



CHEMIA

**13** Fluorescencja wokół nas • Iwona Orlińska

## Nauka i technika

---

**4** Ciekawostki  
• Marek Orlik

## Metodyka i praktyka szkolna

---

**6** Niby zwykły kamień  
– o skałach i minerałach  
• Joanna Kurek

**16** Więcej światła!  
o fluorescencji rywanolu  
• Marek Ples

**32** Wagi i szkło miarowe.  
Prezentacja wyników,  
część 2  
• Leszek Ruchomski

**40** Alkohol etylowy  
• Łukasz A. Głowczyński,  
Przemysław T. Sanecki,  
Piotr M. Skitał

**47** Węglowodany  
w kosmetologii  
• Aneta Kołaczek



## Konkursy i olimpiady chemiczne

---

**18** 47. Międzynarodowa Olimpiada Chemiczna.  
Zadania laboratoryjne • Marek Orlik, Aleksandra Misicka-Kęsik

Moda na młody i atrakcyjny wygląd osiąga w ostatnich latach swe apogeum.

# Węglowodany w kosmetologii

Aneta Kołaczek

**W**ęglowodany stanowią obszerną i różnorodną grupę związków organicznych, mających charakter wielowodorotlenowych aldehydów i ketonów oraz ich pochodnych. Z punktu widzenia biologii stanowią podstawowy materiał energetyczny komórki, materiał zapasowy, są składnikami budulcowymi, nadającymi kształt i właściwości mechaniczne komórkom roślinnym i zwierzęcym. Węglowodany są również czynnikami rozpoznawania komórkowego, przykładem są antygeny grup krwi. Rośliny potrafią syntetyzować cukry proste w procesie fotosyntezy, wykorzystując dwutlenek węgla i wodę, natomiast pozostałe organizmy czerpią węglowodany z pożywienia [1]. Znalazły zastosowanie w przemyśle spożywczym, cukiernictwie, przemyśle włókienniczym, opakowaniowym, do produkcji biodegradowalnych opakowań i folii, w farmacji, i medycynie. Przemysł kosmetyczny wykorzystuje sacharydy jako surowce, zarówno aktywne, przyczyniające się do poprawy stanu skóry, jak i funkcjonalne, warunkujące odpowiednią lepkość, stabilność, konsystencję produktów.

## Klasyfikacja i właściwości chemiczne

Monosacharydy, czyli cukry proste dzieli się na dwie grupy: aldozy, czyli wielowodorotlenowe aldehydy oraz ketozy – wielowodorotlenowe ketony. Aldozy o 3, 4, 5 lub 6 atomach węgla w cząsteczce to: trioza, tetroza, pentoza, heksoza. Nazwy podstawowe dla ketoz o 4, 5, 6 lub 7 atomach to: tetuloza, pentuloza, heksuloza, heptuloza. Monosacharydy jako związki optycznie czynne sklasyfikować można w dwa szeregi D i L, które biorą początek od odpowiednich enancjomerów aldehydu glicerynowego. Cukry złożone zbudowane są z dwóch (disacharydy) lub więcej jednostek cukrów prostych połączonych ze sobą wiązaniami glikozydowymi (oligosacharydy i polisacharydy). Poza wspomnianymi związkami istnieje bardzo liczna grupa związków będących pochodnymi węglowodanów. Należą do nich **deoksycukry** – węglowodany, w cząsteczkach których brakuje jednego atomu tlenu, ponieważ jedna grupa –OH jest zastąpiona atomem wodoru –H. Z kolei w cząsteczkach **aminocukrów** jedna z grup –OH jest zastąpiona grupą –NH<sub>2</sub>.

Przed rozpatrzeniem możliwości zastosowań cukrów w przemyśle kosmetycznym warto usystematyzować

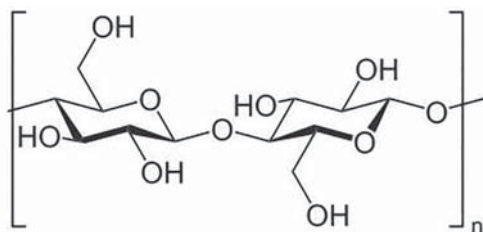


kilka charakterystycznych dla nich pojęć. **Projekcja Fischera** to metoda opisu, która umożliwia przedstawienie stereochemii węglowodanów. W projekcji Fischera węgiel tetraedryczny przedstawiony jest za pomocą dwóch skrzyżowanych linii, z których pozioma odpowiada wiązaniom wychodzącym przed płaszczyznę, a linia pionowa wskazuje wiązania wchodzące za płaszczyznę. D-cukry, skręcające płaszczyznę polaryzacji światła w prawo, w projekcji Fischera mają w cząsteczkach grupę hydroksylową położoną przy centrum stereogenicznym najbardziej oddalonym od grupy karbonylowej, skierowaną w prawo, a w przypadku L-cukrów jest odwrotnie – w lewo. Cukry D i L są enancjomerami i różnią się konfiguracją na wszystkich centrach stereogenicznych. W cząsteczkach cukrowców występują zarówno grupy karbonylowe, jak i hydroksylowe, możliwa jest więc wewnątrzcząsteczkowa addycja nukleofilowa i utworzenie cyklicznego hemiacetalu – mówi się wówczas o formie furanozowej i piranozowej. **Projekcja Hawortha** powstaje w wyniku obrócenia wzoru Fischera w prawo o 90°, przy czym grupy –OH, znajdujące się poniżej szkieletu węglowego umiejscowione zostają poniżej powierzchni pierścienia we wzorze Hawortha, a grupy –OH, które znajdowały się nad szkieletem węglowym we wzorze Fischera, zajmą we wzorze Hawortha pozycje nad płaszczyzną pierścienia. Jeżeli grupa –OH przy anomerycznym atomie C znajduje się pod płaszczyzną pierścienia, mówimy o anomerze α, a jeżeli nad płaszczyzną – o anomerze β. Cyklizacji monosacharydów towarzyszy powstanie nowego centrum

stereogenicznego na atomie węgla, który był wcześniej atomem karbonylowym, określanego jako centrum anomeryczne. Cukry redukujące to te, które będą redukowały odczynnik Fehlinga, Benedicta i Tollensa i należą do nich wszystkie monosacharydy, a także większość disacharydów, przy czym sacharoza stanowi wyjątek jako dwucukier nieredukujący.

## Węglowodany jako składniki funkcjonalne kosmetyków

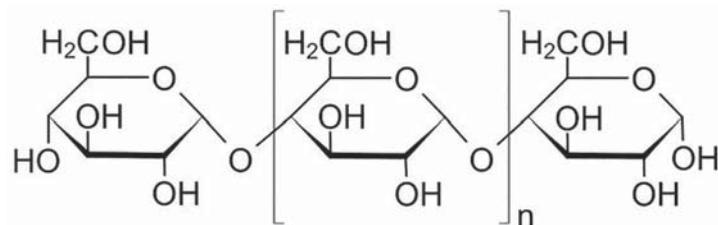
**Celuloza** (Rys. 1.) zbudowana jest z jednostek D-glukozy połączonych za pomocą wiązania 1,4- $\beta$ -glikozydowego i stanowi materiał budulcowy u roślin. W przemyśle kosmetycznym stosuje się celulozę mikrokryształiczną (wg. Międzynarodowego Nazewnictwa Składników Kosmetycznych INCI: *Microcrystalline Cellulose*) oraz jej pochodne: metylową, etylową, karboksymetylową [2]. Celuloza mikrokryształiczna wykorzystywana jest jako zagęstnik w emulsjach, kosmetykach myjących, pastach do zębów, a zdyspergowana w wodzie tworzy przestrzenną trójwymiarową strukturę, która nadaje kosmetykom wrażenie gładkości, zapewnia efekt matujący, nie pozostawiając przy tym odczucia lepkości. Octan celulozy, tradycyjnie wykorzystywany do produkcji sztucznego jedwabiu, sprawdza się jako materiał peelingujący w peelingach do twarzy i ciała, polecany jest także jako „zielona” alternatywa dla polietylenu.



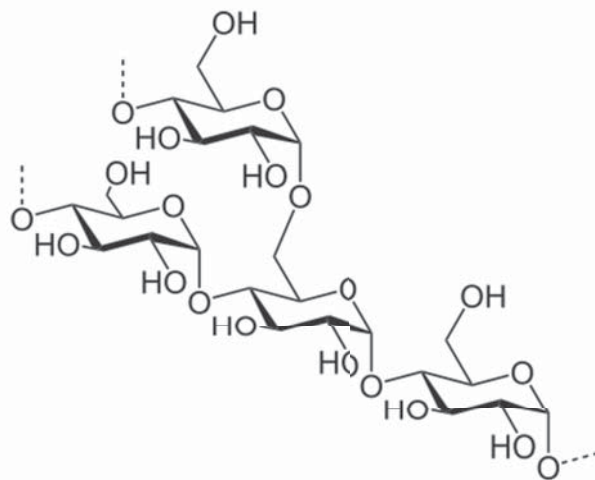
Ryc. 1. Fragment łańcucha celulozy (źródło: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Cellulose\\_Sessel.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Cellulose_Sessel.svg))

**Skrobia** zbudowana jest z frakcji nierozpuszczalnej w zimnej wodzie (ale rozpuszczalnej w wodzie gorącej) – amylozy (Rys. 2) i frakcji rozpuszczalnej w zimnej wodzie po zdyspergowaniu – amylopektyny (Rys. 3). W skład amylozy wchodzi 250-300 cząsteczek glukopiranozy, amylopektyna natomiast składa się z 9000 do 10000 cząsteczek glukopiranozy [3]. Skrobię izoluje się z ziemniaków, ryżu czy kukurydzy poprzez mechaniczne wyplukanie z miazgi, dekantacje i osuszenie [3]. Ze względu na właściwości kryjące, adhezyjne, zdolność pochłaniania wilgoci znalazła zastosowanie w produkcji pudrów i zasypek dla dzieci, cieni do powiek, róży, podkładów oraz popularnych ostatnio suchych szamponów, gdzie jej zadanie polega na wchłanianiu nadmiaru sebum ze skóry głowy.

Surfaktanty lub inaczej – związki powierzchniowo czynne, zbudowane są z dwóch elementów strukturalnych: części hydrofobowej oraz hydrofilowej. Część hydrofobowa, niepolarna wykazuje powinowactwo do olejów



Ryc. 2. Struktura amylozy (źródło: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/Amylose.svg>)



Ryc. 3. Struktura amylopektyny (źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Skrobia#/media/File:Amylopektin\\_Sessel.svg](https://pl.wikipedia.org/wiki/Skrobia#/media/File:Amylopektin_Sessel.svg))

i jest to najczęściej alifatyczny łańcuch węglowodorowy zawierający od 8 do 18 atomów węgla. Część hydrofilowa jest rozpuszczalna w wodzie i najczęściej jest nią reszta kwasowa  $-\text{COOH}$ , grupa siarczanowa  $-\text{O-SO}_3\text{H}$ , lub fosforanowa  $-\text{O-PO}(\text{OH})_2$  [4]. Surfaktanty można podzielić dwojako – ze względu na funkcję, jaką pełnią w kosmetykach i produktach chemii gospodarczej (jako emulgatory, solubilizatory, detergenty, środki zwilżające, środki pianotwórcze) oraz ze względu na zdolność polarnej części związku do dysocjacji w roztworach wodnych [4]. Uwzględniając drugie kryterium wyróżnia się związki jonowe i niejonowe, przy czym związki jonowe dzielą się dalej na kationowe (gdy aktywność powierzchniową wykazuje kation), anionowe (gdy częścią aktywną jest anion) i amfoteryczne [4]. W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na produkty przyjazne środowisku i biodegradowalne, przemysł kosmetyczny poszukuje coraz to nowszych surowców, które spełniałyby zasady zielonej chemii. Do takich związków należą **surfaktanty cukrowe**, spośród których najczęściej stosowane są alkilopoliglukozydy. W przypadku surfaktantów cukrowych polarną częścią cząsteczki jest fragment cukrowy, będący cukrem prostym, dwucukrem lub wielocukrem, natomiast część niepolarną stanowi łańcuch alkilowy. Oba fragmenty połączone są wiązaniami aminowymi, estrowymi, eterowymi lub amidowymi [4]. Alkilopoliglukozydy, do których zaliczają się m.in. *Lauryl Glucoside*, *Coco Glucoside* i *Decyl Glucoside* są biodegradowalne i nisko toksyczne, łagodne

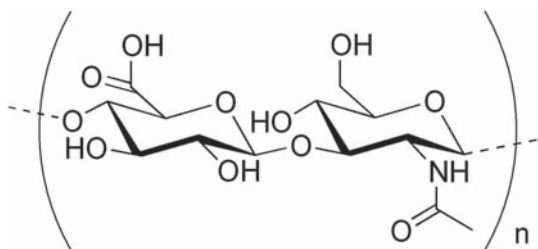
dla skóry i włosów, dobrze się pienią i mogą być łączone w recepturze kosmetyku z innymi detergentami [5].

## Węglowodany jako składniki aktywne

**Glukoza**, zwana także cukrem gronowym, otrzymywana jest w wyniku hydrolizy skrobi. Wchodzi w skład naturalnego czynnika nawilżającego skóry (*Natural Moisturising Factor*, NMF), mającego kluczowe znaczenie dla prawidłowego jej nawilżenia. Związek ten znalazł zastosowanie w kosmetykach do włosów, ponieważ zapobiega ich przesuszaniu i rozdławianiu końcówek.

**Glikozaminoglikany** to heteropolisacharydy zbudowane z powtarzających się jednostek dwucukrowych, składających się z reszt N-acetylowanej heksozoaminy oraz reszt kwasu heksuronowego [6]. Wyróżnia się siedem typów glikozaminoglikanów: siarczan chondroityny-4 i siarczan chondroityny-6, siarczan dermatanu, siarczan keratanu, siarczan heparanu, heparynę i najbardziej popularny w kosmologii – kwas hialuronowy [7].

**Kwas hialuronowy** (Rys. 4) zbudowany z cząsteczek kwasu glukuronowego i acetylowanej amino glukozy, połączonych naprzemiennie wiązaniami:  $\beta$ -1,4 i  $\beta$ -1,3-glikozydowym. W organizmie człowieka 56% całkowitej zawartości kwasu hialuronowego przypada na skórę, a poza tym jest on składnikiem płynu łzowego, płynu maziowego stawów oraz chrząstki szklistej [8]. Od dobrych kilku lat, w postaci soli sodowej (hialuronianu sodu) stanowi on nieodzowny składnik kremów, w których odpowiada za prawidłowe nawilżenie naskórka. Dawniej kwas hialuronowy otrzymywany był z grzebieni kogucich, obecnie wytwarza się go głównie biotechnologicznie.



Rys. 4. Struktura kwasu hialuronowego (źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Kwas\\_hialuronowy#/media/File:Hyaluronan.png](https://pl.wikipedia.org/wiki/Kwas_hialuronowy#/media/File:Hyaluronan.png))

**Dihydroksyacetone** to trójwęglowy cukier redukujący, zaliczany do grupy ketotrioz, mający postać białego proszku i wykazujący słodki smak [9]. Dla potrzeb przemysłu kosmetycznego i farmaceutycznego otrzymywany jest biotechnologicznie na drodze utleniania glicerolu z zastosowaniem odpowiednich szczepów bakterii, w wyniku kondensacji glicerolu z węglanem wapnia, bądź też katalizy utleniania glicerolu [9]. Wykorzystywany jest w kremach i balsamach brązujących skórę i stanowi sposób na opaleniznę bez konieczności wychodzenia na słońce. Sekret działania DHA na skórę jest oparty na reakcji Maillarda. Reakcja pomiędzy wolną grupą aminową amino-

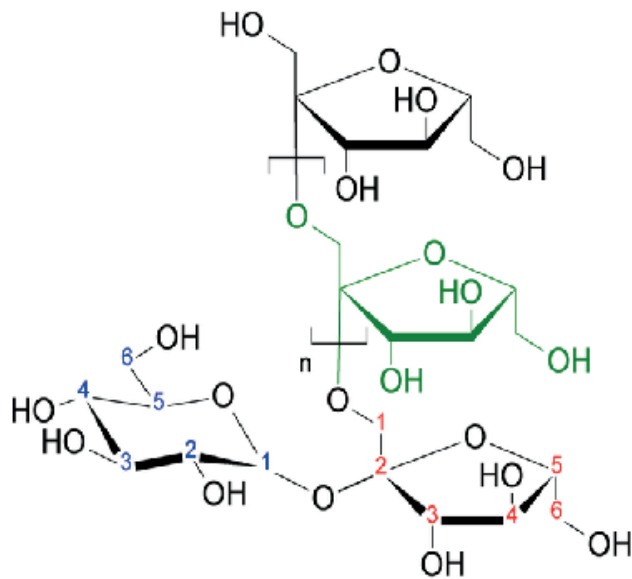


Rys. 5. Owies *Avena sativa* jest jednym ze źródeł  $\beta$ -glukanu (źródło: <http://czuwaj.eu/wp-content/uploads/2013/04/%C5%82an-owska.jpeg>)

kwasu a grupą karbonylową cukru redukującego prowadzi do zasady Schiffa, z której w następnym etapie otrzymuje się produkty Heynsa, a te ulegają dalszym przekształceniom, w wyniku których powstają melanoidyny, odpowiedzialne za brązowy odcień skóry [9]. Warto w tym miejscu wspomnieć, że zasady Schiffa, czyli produkty kondensacji związków karbonylowych i amin pierwszorzędowych wykazują różnorodną aktywność biologiczną: działanie antybakteryjne, przeciwgrzybicze, antywirusowe, przeciwmalaryczne, a niektóre pochodne badano także pod kątem właściwości antynowotworowych [10]. Mankamentem stosowania DHA jest charakterystyczny zapach, jaki pozostaje na skórze, a także – jak podają niektóre źródła, przekształcanie, pod wpływem słońca, DHA obecnego w skórze w bardzo reaktywne wolne rodniki. Dla rozwiązania tych problemów do produktów kosmetycznych dodaje się antyoksydanty, a sam DHA zamyka się w liposomach [9].

Polisacharyd występujący w źdźbłach zbóż, owsa, pszenicy, jęczmienia, w grzybach i drożdżach to  $\beta$ -glukan, zbudowany z reszt D-glukopiranozowych, połączonych za pomocą dwóch wiązań  $\beta$ -(1,3-) i  $\beta$ -(1,4-) lub  $\beta$ -(1,3-) i  $\beta$ -(1,6-) i stanowiący rozpuszczalną frakcję błonnika pokarmowego [11]. Związek ten jest ceniony przez dietetyków i lekarzy ze względu na zdolność obniżania poziomu cholesterolu, wspomaganie leczenia wrzodów i stanów zapalnych błony śluzowej żołądka, a także otyłości [12]. Jest także składnikiem preparatów farmaceutycznych pobudzających system odpornościowy. W kosmetyce stosuje się go ze względu na efekt łagodzenia podrażnień skóry, zaczerwienień, działanie nawilżające i wygładzające. Ponadto  $\beta$ -glukan nabłyszcza, wzmacnia i zmniejsza łamliwość włosów [13].

**Inulina** (Ryc. 6.) zaliczana jest do fruktanów i tworzy nierozgałęziony łańcuch cząsteczek  $\beta$ -D-fruktozy połączonych wiązaniem  $\beta$ -2,1-glikozydowym. Jedna terminalna cząsteczka glukozy przyłączona jest wiązaniem  $\beta$ -1,2-glikozydowym [14]. W skład łańcucha wchodzi



Ryc. 6. Struktura inuliny (źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Inulina#/media/File:Inulin\\_strukturformel.png](https://pl.wikipedia.org/wiki/Inulina#/media/File:Inulin_strukturformel.png))

od 2 do 50 cząsteczek. Pozyskuje się ją z materiału roślinnego poprzez ekstrakcję wodną, wspomaganą mikrofalami lub ultradźwiękami [14]. U roślin jest materiałem zapasowym, a także chroni roślinę przed przesuszeniem i przechłodzeniem. Wykazuje działanie hipoglikemiczne, prebiotyczne, obniża poziom cholesterolu. Znalazła zastosowanie w przemyśle spożywczym jako środek żelujący i stabilizujący, stosuje się ją też jako substytut cukrów i tłuszczu, np. przy produkcji lodów i deserów. Przemysł kosmetyczny wykorzystuje inulinę do stabilizacji emulsji oraz jako składnik pudrów i zasypek. Inulina, podobnie jak inne fruktany, może być stosowana w szamponach do włosów jako przyjazny środowisku, biogedradawalny środek powierzchniowo czynny [15]. Wykorzystuje się ją w kremach do cery wrażliwej, kremach odżywczych i nawilżających, kosmetykach przeciwtrądzikowych i łagodzących podrażnienia.

Często spotykana w składzie kremów nawilżających do twarzy **trehaloza** jest dwucukrem złożonym z dwóch cząsteczek połączonych wiązaniem  $\alpha$ -1,1-glikozydowym. Trehaloza zapewnia integralność błon biologicznych, hamuje degradację nienasyconych kwasów tłuszczowych, akumulacja trehalozy to mechanizm obronny bakterii, grzybów i bezkręgowców przed szkodliwym wpływem środowiska zewnętrznego [16].

## Niekorzystna glikacja

Moda na młody i atrakcyjny wygląd osiąga w ostatnich latach swe apogeum, a dermatolodzy, biotechnolodzy i kosmetykolodzy badają coraz to nowsze rozwiązania prowadzące do zachowania młodego i zdrowego wyglądu skóry. Mówi się ostatnio dużo na temat glikacji, prowadzącej do nasilenia oznak starzenia. Glikacja jest procesem polegającym na nieenzymatycznym przyłączaniu się glukozy do pierwszorzędowej wolnej grupy aminowej terminalne-

go aminokwasu w białku [17]. Reakcja między glukozą a ważnym białkiem skóry – kolagenem prowadzi do powstawania wiązań krzyżowych między włóknami kolagenu, przyczyniających się do zeszczywnienia białka [17, 10]. Kolagen staje się mniej rozciągliwy, a przez to skóra traci swą jędrność i elastyczność [10]. Początkowy etap glikacji to odwracalna reakcja pomiędzy grupą karbonylową cukru a pierwszorzędową grupą aminową białka, w wyniku reakcji powstaje zasada Schiffa (aldimina) i następuje eliminacja cząsteczki wody [18]. Reakcję tę można odwrócić poprzez obniżenie stężenia glukozy [17]. W ciągu następnych kilku tygodni, w następstwie wewnątrzcząsteczkowego przegrupowania, z zasady Schiffa powstaje produkt reakcji Amadoriego – ketoamina [18]. Sacharoza, którą spożywamy codziennie, w organizmie przekształcana jest do glukozy i fruktozy, które obie mogą uczestniczyć w reakcjach glikacji, przy czym fruktoza wchodzi w reakcje szybciej niż glukoza. Warto zatem pamiętać, że dieta bogata w cukry prowadzi nie tylko do otyłości i cukrzycy, ale też wpływa niekorzystnie na zdrowie i urodę skóry.

Podsumowując, węglowodany znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle kosmetycznym jako surowce funkcjonalne, warunkujące lepkość, stabilność i właściwości aplikacyjne kosmetyków.

mgr Aneta Kołaczek

Technolog kosmetyków

Jean Vidal Polska

## Literatura:

- [1] Balcerzyk A.: *Biologia. Repetytorium dla maturzystów i kandydatów na wyższe uczelnie*, WSiP, Warszawa 2005
- [2] Sikora M.: *Modyfikator reologii – istotnego parametru wyrobów kosmetycznych* <http://chemical.pl/artykuly/chemical-review/6723/modyfikator-reologii-8211-istotnego-parametru-wyrobow-kosmetycznych.html>
- [3] Molski M.: *Chemia piękna*, Poznań 2013
- [4] Michocka K.: *Otrzymywanie i właściwości użytkowe nowych surfaktantów z ugrupowaniem cukrowym*, Praca doktorska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań, 2012
- [5] Sikora M.: *Związki powierzchniowo czynne w kosmetykach bezpieczeństwo i funkcjonalność* <http://chemical.pl/artykuly/chemical-review/6371/zwiazki-powierzchniowo-czynne-w-kosmetykach-8211-bezpieczenstwo-i-funkcjonalnosc.html>
- [6] Sufletta A., Mazur-Zielińska H.: *Glikozaminoglikany, budowa, właściwości biochemiczne i znaczenie kliniczne*, *Ann.Acad.Med.Siles.* 2010, 64, 5-6, 64-68
- [7] Praca zbiorowa pod red. G. Schroeder: *Nanotechnologia, kosmetyki, chemia supramolekularna*, Cursivia 2014 [http://www.supra.amu.edu.pl/files/monographs/nanotechnologia\\_kosmetyki\\_chemia\\_supramolekularna.pdf](http://www.supra.amu.edu.pl/files/monographs/nanotechnologia_kosmetyki_chemia_supramolekularna.pdf)
- [8] Przyłipiak A.: *Podstawy medycyny estetycznej*, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Białystok 2014
- [9] Ratz-Lyko A., *Dihydroksyaceton jako alternatywa dla tradycyjnego opalania aethetica*. [http://clients/25/files/files/AE\\_04\\_44-48.pdf](http://clients/25/files/files/AE_04_44-48.pdf)
- [10] Astié S.: *Składniki hamujące starzenie się włókien skóry* cz.3, *Cabines*, nr 71, 2015
- [11] Krupińska P., Zegan M.:  $\beta$ -glukan wybrane korzyści zdrowotne ze szczególnym uwzględnieniem jego wpływu na gospodarkę lipidową, *BROMAT. CHEM. TOKSYKOL.* – XLVI, 2013, 2, str. 162 – 170
- [12] Gibiński M.:  $\beta$ -glukany owsa jako składnik żywności funkcjonalnej, *ZYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, 2 (57), 15 – 29
- [13] [http://www.avenacare.com/Documents/Avenacare%20Brochure\\_Tate%20Lyle\\_Nov13\\_LowRes.pdf](http://www.avenacare.com/Documents/Avenacare%20Brochure_Tate%20Lyle_Nov13_LowRes.pdf)
- [14] Inulina, źródła, metabolizm i znaczenie użytkowe: [http://www.researchgate.net/publication/264039705\\_Inulina\\_jako\\_produkty\\_spozywczy\\_paszowy\\_farmaceutyczny\\_kosmetyczny\\_i\\_energetyczny](http://www.researchgate.net/publication/264039705_Inulina_jako_produkty_spozywczy_paszowy_farmaceutyczny_kosmetyczny_i_energetyczny)
- [15] Chyc M., Ogonowski J.: *Słonecznik bulwiasty źródłem cennych surowców dla przemysłu, szczególnie spożywczego, kosmetycznego i farmaceutycznego*, *Wiadomości Chemiczne*, 2014, 68, 7-8
- [16] Wolska-Mitaszko B., Molestak E.: *Metabolizm trehalozy u roślin*, *Postępy Biologii Komórki*, Tom 32, 2005, nr 2 (181-194)
- [17] Jabłońska-Trypuc A., Czerpak R.: *Rola nieenzymatycznej glikozylacji białek w procesach starzenia organizmu i patogenezie chorób wieku podeszłego*, *Postępy Biologii Komórki*, tom 34, 2007, nr 4, (683-693)
- [18] Warwas M., Piwowar A., Kopiec G.: *Zaawansowane produkty glikacji (AGE) w organizmie – powstawanie, losy, interakcja z receptorami i jej następstwa*, *Farm Pol*, 2010, 66(8): 585-590