

## **UTJECAJ SASTAVA PRIRODNE KOZMETIKE NA POVRŠINSKU NAPETOST SAPUNA**

**Vlatka Križanović, doc. dr. sc. Iva Rezić (mentor)**

*\*Studentice preddiplomskog studija Tekstilnog inženjerstva na Tekstilno tehnološkom fakultetu*

*\*\* Zavod primijenjenu kemiju Tekstilno tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu,*

*Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb 10000.*

e-mail: iva.rezic@ttf.hr

---

### **Sažetak:**

Prirodna kozmetika je kozmetika koja je dobivena korištenjem prirodnih sastojaka bez dodataka sintetičkih i industrijskih supstanci. Pojam „prirodno“ se koristi za opisivanje tvari ili stanja koje je u skladu s prirodom i koje proizlaze iz nje, koji pripadaju prirodi ili koji su povezani s istom. Prirodne tvari se dobivaju iz biljnog, životinjskog i mineralnog izvora bez prethodnog prolaska tvari kroz neki sintetski postupak.

Sapuni su anionski tenzidi koji se koriste za pranje i čišćenje. Nalaze se u krutom agregatnom stanju ili u obliku viskozne tekućine. Sastoje se od natrijevih i kalijevih soli viših masnih kiselina. Nastaju reakcijama masnoća s jakim lužinama u procesu saponifikacije. Sapuni su površinski aktivne tvari koje smanjuju površinsku napetost vode. Primjenom metode stalagmometra ustanovili smo da dodatkom različitih otopina metalnih iona u razrijeđenu otopinu sapuna površinska napetost raste kao posljedica elektrostatskih privlačenja između iona.

**Ključne riječi:** prirodna kozmetika, površinska napetost, metoda stalagmometra

---

## 1. UVOD

Sklonost čovjeka mijenjanju izgleda seže u pretpovijesna vremena. Neki stari načini ukrašavanja mogu se još naći kod primitivnih plemena koja smatraju lijepim tetoviranje lica i tijela, premazivanje kože bojama, namjerno deformiranje usnica i uha te stvaranje brazgotina. Mnogo kasnije u razvijenim antičkim zemljama nastojalo se kozmetičkim sredstvima prikriti loš izgled i istaknuti ono što je u čovjeka lijepo. Ekološki pokreti koji propagiraju zdrav život doprinijeli su povećanju opće svijesti o njegovanom i zdravom tijelu. Izgled je važan za međuljudske odnose. Zato primjena kozmetičkih sredstava nema samo dekorativno djelovanje već i psihološko, društveno te medicinsko značenje. Nažalost, valja napomenuti kako kozmetika može sadržavati i izuzetno štetne tvari koje imaju kancerogeno, genotoksično i toksično djelovanje. Te tvari uključuju teške metale, organske i anorganske tvari poput tenzida i dr.

U ovom završnom radu ispitao se utjecaj sastava prirodne kozmetike na površinsku napetost sapuna. Metoda određivanja bila je metoda stalagmometra. Ispitano je nekoliko raznih receptura, a dokazano je kako neke antibakterijske recepture koje sadrže metalne ione nisu pogodne za tekuće sapune jer talože. No, moguće ih je primijeniti u krutim proizvodima sapuna.

### 2. 2.1. PRIRODNA KOZMETIKA

#### 2.1.1. RAZVOJ KOZMETIKE I KOZMETOLOGIJE

Danas se pod pojmom "kozmetika" (engl. cosmetics, lat.: ars cosmetica, ornatus, decoratio, grčki: kosmetike) smatra skup djelatnosti kojima je osnovni cilj njegovanje osobne ljepote čovjeka, a kozmetologija (engl. cosmeticology, cosmetology) kreativna je kategorija ovih djelatnosti. Točnije, kozmetika obuhvaća tehnike čišćenja, njege, zaštite, mirisanja i ukrašavanja svih dijelova tijela sa svrhom da se što duže sačuva lijepim i istakne ono što je na osobi lijepo, a da se istodobno prekriju prirodni nedostaci izgleda. [1]

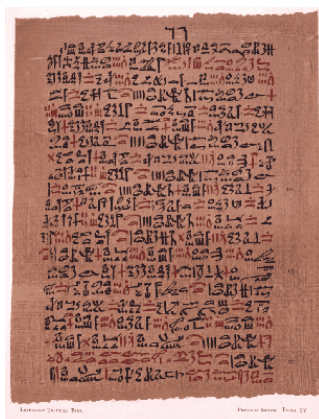
#### 1.1.1. Kozmetika u starom vijeku

Spoznaje o primjeni kozmetičkih sredstava starije su od povijesnih zapisa, što svjedoče nalazi stari oko 7000 godina. Na mumijama i slikama u grobnicama faraona vidi se primjena sjenila za okolinu oka (sadržavaju malahnit), već 5000 godina pr. Kr. izrađuju se masti za usnice, a ugljeni štapići za isticanje očiju oko 3400 god. pr. Kr. Osim ugljenih štapića za ovu svrhu su se upotrebljavala i boja kohl (mestem) koja se sastojala iz antimonsulfida, olovo-sulfida, bakar-oksida i magnezij-oksida. Primjena boje za kosu (kana) vidi se na jednoj mumiji iz 18. egipatske dinastije, a to je oko 1580. god. pr. Kr. [1]



Slika 1. Primjer mumije iz 18. egipatske dinastije [7]

Kasnije se kanom ukrašavaju nokti na rukama i nogama. Na temelju zapisa zna se da su u početku pisane povijesti čovječanstva medicina i kozmetika činile prirodnu cjelinu, da bi se kasnije u pojedinim epohama razdvajale i ponovno združivale. Tako je kod starih Egipćana kozmetika povezana s medicinom pa se u Papyrus Ebers (otkriven 1874. u Luksoru, dug 20 m, širok 30 cm, pisan s obje strane, sadrži 829 propisa), koji datira iz 1550. god. pr. Kr., nalaze kozmetički propisi zajedno s medicinskim receptima.



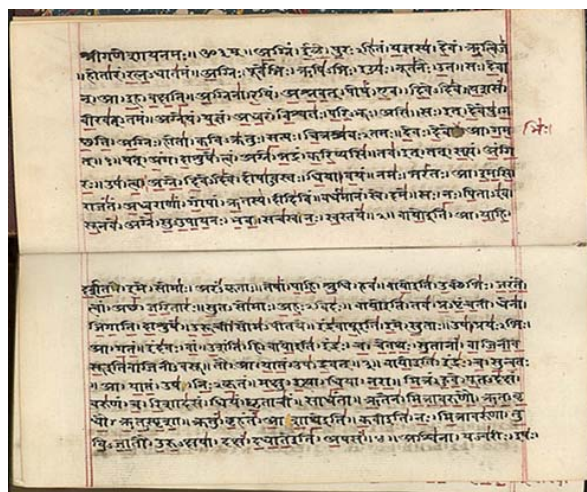
Slika 2. Primjer mumije iz 18. egipatske dinastije [7]

Tu se nalaze pripravci za sijedu kosu, za uklanjanje bora, jačanje zubi, kupanje, šminkanje, friziranje, uklanjanje neugodnih mirisa i suvišnih dlaka. Pripravci sadržavaju supstance životinjskog, biljnog i mineralnog podrijetla. Tako je npr. prašak za pranje zubi sadržavao usitnjeni kremen, zelenu rđu, glinu i med. Kasnije je, prema navodima Galena, Kleopatra napisala zbirku receptata u kojoj se nalaze propisi za uklanjanje peruti, protiv ispadanja kose i za njeno bojenje te za uljepšavanje i njegu lica. Misli se ipak da je to djelo drugih autora. Iz ovih navoda proizlazi, da je, osim dekorativne kozmetike, bila razvijena i higijenska kozmetika, koja je prvenstveno obuhvaćala pranje tijela i masažu uz primjenu mirisnih kupki, ulja i masti. Mirisi su mošus, ambra, tamjan, cibet, timijan i dr. Oni se, osim za navedene primjene, upotrebljavaju i za mirisanje hramova i drugih prostora, za balzamiranje i prigodom prinošenje žrtava. Dokaz za to su i alabasterne posude za čuvanje mirisa, koje su pri otkriću Tutankamonova groba još uvijek mirisale.



Slika 3. Tutankamonov grob [9]

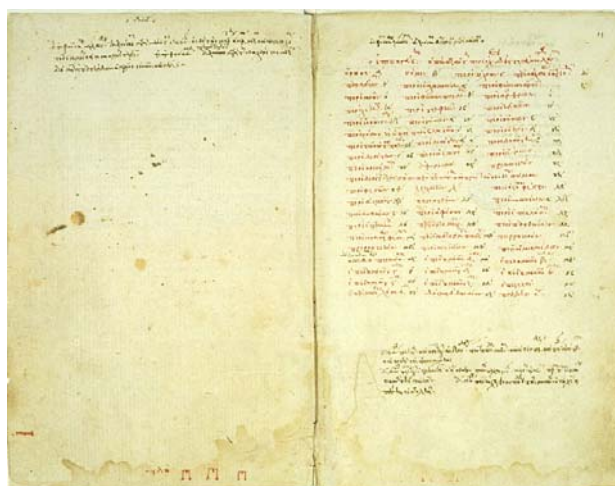
Pronađene su i u grobnicama drugih faraona, a neke su sadržavale spomenuti kohl ili mestem. Takvi alabasteri čuvaju se i u British Museumu u Londonu, a datiraju iz 3500. pr. Kr. Egipćani su izumili kupelji s podnim zagrijavanjem koje su kasnije preuzeli Židovi, Grci i Rimljani, razvili su umjetnost uljepšavanja lica i tijela te češljanja, bojenje i kovrčanja kose. Egipatsko znanje o kozmetici proširilo se u zemlje sredozemlja i Azije: Asiriju, Kaldeju (južna Babilonija), Perziju, Grčku i Indiju. U starim hinduskim svetim knjigama (Vede, 1500-500 god. pr. Kr.), koje su pisane sanskritom opisuje se čak 2000 ljekovitih i mirisnih tvari.



Slika 4. Stare hinduske svete knjige (Vede, 1500-500 god. pr. Kr.) [10]

Smatra se da su Židovi tijekom svog izgnanstva u Egiptu naučili sve bitno o parfumeriji te o higijenskim i dekorativnim pripravcima. Tako se u Bibliji spominju kozmetička znanja u području stare Palestine. Navode se masti za ulja i masažu, mirisi, rumenila za lice, boje za obrve i trepavice te umjetni zubi (izrađivali su ih iz drveta, slonovače i zlata).

U starih Grka kozmetika je također povezana s medicinom. Kozmetička sredstva se nabavljaju kod farmakopola (ljekarnika). Sredstva su slična onima iz Egipta, a opisuje ih već znameniti liječnik Hipokrat (460-337 god. pr. Kr.) u sveobuhvatnom djelu “Corpus Hippocraticum” (sastoji se od 59 djela, a u drugoj knjizi su kozmetički pripravci).



Slika 5. Corpus Hippocraticum [11]

Tu su opisana sredstva za poljepšavanje lica, uklanjanje bora, protiv ispadanja kose, protiv sunčanih pjega, za uklanjanje suvišnih dlaka, za masažu i mirisanje. Grci za šminkanje upotrebljavaju bijeli pigment “psimytion” (olovov-karbonat) i crveni živa(II)-sulfid, koji se počinje upotrebljavati u vrijeme održavanja VII. olimpijade, a pronašao ga je Kallias. Toaletne pudere, tzv. diapazmata, pripremali su iz prašaka mirisnog bilja uz dodatak bijelih pigmenta, a služili su za upijanje znoja, mirisanje postelje i odijela. Za pranje zubi upotrebljavali su prah jelenjih rogova, pepeo životinjskih kostiju, usitnjeni plovućac i mramor te različito ljekovito bilje. Grkinje su bojile kosu (hetero žuto sa šafranom), depilirale su dlake toplom smolom i upotrebljavale mnogo mirisa. Svake

godine se u svibnju u staroj Ateni održavala Kallyntyria. To je svečanost ljepote, kada su se Atenjani posebno uređivali, a uljepšavali su i kip svoje zaštitnice božice Atene. Grčki filozof Teofrast opisuje 500 biljaka koje se mogu upotrebljavati za liječenje, bojanje i mirisanje. Osim toga je iscrpno opisao izradu i fiksiranje mirisa pomoću ulja. Biljna ulja i nadalje služe za premazivanje kože nakon kupanja i prije hrvanja, jer njeguju kožu, a aromatizirane masti i ulja su kozmetička sredstva i smatraju se luksuzom. U starom Rimu kozmetika je doživjela procvat, naročito u doba careva, kada u Rim dolazi mnogo grčkih liječnika, filozofa i enciklopedista. U to vrijeme mirisi se izrađuju na bazi perunike (*Iris illyrica*) i drugog mirisnog bilja. Rimljani upotrebljavaju rumenila za lice, tekuće pudere, emplastre za uklanjanje dlaka (sastoje se iz smola i kolofonija) i boje za kosu koje primjenjuju i žene i muškarci. Među bojama za kosu najcjenjenija je bila lizimahija jer je davala svjetlu boju kosi, koja je bila najpoželjnija za tamnokose Rimljanke. Naziv je dobila prema navodnom otkrivaču Lizimahu (*Lysimachus*), vojskovođi Aleksandra Velikog, a botaničari su utvrdili da je to biljka *Lythrum salicaria* L. Sijedu su kosu češljali olovnim češljem umakanim u vinski ocat. To je preteča kasnije primjene olovo-acetata

za obnavljanje boje kose. Za čišćenje kože Rimljanke su upotrebljavale masti, ulja i pudere. Dvije vrste vrlo alkalnih sapuna uglavnom su se upotrebljavale za svijetljenje kose. Oko 80. godine u Rimu se proizvodi više od 600 vrsta kozmetičkim preparata. To su: paste za ljuštenje (piliranje), šminke, boje za kosu, kreme, masti, kupke i mirisi [1].



Slika 6. Bočice za šminku, Egipat, 700-600 god. pr. Kr. [1]

### **1.1.2. Kozmetika u srednjem vijeku**

U većini srednjovjekovnih kršćanskih zemalja Europe zapušta se higijena i primjena kozmetičkih preparata, jer vlada uvjerenje da je isticanje ljepote djelo đavla i da je prijevara stvaranje ljepote tamo gdje je prirodno nema. Također se naglašava da kozmetika nema veze s medicinom, jer ona ne liječi. U islamskim zemljama kozmetika je u procvatu već u srednjem vijeku, jer se tamo osobito cijeni ljepota žene, a pranje tijela, zubi i usta je ritualni čin. U Arabiji i Perziji na temelju spoznaja iz kemije, farmakologije i botanike, pripremaju se boje za kosu, depilatori, mirisi i pripravci za njegu kože i kose. Među bojama se ističe "egipatska voda", otopina srebrovognitrata, koju su uz Egipćane osobito cijenili i Perzijanci za bojenje kose i brade. Za istu svrhu se koriste biljne boje kana i indigo. U to vrijeme Arapi proizvode toliko mirisa da ih izvoze u Europu. Arapski liječnici Razes i Avicena pišu o kozmetici, a Avicena prvi destilira eterična ulja i tako dobiva ekstrakte mirisa [1].

### **1.1.3. Kozmetika i kozmetologija u novom vijeku**

Počeci novog doba u Europi karakterizirani su renesansom na području književnosti, umjetnosti i graditeljstva. Razvijeno građansko društvo troši mnogo skupocjenih mirisa, dekorativnih pripravaka, krema i sl., ali je higijena općenito na vrlo niskoj razini. Mnoga kozmetička sredstva toga doba su beskorisna ili čak štetna za zdravlje. Za čišćenje zubi upotrebljavaju se samo čačkalice, no one su u bogatijih izrađene od zlata, slonovače i sl. U 15. i 16. stoljeću medicinske knjige više ne uključuju kozmetiku, ali mnogi liječnici pišu o njoj. U 17. stoljeću kozmetika je jako popularna, a smatraju je granom medicine. Kozmetički pripravci izrađuju se u ljekarnama Italije, Francuske i drugih europskih zemalja. Potvrda za to su dvije knjige koje je napisao Pierre Le Conte (Paris 1616. i 1641.) tvrdeći da cjelokupna kozmetika služi zdravlju i da je zdravlje uvjet za lijep izgled. I drugi liječnici pišu i izdaju velik broj knjiga iz područja kozmetike, a tema je ljepota i kako sačuvati zdravlje i ljepotu. U 18.

stoljeću nastaje opsežna kozmetička literatura sa savjetima za čuvanje zdravlja i ljepote. Autori su liječnici, ljekarnici, proizvođači kozmetičkih preparata, kao i oni koji se žele obogatiti na ljudskoj taštini. U Engleskoj se pak boje pretjerane potrošnje kozmetičkih sredstava i pribora za prikrivanje tjelesnih nedostataka tako da engleski parlament 1770. god. donosi propis prema kojem će sve žene, bez obzira na dob, položaj i profesiju, koje obmane u braku bilo kojeg građanina Engleske, primjenom mirisa, boja, kozmetičkih voskova, umjetnih zubi, lažne kose i sl., biti kažnjene po zakonu, a brak će se nakon osude poništiti.

U isto vrijeme u Francuskoj se troše velike količine dekorativne kozmetike, kolonjskih voda i parfema. To je osobito izraženo na francuskom dvoru, gdje su potrošači ovih sredstava ne samo žene i muškarci, već i djeca. Razlog tome je nedostatak higijena. U Versailleskom dvorcu postojala je jedna jedina kada za kupanje i nju su upotrebljavali za vodoskok. Zato su neugodne mirise morali prikrivati velikim količinama kolonjskih voda i parfema. Iz Francuske se moda šminkanja i dotjerivanja poput epidemije proširila na Njemačku i Austriju. Želju za dotjerivanjem nisu mogle suzbiti niti zabrane Marije Terezije i njezina sina Josipa II. koji je 1787. zabranio pripravu, prodaju bijele šminke zbog štetnosti za zdravlje, a za prodaju crvene šminke odredio je velik porez.

U 19. stoljeću započinje industrijska proizvodnja kozmetičkih sredstava i supstancija za kozmetičku industriju, kozmetika dobiva znanstvene temelje i priznata je grana medicine. Dvadeseto stoljeće je karakterizirano razvojem svih sektora kozmetike i kozmetologije, od industrijske proizvodnje sirovina i preparata, stručne i znanstvene publicistike kao i edukacije, do konačne primjene u salonima te u specijaliziranim ordinacijama i klinikama koje se često nazivaju "farme ljepote" [1].



Slika 7. Kozmetički pripravci koje krajem 19. stoljeća u Pregradi proizvodi Adolf pl. Thierry [1]

#### 1.1.4. Značenje i zadaci kozmetologije danas

Ekološki pokreti koji propagiraju zdrav život doprinijeli su povećanju opće svijesti o njegovanom i zdravom tijelu. Izgled je važan za međuljudske odnose. Zato primjena kozmetičkih sredstava nema samo dekorativno djelovanje već i psihološko, društveno te medicinsko značenje. Poznato je da na psihu loše utječe prekomjeran rast dlaka, pretjerano znojenje, prerano sijedenje kose i sl. Zato će kozmetički preparati učiniti da se takve osobe bolje i sigurnije osjećaju. Neposredno s psihološkim djelovanjem, povezano je društveno značenje kozmetologije, jer čišćenje, njega, zaštita i uljepšavanje kože, kose i nokata doprinose općem poboljšanju izgleda osobe, jačanju njezina samopouzdanja i omogućavaju sigurniji nastup u društvu. Razvoj kozmetologije omogućio je da kozmetička sredstva postanu dostupna svim slojevima društva. To je osobito važno za upotrebu higijenskih preparata. Medicinsko značenje kozmetologije očituje se u prevenciji bolesti kože, a isto tako i zubi i usne šupljine. Neki noviji podaci pokazuju da upotreba dekorativne kozmetike može dati i pozitivne imunološke odgovore, jer aktivira imunostni sustav, što se očituje povećanom koncentracijom antitijela. Osnovni zadaci kozmetologije su istraživanje svih čimbenika koji doprinose čišćenju, njezi i zaštiti kože, kose, nokata, zubi i usne šupljine, zatim mirisanju tijela, maskiranju nedostataka kože, kose i nokata kao i njihovu uljepšavanju. Daljni zadaci su istraživanje različitih povoljnih i nepovoljnih utjecaja na kožu te pronalaženje postupaka i pripravaka kojima se mogu otkloniti ili barem ublažiti fizičke i funkcionalne promjene koje narušavaju izgled osobe, te otkloniti pojave međudjelovanja kozmetičkih pripravaka. Nažalost, valja napomenuti kako kozmetika može sadržavati i izuzetno štetne tvari koje imaju kancerogeno, genotoksično i toksično djelovanje. Te tvari uključuju teške metale, organske i anorganske tvari poput tenzida i dr.

## 1.2. Tvari u prirodnoj kozmetici

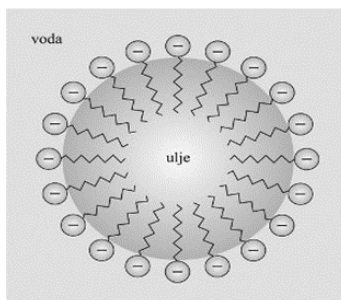
Pojam „prirodno“ se koristi za opisivanje tvari ili stanja koje je u skladu s prirodom i koje proizlaze iz nje, koji pripadaju prirodi ili koji su povezani s istom. Prirodne tvari se dobivaju iz biljnog, životinjskog i mineralnog izvora bez prethodnog prolaska tvari kroz neki sintetski postupak. Prirodne tvari mogu biti posljedica fizikalnih i bioloških procesa, čak i kada se iste tvari ne mogu naći u prirodi neovisno o tim postupcima. [17]

### 1.2.1. Tenzidi

Tenzidi su površinski aktivne tvari (njem. tenside, engl. surfactants), to su tvari ambifilnih osobina, jer posjeduju hidrofilne i lipofilne skupine. Smanjuju napetost površine, a kod određene koncentracije stvaraju micide (kritična micelizacijska koncentracija, CMC je ona minimalna količina tenzida u vodenoj otopini pri kojoj se stvaraju molekularni agregati).[3] Površinski aktivne tvari (tenzidi) već u niskim koncentracijama snižuju površinsku napetost vode što olakšava kvašenje tekstilnog materijala (smanjuju dodirni kut između krute tvari i otopine). To je izrazito važno u procesima oplemenjivanja u kojima se koriste kiseline, lužine i soli. Naročito veliku površinsku napetost ima otopina natrijeva hidroksida koja se koristi u procesu mercerizacije. Molekule tenzida su građene od dugog ugljikovodikovog hidrofobnog lanca i hidrofilne grupe koja omogućava topljivost tenzida u vodi. Hidrofobni lanac može biti alkilni ili arilalkilni, a hidrofilna grupa može biti karboksilatna, sulfonatna, sulfatna, hidroksilna itd., a u kationskih tenzida to su najčešće derivati amonijevih soli. Fizikalno-kemijska svojstva tenzida (oblik i duljina ugljikovog lanca hidrofobnog dijela tenzida te veličina, naboj, dipolni momenti i mogućnost hidratacije hidrofilne skupine) odgovorna su za njihovo ponašanje u otopinama. [21]

Kada se molekule površinski aktivnih tvari otopljene u vodi nađu u kontaktu s mastima ili uljima, hidrofobni dijelovi molekula prodiru u česticu masti pa njezina površina postane hidrofilna i negativno nabijena. Veće čestice masti razbijaju se na manje čestice, koje su topljive u vodi zbog polarnih skupina na njihovoj površini. Mehaničkim se putem (miješanjem u stroju za pranje rublja) potpomaže razbijanje većih čestica masti u manje koloidne čestice, a na kraju se ispiranjem uklanjaju dispergirane čestice i višak površinski aktivnih tvari. [22]

Primjenjuju se kao stišavači pjene, emulgatori, sredstva za pranje, solubilizatori, dispergansi i okvašivači. Neki od tenzida mogu imati više djelovanja. Npr. polisorbitat 20 je emulgator, stabilizator i dispergans. Smatra se da je lipofilni (nepolarni) dio molekule površinski aktivan. Podjela tenzida može se provesti prema ionogenosti ili npr. prema HLB-vrijednosti. Tako podjela na anionske, kationske, neionogene i amfoterne tenzide omogućava da se površinski aktivna tvar prilagodi, s obzirom na ionogenost, ostalim sastojcima pripravaka, a to znači da se mogu međusobno kombinirati i različiti tenzidi i druge supstancije ako su iste ionogenosti, a također se mogu pojedini tenzidi miješati s neionogenim i amfoternim tenzidima. Ne preporuča se miješati anionske i kationske tenzide, jer tada i jedni i drugi gube svoje osnovne osobine. Npr. anionski tenzidi gube sposobnost pjenjenja, a kationski baktericidno djelovanje. Iznimka su šamponi kojima se uz velik udio anionskih tenzida dodaje i mala količina kationske površinsko aktivne tvari, a svrha je neutralizacija elektrostatskog naboja na kosi. HLB (Hydrophile-Lipophile-Balance) sustav dijeli tenzide prema njihovim sposobnostima djelovanja na granici između dviju faza, a one ovise o odnosu hidrofilnih i lipofilnih skupina u molekuli tenzida. Tvari s HLB-vrijednosti ispod 10 pokazuju bolju topljivost u ulju, a one s HLB-vrijednosti preko 10 bolje su topljive u vodi. Tenzidi se u vodenoj otopini u monomolekularnom sloju nakupljaju na granici faza, i to tako da se hidrofilni dio orijentira prema vodenoj, a hidrofobni prema nevodenoj fazi (zrak, odnosno tvari kao što su ulje, masnoće i druge organske nečistoće). Tako tenzidi djeluju kao pjenila, a posebno su važni kao kvasila i emulgatori, jer s jedne strane mijenjaju energetske odnose na graničnim plohamo između čvrste podloge, nečistoće i vode, tako da se nečistoća odvaja od podloge, a s druge strane sprječavaju ponovno taloženje nečistoća na podlogu stabilizirajući njezinu suspenziju u vodi. Ovisno o naboju hidrofilnoga dijela molekule, tenzidi mogu biti anionski, kationski, neionski ili amfoterni. Najšire se primjenjuju i za pranje su najvažniji anionski tenzidi, ponajprije alkilbenzensulfonati ( $R-C_6H_4-SO_3H$ ; R je ugljikovodična skupina), alkilsulfonati ( $R-SO_3H$ ) i alkilsulfati ( $RO-SO_3H$ ). [3]



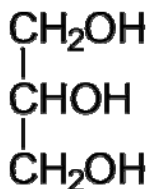
Slika 8. Tenzidi, kapljica ulja u vodi okružena ionima tenzida (gornji dio slike); odvajanje čestica organskih nečistoća s površine krutine djelovanjem tenzida (donji dio slike) [12]

### 1.2.2. *Lipidi*

Lipidi su skupina molekula odnosno spojevi koji sadrže masti, voskove, sterole, masti topljivih vitamina (kao što su vitamini A, D, E i K), monogliceride, trigliceride, fosfolipide i druge, a mogu se ekstrahirati iz stanica i tkiva pomoću nepolarnih otapala. Glavne biološke funkcije lipida su skladištenje energije, a djeluju kao strukturne komponente stanične membrane. Primjenjuju se u kozmetičkoj, prehrambenoj industriji i nanotehnologiji.[13] U vodi su netopljivi, a njihova klasifikacija je dosta neobična jer lipidi kao grupa nemaju zajednička kemijska ili strukturna svojstva. Tim je spojevima zajednička samo metoda izolacije i slično biogenetsko porijeklo. [4]

### 1.2.3. *Derivati glicerola*

Najrašireniji lipidi u živim organizmima su derivati glicerola. Masti i ulja su triesteri glicerola tj. triacil gliceroli (često se nazivaju i trigliceridima). Fosfolipidi su mještoviti esteri glicerola u kojima je jedna hidroksilna skupina glicerola esterificirana s fosfornom kiselinom. Sfingolipidi su derivati aminoglicerola, a blisko su srodni fosfolipidima [4].



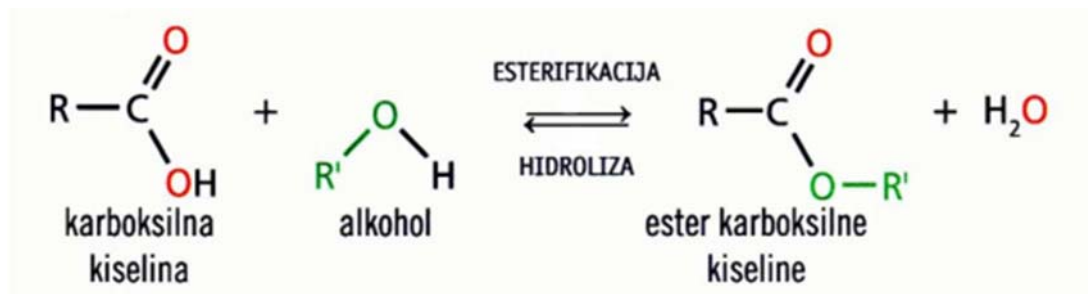
Slika 9. Kemijska strukturna formula molekule glicerola [14]

### 1.2.4. *Masti i ulja*

Masti i ulja su najčešći glicerolski lipidi. Oni su triesteri karboksilnih kiselina dugog lanca koje se zovu masne kiseline. Budući da nastaju od suviška ugljikohidrata u živim organizmima, masti i ulja su glavna skladišta energije. Masti su čvrsti trigliceridi, dok su ulja pri sobnoj temperaturi tekućine. Masne kiseline koje su sastojci masti i ulja obično su nerazgranane molekule koje sadrže 14-22 ugljikova atoma. Zanimljivo je da gotovo uvijek imaju paran broj ugljikovih atoma, a ta je činjenica u vezi s njihovom biosintezom. Hidrolizom lipida dobivaju se nezasićene i zasićene masne kiseline. Triacilgliceroli mogu biti esteri triju istovjetnih ili različitih masnih kiselina. Oni se često nazivaju kao derivati glicerola, npr. trilaurilglicerol, premda se kao i kod većine prirodnih produkata upotrebljavaju različiti nazivi. Prirodne masti i ulja su smjese estera glicerola u kojem je pretežno zastupljena jedna masna kiselina ili dvije. Maslinova ulja, primjerice, sadrže visok udio oleinske kiseline, a ulja od kukuruza uglavnom sadrže linoleinsku i oleinsku kiselinu. To su najčešće nezasićena ulja koja se upotrebljavaju pri pripravi hrane. Maslac sadrži mnogo masnih kiselina od kojih je većina zasićena. Krute masti obično imaju veći udio zasićenih masnih kiselina. Voskovi su esteri masnih kiselina dugog lanca i dugolančanih alkohola. Oni ne sadrže glicerol. Lipidni se voskovi strukturno razlikuju od parafinskih voskova koji su ugljikovodici visoke molekulske mase, a dobivaju se iz nafte. Na esterskim ili alkenskim funkcionalnim skupinama triacilglicerola zbivaju se kemijske reakcije. Potpunom kiselom hidrolizom nastaju pripadajuće masne kiseline i glicerol.



Saponifikacija, bazom potaknuta hidroliza masti i ulja, industrijski je važna metoda za proizvodnju sapuna. Saponifikacija (lat. *sapo*, genitiv *saponis*: „sapun“ + „fikacija“) (osapunjenje), hidrolitička razgradnja estera na alkohole i kiseline; odvija se djelovanjem kiselina, lužina ili enzima (esteraza). Kada se odvija u suprotnom smjeru, naziva se esterifikacijom.

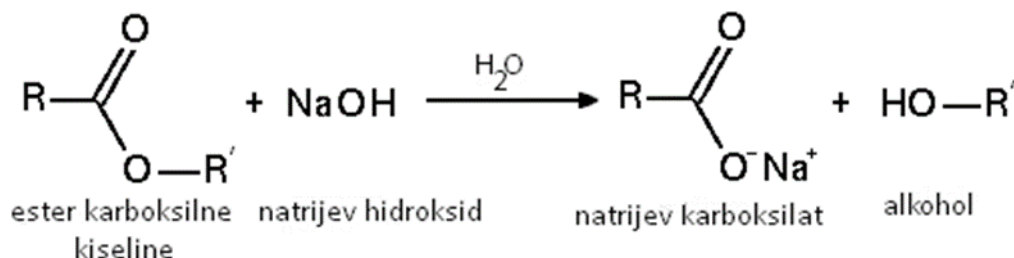


Slika 10. Kemijska reakcija esterifikacije [15]

Najvažnija saponifikacija, po kojoj je reakcija i dobila ime, razgradnja je biljnih i životinjskih masti s pomoću lužina, pri čemu se dobivaju trovalentni alkohol glicerol i soli masnih kiselina (sapuni). Saponifikacija ima mnoge primjene u kemijskoj industriji; oko 80 % ukupne proizvodnje sapuna u svijetu dobiva se saponifikacijom. Nezasićenost masti i ulja obično se kvantitativno određuje adicijom joda na dvostruke veze [6]. Hidrogeniranje dvostrukih veza nezasićenih ulja industrijska je metoda pretvaranja ulja u masti. U pogledu prednosti i nedostataka upotrebe zasićenih ili nezasićenih masti u prehrani postoje znatne nesuglasice. Oksidacija, koja je u vezi s prisutnošću dvostrukih veza, ima komercijalnu i biološku važnost. Oksidacija ulja je proces kojim se stvrđuju uljne boje. [4]

### 1.2.5. Sapuni i deterdženti

Bazična hidroliza estera poznata je pod imenom saponifikacija.



Slika 11. Saponifikacija

Ime potječe od stare metode pripreme sapuna. Životinjske masti, koje su triesteri alkohola glicerola, hidrolizirane su zagrijavanjem u vodenim otopinama baze. Kao baza obično se upotrebljava kalij-karbonat dobiven od drvnog pepela. U suvremenoj saponifikaciji upotrebljava se za hidrolizu masti vodena otopina natrijevog-hidroksida. Sapun je natrijeva ili kalijeva sol karboksilne kiseline dugog lanca ( $\text{R} = \text{C}_{11}\text{-C}_{19}$ ). Karboksilne kiseline, koje dolaze u prirodnim mastima, poznate su kao masne kiseline. Pri preradi mesa ekonomski je vrlo važno industrijsko iskorištavanje životinjske masti, pretvaranjem u sapun ili kemijske sirovine. Svojstva sapuna potječu iz kombinacije polarne karboksilne skupine i nepolarnog ugljikovodičnog lanca unutar iste molekule. U vodenoj se sredini velik broj molekula sapuna skuplja u kuglaste strukture poznate pod imenom micela. Polarni karboksilatni krajevi molekula nalaze se na vanjskom rubu micela zbog njihova međusobnog privlačenja s molekulama vode (hidrofilnost). Nepolarni ugljikovodični krajevi molekula skupljeni su u sredini micela kako bi se smanjio dodir s vodom (hidrofobnost). „Otopina sapuna“ ustvari je suspenzija sapunskih micela u vodi. Sapun čisti privlačenjem nepolarnih molekula (masti i sl.) u nepolarno središte micela. Voda privlači vanjski polarni dio micela i tako se ispire mast koja je postala „topljiva“. Sapuni se svrstavaju u tenzide, tj. oni su

površinski aktivne tvari. Sapuni smanjuju napetost površine vode. Smanjena površinska napetost omogućuje otopini sapuna bolje prodiranje u tkaninu, čime se povećava sposobnost čišćenja. Danas postoji više vrsta sintetičkih deterdženata za pranje druge primjene. Najčešće su to soli sulfonskih kiselina. Te su tvari anionski deterdženti, jer je polarni dio molekule alkilsulfonatni anion. Za upotrebu u vodi koja sadrži znatne koncentracije kalcijevih i magnezijevih iona („tvrda voda“) deterdženti su bolji od sapuna. Dugolančane karboksilne kiseline tvore slabo topljive kalcijeve i magnezijeve soli koje se izdvajaju iz vodene faze kao nedjelotvorna „sapunska pjena“. Srodne soli sulfonske kiseline ostaju topljive i zadržavaju svoja svojstva površinske aktivnosti. Mnogi sintetički deterdženti imaju nerazgranane alkilne skupine, koje se u prirodi lakše razgrađuju od razgrananih. Takva biološka razgradljivost važna je za sprečavanje zagađenja voda rijeka i jezera nagomilavanjem visokih koncentracija „sapuna“ iz otpadnih voda. Posebnu primjenu imaju druge dvije vrste sintetičkih deterdženata. Kationski deterdženti, koji su kvaterne amonijeve soli, upotrebljavaju se kao omekšivači za vlakna. Polialkoholi (polioli) i polieteri primjenjuju se kao neutralni deterdženti. [4]

Sapuni koji se rabe u osobnoj higijeni (toaletni sapun) sadrže oko 80 % masnih kiselina (tj. oko 85 % alkalijskih soli masnih kiselina) te najviše 0,03 % slobodnih alkalija. Već prema namjeni, toaletnom se sapunu dodaju boje, mirisi, dezodoransi, dodaci za njegu kože, antioksidansi i baktericidi. U tekstilnoj industriji sapuni služe za pranje i mekšanje prirodnih vlakana, a u metalnoj industriji za podmazivanje i kao sredstvo za zaštitu od korozije. Medicinski sapuni sadrže različite ljekovite dodatke.

Sapun je jedan od najstarijih poznatih kemijskih proizvoda. Prvi podaci o pripremi sapuna pojavili su se u spisima Plinija Starijega (I. st.). U srednjem vijeku proizvodio se u Veneciji i Marseilleu (zeleni »marseijski« sapun iz maslinova ulja). Masovna industrijska proizvodnja sapuna započela je u XIX. st., čemu je pridonio razvoj tekstilne industrije, povećan uvoz tropskih biljnih ulja te razmjerno jeftina proizvodnja sode po Leblancovu postupku. Nedostatak je sapuna stvaranje netopljivih koagulata kalcijevih i magnezijevih sapuna u tvrdoj vodi, što umanjuje njegovu djelotvornost za pranje. Upravo iz tih su razloga polovicom XX. st. sintetski deterdženti počeli potiskivati sapune kao sredstva za pranje, iako sapuni još uvijek nalaze široku primjenu u održavanju osobne higijene i u različitim industrijskim procesima. [5]

### **1.2.6. Eterična ulja**

Eterično ulje je koncentrirana hidrofobna tekućina koja sadrži hlapljive aromatske spojeve iz biljaka. Poznata su pod nazivom eterična ulja, hlapljiva ulja ili jednostavno kao ulje biljke iz koje je dobiveno. Uglavnom se ekstrahiraju destilacijom pomoću vodene pare. Eterična ulja se koriste u parfemima, kozmetici, sapunima, također se koriste za aromatiziranje pića i hrane, dodaju se u proizvode za čišćenje i drugo. Kroz povijest su se koristila u medicinske svrhe. U zadnjih nekoliko godina oživljava interes za eteričnim uljima s procvatom aromaterapije-grane alternativne medicine koja tvrdi da eterična ulja imaju ljekovita djelovanja. Proces dobivanja eteričnog ulja destilacijom se sastoji od pripreme biljnog materijala koji se sastoji od lišća, cvijeća, drveta, kore, korijenja, sjemenke. Materijal se stavi u aparaturu za destilaciju iznad vode. Grijanjem vode, para prolazi kroz biljni materijal gdje se odvija proces isparavanja hlapljivih komponenti. Para prolazi kroz cijev aparature (zavojnicu) gdje se ujedno i kondenzira te vraća natrag u posudu za skupljanje destilata. Većina eteričnih ulja se ekstrahira u jednom procesu. [18]

### **1.2.7. Anorganske tvari u sapunima**

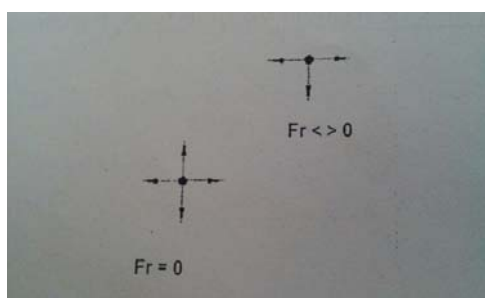
Natrijev hidroksid je bijela neprozirna higroskopna kristalna kruta tvar, koji u prisutnosti malih količina primjesa poprimi sivu boju. Higroskopan je (lako upija vlagu i uljikov dioksid iz zraka) pri čemu nastaje natrijev karbonat i natrijev hidrogenkarbonat. Zbog toga se dobro čuva u staklenim bocama s gumenim čepom ili u plastičnoj ambalaži. Natrijev hidroksid je jedan od najčešće upotrebljivanih hidroksida u kemijskoj industriji. Jedan je od najvažnijih produkata anorganske kemijske industrije i jedna je od najznačajnijih baza i ima višestruku upotrebu. Najviše se troši u industriji umjetnih vlakana, u tekstilnoj industriji, u proizvodnji sapuna (i ostalih sredstava za pranje), u proizvodnji boja, papira (preradi celuloze), preradi aluminija, mercerizaciji pamuka, regeneraciji kaučuka, u veterinarskoj medicini, itd. Često se koristi i kao pH regulator. [19]

Voda je kemijski spoj s dva atoma vodika i jednog atoma kisika i jedan je od osnovnih uvjeta života. Voda je najrasprostranjenija tekućina na Zemlji i najvažnije otapalo koje otapa plinove, kapljevine i mnogobrojne krutine. Zbog polarnosti posjeduje izvrstan kapacitet da otapa različite vrste tvari. Pri atmosferskom tlaku i temperaturi između 0 °C (273 K, kada se ledi) i 100 °C (373 K, kada vrije) čista voda je tekućina bez boje, mirisa i okusa. Najznačajnije svojstvo po kojem se voda ističe jer da je njena gustoća u čvrstom stanju manja nego u

tekućem stanju. Gustoća vode je najveća pri 3,98 °C (takozvana anomalija vode) pa je led manje gustoće od tekuće vode i na njoj pliva. [20]

### 1.3. Površinska napetost

Napetost površine tekućine definira se kao energija koju je potrebno svladati kako bi se razorile veze između molekula na površini. Odnosno, to je sila koja djeluje na neku površinu po duljini ruba površine.  $\gamma = F/l$  ili  $\gamma = W/A$  gdje je  $\gamma$  napetost površine,  $F$  sila na neku površinu po duljini ruba površine,  $l$  duljina ruba površine,  $W$  rad te  $A$  površina. Interakcije međumolekulnih sila unutar tekućine različite su od onih na granici faza tekuće-plinovito. Dvije različite faze kad se nalaze u kontaktu na mjestu dodira nastaje granični sloj u kojem tvar ima drukčija svojstva nego u ostalom dijelu homogene faze. Razlog tome je različito djelovanje privlačnih sila u graničnom sloju. [22]



Slika 12. Djelovanje privlačnih sila na molekule u otopini (rezultantna privlačna sila, tj. njihov vektorski zbroj = 0) i u graničnom sloju (rezultantna sila  $\neq 0$ ) [22]

Tablica 1: Vrijednosti površinske napetosti nekih čistih tekućina i smjesa pri temperaturi od 20 i 25° [22]

Tekućina	t, °C	$\gamma$ , mN/m
Voda	20	72,80
Benzen	20	28,88
Toluen	20	28,43
Etileter	20	17,01
Dietileter	20	16,90
Kloroform	20	27,10
Etanol	20	22,03
Metanol	20	23,02
n-heksan/voda	20	51,00
Ugljik tetraklorid/voda	20	45,00
Benzen/voda	20	35,00
Etileter/voda	20	10,70
Tekućina	t, °C	$\gamma$ , mN/m
Voda	25	72,00
Benzen	25	28,22
Aceton	25	22,50
Benzen/voda	25	34,71

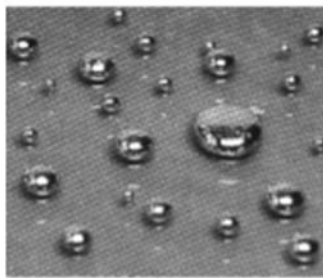
Na sve molekule u tekućini djeluju privlačne kohezivske sile. Vektorski zbroj privlačnih sila za molekule koje se nalaze u sredini posude jednaka je nuli, dok je za molekule na površini rezultantna sila veća od nule, usmjerena je prema tekućini i okomita je na površinu tekućine. Molekule na površini imaju veću potencijalnu energiju od onih u unutrašnjosti, pa sustav ima težnju smanjenja te energije, a tekućina teži smanjenju svoje slobodne površine (uz konstantni volumen). Rezultat toga je činjenica da svaka tekućina nastoji imati što manje molekula na

površini i poprimiti oblik kugle. Tendencija smanjenja površine tekućine naziva se površinska napetost koja se izražava jedinicom N /m. [22]

Površinska napetost opada porastom temperature ili dodatkom površinski aktivnih tvari. Povećava se uglavnom dodatkom raznih elektrolita kao posljedica elektrostatskih privlačenja između iona. Tvari koje ne mijenjaju napetost površine zovemo površinski inaktivne tvari. [22]

Površinska napetost se javlja na granici dvije faze (tekuće-plinovito, tekuće-tekuće, tekuće-čvrsto). Npr., u slučaju tekuće-plinovito privlačne sile između molekula plina su slabije od privlačnih sila između molekula tekućine. Također, granični sloj dviju faza bitno se razlikuje u fizikalno-kemijskim svojstvima od svojstava obje faze. Površina tekućine nema istu slobodnu energiju kao unutrašnjost, pa nema isto termodinamičko stanje, niti je dio iste faze.[21]

Ona se javlja kao karakteristično svojstvo tekućine. Nastaje kao posljedica djelovanja kohezijskih sila između molekula tekućine. Stoga tekućine kod kojih postoje snažna međudjelovanja među molekulama imaju i veliku površinsku napetost. Primjer takve tekućine je voda koja je polarna. Površinsku napetost vode drastično smanjuje dodatak površinski aktivnih tvari, ponekad čak i do 90 %. Površinska napetost javlja se kao posljedica nastojanja tekućine da smanji svoju površinu do minimuma potencijalne energije površine, a što je uvjet za stabilnu ravnotežu površine. Zbog površinske napetosti se molekule na površini jače zbijaju te npr. kapi žive stvaraju kuglice (kao i rastaljeni metali), neki lagani insekti mogu hodati po vodi, na njoj može plivati igla za šivanje i sl. Svako povećanje površine vezano je za savladavanje privlačnih sila koje djeluju prema unutrašnjosti tekućine. Sila koja djeluje protiv povećanja površine naziva se površinska napetost. [21]

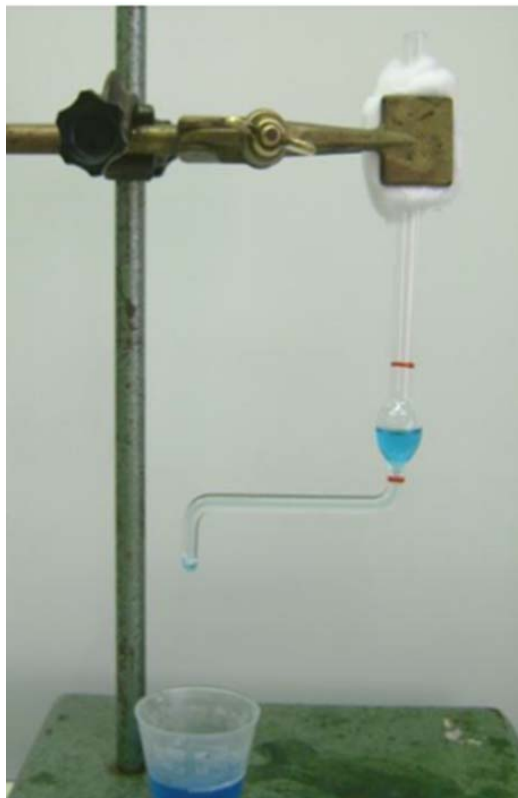


Slika 13. Primjeri površinske napetosti [21]

Površinska napetost,  $\gamma$ , je sila koja djelovanjem na molekule u površinskom sloju nastoji smanjiti površinu kapljevine za jedinični iznos. Mjerenje površinske napetosti: metoda pomičnog okvira, metoda težine kapi, metoda stalagmometra, metoda prstena, metoda mjerenja tlaka mjehurića, metoda kapilarne elevacije. Metoda težine kapi temelji se na mjerenju ravnoteže gravitacijske sile i sile površinske napetosti u momentu otkidanja kapi s kapilare. Kapi tekućine padaju vertikalno iz kapilare. Ta je metoda komparativna-uspoređuju se tekućine poznate i nepoznate površinske napetosti. Treba napomenuti da se kap otkine nešto prije nego se postigne ravnoteža pa ova metoda ne vrijedi u potpunosti.

Metoda stalagmometra je metoda koja se temelji na istom principu kao i metoda težine kapi. Sila koja nastoji otkinuti kap (gravitacijska sila) i sila koja to želi spriječiti (površinska napetost) za određen broj kapi  $b$  u volumenu  $V$  su u ravnoteži. ( $m = V\rho$ )

$$2r\pi\gamma_1 b_1 = V\rho_1 g \quad 2r\pi\rho_2 b_2 = V\rho_2 g \quad \rho_1 = \rho_2 (\rho_1/\rho_2) (b_2/b_1)$$



Slika 14. Metoda stalagmometra [21]

Metoda je relativna, a kod mjerenja se faktor pogreške eliminira baždarenjem sa standardnom kapljevinom. [21]

Metoda kapilarne elevacije-metoda se temelji na činjenici da se nivo kapljevine u kapilari podigne u odnosu na nivo u masi otopine u koju je ona uronjena. Sila koja podiže nivo kapljevine u kapilari je površinska napetost, a u suprotnom smjeru djeluje hidrostatski tlak.

$$\gamma = 1/2r\rho gh$$

Tekućina se penje dok se hidrostatski tlak ne izjednači sa silom površinske napetosti zbog koje se tekućina podiže. Ova metoda je relativno točna. Posljedica površinske napetosti su adhezija (privlačne sile između različitih molekula) i kohezija (privlačne sile između sličnih molekula).

Kada je adhezija (sila između čestica tekućine i stjenke) veća od kohezije tekućina se penje uz stjenke kapilare, a kada je kohezija (sila među česticama iste tvari) veća od adhezije uočava se smanjenje nivoa u tekućini. O veličini sila kohezije u tekućini i sila adhezije između tekućine i stjenke kapilare ovisi kut kvašenja ( $\Theta$ ). Tekućine većinom kvase čvrste tvari, a razlog tomu je razlika napetosti između površine tekućine i površine čvrste tvari (površinska napetost tekućine je manja od površinske napetosti čvrste tvari). Voda kao polarna tekućina ne kvasi čvrste nepolarne tvari (parafin, vosak, masne površine). Mjera za kvašenje čvrste površine je kosinus kontaktnoga kuta ( $\cos \Theta$ ). Pri potpunom kvašenju kontaktni kut  $\Theta = 0^\circ$  i  $\cos \Theta = 1$ . Pri potpunom nekvašenju kontaktni kut  $\Theta = 180^\circ$  i  $\cos \Theta = -1$ . Kvašenje je prva etapa međusobnog djelovanja tekućine i čvrste tvari, jer je to potpuni kontakt između obje faze. Ako na čvrstu površinu istovremeno djeluju dvije tekućine potpuno različite polarnosti dolazi do selektivnog kvašenja. Čvrsto tijelo će se kvasiti onom tekućinom čija je polarnost sličnija čvrstom tijelu. Iz veličine kontaktnog kuta može se zaključiti o molekularnoj prirodi te tvari.

Hidrofilne (grčki: hydros – voda; philia – prijateljstvo) su one tvari koje se u uvjetima selektivnog kvašenja bolje kvase vodom nego nekom nepolarnom tekućinom. U tom slučaju kap vode se na njima razlijeva ili tvori oštar kontaktni kut ( $\Theta$ ). Što je  $\cos \Theta$  bliži vrijednosti +1, ta se čvrsta površina bolje kvasi vodom i ona je hidrofilnija. Hidrofobne tvari (grčki: hydros – voda; fobos – strah) se u uvjetima selektivnog kvašenja bolje kvase

nepolarnom tekućinom nego vodom. Oleofilne tvari se u uvjetima selektivnog kvašenja dobro kvase nepolarnom tekućinom i to su ujedno i hidrofobne tvari, dok se oleofobne tvari u uvjetima selektivnog kvašenja dobro kvase polarnom tekućinom i to su ujedno i hidrofilne tvari. Površinska napetost se s povećanjem temperature smanjuje. Pri kritičnoj temperaturi,  $T_k$ , kapljevina nema površinsku napetost. Razlog tome je činjenica da pri kritičnoj temperaturi nema razlike između kapljevine i plina – nema fazne granice pa nema ni površinske napetosti koja je svojstvo faznih granica. Polarne kapljevine imaju visoke vrijednosti površinske napetosti, smanjenje površinske napetosti vode omogućavaju deterdženti i sapuni. U takvom slučaju nije potrebno povišiti temperaturu da bi se smanjila površinska napetost.

Tablica 2. Površinska napetost tekućina [21]

	$T/K$	$\gamma / (\text{mNm}^{-1})$
Benzen	293	28,88
Ugljikov(IV) klorid	293	27,0
Etanol	293	22,8
Heksan	293	18,4
Živa	293	472
Metanol	293	22,6
Voda	293	72,75
	298	72,0
	373	58,0

### 1.3.1. Ovisnost površinske napetosti o koncentraciji otopljene tvari

Otapanjem jakih elektrolita u vodi dolazi do postupnog povećanja površinske napetosti, što znači da u slučaju anorganskih kiselina, baza i soli pa čak i soli organskih kiselina, površinska napetost raste s povećanjem koncentracije. Otapanjem neelektrolita, slabih organskih kiselina, a posebno sulfonskih kiselina, sulfonata i sapuna dolazi do smanjenja površinske napetosti. Tvari koje povećavaju površinsku napetost pokazuju negativnu površinsku napetost, dok ove druge pozitivnu površinsku napetost. [21]

### 1.3.2. Metoda stalagmometra

Površinska napetost može se određivati raznim metodama (izravnim i neizravnim, npr. otkidanje prstena, podizanje razine u kapilari, povećanje površine opne), među kojima su najčešće metoda stalagmometra i metoda mjerenja težine kapi. Metoda stalagmometra je jednostavna metoda koja se temelji na usporednim podacima mjerenja broja kapi tekućine poznate napetosti površine i broja kapi tekućine kojoj određujemo napetost površine. [22]. Stalagmometar je pipeta određenog volumena iz koje tekućina istječe kroz kapilaru, a tokom mjerenja broje se kapi tekućine u volumenu stalagmometra  $V_s$ .

Kada se u volumenu stalagmometra nalazi  $b$  kapi tekućine, tada vrijedi jednadžba:

$$mgB = V_{sp} = 2r\pi\gamma b \text{ gdje je } \rho \text{ gustoća ispitivane tekućine (kg/m}^3\text{)}.$$

Mjerenjem je potrebno odrediti broj kapi poznate ( $b_1$ ) i ispitivane ( $b_2$ ) tekućine. Nakon toga se napetost površine može izračunati pomoću izraza:

$$V_{sp1} = 2r\pi\rho_1 b_1$$

$$V_{sp2} = 2r\pi\rho_2 b_2$$

Dijeljenjem ovih jednadžbi te njihovim uređenjem dobije se konačni izraz:

$$\gamma_1 = \gamma_2 (\rho_1/\rho_2) (b_2/b_1). \text{ Često se ovisnost površinske napetosti o koncentraciji otopine prikazuje grafički. [22]}$$

Površinska napetost referentne tvari se može odrediti na sljedeći način: Tekućina kojoj se određuje površinska napetost (destilirana voda) ulije se u čašicu ispod stalagmometra. Podmetne se pod kljun stalagmometra i usisa

propipetom, sve dok njena razina ne prijeđe gornju oznaku. Tekućina se pusti da slobodno istječe i broje se kapi sve dok razina ne dođe do donje oznake. [22]

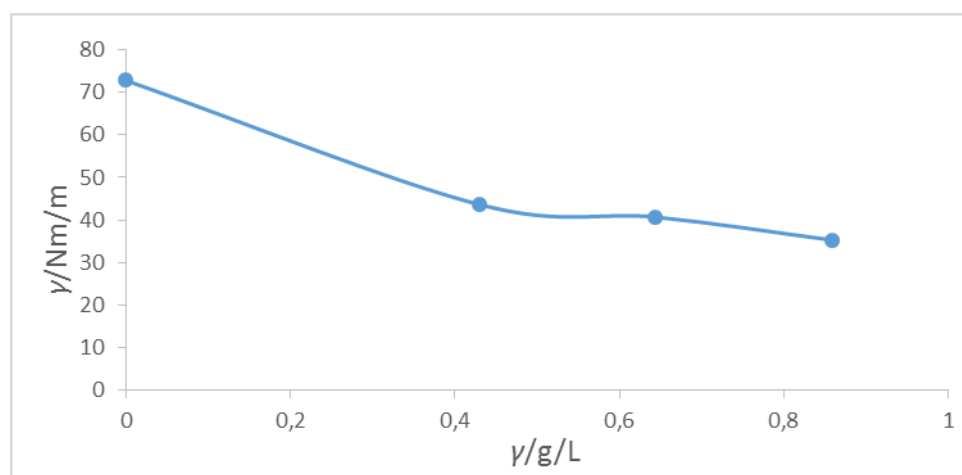
Iz izmjerenih vrijednosti broja kapi izračunata je površinska napetost prema formuli

$$\gamma_1 = \gamma_2 \cdot \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right) \cdot \left(\frac{b_2}{b_1}\right)$$

gdje  $\gamma_1$  predstavlja površinsku napetost otopine sapuna,  $\gamma_2$  površinsku napetost vode,  $\rho_1$  gustoću vode pri 20 °C,  $\rho_2$  gustoću otopine sapuna,  $b_2$  je broj kapi vode, a  $b_1$  je broj kapi ispitivane otopine sapuna.

Tablica 3. Mjerenje broja kapi vode i otopine sapuna različitih masenih koncentracija

Otopina	$\gamma$ /g/L	Broj kapi 1	Broj kapi 2	Srednja vrijednost	$\gamma$ /mN/m
Voda	0	34	32	33	72,8
Otopina 2	0,4296	55	56	55,5	43,63278
Otopina 3	0,6444	60	60	60	40,6832
Otopina 4	0,8592	64	65	64,5	35,28653

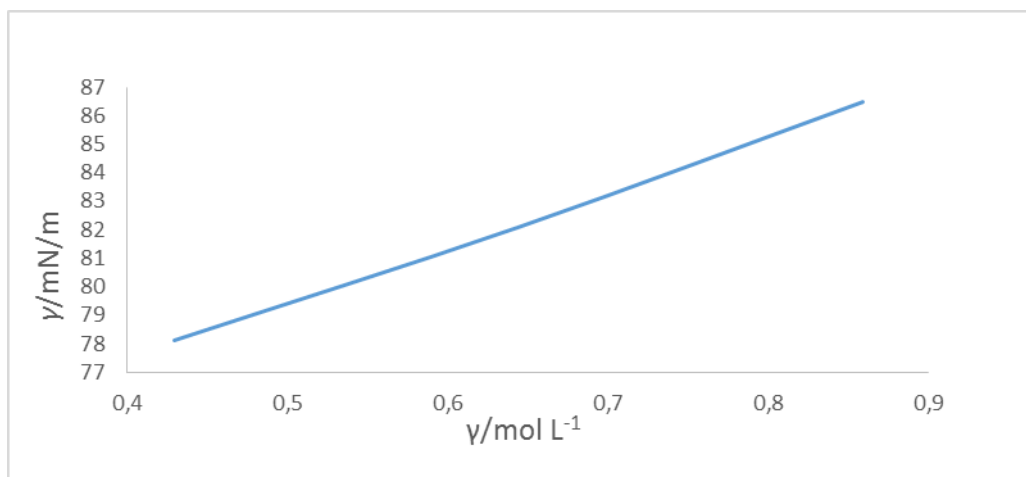


Slika 18. Grafički prikaz ovisnosti površinske napetosti otopine sapuna o masenoj koncentraciji otopine sapuna

Iz grafa je vidljivo da se povećanjem masene koncentracije otopine sapuna smanjuje površinska napetost. U usporedbi s otopinama sapuna različitih masenih koncentracija voda ima najveću površinsku napetost.

Tablica 4. Mjerenje broja kapi otopina sapuna (10, 15, 20 mL) različitih masenih koncentracija uz dodatak srebrovih iona

Otopina	$\gamma$ /mol L <sup>-1</sup>	Broj kapi 1	Broj kapi 2	Srednja vrijednost	$\gamma$ /mN/m
Otopina 2	0,4296	32	30	31	78,11675
Otopina 3	0,6444	30	29	29,5	82,08879
Otopina 4	0,8592	28	28	28	86,4864



Slika 19. Grafički prikaz ovisnosti površinske napetosti otopine sapuna o masenoj koncentraciji uz dodatak srebrovih iona

Iz grafa vidimo da se povećanjem masene koncentracije otopine sapuna različitih koncentracija uz dodatak srebrovih iona povećava površinska napetost. U mjerenju smo se susreli sa problemom koagulacije otopine srebrovog iona te smo umjesto stalagmometra koristili graduiranu biretu.

Tablica 5. Mjerenje broja kapi otopine sapuna masene koncentracije 0,002 g/L uz dodatak različitih iona

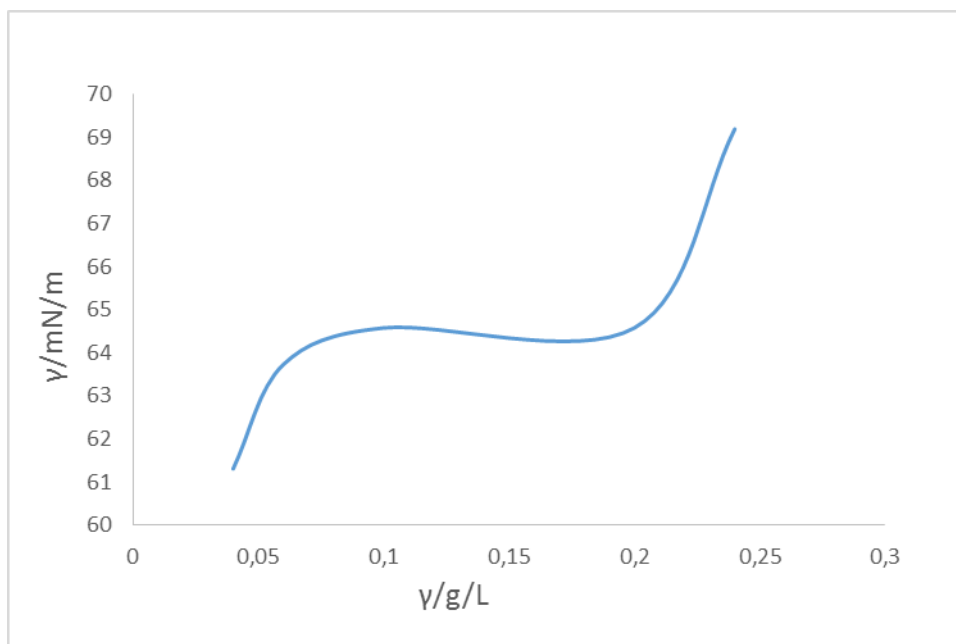
Otopina	Broj kapi	Broj kapi	Srednja vrijednost	γ/mN/m
Otopina sapuna+voda	65	63	64	37,8378
Al <sup>3+</sup>	36	37	36,5	66,34573
Bi <sup>3+</sup>	39	40	39,5	61,30682
Cr <sup>3+</sup>	40	39	39,5	61,30682
Cu <sup>2+</sup>	34	35	34,5	70,19186
Fe <sup>3+</sup>	35	37	36	67,2672
Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	38	37	37,5	64,57651
Mn <sup>2+</sup>	33	34	33,5	72,28714
Ni <sup>2+</sup>	39	40	39,5	61,30682
Zn <sup>2+</sup> (kompleksometrijski)	40	42	41	59,06388

U mjerenju smo dva puta provodili titraciju otopine sapuna uz dodatak različitih otopina iona. Iz tablice je vidljivo da razrijeđena otopina sapuna ima najmanju površinsku napetost, a uspoređujući otopine sapuna uz dodatak otopine iona vidimo da najmanju površinsku napetost ima kompleksometrijski cink, a najveću mangan.

Tablica 6. Mjerenje broja kapi otopine sapuna (2, 3, 5, 10, 12 mL) različitih masenih koncentracija uz dodatak srebrovih iona



Otopina	$\gamma$ /g/L	Broj kapi 1	Broj kapi 2	Srednja vrijednost	$\gamma$ /mN/m
Otopina 1	0,04	40	39	39,5	61,30682
Otopina 2	0,06	38	38	38	63,72682
Otopina 3	0,1	37	38	37,5	64,57651
Otopina 4	0,2	38	37	37,5	64,57651
Otopina 5	0,24	35	35	35	69,18912



Slika 20. Grafički prikaz ovisnosti površinske napetosti otopine sapuna o masenoj koncentraciji uz dodatak srebrovih iona

Iz ovog mjerenja vidimo da otopina srebrovih iona povećava površinsku napetost, osim u rasponu masenih koncentracija od 0,06 do 0,02 g/L gdje dolazi do malih promjena u površinskoj napetosti.

## § 2. ZAKLJUČAK

Sapuni kao vrsta prirodne kozmetike smanjuju površinsku napetost vode. Iz rezultata zaključujemo da površinska napetost opada dodatkom površinsko aktivnih tvari te povećanjem temperature. Povećava se uglavnom dodatkom raznih elektrolita kao posljedica elektrostatskih privlačenja između iona. U mjerenju utvrđeno je da jaki elektrolit, srebrov ion, ima veću površinsku napetost od vode. Utvrđeno je da neke otopine iona jako koaguliraju i tako začepljuju finu kapilaru stalagmometra, primijetili smo da se u otopinama sapuna neke otopine iona razlikuju, primjerice bizmutov ion dosta koagulira i stvara bijeli talog dok bakrov ion koagulira i daje plavo obojenje. Ovi rezultati mogu se koristiti u pripremi novih formulacija antibakterijskih prirodnih sapuna.

## LITERATURNI IZVORI

- [1] Čajkovac M.: Kozmetologija, Naklada Slap, 2000., Jastrebarsko, "(Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu" Manualia Universitatis studiorum zagrabienensis)
- [2] <http://www.kokosovoulje.com/sapun-od-kozjeg-mleka-upotreba-za-lice-zdravlje-i-recept/>
- [3] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60824>
- [4] Stanley. H. Pine, Organic Chemistry, Zagreb, Školska knjiga, 1994.
- [5] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=54571>
- [6] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=54563>
- [7] <http://kennethgarrett.photoshelter.com/image/I0000Tz7AyCTN8sw>
- [8] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Papyrus\\_Ebers.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c5/Papyrus_Ebers.png)
- [9] <http://news.nationalgeographic.com/content/dam/news/2015/11/06/tutdiscovery/01tutdiscovery.ngsversion.1446849000264.adapt.885.1.jpg>
- [10] [https://en.wikipedia.org/wiki/Vedas#/media/File:Rigveda\\_MS2097.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Vedas#/media/File:Rigveda_MS2097.jpg)
- [11] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/thumb/4/44/Vat-gr-277-10v-11r.jpg/800px-Vat-gr-277-10v-11r.jpg>
- [12] [http://www.enciklopedija.hr/Ilustracije/HE10\\_1409.jpg](http://www.enciklopedija.hr/Ilustracije/HE10_1409.jpg)
- [13] <https://en.wikipedia.org/wiki/Lipid>
- [14] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/97/Glycerin.svg/120px-Glycerin.svg.png>
- [15] [https://www.vuka.hr/fileadmin/user\\_upload/lovstvo/korisni\\_sadrzaj/Organska\\_kemija\\_biokemija/4\\_spojevi\\_sa\\_kisikom\\_i\\_derivati\\_01.pdf](https://www.vuka.hr/fileadmin/user_upload/lovstvo/korisni_sadrzaj/Organska_kemija_biokemija/4_spojevi_sa_kisikom_i_derivati_01.pdf)
- [16] [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/Ester\\_hydrolysis.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/Ester_hydrolysis.png)
- [17] <http://www.organicmakeup.ca/ca/NaturalSyntheticCosmetics.asp>
- [18] [https://en.wikipedia.org/wiki/Essential\\_oil](https://en.wikipedia.org/wiki/Essential_oil)
- [19] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Natrijev\\_hidroksid](https://hr.wikipedia.org/wiki/Natrijev_hidroksid)
- [20] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Voda>
- [21] Powerpoint prezentacija: izv.prof.dr.sc. Mario Cetina, Fizikalna kemija; Površinska napetost
- [22] Interna skripta kolegija „Fizikalna kemija“, „Napetost površine“, 2. vježba
- [23] [http://www.rolvaga.ba/images/laboratorijskevage/me/ME\\_Analytical\\_Balance.jpg](http://www.rolvaga.ba/images/laboratorijskevage/me/ME_Analytical_Balance.jpg)