

Keratyna – źródła, właściwości, zastosowanie

Paweł STAROŃ, Marcin BANACH, Zygmunt KOWALSKI – Instytut Chemii i Technologii Nieorganicznej, Politechnika Krakowska, Kraków

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2011, 65, 10, 1019-1026

Wstęp

Keratyna (gr. *keras* – róg) należy do wysoce heterogenicznej rodziny białek włóknkowych o zwartej strukturze. Duże ilości mostków disiarczkowych, występujących w strukturze keratyny, znacząco wpływają na jej właściwości, w szczególności na wysoką odporność mechaniczną i chemiczną. Keratyna charakteryzuje się również odpornością na działanie enzymów proteolitycznych, takich jak: trypsyna, pepsyna czy papaina, nie rozpuszcza się w wodzie, natomiast jest mocno higroskopijna.

W komórkach nabłonkowych człowieka zidentyfikowano dwadzieścia izoform keratyn o masie cząsteczkowej od 40 do 70 kDa. Ok. 10 izoform zostało odkrytych w komórkach innych zwierząt, które znajdują się m.in. w piórach, kopytach, rogach, paznokciach, łuskach gadów oraz włosach.

Jednym z głównych źródeł odpadów keratynowych jest przemysł drobiarski. Pióra zbudowane są w 90% z keratyny i stanowią 5-7% całkowitej masy dorosłych kurczaków [1]. W trakcie procesu przetwórstwa drobiu, pióra są odrzucane, a jako produkt odpadowy przyczyniają się do zanieczyszczenia środowiska [2]. Rozwój przemysłu drobiarskiego na świecie doprowadził do generowania ponad 4 mln t odpadowych piór rocznie [3]. Stany Zjednoczone wytwarzają połowę tej ilości [4]. Średniej wielkości ferma w Polsce generuje ok. 7 t pierza kurczego w ciągu doby. W skali kraju rocznie wytwarzane jest 8000-9000 t tego odpadu [5].

Już na początku XX w. prowadzono badania nad wykorzystaniem materiałów keratynowych. Materiały, takie jak: włosy, siano czy głony, wykorzystywano przy produkcji podkładów dywanowych, izolacji cieplnej, czy szczeciny do szczotek. W późniejszym czasie zastosowanie keratyny zostało zwiększone do produkcji podkładek, filców, impregnacji drewna, produkcji płyt technicznych, zaprawach cementowych oraz do produkcji filtrów [6].

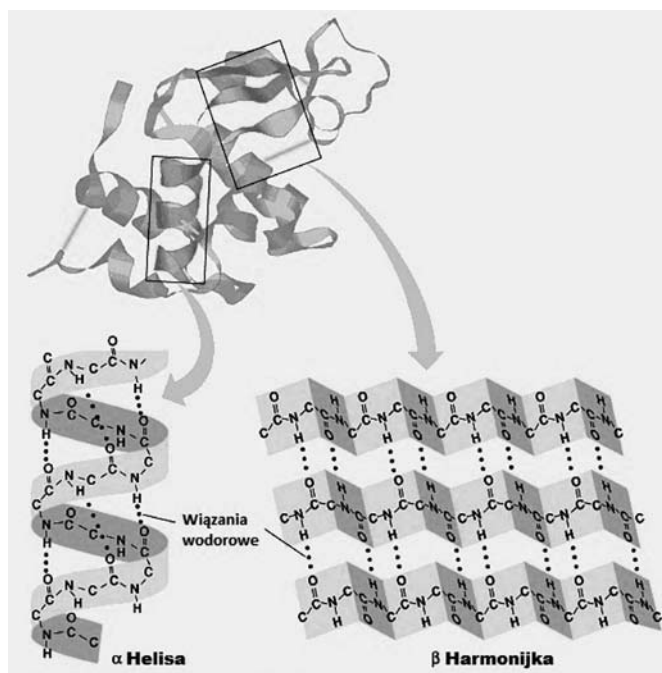
Obecnie zakłady drobiarskie przetwarzają odpadowe pióra na niskoodżywcze pasze dla zwierząt. O wartości odżywczej takiego produktu decydują zawarte w nim aminokwasy, takie jak metionina i histydyna. Ilość ich maleje wraz z wiekiem drobiu [7]. Regulacje prawne w niektórych krajach zakazują stosowania odpadowych piór do produkcji paszy, i w większości takich przypadków pióra są składowane [8, 9]. Głównym problemem składowania są odory powstające w wyniku rozkładu substancji zawartych w biomasie, a także gazy cieplarniane, takie jak metan i ditlenek węgla [10]. Ponadto nietlne produkty rozkładu mogą przedostawać się wraz z wodą do gleby, co może powodować zanieczyszczenie wód gruntowych.

W związku z ciągłym wzrostem ilości odpadów keratynowych, trwają poszukiwania nowych metod wykorzystania tych materiałów. Prowadzone prace mają na celu przetworzenie odpadów keratynowych na produkt o odpowiednich właściwościach lub odzyskanie keratyny i późniejsze jej wykorzystanie.

Charakterystyka keratyny

Keratyna posiada trójwymiarową budowę włóknistą o charakterze hierarchicznym [11]. Składa się z małych nanometrycznych aminokwasów, które polimeryzują w znanej sekwencji do masy cząsteczkowej białka rzędu 10-100 nm. Masa cząsteczkowa keratyny z piór wynosi ok. 10 500 Da. Zawartość cysteiny/cystyny w sekwencji aminokwa-

sów wynosi 7%. Zgodnie z sekwencją aminokwasów, keratyna posiada w swojej strukturze ok. 40% hydrofilowych oraz 60% hydrofobowych grup chemicznych. Cząsteczki białek mogą gromadzić się w strukturę α -helisy, β -harmonijki lub losową, nieuporządkowaną makrostrukturę. Włókna keratynowe piór składają się z 41% α -helisy, 38% β -harmonijki oraz 21% losowych struktur [8]. Na Rysunku 1 przedstawiono strukturę α -helisa oraz β -harmonijka.

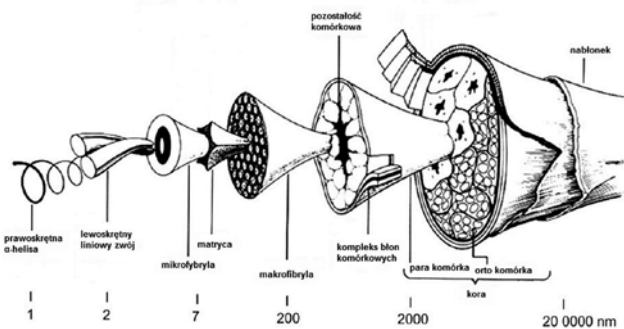


Rys. 1. Struktura α -helisa, β -harmonijka [12]

W strukturze α -helisa występują wewnątrzcząsteczkowe wiązania wodorowe pomiędzy grupą karbonylową jednego aminokwasu a grupą aminową drugiego aminokwasu. Struktura β -harmonijka charakteryzuje się występowaniem międzyłańcuchowych wiązań wodorowych pomiędzy grupami aminowymi i karbonyłowymi. Wiązanie wodorowe może być łączone z wodą związaną w strukturze białka [8]. Keratyna charakteryzuje się wysoką stabilnością, dzięki występowaniu wiązań międzycząsteczkowych pomiędzy polarnymi i niepolarnymi kwasami aminowymi, oraz słabą rozpuszczalnością spowodowaną obecnością wiązań S-S pomiędzy kwasami cysteinowo aminowymi [11].

Sierść zwierząt zawiera trzy morfologiczne główne składniki: naskórek, który jest zbudowany z cienkiej warstwy zachodzących na siebie komórek otaczających komórki rogowe, warstwę rogową, zbudowaną z owalnych komórek uszeregowanych w kierunku osi włókna i komórki błoniaste, których zadaniem jest łączenie ze sobą warstw naskórkowej i rogowej. Co więcej, każda warstwa rogowa jest złożona z mikrowłókien, które z kolei zbudowane są z wielu, gęsto upakowanych α -helis. Keratyna jest samouporządkowującym się włóknem, które powstaje w procesie wzrostu; jest to kontrolowane przez ponad trzydzieści czynników wzrostu i cytokinezę. Po wyjściu włosa przez skórę, włókno włosowe jest formowane w niezwykle stabilną strukturę, nieprzepuszczalną dla czynników środowiskowych. Struktura włókien naturalnych jest bardzo zbliżona do syntetycznych polimerów,

ponieważ obie struktury zawierają mikrocząsteczki, wiązania usieciowane, plastyfikatory i stabilizatory UV. Rysunek 2 przedstawia schemat włókna wełny, które swoją strukturą przypominają ludzki włos [13].



Rys. 2. Schemat włókna wełny [13]

Właściwości keratyny

Keratyna charakteryzuje się wysoką zawartością takich aminokwasów, jak: glicyna, alanina, seryna, walina, a także posiada w swojej strukturze mniejsze ilości metioniny, lizyny i tryptofanu. Największą zawartość, od 7-12%, stanowią cystyna i cysteina – są to aminokwasy zawierające siarkę. Jedną z grup karboksylowych cystyny tworzy wiązania peptydowe jednego łańcucha, a pozostałe grupy, tj. aminowa i karboksylowa, wchodzi w skład wiązania peptydowego innego łańcucha polipeptydowego. Aktywność chemiczna keratyny w znacznym stopniu zależy od cystyny, ulegającej hydrolizie, utlenieniu i redukcji. Tablica 1 przedstawia skład aminokwasowy keratyn różnego pochodzenia.

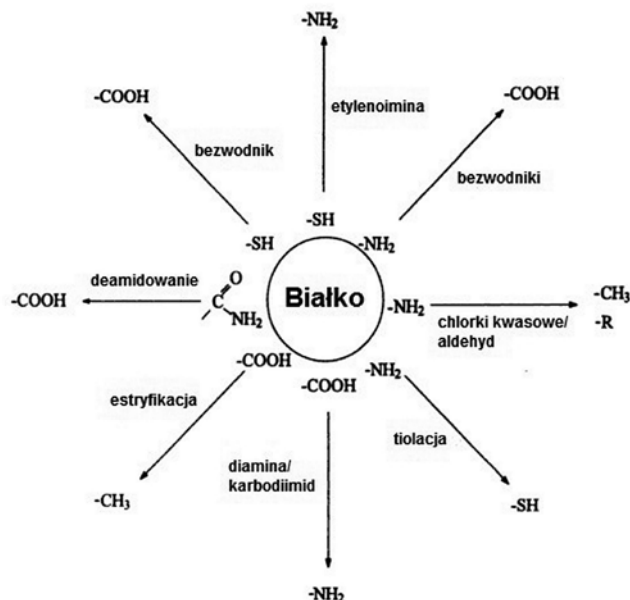
Tablica 1

Skład aminokwasowy keratyn pochodzących z wełny, włosów ludzkich oraz piór ptasich, g aminokwasu/100 g białka [6]

Skład		Wełna owcza	Włosy ludzkie	Pióra ptasie
Niejonowe aminokwasy polarne	Cysteina	12,72	15,90	7,80
	Histydyna	0,70	1,00	0,20
	Seryna	9,40	-	14,10
	Treonina	6,76	6,40	4,10
	Tyrozyna	5,80	3,10	1,40
Jonowe aminokwasy polarne	Arginina	10,40	10,70	3,80
	Kwas asparaginowy	7,27	3,00	5,60
	Kwas glutaminowy	15,27	12,20	6,90
	Lizyna	3,30	2,60	0,60
Aminokwasy niepolarne	Alanina	4,40	-	8,70
	Fenylalanina	3,80	2,70	3,10
	Glicyna	6,50	4,00	13,70
	Izoleucyna	-	3,00-4,00	3,20
	Leucyna	11,30	7,00-10,00	8,30
	Metionina	0,70	1,00-2,00	0,10
	Prolina	6,75	9,50	9,80
	Walina	4,72	3,3-6,00	7,80

Skład ten jest różnorodny, lecz mimo tego można zaobserwować podobieństwo w budowie aminokwasowej keratyn pochodzących z różnych gatunków.

Aminokwasy dzielimy na jonowe, niejonowe, polarne i niepolarne. Cysteina oraz cystyna (zawierające wiązania siarczkowe i disiarczkowe) odpowiedzialne są za tworzenie wiązań kowalencyjnych. Wiązania wodorowe tworzone są poprzez niejonowe aminokwasy polarne, takie jak: treonina, histydyna czy glutamina. Jonowe aminokwasy polarne, kwas glutaminowy, arginina oraz lizyna są odpowiedzialne za jonowe oddziaływania. Natomiast w przypadku aminokwasów niepolarnych (metionina, prolina czy fenylalanina), mamy do czynienia z powstawaniem niepolarnych oddziaływań [6].



Rys. 3. Schemat chemicznej modyfikacji białek [14]

Reaktywność keratyny zależy od wielu czynników. Głównym z nich jest jej skład chemiczny, struktura morfologiczna, a także charakter wiązań międzycząsteczkowych i aktywnych grup keratyny. Na reaktywność keratyny wpływa również jej rozpuszczalność, podatność na wodę, adhezja do różnych substratów oraz właściwości mechaniczne [14]. Powyższe czynniki zależą od występujących w białku wiązań wodorowych, jonowych oraz kowalencyjnych. Do najważniejszych oddziaływań zaliczane jest wiązanie wodorowe z otaczającymi cząsteczkami wody. Energia wiązań wodorowych jest mniejsza niż wiązań jonowych i kowalencyjnych; jest natomiast większa od energii oddziaływań hydrofobowych. Wiązania wodorowe występują pomiędzy grupami $=NH$ oraz $\equiv C-OH$. Występowanie w strukturze keratyny różnych ugrupowań pozwala jej brać udział w licznych procesach. Na Rysunku 3 przedstawiono możliwości modyfikacji białek, w tym keratyny.

Możliwości zastosowań

Naturalnym źródłem występowania keratyny są tkanki. Keratyny dzieli się na „miękkie” i „twarde” keratyny. „Miękkie” keratyny znajdują się w tkankach nabłonkowych. Stosunkowo łatwo ulegają procesowi rozkładu. Tkanki chroniące, znajdujące się we włóknistych strukturach, takich jak: włosy, paznokcie, rogi, kopyta i pióra, zbudowane są z „twardych” keratyn. Keratyny „twarde” są strukturami dwufazowymi, o dużej zawartości siarki, charakteryzującymi się dużą wytrzymałością na degradację. „Twarde” keratyny są tematem badań biomedycznych.

Ze względu na nierozpuszczalność w wodzie oraz ograniczoną ilość dostępnych metod ekstrakcji i przetwarzania, keratyna wykorzystywana była w wąskim zakresie. W przeszłości używano jej jako

biomateriał w medycynie regeneracyjnej. W ciągu ostatnich kilku lat zainteresowanie keratyną i jej modyfikacjami wzrosło, szczególnie keratyną otrzymaną z wełny. Yamauchi i Tachibana opisali wzrost stopnia rozpowszechniania fibroblastów na keratynowej powłoce oraz keratynowo-chitozanowe powłoki. Fujii badał wpływ białek pochodzących z ludzkiego włosa na szczurze komórki tuczne. Verma opisał przygotowanie struktury białkowej włosa ludzkiego w celu jej zastosowania w inżynierii tkankowej. Grupa badawcza Dyke przeprowadzała badania hydrożeli i porowatych struktur bazujących na keratynie z włosów, oraz ich interakcji z komórkami oraz tkankami. W ostatnim czasie przeprowadza się próby zastosowania biomateriałów bazujących na keratynie, do zastosowań biomedycznych. Literatura podaje również próby wykorzystania powłok keratynowych w rekonstrukcji powierzchni ocznych [15].

Troska o środowisko, wzrost cen oraz wyczerpywanie się źródeł ropy, zmusza do poszukiwania rozwiązań dla zastąpienia produktów petrochemicznych materiałami pochodzenia biologicznego. Keratyna z piór jest obiecującym materiałem do takiego wykorzystania. Pióra są stałym, odnawialnym oraz naturalnym materiałem produkowanym w dużych ilościach (średnio 5 mln t/r w skali światowej). Keratyna jest niejadalnym białkiem, jednak może być przetwarzana na paszę o niskich wartościach odżywczych. Całe pióra oraz ich włókna znalazły zastosowanie w produktach włókienniczych. Produkowanie surowców z dużą ilością dodatków, zawierających włókna keratynowe z piór, jest możliwe dzięki rozpuszczeniu a następnie regeneracji keratyny [13].

Prowadzone są prace nad użyciem keratyny jako dodatku do materiałów gumowych w celu ułatwienia biorozkładu. Wytworzone w ten sposób kompozyty białkowo-elastomerowe charakteryzować się mają dobrymi parametrami mechanicznymi oraz po okresie ich użytkowania mają być bardziej podatne na rozkład w środowisku naturalnym [6].

Włókna piór kurzych składają się z hydrofobowej keratyny, białka mającego podobną wytrzymałość do nylonu i mniejszą średnicę niż włókno drzewne. Zaskakującą cechą włókien piór kurzych jest półkryształiczność oraz usieciowana struktura, która wzmacnia odporność kompozytów bazujących na polimerach na mechaniczne naprężenia oraz powoduje relatywnie wysoki moduł elastyczności (3,4-5 GPa). Ponadto włókna piór kurzych charakteryzują się wysokim współczynnikiem wydłużenia. Wspomniane powyżej właściwości wskazują na możliwość wykorzystania z powodzeniem włókien piór kurzych jako wzmocnienia polimerowego [9].

Keratyna jest produktem cieszącym się zainteresowaniem w przemyśle farmaceutycznym, medycznym, kosmetycznym oraz biotechnologicznym. Materiały keratynowe otrzymywane z wełny mogą być przekształcone w porowate pianki o różnych kształtach, gąbki, maty, powłoki, żele, mikrowłókna oraz materiały o dużej masie. Nieantygenowe keratyny mają pozytywny wpływ na leczenie ran oraz rekonstrukcję tkankową. Warstwa implantacyjna, konstrukcja lub biomateriał keratynowy mogą być absorbowane przez otaczające tkanki [11].

Otrzymywanie keratyny

Białka keratynowe wyodrębniane z włosów mogą być klasyfikowane do trzech grup: alfa-, beta- oraz gamma-keratynowych. Keratyna usuwana jest z kory przez chemiczne rozerwanie wiązań disiarczkowych występujących w tkankach. Alfa- oraz beta- keratyny są przekształcane do nieusieciowanych form przez utlenienie oraz redukcję, podczas gdy cystyna przekształcana jest w kwas cysteinowy lub cysteinę. Następnie białka ekstrahowane są razem z rozpuszczalnikiem denaturyzującym. Powstały roztwór może być oczyszczony przez filtrację lub dializę [13].

Schrooyen i Yamauchi opisali sposób uzyskania keratyny z piór ptasich. Proces ten polegał na przemyciu piór ptasich wodą w tempera-

turze 60°C. Następnymi etapami było suszenie i rozdrobnienie na kawałki o długości 75-700 μm oraz ekstrakowanie eterem naftowym w czasie 12 h, w celu usunięcia resztek tłuszczów [16, 17].

Keratynę z piór ptasich można również otrzymać poprzez alkaliczną hydrolizę. Prowadzi ona do redukcji grup disiarczkowych do tiolowych, przy użyciu siarczku amonu o stężeniu 0,05-1 M lub 0,05-0,5 M siarczku sodu. Następuje również częściowa modyfikacja wolnych grup -SH za pomocą 0,1-1,5 M merkaptoetanolu. Proces prowadzony jest w czasie 90 minut oraz temperaturze 45-80°C. Masa cząsteczkowa otrzymanej keratyny wynosiła od 1 do 11 kDa. Produkt charakteryzował się wytrzymałością rzędu 15-20 MPa, wydłużeniem 10-50% oraz modułem naprężeń pomiędzy 100-300 MPa [18].

Degradacja keratyny

Duża odporność keratyny na czynniki chemiczne i fizyczne stanowi utrudnienie podczas procesu jej degradacji. Degradacja keratyny przeprowadzana jest przy użyciu kwasów, zasad, enzymów, podwyższonej temperatury lub promieniowania UV.

Włókna białkowe ulegają degradacji pod wpływem kwasów mineralnych. Wiązania peptydowe zostają rozerwane, powstały roztwór keratyny składa się z soli amoniowych oraz wolnych aminokwasów.

Pod wpływem działania zasad następuje pęcznienie, a następnie degradacja keratyny. Wzrost rozpuszczalności keratyny w zasadach spowodowany jest rozerwaniem wiązań peptydowych i disiarczkowych, co powoduje zwiększenie jej plastyczności i spadek wytrzymałości.

Degradacja enzymatyczna prowadzi do całkowitej biodegradacji keratyny, spowodowanej hydrolizą oraz utlenianiem. Wywołana jest działaniem mikroorganizmów. Degradacja keratyny w piórach jest wynikiem redukcji mostków disiarczkowych. Metoda ta wymaga odpowiedniej flory bakteryjnej, dodatku odżywek mineralnych, określonej temperatury, pH oraz dostępu tlenu. Zauważono również, że, oprócz bakterii, proces biodegradacji powodowany jest przez niektóre gatunki grzybów (np. *Aspergillus fumigatus*), produkujące enzym keratynolityczny, który rozkłada keratynę. Degradacja enzymatyczna jest procesem wieloetapowym, jednak z przemysłowego punktu widzenia, wydaje się być korzystny, gdyż przebiega w temperaturze pokojowej, co minimalizuje koszty procesu.

Proces degradacji keratyny pod wpływem podwyższonej temperatury prowadzi do powstania oligomerów, polipeptydów i aminokwasów. W strukturze włókien zauważalne zmiany następują już w temperaturze 185°C, przy czasie ogrzewania 30 s.

Keratyna należy do naturalnych polimerów, które są fotodegradowalne. W jej skład wchodzi fragmenty, które absorbują promieniowanie UV, czyli fotodegradacja przebiega według mechanizmu fotochemicznego [6].

Podsumowanie

W artykule przedstawiono właściwości, budowę oraz zastosowanie keratyny. Omówiono także sposoby jej degradacji. Białka keratynowe występują w komórkach zwierząt, głównie w piórach, sierści i paznokciach. Keratyna należy do białek włókienniczych o zwartej strukturze, a występujące w niej wiązania wodorowe, disiarczkowe, a także kowalencyjne, wpływają w znacznym stopniu na jej odporność chemiczną oraz fizyczną. Z tego względu, bardzo ważne jest szukanie nowych możliwości jej przetwarzania, które pozwolą na likwidację problemu składowania odpadów keratynowych.

Literatura

1. Suntornsuk W., Suntornsuk L.: *Feather degradation by Bacillus sp. FK 46 in submerged cultivation*. *Bioresour. Technol.* 2003, **86**, 239-234.
2. Vasileva-Tonkova E., Gousterova A., Neshev G.: *Ecologically safe method for improved feather wastes biodegradation*. *International Biodeterioration & Biodegradation* 2009, **63**, 1008-1012.

3. Zaghoul T.I., Embaby A.M., Elmahdy A.R.: *Biodegradation of chicken feathers waste directed by Bacillus subtilis recombinant cells: Scaling up in a laboratory scale fermentor*. Bioresource Technology 2010, w druku.
4. Martinez-Hernandez A.L., Velasco-Santos C., de-Icaza M., Castano V.M.: *Dynamical-mechanical and thermal analysis of polymeric composites reinforced with keratin biofibers from chicken feathers*. Composites: Part B 2007, **38**, 405-410.
5. Górecki H., Górecka H., Chojnacka K., Dobrzański Z., Artmańska M., Barańska M., Biegańska S.: *Metoda utylizacji odpadów z przemysłu drobiarskiego na nawozy wieloskładnikowe*. Przemysł Chemiczny 2010, **89/4**, 360--365.
6. Prochoń M.: *Biorozkładalne elastomery z odpadów keratyną jako napelniczem*. Rozprawa doktorska, Politechnika Łódzka 2008.
7. Onifade A.A., Al-Sane N.A., Al-Musallam A.A., Al-Zarban S.: *A review: Potentials for biotechnological applications of keratin-degrading microorganisms and their enzymes for nutritional improvement of feathers and other keratins as livestock feed resources*. Bioresource Technology 1998, **66**, 1-11.
8. Barone J.R., Schmidt W.F.: *Effect of formic acid exposure on keratin fiber derived from poultry feather biomass*. Bioresource Technology 2006, **97**, 233-242.
9. Cheng S., Lau K., Liu T., Zhao Y., Lam P., Yin Y.: *Mechanical and thermal properties of chicken feather fiber/PLA green composites*. Composite: Part B 2009, **40**, 650-654.
10. Roberts M., Williams J., Halberstadt P., Sanders D., Adams T.: *Animal waste to marketable products*. Natural Gas Conference, Phoenix, AZ, 2004 February 8-11.
11. Cardamone J.M.: *Investigating the microstructure of keratin extracted from wool: Peptide swquence (MALDI-TOF/TOF) and protein conformation (FTIR)*. Journal of Molecular Structure 2010, **969**, 97-105.
12. http://hs2.lps.org/staff/sputnam/AdvancedChem/Ch%2018%20Notes_files/alphabeta.gif 24.05.2011.
13. Hill P., Brantley H., Van Dyke M.: *Some properties of keratin biomaterials: Kerateines*. Biomaterials 2010, **31**, 585-593.
14. Kolster P., de Graaf L.A., Vereijken J.M.: *Cereals: novel uses and processes*. Plenum Press, New York 1997.
15. Reichl S., Borrelli M., Geerling G.: *Keratin films for ocular surface reconstruction*. Biomaterials 2011, **32**, 3375-3386.
16. Schrooyen P.M.M., Dijkstra P.J., Oberthür R.C., Bantjes A., Feijen J.: *Partially Carboxymethylated Feather Keratins. I. Properties in Aqueous Systems*. J. Agric. Food Chem. 2000, **48**, 4326-4334.
17. Yamauchi K., Yamauchi A., Kusunoki T., Kohda A., Konishi Y.: *Preparation of stable aqueous solution of keratins, and physicochemical and biodegradational properties of films*. Journal of Biomedical Materials Research Part A 1996, **31**, 439-444.
18. U.S Pat. No. 7,169,896: *Keratin-based products and methods for their productions*. USA 2007.

Mgr inż. Paweł STAROŃ ukończył studia na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej (2008). Jest doktorantem w Katedrze Technologii Nieorganicznej i Biotechnologii Środowiska tej uczelni. Specjalność – technologia chemiczna nieorganiczna.
e-mail: pstaron@chemia.pk.edu.pl.

Dr inż. Marcin BANACH ukończył studia na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej (2006). Jest adiunktem na tej uczelni. Specjalność – technologia chemiczna nieorganiczna.

Prof. dr hab. inż. Zygmunt KOWALSKI, profesor zwyczajny Politechniki Krakowskiej, ukończył studia na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego (1969). Jest kierownikiem Katedry Technologii Nieorganicznej i Biotechnologii Środowiska i dziekanem Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej. Specjalność – technologia nieorganiczna i ochrona środowiska.

On the REACH road Warszawa, 23-24 listopada 2011 r.

Międzynarodowa konferencja „On the REACH road” organizowana jest przez Ministerstwo Gospodarki, we współpracy z Biurem do Spraw Substancji Chemicznych oraz Polską Izbą Przemysłu Chemicznego.

Konferencja jest nie tylko forum uświetniającym pomysłyne wdrożenie systemu REACH, ale również będzie jednym z wydarzeń towarzyszącym obchodom proklamowanego przez Organizację Narodów Zjednoczonych Międzynarodowego Roku Chemii (IYC'2011) oraz przypadającej setnej rocznicy otrzymania Nagrody Nobla w dziedzinie chemii przez Marię Skłodowską-Curie (MSC-100).

Tematyka konferencji poddaje analizie 5-letni okres implementacji rozporządzenia REACH, będący jednocześnie krokiem w kierunku innowacyjnego zarządzania i bezpiecznego stosowania substancji chemicznych. Celem konferencji jest również ocena aktywności przemysłu i administracji zarówno w skali europejskiej, jak i światowej.

W trakcie dwóch dni uczestnicy będą mieli możliwość wzięcia udziału w dyskusji dotyczącej:

- doświadczeń przemysłu w zakresie REACH (uwzględniając pierwszą fazę rejestracji oraz sytuację małych i średnich przedsiębiorstw przed fazą drugą)
- procesu przeglądu (uwzględniając możliwe kierunki dalszych działań)
- działań podejmowanych w ramach poprawy innowacyjności i konkurencyjności przemysłu chemicznego
- wpływu rozporządzenia REACH na międzynarodowe działania w ramach strategicznego zarządzania chemikaliami.

Konferencja odbędzie się w Warszawie w dniach 23-24 listopada 2011 roku i stanowić będzie znakomite miejsce wymiany doświadczeń przez przedstawicieli instytucji publicznych, organizacji pozarządowych, przemysłu, świata nauki oraz ekspertów branży chemicznej zarówno z Europy jak i całego świata. Ponadto, będzie okazją do nawiązania kontaktów do dalszej współpracy na rynku globalnym.

(<http://www.5-reach.pl/>)