



Warszawa, 4 lutego 2016

Lignina ropą przyszłości? Być może dzięki Słońcu i fotokatalizatorom!

Rafinerie kojarzą się z ropą naftową i gęstą plątaniną technicznych instalacji. W przyszłości mogą się jednak zmienić – jeśli ropę zastąpi lignina, dotychczas traktowana jako odpad przemysłowy. Kierunek badań prowadzących ku temu celowi wyznaczają nowe fotokatalizatory, opracowane przez Instytut Chemii Fizycznej PAN w Warszawie. Pozwalają one przekształcać związki modelujące prawdziwą ligninę w użyteczne substancje chemiczne, na dodatek w reakcjach zachodzących w warunkach naturalnie występujących w przyrodzie.

Nie wygląda ciekawie: kleista, niemal czarna maź. Do tego śmierdzi – znacznie, znacznie gorzej niż wygląda. Przyglądając się ligninie, zwłaszcza z bliska i z niezatkany nos, trudno uwierzyć, że jest ona traktowana jako potencjalnie ważne, odnawialne źródło cennych związków aromatycznych dla przemysłu chemicznego. Niestety, mimo prób podejmowanych od wielu lat przez liczne zespoły chemików z całego świata, wciąż nie udało się opracować efektywnych metod konwersji ligniny. Krokiem ku tanim słonecznym biorafineriom, zdolnym do przetwarzania ligniny na skalę przemysłową, są nowe fotokatalizatory, opracowane w Instytucie Chemii Fizycznej PAN (IChF PAN) w Warszawie we współpracy z Politechniką Warszawską i Uniwersytetem w Kordobie.

W przyrodzie lignina występuje przede wszystkim w drewnie, gdzie odpowiada za jego spójność i twardość. Spektakularne rezultaty istnienia ligniny możemy więc obserwować na co dzień: to dzięki niej drzewa nie płożą się, a przeciwnie, na przekór grawitacji sięgają w niebo nawet na kilkadziesiąt metrów. Zawartość ligniny w drewnie zwykle wynosi od 10 do 40% w zależności od gatunku drzewa (gatunek ma także wpływ na skład chemiczny ligniny). W przemyśle lignina powstaje w dużych ilościach przy produkcji papieru, jako odpad w procesie miękczania drewna. Światowe zasoby ligniny są ogromne i wciąż się powiększają. Szacuje się je obecnie nawet na 300 mld t, jest więc to surowiec powszechniejszy od ropy naftowej (której zasoby to ok. 230 mld t).

„Pod względem chemicznym lignina jest naturalnym polimerem o bardzo złożonej strukturze trójwymiarowej, zbudowanym m.in. z wielu pochodnych związków aromatycznych, w tym z różnych alkoholi fenylowych. To chemiczne bogactwo czyni ligninę potencjalnie niezwykle interesującym surowcem dla przemysłu chemicznego. Niestety, jednocześnie jest jej przekleństwem, ponieważ bardzo trudno opracować reakcje chemiczne, które pozwoliłyby wydajnie przekształcić ligninę w konkretny, pojedynczy związek chemiczny, łatwo nadający się do dalszego przetwarzania”, mówi dr hab. inż. Juan Carlos Colmenares, prof. IChF PAN.

Trudności z przetwarzaniem ligniny powodują, że dziś jest ona uciążliwym dla środowiska odpadem przemysłowym o minimalnym znaczeniu: zaledwie 2% jej zasobów poddaje się dalszej obróbce, przy czym powstające związki chemiczne i tak mają relatywnie małą wartość dodaną.

Krokiem ku przemysłowemu przekształcaniu ligniny w wartościowe półprodukty chemiczne są dwa nowe fotokatalizatory. Ich podstawowym składnikiem jest dwutlenek tytanu TiO_2 , osadzany na odpowiednio dobranym podłożu: w jednym przypadku są to nanokompozyty zawierające tlenek żelaza Fe_2O_3 , w drugim – zeolity (glinokrzemiany) z niewielkim dodatkiem żelaza. Fotokatalizator z nanokompozytów z tlenkiem żelaza powstał przy ścisłej współpracy z naukowcami z Hiszpanii, kierowanymi przez prof. Rafaela Luque'a.

„Aby zapewnić jak najbardziej jednorodne pokrycie drobin, proces osadzania dwutlenku tytanu na nośniku odbywa się w obecności ultradźwięków, według metody opracowanej w naszym instytucie”, podkreśla prof. Colmenares.

W badaniach laboratoryjnych w IChF PAN ligninę z dodatkiem jednego lub drugiego fotokatalizatora poddawano działaniu światła ultrafioletowego, symulującego spektrum promieniowania docierającego ze Słońca. Oba katalizatory okazały się zaskakująco wydajne w przetwarzaniu alkoholu benzyłowego, zawartego w strukturze ligniny, w aldehyd benzoowy, substancję używaną m.in. przy produkcji barwników i w branży perfumeryjnej. W najlepszym przypadku już po czterech godzinach przekonwertowaniu uległa nawet połowa pierwotnej zawartości alkoholu benzyłowego w ligninie. W zastosowaniach przemysłowych ważna jest także selektywność reakcji: im reakcja bardziej selektywna, tym jej produkty są mniej zanieczyszczone zbędnymi i zwykle trudnymi do odseparowania dodatkami. Okazało się, że w roztworze przereagowanym z udziałem fotokatalizatorów substancja docelowa stanowiła nawet 90%.

„W obecności naszych fotokatalizatorów, oświetlonych promieniowaniem imitującym światło słoneczne, reakcje w modelowej ligninie przebiegały samoczynnie, przy zwykłym ciśnieniu atmosferycznym i w temperaturze ok. 30 stopni Celsjusza, a więc w warunkach występujących w przyrodzie naturalnie w miejscach nasłonecznionych. To zupełne przeciwieństwo tradycyjnych rafinerii, wymagających bardzo skomplikowanej i drogiej w utrzymaniu infrastruktury technicznej”, zauważa prof. Colmenares.

Nowe fotokatalizatory mają jeszcze jedną zaletę: są tanie, ponieważ nie wymagają drogich metali szlachetnych, takich jak np. pallad, a ich nośnikami są substancje pospolite. Co więcej, jeden z fotokatalizatorów ma wyraźne właściwości magnetyczne, a zatem po przeprowadzeniu konwersji można go łatwo odzyskiwać z roztworu i używać ponownie.

Wyniki otrzymane przez naukowców z Warszawy i Kordoby są obiecujące, dotyczą jednak reakcji fotokatalizatorów ze związkami modelowymi. Aby fotokatalizatory efektywnie przetwarzały rzeczywistą ligninę – niejednorodną i często o zróżnicowanym składzie chemicznym – potrzebne są kolejne badania i próby.

W pracach nad fotokatalizatorami była zaangażowana grupa pracowników Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, kierowana przez prof. dr. hab. Krzysztofa Kurzydłowskiego. To tutaj za pomocą zaawansowanych technik badawczych dokonano szczegółowej charakterystyki parametrów fizycznych nowych fotokatalizatorów.

Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (<http://www.ichf.edu.pl/>) został powołany w 1955 roku jako jeden z pierwszych instytutów chemicznych PAN. Profil naukowy Instytutu jest silnie powiązany z najnowszymi światowymi kierunkami rozwoju chemii fizycznej i fizyki chemicznej. Badania naukowe są prowadzone w dziewięciu zakładach naukowych. Działający w ramach Instytutu Zakład Doświadczalny CHEMIPAN wdraża, produkuje i komercjalizuje specjalistyczne związki chemiczne do zastosowań m.in. w rolnictwie i farmacji. Instytut publikuje około 200 oryginalnych prac badawczych rocznie.

KONTAKT:

dr hab. inż. **Juan Carlos Colmenares**, prof. IChF PAN
Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie
tel. +48 22 3433215
email: jcarloscolmenares@ichf.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

„Mild ultrasound-assisted synthesis of TiO₂ supported on magnetic nanocomposites for selective photo-oxidation of benzyl alcohol”;
J. C. Colmenares, W. Ouyang, M. Ojeda, E. Kuna, O. Chernyayeva, D. Lisovtyskiy, S. De, R. Luque, A. M. Balu; Applied Catalysis B: Environmental, 183 (2016), 107–112; DOI:10.1016/j.apcatb.2015.10.034

„Iron-Containing Titania Photocatalyst Prepared by the Sonophotodeposition Method for the Oxidation of Benzyl Alcohol”;
A. Magdziarz, J. C. Colmenares, O. Chernyayeva, K. Kurzydłowski, J. Grzonka; ChemCatChem (2015);
DOI: 10.1002/cctc.201501250

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ichf.edu.pl/>

Strona Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk.

<http://www.ichf.edu.pl/press/>

Serwis prasowy Instytutu Chemii Fizycznej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IChF160204b_fot01s.jpg

HR: http://ichf.edu.pl/press/2016/02/IChF160204b_fot01.jpg

Krok ku fotobiorafineriom: fotokatalizatory z Instytutu Chemii Fizycznej PAN w Warszawie przekształcają modelową ligninę, symulującą odpad przemysłu papierniczego, w przydatne półprodukty chemiczne. Na zdjęciu dr hab. inż. Juan Carlos Colmenares, prof. IChF PAN. (Źródło: IChF PAN, Grzegorz Krzyżewski)