13,1 MJ/kg do 18,7 MJ/kg. Dla porównania, wartość opałowa krajowej biomasy pochodzenia rolnego wynosiła od 1,1 MJ/kg do 19,3 MJ/kg [11, 12] (Tab. 1).

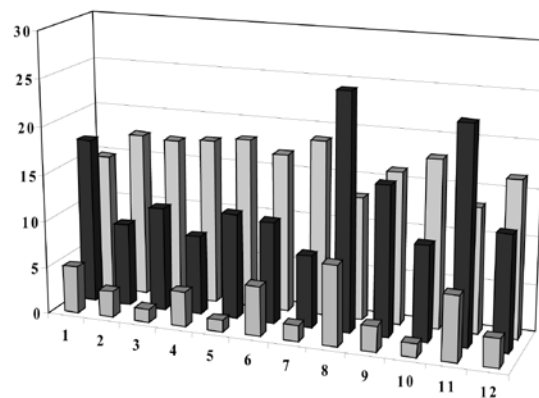
Tablica 1

Właściwości energetyczne polskiej biomasy agro [11] oraz importowanej biomasy PKS

Rodzaj biomasy	Wartość parametru		
	Zawartość wilgoci całkowitej w stanie roboczym W_r , %	Wartość opałowa w stanie roboczym Q_r , MJ/kg	Zawartość popiołu w stanie suchym A^d , %
Wierzba energetyczna	4,5–52,9	7,0–19,2	0,3–10,8
Ślaziovec pensylwański	6,9–13,6	14,5–16,1	2,2–4,5
Miskant	7,7–31,0	11,1–16,1	1,6–5,1
Kukurydza – kolby	9,1–45,5	6,9–17,0	1,9–21,2
Śloma rzepakowa	10,1–17,3	13,0–15,4	4,0–10,2
Łuski słonecznika	6,0–41,0	10,0–19,3	2,6–11,2
Susz owocowy	12,2–82,2	1,6–16,4	0,9–4,4
Wystłodki buraczane	9,9–11,9	13,4–15,0	3,7–9,5
PKS	7,7–25,1	13,1–18,7	1,3–10,8

Wartość opałowa paliwa zależy od zawartości składników palnych, substancji mineralnej (popiołu) oraz wilgoci. Zawartość wilgoci w biomase uzależniona jest od wielu czynników, takich jak: rodzaj rośliny, okres wegetacji i warunki atmosferyczne, w jakich została ona zebrana, transportowana i przechowywana. Wartość opałowa paliwa biomasowego zmniejsza się wraz ze wzrostem zawartości wilgoci. W przypadku badanych w IChPW próbek *Palm Kernel Shell* (PKS), zawartość wilgoci mieściła się od 7,7 do 25,1 %wag. Dla porównania – wilgoć w innych rodzajach krajowej biomasy typu agro kształtuje się w zakresie od 4,5 do 82,2 %wag. Zawartość wilgoci ma również bardzo istotny wpływ na przebieg procesu spalania. Dla tego samego rodzaju biomasy, o różnym poziomie wilgoci, spalanie może zachodzić w różnych rejonach komory paleniskowej. Sucha biomasa przyspiesza i stabilizuje zapłon, wilgotna powoduje przesunięcie jądra płomienia do górnej części komory paleniskowej. Wpływa to na przejmowanie ciepła zarówno w komorze paleniskowej jak i w ciągu konwekcyjnym kotła [13].

Kolejnym parametrem wpływającym na obniżenie wartości opałowej paliw oraz przebieg procesu spalania jest zawartość substancji mineralnej umownie określanej jako popiół. Jej ilość w biomase zależy między innymi od części rośliny, z której ona pochodzi (np. gałęzie, liście, owoce, korzenie), rodzaju gleby i sposobu jej nawożenia. Zawartość popiołu, w badanych w IChPW próbkach PKS mieściła się od 1,3 do 10,8 %wag. w stanie suchym. Natomiast zawartość popiołu w różnych rodzajach krajowej biomasy typu agro kształtuje się w znacznie szerszym zakresie, wynoszącym od 0,3 do 21,2 %wag. Zmiany wartości opałowej oraz zawartości wilgoci i popiołu w próbkach łupin palmy olejowca gwinejskiego badanych w IChPW przedstawiono na Rysunku 2.

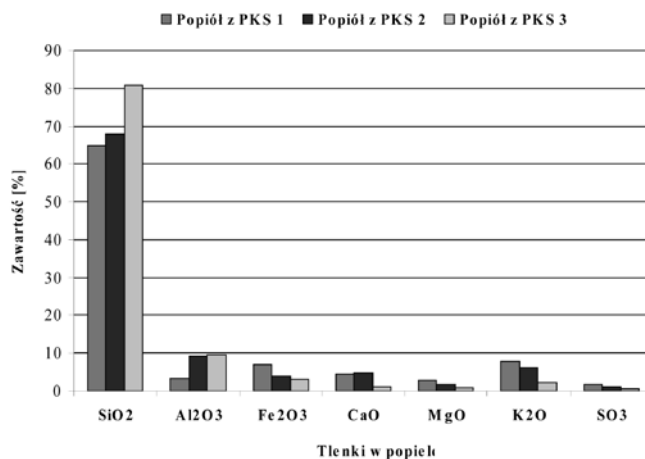


Próbki łupin olejowca gwinejskiego -

■ Zawartość popiołu [%] ■ Zawartość wilgoci [%] ■ Wartość opałowa [MJ/kg]

Rys. 2. Wartość opałowa oraz zawartość wilgoci i popiołu (stan roboczy) w łupinach palmy olejowca gwinejskiego

W energetyce znaczenie ma nie tylko ilość substancji mineralnej (popiołu) w paliwie, ale również jego skład chemiczny. Skład chemiczny popiołu z biomasy, w porównaniu do popiołów z węgla, ma zdecydowanie większy wpływ na tworzenie się niskotopliwych osadów na powierzchniach przegrzewaczy kotłów energetycznych. Spowodowane jest to wysoką zawartością związków potasu (18,17% do 38,11 %wag.) i wapnia (6,04 do 48,74 %wag.) w krajowej biomase agro [11]. Popiół z próbek PKS charakteryzuje się niższą zawartością wymienionych pierwiastków. Jego głównym składnikiem są związki krzemu, które zmniejszają zagrożenie żużlowania i tworzenia zanieczyszczeń na powierzchniach wymiany ciepła urządzeń energetycznych [13]. Skład chemiczny popiołu z łupin palmy olejowca gwinejskiego dla wybranych próbek zaprezentowano na Rysunku 3.



Rys. 3. Skład chemiczny popiołu z łupin palmy olejowca gwinejskiego

Analiza zawartości chloru i siarki

Zawartość chloru i siarki w roślinach wynika z ich naturalnej obecności w glebie oraz zastosowanych zabiegów agrotechnicznych. W przypadku istotnego wzrostu zawartości chloru w biomase istnieje przypuszczenie o antropogenicznym zanieczyszczeniu środowiska, szczególnie gleb lub też silnym zasoleniu wód, np. pochodzących z kopaliń lub ścieków.

Chlor w roślinach występuje głównie w postaci jonów Cl^- , których źródłem najczęściej są sole NaCl oraz KCl, a w niewielkich ilościach w formie organicznej. Siarka występuje w biomase roślinnej w postaci organicznej, 90% całkowitej ilości siarki wchodzi w skład aminokwasów (cysteina, metionina) [14]. Siarka w postaci nieorganicznej pochodzi z gleby oraz stosowanych nawozów mineralnych (np. Na_2SO_4 , lub siarka elementarna). Jest makroelementem, niezbędnym

nym do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Dostępność siarki determinuje wysokość uzyskiwanych plonów i poprawę ich jakości. Ponadto pierwiastek ten uczestniczy w procesach powstawania węglowodanów i tłuszczów, w syntezie chlorofilu i ligniny. Jednocześnie wpływa na prawidłowy przebieg procesu fotosyntezy [14]. Chlor i siarka są niepożądanymi składnikami paliwa ze względu na ich działanie korodujące. Wysoka zawartość chloru w paliwie skutkuje korozją chlorkową, tym większą im wyższa jest temperatura podczas spalania w kotle [15]. Natomiast obecność siarki w paliwach może przyczynić się do korozji kotłów energetycznych, poprzez odkładanie się w kanałach grzewczych osadów w postaci siarczanów [13, 15]. Wykonane w IChPW badania wskazują, że zawartość chloru w Palm Kernel Shell mieściła się w przedziale od poniżej 0,005 do 0,074 %wag. Średni udział procentowy tego pierwiastka w PKS wynosił 0,023% wag. Wyniki badań jednoznacznie wskazują na niższą zawartość chloru w próbkach PKS, w porównaniu do innych biomas pochodzenia rolnego. W badanych próbkach Palm Kernel Shell stwierdzono również niską zawartość siarki, która nie przekraczała 0,04 %wag. W przypadku różnych rodzajów krajowej biomasy stosowanej do celów energetycznych, jej zawartość kształtuje się od poniżej 0,02 %wag. do 0,59 %wag. [11]. Porównanie zawartości chloru i siarki w biomacie agro stosowanej do celów energetycznych oraz PKS przedstawiono w Tabelcy 2.

Tablica 2

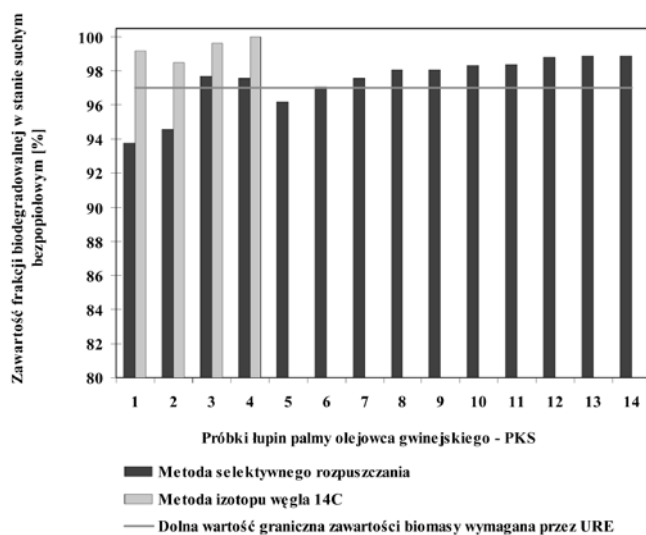
Zestawienie zawartości chloru i siarki w krajowej biomacie typu agro [11] oraz w próbkach PKS

Rodzaj biomasy	Wartość parametru	
	Zawartość chloru całkowitego w stanie suchym Cl ^d , %wag.	Zawartość siarki całkowitej w stanie suchym S ^d , %wag.
Wierzba energetyczna	<0,005–0,148	<0,02–0,32
Ślaziwiec pensylwański	0,019–0,166	0,03–0,08
Miskant	0,030–0,363	0,04–0,12
Kukurydza – kolby	0,045–0,352	0,04–0,19
Śłoma rzepakowa	0,295–0,713	0,14–0,35
Łuski słonecznika	0,018–0,215	0,10–0,59
Susz owocowy	0,029–0,227	0,03–0,25
Wysłodki buraczane	<0,005–0,328	0,08–0,42
PKS	<0,005–0,074	<0,02–0,04

Analiza zawartości frakcji biodegradowalnej

Do oznaczenia zawartości frakcji biodegradowalnej, Urząd Regulacji Energetyki proponuje zastosowanie metody selektywnego rozpuszczania, na podstawie normy PN-EN 15440:2011 *Stale paliwa wtórne – Metody oznaczania zawartości biomasy*, którą opracowano dla paliw wytworzonych z odpadów [6]. Określenie udziału frakcji biodegradowalnej metodą selektywnego rozpuszczania polega na skarbonizowaniu biomasy przy udziale 78% roztworu kwasu siarkowego (VI), a następnie utlenieniu 35% nadtlaniem wodoru. Nieprzereagowaną pozostałość stanowią: frakcja niebiodegradowalna i substancja mineralna. W IChPW oznaczono zawartość frakcji biodegradowalnej w próbkach PKS z zastosowaniem tej metody. Uzyskane wyniki oznaczają kształtowały się na poziomie od 93,8 do 98,9 %wag., w stanie suchym i bezpopiołowym. Określona przez Urząd Regulacji Energetyki minimalna, wymagana zawartość biomasy (frakcji biodegradowalnej) w próbkach PKS, w stanie suchym i bezpopiołowym, powinna wynosić ≥ 97 %wag. Niespełnienie tego warunku skutkuje brakiem możliwości zakwalifikowania paliwa do biomasy na cele energetyczne, a wytworzona ener-

gia elektryczna nie może być uprawniona do korzystania z systemu wsparcia [6]. Spośród 14 analizowanych próbek PKS – warunek ten nie został spełniony w 3 przypadkach. Norma PN-EN 15440:2011, oprócz metody selektywnego rozpuszczania, dopuszcza możliwość oznaczenia zawartości biomasy z zastosowaniem metody izotopu węgla ¹⁴C. W związku z tym, przeprowadzono badania porównawcze wykorzystując obydwie metody. Badanie z zastosowaniem metody izotopu węgla ¹⁴C wykonano w Laboratorium Radiowęglowym Instytutu Fizyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Oznaczanie koncentracji węgla ¹⁴C w wybranych próbkach PKS, przeprowadzono w oparciu o technikę spektrometrii ciekłoscintylacyjnej (LSC – Liquid Scintillation Counting). Porównanie udziału masowego frakcji biodegradowalnej w próbkach PKS, oznaczonego z zastosowaniem obydwu metod z kryterium kwalifikacji określonym przez URE przedstawiono na Rysunku 4.



Rys. 4. Udział masowy frakcji biodegradowalnej w próbkach PKS oznaczony metodami selektywnego rozpuszczania i izotopu węgla ¹⁴C

Porównując wyniki oznaczania zawartości frakcji biodegradowalnej (biomasy) w próbkach PKS stwierdzono, że metodą selektywnego rozpuszczania uzyskano niższe wartości niż metodą izotopu węgla ¹⁴C. Zastosowanie metody alternatywnej pozwoliło na zwerifikowanie w próbach PKS niskiej zawartości frakcji biodegradowalnej, oznaczonej metodą selektywnego rozpuszczania na poziomie ok. 94%. Metoda izotopu węgla ¹⁴C wykazała, że zawartość frakcji biodegradowalnej w tych próbkach znajduje się na poziomie wymaganym przez URE (≥97%). Przyczyną niższych wyników oznaczania uzyskanych metodą selektywnego rozpuszczania może być obecność trudno rozpuszczalnych w kwasie siarkowym(VI) i nadtlenu wodoru składników organicznych w analizowanej biomacie. Pomimo ryzyka uzyskania w niektórych przypadkach niższego wyniku oznaczania udziału frakcji biodegradowalnej, zastosowanie tej metody jest wskazane dla producentów energii. Metoda selektywnego rozpuszczania, może być powszechnie stosowana w większości laboratoriów przemysłowych z uwagi na dostępność i niski koszt wyposażenia pomiarowo-badawczego. Zastosowanie metody izotopu węgla ¹⁴C wymaga natomiast wyposażenia laboratorium w drogą, specjalistyczną aparaturę pomiarowo-badawczą. Dla energetyki istotnym aspektem jest również czas analizy, który dla metody izotopu węgla ¹⁴C wynosi obecnie 8–12 tygodni i jest nawet 3-krotnie dłuższy w porównaniu do analizy metodą selektywnego rozpuszczania.

Podsumowanie

Polski rynek biomasy pochodzącej z upraw energetycznych i odpadów z produkcji rolnej jest niestabilny i silnie uzależniony od wielkości rolniczych powierzchni produkcyjnych i plonów biomasy. Import łupin palmy olejowca gwinejskiego, może być dodatkowym źródłem pozyskiwania biomasy do celów energetycznych.

Łupiny palmy olejowca gwinejskiego (*Palm Kernel Shell* – PKS) charakteryzuje względnie niska zawartość wilgoci i popiołu, co wpływa na jej wyższą wartość opałową w porównaniu z innymi rodzajami biomasy roślinnej. Zaletą analizowanej biomasy jest niska zawartość siarki i chloru oraz osadotwórczych składników popiołu. Wpływa to pozytywnie na eksploatację kotłów energetycznych i zmniejsza prawdopodobieństwo wystąpienia wysokotemperaturowej korozji.

Prowadzone w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla badania wskazują, że zawartość frakcji biodegradowalnej, oznaczonej metodą selektywnego rozpuszczania, w sprowadzanych do Polski łupinach palmy olejowej w większości przypadków jest wyższa niż wymagane przez URE minimum 97 %wag. W przypadku, gdy uzyskany wynik oznaczania zawartości frakcji biodegradowalnej metodą selektywnego rozpuszczania, nie spełnia tego wymagania, uzyskaną wartość można dodatkowo zweryfikować z zastosowaniem metody izotopu węgla ¹⁴C. Oznaczona metodą selektywnego rozpuszczania niższa zawartość biomasy w PKS, nie oznacza mniejszej biodegradowalności tego materiału, ale wynika z obecności składników organicznych nieulegających rozpuszczeniu. Z uwagi na dostępność wyposażenia stosowanego do wykonania tego oznaczenia i krótszego czasu analizy, metoda ta może być stosowana do oznaczania zawartości frakcji biodegradowalnej w biomacie, w laboratoriach usługowych i przedsiębiorstwach energetycznych.

Literatura

- Gąsiorowska E., Piekacz J., Surma T.: *Pakiet klimatyczno-energetyczny jako strategia zrównoważonego rozwoju gospodarki europejskiej*. Energetyka 2008, 551–561.
- Ludwicka A., Grzybek A.: *Bilans biomasy rolnej (słomy) na potrzeby energetyki*. Problemy Inżynierii Rolniczej 2010, 2, 101–111.
- Gutowska A.E.: *Biomasa jako surowiec energetyczny, Energia odnawialna, jak z niej korzystać?* Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego, Białystok, 2007.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii (Dz. U. 2012, nr 0, poz. 122).
- Informacja nr 30/2011 w sprawie kwalifikacji biomasy na cele energetyczne Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki z dnia 4 października 2011 r. http://www.ure.gov.pl/portal/pl/424/4306/Prad_z_palmy_olejowca_Prezes_URE_o_kwalifikacji_biomasy_na_cele_energetyczne.html
- Załącznik nr 1 do Informacji nr 30/2011 w sprawie kwalifikacji biomasy na cele energetyczne pozostałości z procesu uzyskiwania oleju palmowego z palmy olejowca gwinejskiego (niezależnie od postaci handlowej – łupina i makuch z palmy olejowca gwinejskiego) z dnia 4 października 2011 r. http://www.ure.gov.pl/portal/pl/424/4306/Prad_z_palmy_olejowca_Prezes_URE_kwalifikacji_biomasy_na_cele_energetyczne.html
- Górecka A.: *Produkcja oleju palmowego a odpowiedzialność za naturalne środowisko*. Przemysł spożywczy 2011, 65, 28–30.
- The oil palm*. Institut africain pour le développement économique et social. FAO Economic and Social Development Series, nr 3/24.
- Rohwer J.: *Atlas roślin tropikalnych*. Horyzont, Warszawa, 2002. <http://www.fao.org/docrep/006/T0309E/T0309E00.HTM>
- Kabbashi, Naserelden and Jamal Ibrahim, Daoud and Jami: *Statistical analysis for malachite green removal using palm-kernel-shell-activated carbon*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Saedi 2011, 5(1).
- Jagustyn B., Bątołek-Gieska N., Wilk B.: *Właściwości fizykochemiczne biomasy wykorzystywanej do celów energetycznych*. Materiały konferencyjne Ekoenergetyka – Biogaz i syngaz. Ekoenergetyka – zagadnienia technologii, ochrony środowiska i ekonomiki 2010, 144–145.
- Kozłowski S., Lutyński A., Zielewicz W.: *Określanie wartości energetycznej Sorghum saccharatum L. Moench, Zea mays L. i Malva verticillata L. Łąkarstwo w Polsce*. Polskie Towarzystwo Łąkarskie, Poznań, 2007, 10, 1.
- Ściążko M., Sobolewski A., Zuwała J.: *Przewodnik Metodyczny Procedury bilansowania i rozliczania energii wytwarzanej w procesach współspalania*. IChPW, Warszawa – Zabrze, 2007.

14. Kaczor A., Zuzańska J.: *Znaczenie siarki w rolnictwie*. Chemia – Dydaktyka – Ekologia – Metrologia 2009, 14, 1–2, 69.

15. Król D., Łach J., Poskrobko S.: *O niektórych problemach związanych z wykorzystaniem biomasy nieleśnej w energetyce*. Energetyka 2010, 53–62.

Mgr inż. Barbara JAGUSTYN jest absolwentką Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Śląskiej w Gliwicach – specjalność – Technologia chemiczna węgla i ropy naftowej (1994). Od 1994 r. pracuje w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu. Specjalizuje się w zagadnieniach analityki paliw stałych, biomasy, stałych paliw wtórnych i odpadów paleniskowych. Jest ekspertem technicznym Ośrodka Badań Biegłości Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla.
e-mail: bjagustyn@ichpw.zabrze.pl, tel. 32 271 0041, w. 221

Mgr inż. Iga PATYNA jest absolwentką Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach (2011). Obecnie pracuje w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu na stanowisku inżyniera. Zainteresowania naukowe: właściwości energetyczne paliw alternatywnych, porozymetria rtęciowa.
e-mail: ipatyna@ichpw.zabrze.pl, tel. 32 271 00 41, w. 206

Mgr Agnieszka SKAWIŃSKA jest absolwentką Wydziału Biologii Uniwersytetu Śląskiego (2005). Obecnie pracuje w Instytucie Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu na stanowisku starszego specjalisty inżynierii technicznej. Zainteresowania naukowe: wykorzystanie biomasy do celów energetycznych, hodowla i przetwarzanie biomasy mikroalg.
e-mail: askawinska@ichpw.zabrze.pl, tel. 32 271 00 41, w. 206

NAMF 2013 16–19 września

W dniach 16–19 września br. w Warszawie odbędzie się spotkanie NAMF 2013 organizowane przez Instytut Wysokich Ciśnień PAN. Spotkanie będzie wydarzeniem satelitarnym E-MRS 2013 Fall Meeting. W skład spotkania wejdą: Prezentacja Laboratorium Nanostruktur CEPT, Nanoforce Info Day, Sesje właściwe NAMF oraz prezentacja najlepszych projektów z pośród grantów FP7, NCBiR, POiG i ERANET.

Honorowy Patronat nad eventem objął Prof. Jerzy Kątccki – Przewodniczący Rady NCBiR.

NAMF 2013 kontynuuje tradycję spotkań odbywających się pod szyldem Nano Technologia PL od 2007 r. W poprzednich latach konferencje gromadziły ok. 120 uczestników i zbierały bardzo dobre opinie na temat poziomu prezentacji oraz były doskonałą okazją do nawiązania kontaktów i wymiany pomysłów. Więcej na www miesiecznikchemik.pl. (em)

(Informacja prasowa NAMF 2013, 28 maja 2013 r.)