

Jadwiga STACHOWICZ  
Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii,  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Chemia w kuchni – historia, konieczność i zagrożenia

### Streszczenie

*Celem niniejszych rozważań jest zwrócenie uwagi na to jak ważną rolę w życiu człowieka zajmuje chemia. W artykule został przedstawiony rys historyczny związany z przetwarzaniem produktów spożywczych i wpływ nauk przyrodniczych na zmiany w przygotowywaniu potraw oraz ich przechowywaniu. W oparciu o przykłady procesów zachodzących podczas przygotowywania potraw omówione zostały procesy fizyko-chemiczne zachodzące w żywności. Ponadto omówiono wybrane związki chemiczne wykorzystywane, jako konserwanty żywności i barwniki w aspekcie ich przydatności i zagrożenia dla zdrowia człowieka.*

**Key words:** żywność, dodatki do żywności, barwniki, substancje konserwujące

### Chemistry in the kitchen – the history, necessity and threats

#### Summary

*The purpose of these considerations is to draw attention to the important role of chemistry in human life. The paper presents historical background related to the processing of food products as well as the impact of life sciences on the changes in the preparation of meals and their storage. Based on the examples of the processes taking place during cooking, physico-chemical processes occurring in the food are discussed. In addition, some of chemicals used as food preservatives and dyes are described in terms of their suitability and risks to human health.*

**Słowa kluczowe:** foods, food additives, dyes, preservatives

### Wprowadzenie

Większość naszego społeczeństwa kojarzy chemię jako tzw. „czarna magia”. Wśród uczniów chemia uchodzi za jeden z najtrudniejszych przedmiotów. Nie zdają sobie sprawy, że znajomość substancji i procesów chemicznych może ułatwić im codzienne życie. Przybliżenie tego ciekawego przedmiotu można zrealizować poprzez pokazanie czynności, które codziennie wykonujemy. Kuchnia to doskonały warsztat pracy, w którym można odkrywać i wyjaśniać różne procesy. To dzięki chemicznym reakcjom wykonywanym przy kuchennym stole radzimy sobie z wieloma niedogodnościami życia codziennego, wiemy jak pozbyć się kamienia z czajnika, co zrobić, aby jabłka na szarlotkę nie czerniały, a mydło zawsze się pieniło. Często nieświadomie, jesteśmy wykonawcą kuchennych eksperymentów np. rozkładu wodorowęglanu sodu w podwyższonej temperaturze podczas pieczenia ciasta. Wytwarzany dwutlenek węgla powoduje, że drożdżówka rośnie a biszkopt nie ma zakalca.

Już ponad milion lat temu nasi przodkowie zorientowali się, że niektóre rodzaje produktów można jeść na surowo, np. owoce, a inne należy poddać obróbce termicznej. Dzięki pieczeniu lub gotowaniu niektóre gorzkie bulwy czy nasiona stawały się przydatne do jedzenia, a jednocześnie zawarty w nich materiał zapasowy w postaci polisacharydów ulegał termicznej hydrolizie do łatwiej przyswajalnych cukrów prostych. Wysoka temperatura powoduje rozkład także wielu toksycznych związków z grupy glikozydów i glikoalkaloidów, np. solaniny obecnej w ziemniakach, które spożyte na surowo są szkodliwe dla organizmu człowieka. Podobnie w procesie pieczenia mięsa, zawarte w nim białka ulegają

denaturacji, stając się łatwiej przyswajalnymi. Dzięki umiejętności opanowania i wykorzystania ognia, znacząco poszerzył się zasób produktów dostępnych dla naszych przodków. Ta pierwsza „kuchenna rewolucja”, czyli zastosowanie ognia do przygotowania potraw zapoczątkowało ilościową i jakościową zmianę w sposobie odżywiania i pchnęło ewolucję człowieka na nowe tory. Obróbka termiczna żywności pozwala na osiągnięcie dodatniego bilansu kalorycznego mniejszym nakładem środków, a uzyskane nadwyżki energetyczne stały się czynnikiem napędzającym dalsze zmiany ewolucyjne i społeczne.

Rozwój cywilizacji i pierwszych państw nierozzerwalnie związany jest także z rozwojem sztuki kulinarnej, o czym świadczą jej najstarsze przejawy, utrwalone w postaci malowideł na ścianach grobowców i zapisków na papyrusach i glinianych tabliczkach z obszarów starożytnego Egiptu i Mezopotamii. Już wtedy dbano o odpowiedni dobór składników, dostrzeżono m.in. właściwości konserwujące i lecznicze wielu ziół i przypraw, poznano proces fermentacji i jego zastosowanie do wypieku pieczywa oraz produkcji piwa i wina, itp.

Gromadzone przez wieki doświadczenia człowieka w różnych warunkach środowiska i dostępności pokarmów znajdują wyraz w kulinarnych tradycjach różnych narodów. Czasem także wpływają na systemy religijne. Przykładowo w Starym Testamencie znajduje się charakterystyka zwierząt lądowych i wodnych uznanych za przydatne, jak również objęte rytualnym zakazem spożycia. (Biblia, Prawo czystości. Zwierzęta nieczyste. Przekład W.O. Jakuba Wujka S. J., Kraków 1962). Podobnie Koran zakazuje spożywania niektórych zwie-

rząt. „Zakazane wam jest: padlina, krew i mięso świń, to co zostało poświęcone na ofiarę ..... zwierzę zaduszone, zabite od uderzenia, zabite na skutek upadku.” (Koran, Sura V. Stół zastawiony. Przekład J. Bielawski, Warszawa 1986).

Pomimo odwiecznego zainteresowania wpływem jakości pożywienia na zdrowie człowieka, wyjaśnienie istoty tego związku nie byłoby możliwe bez nowoczesnych metod badawczych opierających się na chemii, biochemii jak również fizjologii żywienia (Sikorski, 1994).

### Procesy fizykochemiczne zachodzące podczas przygotowania posiłków

Codziennie rano przygotowujemy śniadanie, wykonując szereg różnorodnych czynności, m.in. filtrujemy wodę a następnie gotujemy ją, aby przyrządzić sobie kawę lub herbatę. W celu poprawy smaku herbaty niektórzy słodzą ją, inni dodają mleko lub cytrynę. Podczas obróbki termicznej (gotowania) zachodzi wiele zjawisk fizykochemicznych, dlatego poznanie właściwości produktów, pomoże nie-wprawionemu kucharzowi uniknąć wielu błędów. Znajomość właściwości kwasów, soli, zasad czy olejów i tego, w jaki sposób reagują one z innymi substancjami obecnymi w produktach spożywczych a także wpływu obróbki termicznej pozwala uzyskać produkty najwyższej jakości.

Obróbka cieplna produktów spożywczych obejmuje takie procesy, jak: blanszowanie, gotowanie, duszenie, pieczenie i jego warianty – zapiekanie i opiekanie. Gotowanie to termiczna operacja, która polega na utrzymywaniu cieczy wraz ze gotowanymi półproduktami w stanie wrzenia lub w temperaturze ok. 100°C, w czasie od kilku minut do kilku godzin. Podczas tego procesu zachodzą zmiany w barwie i strukturze gotowanych produktów spożywczych. Przykładowo, gotując brokuł lub fasolkę obserwujemy zmianę ich barwy, a zbyt długie gotowanie powoduje utratę ich jędrności. Zmiany kolorystyki zielonych warzyw w trakcie gotowania są skutkiem rozpadu chlorofilu pod wpływem wysokiej temperatury, utrata jędrności wynika z rozpuszczenia pektyn i polisacharydów obecnych w komórkach i ich ścianach komórkowych.

Kolejnym procesem zachodzącym w kuchni jest smażenie, które polega na ogrzewaniu surowców roślinnych i zwierzęcych zwykle w tłuszczu o temperaturze 150-190°C, a niekiedy w syropie cukrowym. W przypadku obróbki mięsa w zależności od czasu trwania procesu następuje częściowa lub całkowita denaturacja białek. W trakcie obróbki termicznej włókna kolagenu ulegają znacznemu skróceniu i pogrubieniu, co powoduje mechaniczne wyciśnięcie wody z włókien międzymięśniowych. Ogrzanie mięsa w temperaturze przekraczającej 70°C powoduje termohydroлизę kolagenu, który częściowo przechodzi w glutynę a następnie w żelatynę. Otrzymane w ten sposób produkty charakteryzują się unikatowymi cechami organoleptycznymi, takimi jak: smak, zapach oraz tekstura (Rimac-Brnčić i in., 2004) i są bardzo pożądane przez konsumentów. Dodatkowym atutem smażenia jest jego szybkość, wygoda i stosunkowo niska cena otrzymanych produktów (Innawong i in., 2004; Kmieciak i in., 2010). Smażenie w tłuszczu prowadzi do utworzenia na powierzchni smażonych materiałów kruskiej brunatnej skórki. Jest to wynik przebiegu procesu dekstrynizacji, karmelizacji oraz przebiegu reakcji Maillarda. Nazwa reakcji pochodzi od nazwiska francuskiego chemika Louis-

Camille Maillarda, który opisał ją w roku 1912. Proces ten polega na reakcji cukrów redukcyjnych z grupą aminową aminokwasu tworząc liczącą grupę związków chemicznych (Michalska i Zieliński, 2007). Hellwing i Henle (2014) w swym opracowaniu wskazują na zróżnicowaną reaktywność cukrów z aminokwasami. Według Hellwing i Henle (2014) czynnikiem warunkującym szybkość tej reakcji jest wielkość cząsteczki cukru. Im większa jest cząsteczka cukru, tym wolniej zachodzi reakcja z aminokwasem, dla przykładu pentozy (np. ryboza) szybciej reagują niż disacharydy (laktoza). Reakcje Maillarda występują przy smażeniu i ogrzewaniu prawie każdego rodzaju produktu żywnościowego. Reakcja ta należy do reakcji typu brązowienia nieenzymatycznego. Pomimo że reakcję Maillarda bada się od prawie stu lat, to jej złożony charakter powoduje, iż wiele cząsteczkowych reakcji nie zostało jeszcze poznanych (Hellwing i Henle, 2014). Na zapach i barwę finalnego produktu ma wpływ wiele czynników. Należą do nich: rodzaj aminokwasu i cukru, pH, temperatura i czas obróbki termicznej, obecność tlenu, zawartość wody oraz podstawowy skład chemiczny produktu. W wielu produktach, na przykład w kawie, aromat tworzy mieszanina produktów reakcji Maillarda i karmelizacji. Karmelizacja zachodzi w temperaturze powyżej 120-150°C, podczas gdy reakcja Maillarda już w temperaturze pokojowej. Spośród wielu publikacji naukowych z tej dziedziny za najbardziej znaczące należy wymienić prace Maillarda oraz Hodga. W 1953 r. Hodge opracował hipotetyczny schemat reakcji opisujący proces brązowienia. Zaproponował on model składający się z następujących po sobie 3 etapów: wczesnego, zaawansowanego i końcowego, prowadzący do powstania końcowych produktów reakcji zwanych melanoidynami (Wilska-Jeszka, 1996; Vistoli i in., 2013). Wczesny etap obejmuje reakcję kondensacji pomiędzy grupą karbonylową cukru o właściwościach redukcyjnych (np. D-glukozy) z grupą -NH<sub>2</sub> aminokwasów np. lizyny lub grupy N-końcowej białka. Produktem tej reakcji są skondensowane N-podstawione glukozaaminy. W temperaturze pokojowej powstałe pochodne iminowe ulegają dalszym reakcjom m.in. przegrupowaniu Amadoriego do 1-amino-1-deoksy-2-ketoz. Według Michalskiej i Zielińskiego (2007) produkty otrzymane po przegrupowaniu Amadoriego są prekursorami wielu związków odpowiedzialnych za kształtowanie cech sensorycznych produktów żywnościowych. Powstałe związki Amadoriego w zależności od pH środowiska mogą ulegać dalszym przegrupowaniom do bardzo reaktywnych związków α - dikarbonylowych. Jednym z produktów otrzymanych w etapie zaawansowanym jest 5-hydroksymetylo-2-furfural (HMF) (Vistoli i in., 2013). Jego synteza przebiega szczególnie efektywnie w środowisku kwaśnym i w obecności cukrów prostych (Kowalski i Lukaszewicz, 2014). W wyniku degradacji HMF w wysokich temperaturach może powstawać inny związek z grupy furanów - aldehyd furfurylowy. Związek ten, zwany potocznie furfurałem, powstaje także w wyniku degradacji kwasu askorbinowego, węglowodanów oraz produktów Amadori, podczas reakcji Maillarda oraz w wyniku karmelizacji cukrów (Kroh, 1994; Manzocco i in., 2000). Końcowy etap reakcji Maillarda to szereg przemian, w wyniku których otrzymujemy barwne produkty m.in. melanoidy. Jak wskazują badania Lerche i Pischetriedera (2002) struktura chemiczna tych połączeń nie została poznana. Wspomniani autorzy wskazują również na korzystne działanie melanin w żywności jako substancji o dzia-

łaniu przeciwutleniającym. Pochodne furanowe powstające w trakcie termicznego przetwarzania żywności mogą być też wynikiem utleniania wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w wysokiej temperaturze i rozkładu pochodnych kwasu askorbinowego.

Popularność wyrobów smażonych spożywanych, jako elementy dań głównych oraz w postaci produktów przekąskowych, np. szczególnie ulubionych przez dzieci chipsów czy frytek, budzi wiele kontrowersji wśród żywieniowców oraz lekarzy. Obawy te są związane ze znaczną zawartością nasyconych kwasów tłuszczowych oraz izomerów *trans* kwasów tłuszczowych w tych produktach, przechodzących do żywności w wyniku wykorzystania w czasie smażenia tłuszczów uwodornionych. Obawy te są także uzasadnione, jeżeli weźmiemy pod uwagę szereg związków powstałych w wyniku degradacji tłuszczu w czasie smażenia, które także są spożywane z przygotowaną w taki sposób żywnością. Negatywnym skutkiem smażenia jest przedostawanie się do potrawy produktów rozkładu tłuszczu, a zwłaszcza akroleiny, która uważana jest za czynnik rakotwórczy. Najbardziej negatywne oddziaływanie na tłuszcz, z punktu widzenia bezpieczeństwa żywieniowego, ma wysoka temperatura i zachodzące pod jej wpływem reakcje polimeryzacji i cyklizacji. Parująca w czasie smażenia woda, poprzez wytworzenie tuż nad powierzchnią tłuszczu warstwy utrudniającej dostęp tlenu oraz wypieranie go ze środowiska reakcji, ogranicza reakcje utleniania a polimeryzacja jest wówczas procesem dominującym (Gertz i in., 2000). Do związków powstałych w wyniku przemian termicznych zalicza się polimery niepolarne, mono- i dimery cykliczne oraz powstające w reakcji Diels-Aldera dimery i trimery nienasyconych kwasów tłuszczowych (Frankel, 1998, Ledóchowska i Hazuka, 2006). Ilość powstających w czasie smażenia monomerów cyklicznych zależy od zawartości w olejach roślinnych nienasyconych kwasów tłuszczowych, a w szczególności linolowego oraz linolenowego. W swych badaniach Hazuka (2003) zaobserwowała największy wzrost zawartości monomerów cyklicznych w czasie ogrzewania oleju lnianego, a najmniejszy – w przypadku oleju rzepakowego. Związki powstające w czasie przemian lipidów podczas smażenia wpływają nie tylko na cechy organoleptyczne otrzymanych wyrobów, lecz także na zmniejszenie ich wartości odżywczej w wyniku interakcji pomiędzy produktami utleniania tłuszczów a składnikami smażonych produktów (białkami, witaminami). Niektóre z substancji powstających w czasie utleniania oraz pod wpływem wysokiej temperatury (cykliczne monomery kwasów tłuszczowych, epoksydy, niektóre hydroksykwasy) są niebezpieczne dla zdrowia człowieka (Frankel, 1998).

Kolejnym procesem obróbki termicznej jest pieczenie. Proces ten polega na ogrzaniu potrawy w nagrzanym do temperatury 160-250°C piecu lub piekarniku. W czasie pieczenia zachodzi szereg zmian prowadzących m.in. do uzyskania pożądanych cech sensorycznych i teksturalnych. Ponadto, proces ten wpływa na okres przydatności końcowego produktu do spożycia. Pieczenie, podobnie, jak smażenie, powoduje wytworzenie na powierzchni produktu rumianej skórki o pożądanych cechach smakowo-zapachowych. Dzieje się tak wskutek silnego odwodnienia powierzchni oraz zachodzących reakcji Maillarda i karmelizacji (Michalska i Zieliński, 2007).

Omówmy teraz wybrane składniki potrzebne do wypieku ciasta. Pierwszym z nich jest mąka. Powstaje w wyniku silnego rozdrobnienia ziarna zbóż, rzadziej innych roślin, posiada dużą ilość węglowodanów, które stanowią do 75% jej masy (głównie w postaci skrobi). Ważnym składnikiem jest gluten - białko stanowiące od kilku do 35% masy mąki, które nadaje ciastu elastyczność i ciągliwość. Do wypieków stosuje się głównie mąkę pszenną; mąka kukurydziana zawiera bardzo mało glutenu, więc jest rzadko stosowana do wypieków, a ziemniaczana czy gryczana nie zawierają go wcale. Wstępną czynnością przy sporządzaniu ciasta jest przesianie mąki między innymi w celu zwiększenia w niej ilości powietrza, a tym samym spulchnieniu przyszłego ciasta. Kolejnym składnikiem jest woda. Pod wpływem wody dodanej do mąki, gluten pęcznieje, a w czasie wyrabiania przyjmuje formę nitek lub włókien, które łącząc się ze sobą tworzą siatkę nadającą ciastu strukturę gąbczastą. W celu polepszenia smaku, jak również zapachu dodaje się do ciasta jajka, które dodatkowo zwiększają elastyczność i sprężystość zawartego w nim glutenu. Żółtka utarte z cukrem na puszystą masę i białka ubite na pianę mają właściwości spulchniające. Ubijanie piany polega na wprowadzeniu do białek dużej ilości powietrza, dzięki czemu wzrasta ich objętość zaś zawarta w jajkach lecytyna jest emulgatorem, czyli substancją pozwalającą połączyć się niemieszającym się składnikom, np. wodzie i tłuszczom. Jako środki spulchniające ciasto stosuje się drożdże lub dodatki zwane popularnie proszkami do pieczenia. Znaczenie gospodarcze mają drożdże szlachetne – liczne odmiany i szczepy hodowlane drożdży należące do gatunku *Saccharomyces cerevisiae*, wykorzystywane w przemyśle spożywczym, a zwłaszcza fermentacyjnym (drożdże piwowarskie, winiarskie, gorzelnicze i piekarniane). Żyją na podłożach zawierających cukry proste, przeprowadzając fermentację alkoholową, przeważnie w warunkach beztlenowych. Jest to enzymatyczna redukcja związków zawierających grupę karbonylową do drugorzędowych alkoholi z wydzielaniem CO<sub>2</sub>. Natomiast w warunkach tlenowych powstaje ditlenek węgla i woda. Innym środkiem często stosowanym do spulchniania produktów jest proszek do pieczenia. Został on wynaleziony przez Ebena Nortona Horsforda, który eksperymentował od roku 1856, najpierw z kwaśnym fosforanem wapnia i kwaśnym węglanem sodu. W 1893 roku farmaceuta Dr August Oetker przygotował nową recepturę proszku do pieczenia. Wynaleziony przez Dr.-a Oetkera proszek "Backin" miał już wtedy na rynku konkurentów, ale był od nich lepszy, ponieważ można było go długo przechowywać i nie zmieniał smaku wypieków. Niekiedy do spulchniania używana jest soda, czyli wodorowęglan sodu – NaHCO<sub>3</sub> (E500(II)). Do wypieków z sodą należy dodawać coś kwaśnego, np. sok z cytryny. Obecnie sprzedawany proszek do pieczenia jest mieszaniną sody z regulatorami kwasowości, np. wodorowinianem potasu (E336) czy mleczanem sodowym (E325), które w temperaturze 60°C reagują z wodorowęglanem sodu. Niegdyś wodorowęglan sodu był stosowany do wyrobu napojów musujących, w lecznictwie (przy nadkwasocie). Dodatek wodorowęglanu amonu - NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> (E503(II)) – zapewnia mu porowato-bąbelkową strukturę. Sól ta zaczyna działać w odróżnieniu od sody dopiero pod wpływem wysokiej temperatury. Działanie środków spulchniających oparte jest na reakcji, której efektem jest wydzielanie pęcherzyków tlenu węgla(IV).

Substancją, która poprawia smak wielu potraw, nie tylko ciasta, jest sól. Do końca średniowiecza solono bardzo obficie niemal wszystko – mięso, ryby, warzywa, ale też chleb, żeby rósł szybciej i dobrze się przechowywał. Dodawano soli także do piwa i wina. Żydzi każdą składaną ofiarę solili. Sól spożywcza zwana także „solą kuchenną”, jest krystalicznym związkiem chemicznym składającym się z kationów sodu oraz anionów chlorkowych. Związek ten odgrywa kluczową rolę w regulowaniu gospodarki wodnej oraz kwasowo-zasadowej organizmu człowieka (Stryer, 2003). Oprócz dwóch podstawowych składników: kationów sodu i anionów chlorkowych, w soli znajdują się liczne mikroelementy, m.in.: kationy manganu, magnezu, miedzi, cynku, żelaza, wapnia, potasu i selenu (Kourimsky, 1993). Sól kuchenna wzbogacona jest w niewielkie ilości związków jodu (np. jodku potasu), aby zapobiegać niedoborom tego pierwiastka, które skutkują chorobami tarczycy. Może zawierać także przeciwzbrylacze, np. żelazocyjanek potasu (E-536). Dzielne spożycie sodu osoby dorosłej nie powinno przekraczać 2,000 g (jest to ok. 5 g soli, czyli tyle, co niepełna łyżeczka do herbaty) (WHO, 2012). Nadużywanie soli kuchennej (NaCl) jest jednym z czynników wpływających na powstawanie tzw. chorób cywilizacyjnych. Należy zwracać uwagę, na zawartość soli, która w różnych produktach jest bardzo zróżnicowana. Wieprzowina zawiera 63 mg soli, podczas gdy bekon aż 1480 mg, ziemniaki zawierają 7 mg, ale chipsy ziemniaczane już 800 mg na 100 g.

Smak produktu to jedna z najważniejszych jego cech, obok tak istotnych, jak wartości odżywcze czy barwa. Często ze smakiem łączą się zapachy. Do aromatów zaliczamy substancje użyte w środkach spożywczych do nadania zapachu albo smaku. Są to substancje chemiczne:

- naturalne - otrzymane z oryginalnych surowców roślinnych lub zwierzęcych;
- identyczne z naturalnymi - otrzymane przez chemiczną syntezę, które pod względem chemicznym są identyczne z substancjami naturalnie występującymi;
- syntetyczne - otrzymane na drodze syntezy chemicznej i nieposiadające chemicznie identycznych odpowiedników substancji naturalnych.

Najbardziej typowe substancje zapachowe w aromatach to: aldehyd benzoowy (zapach migdałowy), wanilina i etylowanilina (aromat waniliowy), aldehyd decyloowy (zapach cytrusowy), izoeugenol (zapach goździków), mentol (zapach mięty), maślan etylu (zapach ananasowy) czy octan izoamylu (zapach gruszkowy).

### Konserwowanie żywności

Człowiek od wieków stosował różne metody konserwowania żywności – takie, jak np. solenie, wędzenie czy przechowywanie w niskich temperaturach tak, aby zapobiec psuciu się pokarmów. Szybki rozwój przemysłu w XIX wieku spowodował wzrost populacji ludności miejskiej oderwanej od samozaopatrzenia. Suszenie, solenie, kiszenie czy marynowanie stały się niewystarczającymi metodami do utrwalenia żywności. Rozwój nauk przyrodniczych w tym mikrobiologii i biotechnologii żywności oraz synteza organiczna, przyczynił się do wprowadzenia nowych związków i sposobów konserwacji żywności. Obecnie żywność zabezpiecza się przed zepsuciem korzystając ze sztucznych, chemicznych substancji o działaniu konserwującym, wykorzystuje się także procesy fizyczne i fizyko-

chemiczne. Te działania pomagają w zachowaniu i przedłużeniu trwałości pokarmu i poprawiają jego wygląd.

Bardzo starą metodą utrwalania żywności jest kiszenie. Metodę tę stosuje się głównie do konserwowania owoców i warzyw. Czynnikiem utrwalającym podczas kiszenia jest kwas mlekowy wytwarzany przez bakterie kwasu mlekowego (z rodzaju *Lactobacillus* i zblizonych) z cukrów znajdujących się w produkcie. Nie wszystkie surowce mogą być utrwalone przy pomocy naturalnych kwasów. Należy wówczas zastosować sztuczne konserwanty. Pierwotnie stosowanym związkiem do konserwacji żywności był kwas salicylowy stosowany od 1859 roku. Na początku XX wieku został on zastąpiony kwasem benzoowym i jego solami. Następnie w latach dwudziestych XX wieku wprowadzono estry kwasu p-hydroksybenzoowego, które stosowano do lat 50., kiedy to zastosowano kwas sorbowy i jego sole. Początkowo dodawanie chemicznych środków konserwujących było często nadużywane i niejednokrotnie miało na celu przysłonięcie złej jakości produktów. Obecnie zalecane jest bardzo ostrożne stosowanie substancji chemicznych do utrwalania żywności. Substancje konserwujące zapobiegają psuciu się żywności pod wpływem bakterii, przedłużają jej trwałość. Ich stosowanie powinno być ograniczone do niezbędnego minimum – tylko wtedy, kiedy nie jest możliwe zastosowanie fizycznych (suszenie, mrożenie) lub biologicznych metod (kwaszenie) utrwalania żywności. Do substancji konserwujących stosowanych obecnie zaliczamy tlenek siarki(IV) (SO<sub>2</sub>) i siarczany. Tlenek siarki(IV) (E220) jest tradycyjnie stosowany jako środek konserwujący w produktach owocowych i warzywnych, owocach suszonych, przekąskach i winie. Jego działanie konserwujące polega na hamowaniu rozwoju bakterii, a w mniejszym stopniu pleśni. Jednak SO<sub>2</sub> i siarczany(IV) znacząco obniżają przyswajanie witaminy B<sub>1</sub> i mogą stanowić ryzyko dla astmatyków. Kolejnym konserwantem o szerokim zastosowaniu jest kwas benzoowy (E210). W przyrodzie występuje w owocach jagodowych – borówka, jarzębina, żurawina. Ze względu na słabą rozpuszczalność tego kwasu w wodzie do konserwacji produktów częściej stosuje się jego sole. Są to konserwanty działające w środowisku kwaśnym (pH 2,5–4). Do zahamowania rozwoju drobnoustrojów (drożdży i pleśni) wystarczy ich dodatek w ilości ok. 0,02-0,08%. Aktywność kwasu benzoowego i jego soli polega głównie na inhibitującym działaniu na systemy enzymatyczne komórki. Kwas benzoowy stosowany jest jako konserwant w galaretkach, sokach owocowych, napojach bezalkoholowych, margarynie, konserwach rybnych, warzywach marynowanych, czy sosach owocowych i warzywnych. Nadmiar tego konserwantu nie jest kumulowany w organizmie człowieka, ponieważ jest wydalany z moczem. Jednak czasami może powodować uczulenia i alergie, a także podrażnić śluzówkę żołądka i jelit.

Powszechnie używanym konserwantem jest kwas sorbowy (E-200). Jego nazwa nawiązuje do owoców jarzębiny (*Sorbus aucuparia*), z której został po raz pierwszy otrzymany. Występuje nie tylko w owocach jarzębiny, ale np. też w liściach jeżyny popielicy (*Rubus caesius*), czy malin (*Rubus* spp.). Już w niewielkich stężeniach jest grzybo- pleśnio- drożdżobójczy, hamuje także aktywność enzymów, zwłaszcza dehydrogenaz (Rogozińska i Wichrowska, 2011). Najefektywniejszy jest w środowisku kwaśnym o pH 3-6, zaś w pH 7 wykazuje słabą skuteczność. Jego właściwości przeciwgrzybiczne znane były od dawna w medycynie ludowej, gdzie rozdrobnione

liście jeżyny popielicy stosowano do leczenia chorób skórnych – liszajów lub ropiejących ran. Stosowano też w krwotokach wewnętrznych: płucnych, żołądkowo - jelitowych oraz w czerwonce. Kwas sorbowy i jego sole wykazują ograniczone działanie w stosunku do bakterii, szczególnie nie niszczą bakterii kwasu mlekowego, co sprawia, że kwas sorbowy jest stosowany przy konserwacji produktów mlekopochodnych (sery, jogurty, desery mleczno-jogurtowo-owocowe) margaryn, sosów sałatkowych, wyrobów garmazeryjnych, sałatek owocowych, mrożonych ciast, napojów bezalkoholowych, dżemów i innych.

Azotany(V) sodu i potasu (E251, E252) oraz azotany(III) potasu i sodu (E249 i E250) są stosowane jako dodatki w przetwórstwie mięsny i serowarstwie. Azotany(V) nadają przetworom mięsny pożądaną właściwość sensoryczną: charakterystyczną różową barwę, aromat i smak. Azotany(III) działają przeciwutleniająco, zmniejszają oporność cieplną przetrwalników bakteryjnych oraz hamują rozwój patogennych drobnoustrojów szczególnie *Clostridium botulinum* i *C. perfringens*, które wytwarzają silnie trującą toksynę – botulinę (tzw. jad kiełbasiany). Azotan(III) sodu w połączeniu z innymi związkami chemicznymi w warunkach panujących w żołądku może tworzyć rakotwórcze nitrozoaminy. Według wielu badaczy azotany(III) są odpowiedzialne za wywoływanie methemoglobinemii (Olędzka i Konieczna, 2009; Dżugan i Pasternakiewicz, 2007), dlatego ich dzienne spożycie nie powinno przekroczyć 0,06 mg/kg masy ciała. W wielu krajach konserwant ten jest zabroniony. Szczególnie wrażliwe na azotany(V) i azotany(III) pobrane z wodą pitną i żywnością są niemowlęta. Natomiast azotany(V) są związkami mało toksycznymi i nie stanowią bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia. Pobrane z żywnością w środowisku nieredukcyjnym są szybko wchłaniane z przewodu pokarmowego i wydalane z moczem w postaci niezmienionej. Jednak część z nich w przewodzie pokarmowym może być zredukowana przez mikroflorę do azotanów(III) (Olędzka i Konieczna, 2009). Ponadto obecność związków azotowych może skutkować występowaniem alergii, rozwojem chorób nowotworowych, nieprawidłowym przebiegiem ciąży oraz kancerogennym i mutagennym wpływem na rozwijający się płód (Olędzka i Konieczna, 2009).

Do konserwowania żywności stosuje się substancje zakwaszające m. in. kwas octowy (E260). Kwas ten znajduje się w owocach i warzywach marynowanych oraz sosach, jest źle tolerowany u osób o wrażliwym żołądku. Kwas alginowy (E400) występuje u różnych gatunków brunatnic (*Phaeophyceae*). Część cząsteczka tego związku jest kopolimerem dwóch kwasów: D-mannurowego i L-gulurowego połączonych wiązaniem  $\beta$ -1,4-glikozydowym. Ze względu na zdolność chłonięcia dużej ilości wody, powszechnie stosuje się kwas alginowy jako dodatek m.in. do galaretek i majonezu niskotłuszczowego. Do substancji konserwujących należą sole kwasu solnego. Chlorki potasu (E508), wapnia (E509) i magnezu (E511) są dodawane do przypraw i niewskazane dla osób, które mają chore nerki czy wątrobę. W dużych ilościach działają na organizm przeczyszczająco.

Współczesny konsument coraz częściej poszukuje żywności „naturalnej”, niezawierającej żadnych syntetycznych dodatków. Naturalnymi substancjami konserwującymi, akceptowanymi przez konsumentów, mogą być substancje przeciw-

drobnoustrojowe wytwarzane przez bakterie – bakteriocydy. Do najlepiej poznanych i najszerzej badanych bakteriocydów należą te, które syntetyzowane są przez bakterie fermentacji mlekowej, w tym nizyna wytwarzana przez niektóre szczepy *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*. Nizyna jest szeroko stosowana jako biokonserwant do przedłużania trwałości mleka i produktów mlecznych, serów, mrożonek, gotowych zup i sosów, konserw warzywnych, mięsa, ryb ich przetworów, napojów alkoholowych i bezalkoholowych, itd. W niektórych krajach można ją dodawać do wszystkich produktów bez ograniczeń, w innych lista zastosowań i maksymalna dawka są określone i ograniczone. Maksymalna dopuszczalna przez FDA dawka nizyny w produkcie końcowym wynosi 250 mg/kg [FDA 21 CFR §184.1538].

Oprócz wyżej opisanych środków chemicznie stosowanych do utrwalania żywności, należy wspomnieć o związkach, które wnikają do produktu w trakcie procesów technologicznych i wywołują w nim pewne działanie konserwujące. Należą do nich między innymi fitoncydy i substancje wprowadzone z dymem wędzarniczym. Fitoncydy są to związki występujące w roślinach, najczęściej olejki eteryczne zawarte w przyprawach, często wykorzystywane do konserwowania żywności. Wśród nich można wymienić olejki musztardowe (chrzan, gorczyca), czosnkowe (czosnek, cebula), substancje gorczkowe chmielu występujące w lupulinie (humulon, lupulon), antocyjany. W zależności od formy użytych przypraw (świeże liście i owoce, olejki eteryczne, wyciągi wodne i etanolowe, susze) charakteryzują się zróżnicowanym wpływem na hamowanie wzrostu drobnoustrojów w żywności. Najlepsze właściwości przeciwdrobnoustrojowe posiadają olejki eteryczne, potem ekstrakty tłuszczowe oraz wyciągi etanolowe przypraw. Do substancji o charakterze konserwującym zawartym w dymie wędzarnianym należy zaliczyć m. in. pochodne fenoli (gwajakol, syringol), związki karbonylowe oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Należy wspomnieć także, że w dziedzinie konserwacji żywności oprócz procesów i substancji chemicznych, stosuje się także procesy fizyczne czy fizykochemiczne. Pasteryzacja, mikrofiltracja, ochronna atmosfera azotowa czy pakowanie próżniowe.

### Barwniki w żywności

Barwa produktów to jeden z elementów mający wpływ na jego atrakcyjność. Jako źródła barwników naturalnych dla barwienia produktów spożywczych używane są głównie rośliny. Barwniki roślinne występują powszechnie, ale często są niezbyt trwałe i wrażliwe na działanie różnych czynników, np. utlenianie, zmiany temperatury czy odczynu. Barwniki pochodzenia zwierzęcego są rzadziej stosowane, choć szereg związków jest testowanych pod kątem potencjalnego wykorzystania w przyszłości. Naturalne pochodzenie barwnika nie zawsze oznacza, że na pewno jest on nieszkodliwy dla zdrowia. Tylko dla nielicznych barwników naturalnych wykonano pełne badania toksykologiczne, co często jest utrudnione, gdyż w wielu wypadkach barwniki naturalne są mieszaninami wielu różnych substancji. Np. barwnik otrzymany ze skórki winogron zawiera 17 różnych komponentów barwnych. Szkodliwe działanie mogą mieć nie bezpośrednio same barwniki, ale także produkty ich rozpadu, powstające zarówno podczas przetwarzania i przechowywania żywności, jak i pod wpływem przemian metabolicznych w organizmie ludzkim i interakcji z innymi pożytkami składnikami.

Szczególnie bogate w różnorodne barwniki są ciemne owoce z grupy jagodowych. Za ich kolorystykę odpowiadają głównie liczne związki z grupy antocyjanów, które nadają im zabarwienie, od pomarańczowego poprzez czerwone i różowe do fioletowego i granatowego, owocom i niektórym warzywom (bakłazan), jak również kwiatom. Barwniki te wyekstrahowane z materiałów roślinnych są stosowane, jako dodatki do żywności dla nadania lub wzmocnienia barwy produktów spożywczych, takich jak napoje, soki, konserwy, cukierki, galaretki, koncentraty, desery. Żółtym barwnikiem, znanym od czasów biblijnych, otrzymywanym z kłączy ostryży długiego (*Curcuma longa*) jest kurkumina (E100). Jest naturalnym związkiem będącym pochodną fenolu, który występuje w kurkumie, indyjskiej przyprawie curry, i jest szeroko stosowana w południowoazjatyckiej kuchni oraz utrwalaniu żywności (margaryny, sery, ciasta, panierki). Do naturalnych barwników o barwie czerwonej zaliczamy betalainy i betaksantyny. Otrzymywane są z soku buraka ćwikłowego, charakteryzują się dużą wrażliwością na światło, ogrzewanie, zmiany pH i łatwo ulegają utlenieniu. Podstawowym elementem struktury jest układ chromoforowy trzech sprzężonych wiązań podwójnych- 1,7-diazaheptametynowy. Betaksantyny różnią się między sobą podstawnikiem R, którym mogą być aminokwasy i aminy. Ponadto flawonoidy występujące w roślinach są substancjami czynnymi o właściwościach przeciwutleniających.

Współcześnie do barwienia produktów spożywczych powszechnie używa się syntetycznych, sztucznych barwników spożywczych. Są to w większości związki z grupy barwników azowych. Charakteryzują się one znacznie większą intensywnością i trwałością zabarwienia w porównaniu z barwnikami pochodzenia naturalnego, odpornością na czynniki środowiska, stałością składu i często niską ceną. Dzięki nim żywność jest tak kolorowa, że chce się po nią sięgać. Oto kilka przykładów sztucznych barwników. Tartarazyna (E102) jest cytrynowożółtym barwnikiem azowym produkowanym głównie do celów spożywczych np. deserów w proszku, sztucznego miodu, musztardy. Ten barwnik jest czynnikiem uwalniającym histaminę, dlatego po jego spożyciu astmatycy mogą odczuwać wzmożone objawy choroby. Ponadto badania prowadzone przez McCann i in. (2007) wskazują na zwiększoną nadpobudliwość psychoruchową i trudności w nauce u dzieci, które spożywały napoje zawierające tartarazynę i benzoesanu sodu. Kolejnym barwnikiem jest czerwień koszenilowa oznaczana jako (E124). To organiczny związek chemiczny należący do barwników azowych, posiadający naturalny, ciemnoczerwony kolor. Jest bardzo trwałym barwnikiem, bardziej odpornym na działanie światła, podwyższonej temperatury i utlenianie od wielu barwników naturalnych, dlatego jest szeroko stosowana w przemyśle spożywczym. Czasami przez konsumentów jest mylona z naturalnym barwnikiem – koszenilą (E120) uzyskiwanym z owadów, najczęściej z czerwców kaktusowych (*Dactylopius coccus*) zamieszkujących Amerykę Południową i Meksyk i jak sama nazwa wskazuje żyjących na kaktusach, a dokładnie opuncjach. Czerwień koszenilowa znalazła zastosowanie do barwienia napojów, dżemów, galaretek owocowych m.in. o smaku wiśniowym, malinowym i truskawkowym oraz przetworów pomidorowych. Barwnikiem smołowym o barwie niebieskiej jest indygotyna (E-132) (Rutkowski, 2003). Naturalnie występuje w liściach krzewu indygowca barwierskiego (*Indigofera tinctoria*) i to właśnie z

niego można uzyskać ten barwnik. Na skalę przemysłową pozyskuje się go jednak drogą laboratoryjną i stosuje się do barwienia drażetek, niebieskich napojów, itp.

Jednocześnie prowadzone są badania dotyczące wpływu spożywanych barwników syntetycznych na organizm człowieka, gdyż ich stosowanie stwarza zagrożenie dla zdrowia. Niektórzy naukowcy są zdania, że syntetyczne dodatki przyczyniają się do częstszego występowania alergii skórnych i pokarmowych, astmy oraz stwarzają ryzyko zachorowania na choroby nowotworowe i wiele innych.

Badania McCann i in. (2007) dotyczyły między innymi wpływu syntetycznych barwników na wzrost nadpobudliwości u dzieci. Na ich podstawie stwierdzono, że barwniki syntetyczne zwiększają nadpobudliwość psychoruchową u dzieci i wysnuto wniosek, iż jednym ze sposobów mających zmniejszyć objawy ADHD u dzieci jest wyeliminowanie z ich diety produktów zawierających barwniki syntetyczne.

### Podsumowanie

Każdy organizm żywy, a w szczególności organizm człowieka możemy porównać do skomplikowanego i wysoce wyspecjalizowanego laboratorium biochemicznego. W organizmie zachodzi ogromna liczba ściśle połączonych ze sobą procesów chemicznych. Nieznajomość składu chemicznego spożywanych produktów jak również podstawowych praw chemicznych, może przyczynić się do zachwiania równowagi w odżywianiu na poziomie komórkowym, co w konsekwencji może prowadzić do wielu schorzeń metabolicznych. Nawyki żywieniowe społeczeństwa są kształtowane przez modę i reklamę produktów spożywczych. Nie zawsze produkt reklamowany musi być zdrowy i bezpieczny dla zdrowia konsumenta. Dlatego bardzo ważna jest znajomość podstawowych właściwości związków chemicznych występujących w produktach żywnościowych i powstających w procesie przygotowania i przechowywania potraw. Świadomy konsument w oparciu o posiadaną wiedzę z szeroko rozumianych nauk przyrodniczych będzie starał się dobrać produkty do przyrządzania potraw tak, aby zapewnić sobie dostarczenie z pożywieniem odpowiedniej ilości węglowodanów, białek i tłuszczu oraz mikroelementów. Umiejętne czytanie etykiet produktów spożywczych pozwoli na wyeliminowanie lub ograniczenie z diety produktów zawierających szkodliwe dla zdrowia barwniki czy konserwanty. Należy również zwracać uwagę na skład ilościowy poszczególnych grup związków w spożywanych produktach spożywczych, ponieważ zbyt duża lub zbyt mała ilość jednego z nich może ujemnie wpływać na procesy biochemiczne zachodzące w organizmie człowieka. Dla świadomych konsumentów mottem na każdy dzień powinna być sentencja wygłoszona przez L.L. Paulinga (laureata nagrody Nobla z chemii): „Właściwe odżywianie będzie medycyną jutra”.

### Bibliografia

- Bielawski, J. (1986). *Koran*, Sura V. Stół zastawiony. Warszawa, PIW, ISBN 83-06-01168-6.
- Dżugan, M., Pasternakiewicz, A. (2007). Ocena dziennego pobrania azotanów z wyrobami mięsnymi i wodą pitną. *Proceedings of ECOpole*, 1, 1/2, 129-132.
- Frankel, E.N. (1998). *Fryings fats*. W: Lipid oxidation. Red. N.E. Frankel. The Oily Press, Dundee, 227-248.

- Gertz, C., Klostermann, S., Kochhar, S.P. (2000). Testing and comparing oxidative stability of vegetable oils and fats at frying temperature. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 543-551. doi:10.1002/1438-9312(200009)102:8<93.3.CO;2-M
- Hazuka, Z. (2003). Oznaczenie monomerów cyklicznych nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczach posmażalniczych. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, Supl.: 405-410.
- Hellwing, M., Henle, T. (2014). Baking, ageing, diabetics: a short history of the Maillard reaction. *Angewandte Chemie International Edition*, 53, 10316-10329. doi:10.1002/anie.201308808
- Innawong, B., Mallikarjunan, P., Irudayaraj, J., Marcy, J.E. (2004). The determination of frying oil quality using Fourier transform infrared attenuated total reflectance. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 37, 23-28.
- Internet: <http://www.oetker.pl/pl-pl/z-historii-naszej-firmy.html>
- Kmieciak, D., Korczak, J. (2010). Tłuszcze smaźalnicze – jakość, degradacja termiczna i ochrona. *Nauka Przyroda Technologie*, 4(2), 23.
- Kourimsky, J. (1993). *Encyklopedia minerałów i skał*. Wyd. Delta. Warszawa, ISBN: 83-7175-085-4.
- Kowalski, S., Lukaszewicz, M. (2014). Wpływ warunków wypieku kruchych ciasteczek na powstawanie wybranych pochodnych furanowych oraz zmianę potencjału antyoksydacyjnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1(92), 187 – 199. doi:15193/zntj/2014/92/187-199.
- Kroh, L.W. (1994). Caramelisation in food and beverages. *Food Chemistry*, 4 (51), 373-379.
- Ledóchowska, E., Hazuka, Z. (2006). Przemiany termooksydacyjne wybranych olejów oliwkowych i oleju rzepakowego zachodzące w czasie ogrzewania i smażenia. *Tłuszcze Jadalne*, 41(3-4), 193-204.
- Lerche, H., Pischetsrieder, M., Severin, T. (2002). Maillard reaction of D-glucose: identification of a colored product with conjugated pyrrole and furanone rings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2984-2986. doi:10.1021/jf0114031
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M.C., Lerici, C.R. (2000). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science & Technology*, 9-10(11), 340-346. doi:10.1016/S0924-2244(01)00014-0
- McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Grumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J., Stevenson, J. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *The Lancet*, 6, 1560-1567. doi:10.1016/S0140-6736(07)61806-3
- Michalska, A., Zieliński, H. (2007). Produkty reakcji Maillarda w żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(51), 5-16.
- Oleđzka, I., Konieczna, L. (2009). Opracowanie metody oznaczenia zawartości azotanów(III) i (V) w przetworach mięsnych z zastosowaniem kapilarnej elektroforezy strefowej. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*. XLII(3), 503-507.
- Rimac-Brnčić, S., Lelas, V., Rađ, D., Simundić, B. (2004). Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 64, 237-241. doi:10.1016/j.jfoodeng.2003.10.006
- Rogozińska, I., Wichrowska, D. (2011). Najpopularniejsze dodatki utrwalające stosowane w nowoczesnej technologii żywności. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 50(2), 19-21.
- Rutkowski, A., Gwiazda, S., Dąbrowski, K. (2003). *Kompedium dodatków do żywności*. Wydawnictwo Hortimex, Konin. ISBN: 8391865770.
- Sikorski, Z. E. (1994). *Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności*. WNT, Warszawa, ISBN: 83-204-1750-3.
- Stryer, L. (2003). *Biochemia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. ISBN: 83-01-13978-1.
- Vistoli, G., De Maddis, D., Cipak, A., Zarkovic, N., Carini, M., Aldini, G. (2013). Advanced glycoxidation and lipoxidation end products (AGEs and ALEs): an overview of their mechanisms of formation. *Free Radical Research*, 47(1), 3-27. doi: 10.3109/10715762.2013.815348
- Wilka-Jeszka, J. (1996). *Monosacharydy i oligosacharydy*. W: *Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności – pod red. Z.E. Sikorskiego*. WNT, Warszawa, 122-131.
- WHO: Guideline: Sodium intake for adults and children. World Health Organization (WHO), Geneva 2012. [online]. WHO. Dostęp w Internecie: [14.01.2016.] [http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium\\_intake\\_printversion.pdf](http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium_intake_printversion.pdf)
- Wujek, S.J. (1962). *Biblia Tysiąclecia*. Wydawnictwo Apostołów Modlitwy, Kraków, ISBN: 978-3-506-77073-8.

Jadwiga Stachowicz

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
Katedra Chemii, Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii  
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin  
[jadwiga.stachowicz@up.lublin.pl](mailto:jadwiga.stachowicz@up.lublin.pl)