

KRZYSZTOF KUMAŃSKI

*Miejski Ośrodek Profilaktyki i Terapii Uzależnień  
Niciarniana 41, 92-320 Łódź  
E-mail: mopitu@hot.pl*

## TROCHĘ HISTORII ZIEMI, WODY I ALKOHOLU

Jak wiadomo, cały Wszechświat, a w jego ramach i planeta Ziemia, powstał na drodze Big Bangu czyli Wielkiego Wybuchu. Zgodnie z opinią wielu astronomów i fizyków około 13,7 miliardów lat temu miała miejsce gigantyczna erupcja, podczas której powstała materia, energia i informacja, a jak niektórzy sądzą – przestrzeń i czas. Gęstość materii w momencie wybuchu wynosić miała  $10^{94}$  g/cm<sup>3</sup>, co jest wielkością do dzisiaj niewyobrażalną. Ale już po 0,0001 sek., w tzw. erze hadronów, gęstość ta spadła do wartości  $10^{14}$  g/cm<sup>3</sup>, co jest wielkością także do dzisiaj niewyobrażalną. W okresie następnym 10 sek. (czas już od 10 sekund właśnie zaistniał!) nastąpiła era leptonowa rozwoju materii wszechświata, w której powstawały elektrony i pozytony (zwane też pozytronami), a gęstość materii spadła do wartości  $10^4$  g/cm<sup>3</sup>, co jest do dzisiaj wielkością także niewyobrażalną – wszak 1 cm<sup>3</sup> ważył 10 000 g, czyli 10 kg. Nastąpiła potem kolejna era, era promieniowania, która trwała 1 milion lat. Tworzyły się protony i neutrony, powstawały pierwsze pierwiastki w postaci ujawniających się jąder wodoru i helu. Dopiero po tym okresie kształtowała się „dzisiaj” znana materia, w ramach której powstawały i powstają galaktyki i gromady galaktyk.

Na tle tej historii generował się nasz słoneczny układ planetarny, a w nim kształtowała się jako trzecia planeta w odległości od słońca, nasza Ziemia. Jej historia geologiczna została już bardzo dokładnie przeanalizowana, tym bardziej, że jak dotąd jest jedyną znaną planetą, na której wytworzyło się życie.

Wiek Ziemi, jako planety, ocenia się obecnie na 4,6 miliarda lat. Został on podzielony

na pięć er: archaiczną, eozoiczną (proterozoiczną), paleozoiczną, mezozoiczną i kenozoiczną, która trwa obecnie. Z punktu widzenia nauk o życiu, najważniejsza jest paleozoiczna, gdyż właśnie wtedy nastąpił prawdziwy „wybuch” życia.

Jest oczywiste, że z tego punktu widzenia analizując historię i Ziemi jako planety i życia jako zjawiska, trzeba podkreślić najważniejszy fakt w ich genezie – powstanie wody w fazie ciekłej, która wypełniła wszelkie zagłębienia, doły i nierówności w skorupie ziemskiej, tworząc przede wszystkim morza i oceany. Życie mogło ujawnić się wszak tylko w wodzie, gdyż okazała się ona najlepszym rozpuszczalnikiem, pozwalała na dysocjację większości związków chemicznych, a także rozszerza się pod wpływem niskiej temperatury, zamiast kurczyć się, jak czynią to pozostałe substancje. Ma poza tym dużą pojemność cieplną, a jako rozpuszczalnik jest „wszędobylska”, bo łatwo przechodzi przez wszystkie błony biologiczne.

Równie istotnym etapem, choć może umiejscowionym na drugim planie w projekcie rozwoju życia na Ziemi, było pojawienie się wolnego, cząsteczkowego, a także atmosferycznego tlenu, nie tylko owego składnika wody w proporcji H<sub>2</sub>O. Atmosfera otrzymała przed promieniowaniem z kosmosu ochronną warstwę ozonową, a żywe komórki mogły już opuścić środowisko wodne i „wyjść” na ląd. Działo się to zapewne jeszcze w okresie prekambryjskim, czyli przed pierwszym okresem ery paleozoicznej, a więc przed około 560-580 milionami lat. Jak powiedziano na początku, w okresie kambru nastąpiła wspomniana eksplozja ży-

cia i można było zaobserwować już pierwsze procesy ewolucyjne.

Pojawiły się obok siebie organizmy, które jeszcze nie potrzebowały tlenu do życia i te, które nauczyły się już żyć w tlenowej atmosferze, wytworzonej dzięki zielonym roślinom, umiejącym wykreować i poprzez miliony lat realizować dzięki chlorofilowi procesy fotosyntezy.

Pod względem chemicznym woda jest jednym z najprostszych związków, mianowicie tlenkiem wodoru. Jako bezbarwna i bezwonna, stała się pod względem ilościowym na naszej planecie najbardziej rozpowszechnionym rodzajem materii, wchodząc też w skład ciała organizmów żywych. Jej właściwości, zwłaszcza fizyczne, różnią się bardzo od cech pozostałych rodzajów substancji.

Starożytni nasi przodkowie uważali wodę za pierwiastek, a nie za związek złożony. Dopiero w 1781 r. badacz angielski Henry Cavendish wykazał, że może się ona wytwarzać podczas spalania wodoru w powietrzu, a Antoine Lavoisier dwa lata później ujawnił, że woda to związek dwóch pierwiastków, wodoru i tlenu, połączonych w stosunku  $H_2O$ . Stać się to mogło dlatego, że ów Lavoisier (1743–1794), zresztą prawnik z wykształcenia, kontynuując badania w swym prywatnym laboratorium, wprowadził do chemii pomiary ilościowe, wyjaśniające, że proces spalania jakiegokolwiek substancji, to proces łączenia się jej z tlenem i, że właśnie powietrze, w którym można dokonywać spalania, to mieszanina tlenu i azotu. Było to możliwe tylko dzięki temu, że wcześniej, bo dokładnie 1 sierpnia 1774 r., inny chemik i fizyk, również angielski, mianowicie Joseph Priestley, podczas obserwacji rozkładu tlenku rtęci, odkrył tlen.

Od tej pory stało się jasne, że tlen stanowi dla organizmów roślinnych, zwierzęcych i człowieka istotny czynnik ich życia, że jest nam potrzebny przede wszystkim do przemian energetycznych i że jest, po wodrze, najbardziej rozpowszechnionym pierwiastkiem na Ziemi, stanowiąc około 25% jej masy. W skorupie ziemi, jak podaje BARTOSZ (2003), same tlenki stanowią ponad 53% jej składu, a jednym z tych tlenków jest woda. W danej masie wody jest 89% tlenu, a ponieważ woda stanowi ok. 70-75% masy naszego ciała (u innych organizmów, np. meduzy aż 97-98%), składamy się pod względem chemicznym głównie z tlenu.

Na temat wody można by napisać wspólnie esej humanistyczny, a na temat tlenu

powstało wiele większych i obszernych opracowań, zarówno chemicznych, jak i biologicznych, między innymi i z tego powodu, że tworzy on reaktywne związki z wieloma pozostałymi pierwiastkami, nie tylko z wodorem (AMES i współaut. 1993; BARTOSZ 1998, 2003).

Jednymi z owych rodzajów organicznych związków tlenu są alkohole, a wśród nich szczególnie szeroko znany w dziejach ludzkości, od niepamiętnych czasów, alkohol etylowy.

Jest ciekawe, że tematyka dotycząca alkoholu etylowego została zakwalifikowana do działu chemii organicznej. Warto przypomnieć, że dopiero w 1806 r. (szczyt potęgi Napoleona Bonapartego) słynny chemik szwedzki Jöns Jacob von Berzelius (1779-1848), zresztą baron, profesor Instytutu Medycznego w Sztokholmie, wydał książkę pt. *Lectures in Animal Chemistry*, w której zaproponował, by pod nazwą chemii organicznej rozumieć „część fizjologii opisującej skład organizmów żywych i reakcje chemiczne w nich zachodzące”. Jeszcze wówczas panowało przekonanie, że związki organiczne, budujące ciała ludzi i zwierząt, powstają pod wpływem tajemniczych sił życiowych i że nie można ich wytworzyć na drodze syntezy z substancji nieorganicznych. Dopiero w 1828 r., młody, bo zaledwie 28 letni chemik niemiecki, Friedrich Wöhler (1800–1882), działający w Kassel i Getyndze, przeprowadził pierwszą w historii syntezę związku organicznego ze składników nieorganicznych, która obaliła teorię *vis vitalis*. Udało mu się mianowicie z amoniaku i dwutlenku węgla otrzymać mocznik  $CO(NH_2)_2$ . Od tej pory chemię organiczną zaczęto nazywać „chemią związków węgla”. W dalszych etapach rozwoju chemii organicznej wyodrębniono tzw. chemię fizjologiczną, a od lat 50. XX w. także biochemię. Obie te nazwy uzyskały w późniejszych latach jakby syntezę w postaci pojęcia „biologii molekularnej”.

W ten sposób alkohol etylowy jako związek węgla znalazł się w obszarze zainteresowań chemii organicznej, a z powodu szeregu jego właściwości ważnych dla organizmów żywych, zajmuje się nim także biochemia, biologia molekularna i jej stosowne gałęzie wdrożeniowe jak medycyna, farmacja, mikrobiologia i pokrewne.

Przed jakąkolwiek analizą danego związku chemicznego, a więc i takiego jakim jest alkohol, należałoby podjąć próbę jego okre-

ślenia, przede wszystkim pod względem struktury jego cząsteczki.

Otóż alkohole są związkami alifatycznymi, które zamiast jednego z atomów wodoru zawierają przy swoim atomie węgla grupę -OH. Można też stwierdzić, że „zawierają przy atomie węgla grupę -OH, zamiast atomu wodoru w cząsteczce odpowiedniego węglowodoru” (PAULING i PAULING 1983). Od metanu wywodzi się więc alkohol metylowy, od etanu alkohol etylowy  $C_2H_5OH$ , czyli  $CH_3CH_2OH$ , o których często mówi się niejako w sposób zastępczy, metanol i etanol.

Alkohol etylowy jest cieczą bezbarwną o temperaturze topnienia  $-117^\circ C$  i temperaturze wrzenia  $79^\circ C$ , mającą specyficzny, charakterystyczny zapach. Ujawnia bardzo szerokie spektrum zastosowań, między innymi jako paliwo, jako rozpuszczalnik, jako środek medyczny o stosowaniu wewnętrznym i zewnętrznym, a także jako surowiec, czyli substrat wyjściowy do otrzymywania innych związków organicznych, a nawet nieorganicznych. Oczywiście, jest szeroko rozpowszechniony w przemyśle spożywczym – piwo zawiera zwykle 2,5–6,5% alkoholu, wino 8–15%, a specyficzne tzw. alkohole destylowane jak wódka, whisky, gin, koniaki itp. około 35–55%. Istnieje też w handlu rafinowany alkohol 96%, znany powszechnie jako spirytus.

Alkohol etylowy jest znacznie lżejszy od wody, gdyż jego gęstość wynosi  $0,789 \text{ g/cm}^3$ , ale doskonale się w niej rozpuszcza i to w każdym stosunku, gdyż jego cząsteczki dość łatwo „wbudowują się” między cząsteczki wody.

W świadomości przeciętnego człowieka alkohol etylowy znany jest przede wszystkim jako środek spożywczy. Stało się to już w czasach prehistorycznych i prawdopodobnie w sposób niezamierzony, gdyż w taki właśnie sposób powstały pierwsze napoje alkoholowe. Ujawniło się to zapewne poprzez fermentację winogron w odniesieniu do wina, a ziarna jęczmienia w odniesieniu do piwa. Dokładnie nie wiadomo komu przypisać „odkrycie” alkoholu (etylowego), ale podejrzewać o to można arabskiego alchemika Gebera, a o wprowadzenie nazwy „alkohol” Paracelsusa, jednego z najciekawszych ludzi Średniowiecza.

Paracelsus (Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim) żył w latach 1493–1541 i był szwajcarskim lekarzem, a także alchemikiem. Rodził się niemal w momencie, gdy Christopherus Columbus od-

krywał Amerykę, a umierał bardzo młodo, bo w wieku 48 lat, w momencie, gdy nasz Mikołaj Kopernik wywołał już wiele zamieszania swoim dziełem *O obrotach ciał niebieskich*.

Z propozycją słynnego Paracelsusa zapewne wiąże się też powszechna łacińska nazwa alkoholu etylowego – *spiritus*, co oznacza „duch” oraz *vinum*, co oznacza wino, czyli w szerszym kontekście – duch wina czy esencja wina. Słowo „etanol” ma oznaczać „pochodzący” czyli „wyizolowany z wina”. Według CHUDZIŃSKIEJ (2010) działanie alkoholu było świadomie wykorzystywane już w starożytności, zarówno „ogólnoustrojowo”, jak i miejscowo, np. do polewania ran w celu przyspieszenia ich gojenia. Sam Hipokrates z Kos (460–377 p.n.e) zalecał picie wina, zwłaszcza białego, w celu leczenia obrzęków, a czerwonego w celu zwiększenia apetytu (DYBOWSKI 1902, BLUME 1986, DI FRANZA i GUERRA 1990, NIESIOROWSKI 2007, WORONOWICZ 2009, MACIEJCZYK w tym zeszycie KOSMOSU).

Etanol jest lotną substancją i higroskopijną, daje jasny, niebieski płomień podczas spalania. Jest stosowany jako rozpuszczalnik dla innych substancji, ma piekący smak i jest odczynnikiem gwałtownie denaturującym białko.

Grupa -OH, którą mają cząsteczki wszystkich rodzajów alkoholi, zwana też w chemii organicznej grupą hydroksylową, ma ciekawe właściwości chemiczne, jest bowiem jedną z najbardziej znanych grup funkcyjnych o cechach silnie reaktywnych utleniaczy, a więc i bardzo wysokim potencjałem redukcyjno-oksydacyjnym (HALLIWELL i GUTTERIDGE 1999, BARTOSZ 2003). W środowisku o  $pH=7$  stała szybkość reakcji rodnika hydroksylowego  $\cdot OH$ , pochodzącego z alkoholu etylowego, w stosunku do wybranych niektórych związków, wynosi  $7,2 \times 10^8 \text{ (k/l mol}^{-1} \text{ l s}^{-1})$ . Daje to wyraźną sugestię, iż ów rodnik hydroksylowy alkoholu może reagować praktycznie z każdym rodzajem substancji znajdujących się w organizmie człowieka. Reakcje ugrupowania  $\cdot OH$  charakteryzuje więc bardzo mała specyficzność, bo atakuje ono prawie wszystkie cząsteczki i „wchodzi w reakcję z pierwszą cząsteczką organiczną, którą napotka” (BARTOSZ 2003).

Reakcjami rodnika hydroksylowego są m.in. reakcje oderwania wodoru atomu od alkoholu etylowego oraz oderwania atomu wodoru od alkanów lub ich pochodnych. Jest logiczne, że im bardziej aktywny jest dany rodnik, tym krótszy jest czas jego trwania. Dotyczy to również ugrupowania OH,

którego okres trwania w komórce, jako rodnika hydroksylowego, wynosi  $10^{-9}$  sekundy, czyli około nanosekundy, podczas gdy okres półtrwania analogicznie dla innych rodników np. semichinonowych wynosić może nawet wiele dni (FEIERMAN i współaut. 1985, PRYOR 1986). Dla ochrony tkanek przed tego rodzaju działalnością rodnika hydroksylowego są zaangażowane tzw. zmiatacze wolnych rodników, wśród których jest, między innymi, właśnie etanol (LIEBER i DECARLI 1972; LIEBER 1984; AMES i współaut. 1993; BARTOSZ 1998, 2003; HAMES i współaut. 1999; STRYER 1999). Dobrze się dzieje, że rodnik hydroksylowy powstaje w naszych komórkach w ilościach rzeczywiście bardzo małych, ale sprawia to właśnie wiele trudności temu, kto chciał-

by go szybko wykryć i ilościowo oznaczyć. Wśród wielu jednak istniejących metod, między którymi wymienia się nawet tzw. pułapowanie spinów, istnieje również metoda oparta o użycie etanolu.

Na temat właściwości rodnika hydroksylowego opublikowano szereg badań, które z kolei sugerują konieczność szerszych rozważań o biochemicznej roli alkoholu etylowego jako substratu ten rodnik generującego w organizmach żywych, a człowieka w szczególności (TESCHEKE i współaut. 1975, WACHHLOZ, 1967, CHEREN i współaut. 1984, BIDZIŃSKI 1991, WALD 1991, AGARWAL 2001, CHROSTEK, 2004, ŚWIDERSKA-KOŁACZ i współaut. 2004, LUTNICKI i współaut, 2006, ZMORZYŃSKI i WITTEK 2008, ORYWAL i współaut. 2009).

## TROCHĘ HISTORII ZIEMI, WODY I ALKOHOLU

### Streszczenie

Nasza planeta, Ziemia, istnieje od około 4,6 miliardów lat, ale życie na niej jako zjawisko ujawniło się dopiero po powstaniu wody w stanie ciekłym i tlenu cząsteczkowego. Jednym z rodzajów związków tlenowych jest alkohol etylowy o charakterystycznych własnościach fizycznych i chemicznych. Może

się on wytwarzać w organizmach żywych na drodze fermentacji alkoholowej i ma bardzo ciekawą grupę hydroksylową, która jest grupą funkcyjną, silnie reaktywną. Dzięki niej wytwarza rodnik hydroksylowy o małej specyficzności, który może atakować prawie wszystkie rodzaje cząsteczek.

## A LITTLE STORY OF EARTH, WATER AND ALCOHOL

### Summary

Our planet Earth exists for about 4,6 milliard years, but the phenomenon of life has emerged only after the appearance of water in the fluid state and of molecular oxygen. One of oxygen containing organic compounds is ethyl alcohol having characteristic physical and chemical properties. It may be gen-

erated metabolically in live organisms on the pathway of alcoholic fermentation. It contains highly reactive functional hydroxyl group, responsible for formation of hydroxyl radical, which owing to its low specificity can attack almost all kinds of chemical compounds in the cell.

## LITERATURA

- AGARWAL D. F., 2001. *Genetic polymorphisms of alcohol metabolizing enzymes*. *Pathol. Biol.* 49, 703-709.
- AMES B. N., SHIGENAGA M. K., HAGEN M., 1993. *Oxidants, antioxidants, and generative diseases of aging*. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 90, 7915-7922.
- BARTOSZ G., 1998. *Rola reaktywnych form tlenu w apoptozie*. *Post. Bioch.* 44, 22-31.
- BARTOSZ G., 2003. *Druga twarz tlenu. Wolne rodniki w przyrodzie*. PWN, Warszawa.
- BIDZIŃSKI A., 1991. *Przemiany metaboliczne alkoholu etylowego*. [W:] *Działanie biologiczne alkoholu etylowego*. KOSTOWSKI W., WALD J. (red). PWN, Warszawa, 22-35.
- BLUME S. B., 1986. *Women and alcohol: a review*. *JAMA* 256, 1467-1470.
- CHEREN I., GLASSMAN E., THURMAN R. G., 1984. *The swift increase in alcohol metabolism in humans: Dose response reactions*. *Alcohol* 1, 168-178.
- CHROSTEK E., 2004. *Biochemia szampańskiej zabawy*. Articles wiki [http: bioinfo.mol.uj.edu.pl/particles/Chrostek 07? action=print](http://bioinfo.mol.uj.edu.pl/particles/Chrostek%2007?action=print).
- CHUDZIŃSKA B., 2010. *Krótką historia alkoholu*. *Świat Zdrowia*, 1-3. <http://www.swiatzdrowia.pl>
- DI FRANZA J., GUERRA M., 1990. *Alcoholism and smoking*. *J.Stud. Alcohol.* 1, 130-135.
- DYBOWSKI B., 1902. *O wpływie trunków alkoholycznych na organizm zwierzęcy i ludzki*. *Kurjer Lwowski*, 1-2.
- FEIERMAN D.E., WINSTON G.W., CEDEBAUM A.J., 1985. *Ethanol oxidation by hydroxyl radicals. Role of iron chelates superoxide and hydrogen peroxide*. *Alcohol Clin. Exp. Res.* 9, 95-102.
- HALLIWELL B., GUTTERIDGE J.M.C., 1999. *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford University Press, Oxford, New York.

- HAMES B. D., HOOPER N. M., HOUGHTON J. D., 1999. *Biochemia*. PWN, Warszawa, 262-271.
- LIEBER C.S., DE CARLI L. M., 1972. *The role of hepatic microsomal ethanol oxidizing system (MEOS) for ethanol metabolism in vivo*. J. Biol. Chem. 245, 2505-2512.
- LIEBER CH.S., 1984. *Metabolism and metabolic effects of alcohol*. Med. Clin. North Am. 68, 3-31.
- LUTNICKI K., SZPRINGER E., MARCINIAK A., 2006. *Zaburzenia równowagi oksydacyjno – antyoksydacyjnej u szczurów wywołane działaniem etanolu*. Med. Wet. 62, 683-685.
- NIESIOROWSKI T., 2007. *Historia uzależnień*. Psychiatria w Praktyce Ogólnolekarskiej 7, 118-127.
- ORYWAŁ K., JELSKI W., SZMITKOWSKI., 2009. *Udział alkoholu etylowego w powstawaniu zaburzeń metabolizmu węglowodanów*. Pol. Merk. Lek. 27, 68-71.
- PAULING L., PAULING P., 1983. *Chemia*. PWN, Warszawa, 13-16.
- PRYOR W. A., 1986. *Oxy-radicals and related species: their formation, lifetimes, and reactions*. Ann. Rev. Physiol. 48, 657-667.
- STRYER L., 1999. *Biochemia*. PWN, Warszawa, 527-530.
- ŚWIDERSKA-KOŁACZ G., KOŁATAJ A., KLUSEK J., 2004. *The effect of ethanol on glutathione level and glutathione enzyme activity in some organs in mice*. Acta Biol. Cracov. Ser. Zool. 46, 69-74.
- TESCHEKE R., HASUMURA Y., LIEBER C.S., 1975. *Hepatic microsomal alcohol oxidizing system: affinity for methanol, ethanol, propanol and butanol*. J. Biol. Chem. 250, 7397-7404.
- WACHHOLZ L., 1967. *Z historii alkoholu i alkoholizmu*. Tow. Przyjaciół Książki, Warszawa.
- WALD I., 1991. *Czynniki genetyczne związane z działaniem alkoholu*. [W:] *Działanie biologiczne alkoholu etylowego*. KOSTOWSKI W., WALD I. (red.), PWN, Warszawa, 262-277.
- WORONOWICZ B. T., 2009. *Uzależnienia. Geneza, terapia, powrót do zdrowia*. Media Rodzina, Poznań, 33-554.
- ZMORZYŃSKI Sz., WITEK B., 2008. *Patofizjologiczna rola alkoholu i jego wpływ na zdrowie*. Eduk. Biol. Środ. 28, 11-16.