



NATRIO DODECILSULFATO KIEKIS NUTEKAMUOSIUOSE VANDENYSE, SUSIDARANTIS PLAUKŲ PLOVIMO METU

Lina Ragelienė¹, Giedrė Jasulaitytė²

¹Gamtos mokslų fakultetas, Vytauto Didžiojo universitetas,
Vileikos al. 8, LT-44404 Kaunas, Lietuva

²Aplinkos apsaugos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹l.rageliene@gmf.vdu.lt; ²gadrej@gmail.com

Įteikta 2009 03 16; priimta 2009 10 20

Santrauka. Tyrimai buvo atlikti plaunant plaukus natrio dodecilsulfatu 40 °C ar 50 °C temperatūroje. Naudota skirtingų koncentracijų, t. y. mažesnės nei kritinė micelių susidarymo koncentracija – 4×10^{-3} mol/l, 6×10^{-3} mol/l, kritinės – 8×10^{-3} mol/l ir didesnės nei kritinė – 10×10^{-3} mol/l koncentracijos tirpalai. Natrio dodecilsulfato kiekis, patenkantis į nutekamuosius vandenius arba adsorbuojamas ant plaukų paviršiaus, nustatytas liepsnos fotometrijos ir tiesioginės potenciometrijos metodais. Įvertinus gautuosius rezultatus matyti, kad daugiausiai natrio dodecilsulfato patenka į nutekamuosius vandenius, kai jo koncentracija didesnė nei kritinė micelių susidarymo koncentracija – 10×10^{-3} mol/l, mažiausiai – kai pradinė natrio dodecilsulfato tirpalo koncentracija 4×10^{-3} mol/l ir 6×10^{-3} mol/l. Plovimo tirpalų ir plaukų ištraukos pH matavimų duomenys siejasi su natrio dodecilsulfato koncentracijos kitimu plovimo tirpaluose. pH matavimų duomenys rodo, kad natrio dodecilsulfatas sąveikauja su plaukais.

Reikšminiai žodžiai: natrio dodecilsulfatas, kritinė micelių susidarymo koncentracija, plaukai, temperatūra, liepsnos fotometrija, tiesioginė potenciometrija.

1. Įvadas

Daugelyje buitinės chemijos produktų aptinkama paviršinio aktyvumo medžiagų (PAM) (Johnston, Wood 1982). Tai savitos struktūros veikliosios medžiagos, dalyvaujančios plovimo procese. Pagrindinės plovimo priemonių sudedamosios dalys yra paviršinio aktyvumo medžiagos, tirpikliai (vanduo, alkoholiai, glikoliai, organiniai tirpikliai), kiti naudingieji priedai (užpildai – karboksimetilceliuliozė, natrio sulfatas, konservantai, rūgštys, šarmai, balikliai, putojimo reguliatoriai, kompleksodariai, korozijos inhibitoriai, dažikliai, kvapiosios medžiagos, fermentai) (Plovimo sudedamosios... 2007). PAM molekulės prigimtis yra difilinė. Jos atlieka daug funkcijų: mažina vandens įtempimo jėgas, silpnina sąveikos jėgas tarp substrato ir teršalų, atlipina purvą iš audinių ar indų, laiko jį vandenyje, turi įtakos putojimui (Schmitt 2001).

Dauguma anijoninių PAM yra labai putojančios, jautrios kietam vandeniui, dėl to reikia nuolat naudoti tokias medžiagas, kurios sudaro kompleksinius junginius su kalcio ir magnio jonais. Jos yra efektyvesnės už daugelį kitų medžiagų, ypač šalinant nešvarumus nuo gamtinės kilmės audinių ir nesumažina PAM aktyvumo (Schmitt 2001).

Natrio dodecilsulfatas (NDS) yra komercinis preparatas – alkilsulfatų mišinys. Nors priemonės su šia medžiaga gerai plauna ir putoja, tačiau tai ypač dirginantis detergentas. Detergentai yra PAM grupė, kuriai būdingas tam tikras hidrofiliškumas (hidrofilinis ir lipofilinis balansas nuo 13–15) (Schmitt 2001). Detergentai gali būti

gaminami iš gamtinės kilmės ir negamtinės kilmės žaliavos. Šie nebrangūs detergentai yra naudojami muile, šampūne, vonios putose, dantų pastoje, indų plovimo skysčiuose, skalbimo milteliuose, vaikiškuose muiluose ir šampūnuose, dėmių valikliuose, kilimų valikliuose, klijuose, skutimosi priemonėse, dušo gelyje, kosmetiniuose produktuose, skystyje burnai skalauti, kūno pieneliuose, apsauginiuose nuo saulės kremuose. Susintetinta daug įvairių paviršinio aktyvumo medžiagų, kurių plaunamosios savybės daug geresnės negu paprasto muilo. Gerai plauna rūgščioje terpėje ir kietame vandenyje, neveikia šilkinė bei vilnonių audinių (Adomas *et al.* 1979).

Detergentai yra priskiriami cheminiams alergenams, kurie dirgina akis, sudaro galvos odos atplaišas, panašias į pleiskaną, sukelia odos bėrimus ir kitas alergines reakcijas (Kremer *et al.* 2000). Kita svarbi problema yra tai, kad natrio dodecilsulfatas patenka į nuotekas, o šios biologiškai blogai skaidomos anaerobinėmis ir aerobinėmis sąlygomis.

Paviršinio aktyvumo medžiagų leidžiamoji koncentracija nuotekose yra 20 mg/l (PAM koncentracija nuotekose 2006), todėl yra labai svarbu optimaliai naudoti plovimo priemones, kad nuotekose PAM koncentracijos sumažėtų. Jei naudojamų PAM kiekiai nėra efektyviai maži, visos PAM kenkia aplinkos organizmams. Taip pat turi būti geras bioskaidymas ir anaerobinėmis, ir aerobinėmis sąlygomis. Iš visų hidrobiontų nuo PAM labiausiai kenčia žuvis, nes PAM absorbuojasi ant jų žiaunų, sutrikdo dujų apykaitą, tad kartu ir deguonies patekimą į kraują (Bikauskaitė 2006).

Nirtifikaciją atlieka nitrifikuojančios bakterijos (Vabolienė, Matuzevičius 2007). Ištyrus natrio dodecilsulfato nuodingumą bakterijoms, rasta, kad gramteigiamų bakterijų augimą natrio dodecilsulfatas slopina labiau negu gramneigiamų (Day *et al.* 1985). Palyginamieji natrio dodecilsulfato ir nejoninių paviršinio aktyvumo medžiagų įtakos mikroorganizmų metabolizmo vyksmui tyrimai parodė, kad ši anijoninė paviršinio aktyvumo medžiaga yra toksiškesnė nei tyrimui naudota nejoninė PAM (Bermann *et al.* 2000).

Paviršinio aktyvumo medžiagos vandens telkiniuose patenka ant vandens fazės paviršiaus (atsiranda oro ir vandens fazių sandūroje) ir koncentruojasi kartu su bakterijomis mikroninio sluoksnio vandens paviršiaus plėvelėje. Panašiai kaip hidrofobiniai junginiai (pvz., naftos angliavandeniliai), PAM mažina paviršiaus įtempimą, sukeliama nestipraus vėjo. Šiuos ramesnio paviršiaus vandens telkinių plotus, išryškėjančius pučiant silpnam vėjui, vandens paukščiai atpažįsta kaip turtingas planktono susitelkimo vietas ir dažnai leidžiasi ieškodami maisto. Antropogeninės taršos atveju (naftos angliavandeniliai ar kitos hidrofobinės, vandens paviršiuje pasklidusios medžiagos) paukščiai dažniausiai nutupia į šiuos užterštus vandens plotus, t. y. į patį taršos židinį (Naruševičius *et al.* 2001).

Vandens telkinių užterštumas paviršinio aktyvumo medžiagomis kenkia vandens organizmams. Dažnai taršos indikatoriai esti dumbliai. Nemažai dumblių rūšių dauginasi tik švariame vandenyje, užterštuose vandenyse jie išnyksta, o kai kurioms rūšims tinka vanduo, turintis tam tikrų organinių cheminių junginių, todėl jos puikiai tarpsta tokiuose užterštuose telkiniuose. Menturdumbliai auga švariuose vandens telkiniuose, todėl jų biopotencialų kitimas yra geras vandens telkinio užterštumo rodiklis (Manahan 1990). Rajonuose, kur paviršinio vandens dėl kritulių nepastovumo ir klimatinų sąlygų nepakanka, yra pakilęs požeminio vandens, naudojamo drėkinimui, gėrimui, pramonėje, lygis (Venkatesan, Swaminathan 2009).

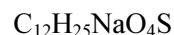
Buityje ir pramonėje dažniausiai naudojami vandeniniai PAM tirpalai. Esant nedidelėms PAM koncentracijoms vandenyje, tirpalams būdingos tikrųjų tirpalų savybės. Vandens ir dujų (oro) fazių sandūroje PAM išsidėsto monomolekuliniu sluoksniu vandens paviršiuje, hidrofilinėms jų grupėms sąveikaujant su vandens molekulėmis. Esant kritinei koncentracijai vandenyje ar vandens (druskų) tirpale, paviršinio aktyvumo medžiagos suformuoja micelas, t. y. elektriškai neutralias koloidinio tirpalo daleles (Milton 2004). Paviršinio aktyvumo medžiagų koncentracijai viršijant kritinę micelių susidarymo koncentraciją, šių medžiagų įtaka tirpalų paviršiaus įtempimui, osmosui ir kitoms savybėms nepastebima. Keičiantis elektrolito koncentracijai, keičiasi kritinės natrio dodecilsulfato, esančio vandenyje ir vandeniniame NaCl tirpale (Heimenz, Rajagopalan 1997), micelių susidarymo koncentracijos vertės, todėl dideliais kiekiais buityje naudojamos paviršinio aktyvumo medžiagos gali sukelti šalutines nepageidaujamas reakcijas nutekamuosiuose vandenyse ir biosistemose.

Tyrimo metu nagrinėjamos natrio dodecilsulfato, t. y. anijoninės paviršinio aktyvumo medžiagos tirpalų savybės, siekiant įvertinti, kokia yra šios medžiagos koncentracijos ir apdorojimo temperatūros įtaka sąveikai su plaunama medžiaga, biopolimeru – plaukais. Kadangi plovimo priemonės vartojamos vis plačiau, tai ir šių medžiagų (tarp jų natrio dodecilsulfato) vis daugiau patenka į nutekamuosius vandenius.

Tyrimų tikslas – įvertinti natrio dodecilsulfato kiekio įtaką plaukų plovimo tirpaluose efektyvumui tiesioginės potenciometrijos ir liepsnos fotometrijos metodais.

2. Natrio dodecilsulfato nustatymo plovimo priemonėse metodika

Natrio dodecilsulfatas (NDS) – kieta rūgštoko kvapo (Natrio dodecilsulfatas 2004) rusvai gelsvos spalvos (Schmitt 2001) anijoninė paviršinio aktyvumo medžiaga, dažniausiai naudojama plovimo priemonėse. Tai yra „Merck – Schuchardt“ firmos pateiktas alkilsulfatas, kurio molekulinė formulė 1 paveiksle.

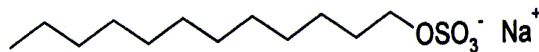


1 pav. Natrio dodecilsulfato molekulinė formulė

Fig. 1. Sodium dodecylsulphate molecular formula

Natrio dodecilsulfato santykinė molekulinė masė $M = 288,38$ g/mol (Natrio dodecilsulfatas 2005).

Komeracinio produkto grynumas – 85 %. Ši anijoninė paviršinio aktyvumo medžiaga gerai plauna ir putoja (2 pav.).



2 pav. Natrio dodecilsulfato struktūrinė formulė

Fig. 2. Sodium dodecylsulphate structural formula

Natrio dodecilsulfato plaunamajam efektyvumui tirti naudota nuplaunama plaukus tausojanti kaukė su sviestmedžių sviestu. Ši kaukė skirta sausiesiems ir lūžinėjantiems plaukams, apsaugo plaukus nuo vėlimosi. Jos gamintojas *Mil Mil 76 s, I – 28060 Landiana*. Kaukės sudėtyje yra vandens, oksilstearato, propileno glikolio, acto rūgšties, benzilo alkoholio, metilchloro izatazolino, kvapiųjų medžiagų ir kt.

Tiesioginės potenciometrijos ir liepsnos fotometrijos metodais buvo nustatoma natrio dodecilsulfato koncentracija plovimo tirpaluose, taip pat matuojama tirpalų pH. Kaip plaunamasis substratas pasirinkta šviesiai rudi nedažyti, niekaip chemiškai neapdoroti žmogaus plaukai. Plaukai yra būdingos erdvinės struktūros biopolimeras, sudarytas iš α -aminorūgščių likučių (Wortmann *et al.* 1995; Kuzuhara 2005). Be cistino, plaukų savybes apibūdinančios aminorūgšties, jų sudėtyje randama dar 18 aminorūgščių, iš kurių svarbiausios yra cisteino, lizino, arginino, glutamino ir asparagino (asparto) rūgštys (Zahn 1995).

Tyrimams atlikti buvo paruošti skirtingų koncentracijų – 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l – natrio dodecilsulfato tirpalai.

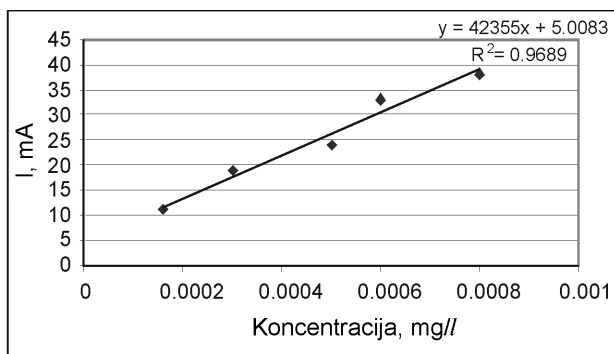
Plaukai plauti natrio dodecilsulfato tirpalu, paruošus po 50 ml atitinkamų koncentracijų natrio dodecilsulfato vandeninių tirpalų. Plovimui pasveriami po 0,5 g plaukų. Plaukai sudedami į natrio dodecilsulfato tirpalą ir plaujami 40°C ar 50°C temperatūroje. Temperatūra palaikoma pastoviai termostatuojant vandens vonioje ir periodiškai maišant. Plovimo trukmė – 30 minučių.

Bandymui užteršiama atitinkamai po 0,5 g plaukų, apdorojant 15 minučių su 0,5 g pasirinktos plaukų kaukės. Tada 10 minučių plaujami 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l koncentracijų natrio dodecilsulfato tirpalais 40°C ar 50°C temperatūroje.

Natrio dodecilsulfato koncentracija nustatyta matuojant srovės stiprį liepsnos fotometru pagal standartą LST ISO 9964–3:1998. Pagal šį standartą natrio kiekis tirpale nustatomas liepsnos fotometrijos metodu. Degimui naudota propano/butano dujų ir suslėgto oro mišinys. Emisijos signalas fiksuotas esant 589 nm bangos ilgiui, būdingam natriui (Lietuvos standartai 1998). Liepsnos fotometrijos matavimai buvo atlikti iš trijų bandymų ir išvesta aritmetinis vidurkis. Absoliučioji matavimų paklaida neviršijo $\pm 0,003$ mA. Gradavimo grafikai sudaryti panaudojus 2×10^{-3} mol/l, 4×10^{-3} mol/l, 6×10^{-3} mol/l, 8×10^{-3} mol/l, 10×10^{-3} mol/l natrio dodecilsulfato tirpalus (3 pav.).

Plaukų ištraukos ir natrio dodecilsulfato tirpalų pH buvo matuojamas pH 211-metru. pH 211-metro paklaida yra $\pm 0,01$.

Buvo atliekama po tris nepriklausomus pradinių natrio dodecilsulfato tirpalų ir tų pačių tirpalų po plaukų plovimo jais pH matavimai. Tada išvesta aritmetinis vidurkis. Absoliučioji paklaida neviršijo $\pm 0,03$.



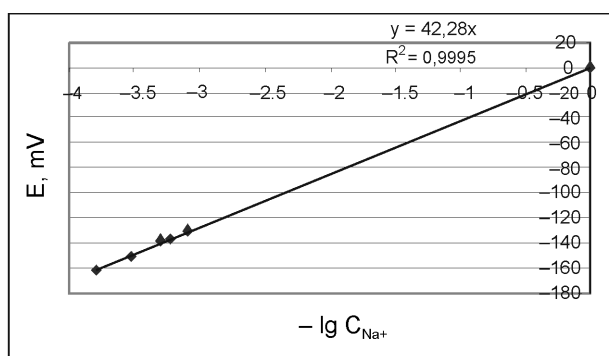
3 pav. Natrio dodecilsulfato gradavimo grafikas, sudarytas naudojant liepsnos fotometrą

Fig. 3. Sodium dodecylsulphate graduation schedule, composed by flame photometer

Natrio dodecilsulfato tirpalu neapdorotų plaukų, plautų su natrio dodecilsulfato tirpalu, apdorotų su kauke ir tada plautų natrio dodecilsulfato tirpalu plaukų ištraukos pH matavimai buvo atliekami tokiais pačiomis sąlygomis kaip ir plovimo tirpalų. Tyrimams sukarpona po 0,5 g plaukų bandinių, apdorotų skirtingos koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalais, praplautų 500 ml

distiliuoto vandens ir išdžiovintų ore, užpilama 100 ml distiliuotu vandeniu ir laikoma 1 valandą, kas 10 min. mechaniškai sumaišant. Po 1 valandos plaukų bandiniai nufiltruojami ir matuojamas filtrato pH. Absoliučioji paklaida neviršijo $\pm 0,035$.

Natrio dodecilsulfato koncentracija tirpale nustatyta tiesioginės potenciometrijos metodu pH/mV-metru *Ultra-Basic*, šio aparato gamintojas yra „Denver Instrument“. Potenciometrijoje naudojamas elektrocheminis elementas, sudarytas iš dviejų elektrodų. Jie panardinami į tirpalą, ir išmatuojama elektrovaros jėga (Mickevičius 1999). Prieš panardinant į naują tirpalą, elektrodai kruopščiai nuplaunami distiliuotu vandeniu ir atsargiai nusausinami filtriniu popieriumi. Tiesioginės potenciometrijos matavimai buvo atlikti iš trijų bandymų ir išvestas aritmetinis vidurkis. Absoliučioji matavimų paklaida neviršijo $\pm 0,003$ mV.



4 pav. Natrio dodecilsulfato gradavimo grafikas, sudarytas taikant tiesioginės potenciometrijos metodą

Fig. 4. Sodium dodecylsulphate graduation schedule, composed by direct potentiometry method

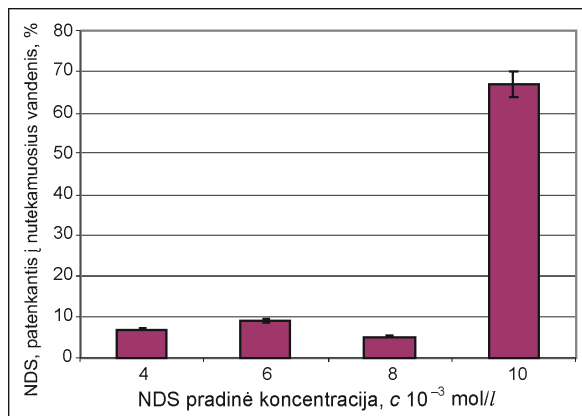
Gradavimo grafikui sudaryti naudojami 2×10^{-3} mol/l, 4×10^{-3} mol/l, 6×10^{-3} mol/l, 8×10^{-3} mol/l, 10×10^{-3} mol/l koncentracijos tirpalai (4 pav.).

3. Natrio dodecilsulfato plaujamųjų tirpalų tyrimai

Natrio dodecilsulfato tirpalų koncentracijos kitimas plaukų plovimo procese buvo nustatomas dviem skirtingais – liepsnos fotometrijos ir tiesioginės potenciometrijos metodais. Abiem tyrimo metodais nustatomas dydis yra Na^+ jonų kiekis tirpale, nes natrio dodecilsulfatas yra anijoninė medžiaga, ir jai disocijuojant tirpale susidaro ekvivalentiškas kiekis paviršinio aktyvumo anijono ir natrio katijono (2 pav.). Atlikus tris pakartotinius bandymus išvestas aritmetinis vidurkis. Tyrimams pasirinktos 40°C ir 50°C plovimo tirpalų temperatūros.

Plaukai buvo plaujami 40°C temperatūros plovimo tirpalu, nes dažniausiai buitėje naudojamas tokios temperatūros vanduo. Siekta iširti, kokioms natrio dodecilsulfato koncentracijoms esant plaukai daugiausiai sugeria šios anijoninės paviršinio aktyvumo medžiagos. 5 pav. pateiktas natrio dodecilsulfato kiekis, patenkantis į nutekamuosius vandenį, plaukant plaukus skirtingos koncentracijos tirpalais. Natrio dodecilsulfato kiekis, po plovimo patenkantis į nutekamuosius vandenį, buvo įvertintas atlikus natrio dodecilsulfato tirpalų matavimus

liepsnos fotometru prieš plaukų plovimą ir plaukus apdorojus natrio dodecilsulfato tirpalais, t. y. nustačius jo likutį po plovimo natrio dodecilsulfato tirpale.



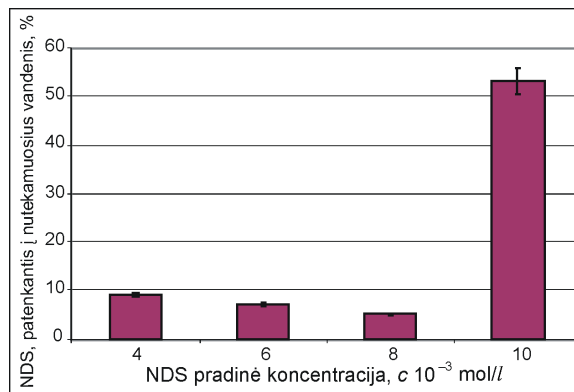
5 pav. Natrio dodecilsulfato kiekis, patenkantis į nutekamuosius vandenį, nustatytas liepsnos fotometru, kai plaukai buvo plaunami 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l pradinės koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalais 40°C temperatūroje

Fig. 5. Sodium dodecylsulphate amount, entering into waste water, set by flame photometer when the hair were washed with 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l initial concentration of sodium dodecylsulphate solutions at 40°C

Atlikti palyginamieji natrio dodecilsulfato sugerties plaukuose tyrimai, taikant tiesioginės potenciometrijos metodą. Tyrimams naudota tos pačios koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalai kaip ir tiriant liepsnos fotometrija, o tyrimų rezultatai pateikti 6 paveiksle. Atlikus tyrimus tiesioginės potenciometrijos metodu, pastebėta panaši analizės duomenų kitimo tendencija kaip ir taikant liepsnos fotometrija metodą. Daugiausiai natrio dodecilsulfato sugėrė plaukai, kai tirpalo pradinė koncentracija yra mažesnė nei kritinė micelių susidarymo koncentracija – 4×10^{-3} mol/l, 6×10^{-3} mol/l ir artima kritinei – 8×10^{-3} mol/l (5 ir 6 pav.). Iš 5 ir 6 pav. matyti, kad mažiausiai natrio dodecilsulfato patenka į nutekamuosius vandenį, kai plaukai plaunami natrio dodecilsulfato vandeniui tirpalu, kurio koncentracija artima kritinei micelių susidarymo koncentracijai. Potenciometrinės analizės metodu nustatytas nedidelis sugerties sumažėjimas, kai plaukai buvo plaunami perpus mažesnės nei kritinė micelių koncentracija natrio dodecilsulfato tirpalu. Kai pradinė natrio dodecilsulfato koncentracija yra 10×10^{-3} mol/l, plaukus apdorojus plovimo tirpalu, liepsnos fotometrija metodu nustatyta didesnė likusi natrio dodecilsulfato koncentracija tirpale – 66 %, o tiesioginės potenciometrijos metodu – 53 %.

Apibendrinant 5 ir 6 pav. pateiktus tyrimo duomenis galima teigti, kad didinant natrio dodecilsulfato koncentraciją plovimo tirpale, į nutekamuosius vandenį patenka didesnis šių medžiagų kiekis.

Matuojama natrio dodecilsulfato pradinė tirpalų pH, kai koncentracijos plaukams plauti paruoštuose tirpaluose buvo 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l. Po plaukų



6 pav. Natrio dodecilsulfato kiekis, patenkantis į nutekamuosius vandenį, nustatytas tiesioginės potenciometrijos metodu, kai plaukai buvo plaunami 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l pradinės koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalais 40°C temperatūroje

Fig. 6. Sodium dodecylsulphate amount, entering into waste water, set by direct potentiometry method when the hair were washed with 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l initial concentration of sodium dodecylsulphate solutions at 40°C

apdoravimo natrio dodecilsulfato tirpalu jo pH yra išmatuojamas iš karto tik išėjus iš termostatuojamos vandens vonios (1 lentelė). pH yra potencialaus vandenilio kiekio vandenyje dydis. Vanduo silpnas elektrolitas, kuris disocijuoja į H^+ ir OH^- . Pagal tai, kiek rūgštinių ir kiek bazinių grupių yra medžiagos sudėtyje, t. y. nuo jų santykio, sprendžiama apie jos (odos, plaukų ir t. t.) rūgštingumą ar šarmingumą (Navickaitė 2006). Pramonėje išleidžiamų nuotekų yra dideli pH rodikliai, natrio adsorbcijos santykis ir natrio karbonato liekana (Singh *et al.* 2009).

1 lentelė. Tirpalų ir plaukų ištraukos pH, kai apdoravimo temperatūra 40°C

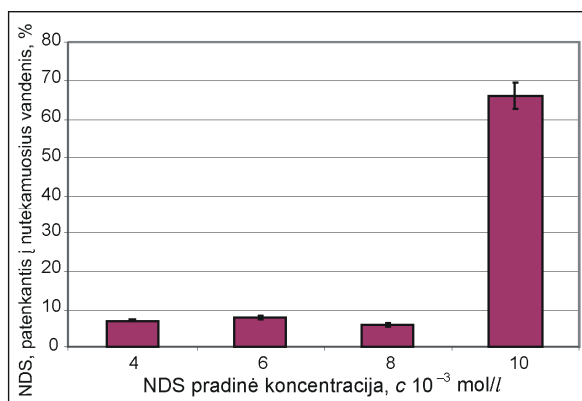
Table 1. pH solutions and hair extract when processing temperature is 40°C

| Pradinė NDS koncentracija, mol/l | NDS tirpalo pH | | Plaukų ištraukos pH |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|
| | pradinio NDS tirpalio pH | plaukus apdorojus | |
| 4×10^{-3} | $5,30 \pm 0,03$ | $5,69 \pm 0,03$ | $6,33 \pm 0,03$ |
| 6×10^{-3} | $5,69 \pm 0,03$ | $5,84 \pm 0,03$ | $6,49 \pm 0,03$ |
| 8×10^{-3} | $5,80 \pm 0,03$ | $5,88 \pm 0,03$ | $5,81 \pm 0,03$ |
| 10×10^{-3} | $5,92 \pm 0,03$ | $5,89 \pm 0,03$ | $6,66 \pm 0,03$ |

Iš 1 lentelėje pateiktų duomenų matome, kad didinant pradinę natrio dodecilsulfato koncentraciją plovimo tirpale atitinkamai iki 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l, didėja tirpalo pH vertė, bet tirtojo koncentracijų intervalo išlieka mažai rūgštinė. Kai pradinio tirpalo natrio dodecilsulfato koncentracija yra 4×10^{-3} mol/l, šio tirpalo pH yra 5,30, o plaukus apdorojus juo – 5,69. Toks pat natrio dodecilsulfato tirpalų pH pokytis nustatytas ir esant kitoms pradinėms natrio dodecilsulfato tirpalų koncentracijoms, išskyrus didžiausią tiriant naudotą 10×10^{-3} mol/l koncentraciją, kai plaukus apdorojus tokiu tirpalu pH mažai kito.

Visi natrio dodecilsulfato tirpalu plautų plaukų bandiniai buvo praplauti kambario temperatūros distiliuotu vandeniu, išdžiovinti oro aplinkoje, tada atlikti jų ištraukos pH matavimai. Taip pat atlikti natrio dodecilsulfato tirpalais neapdorotų plaukų ištraukos pH matavimai. Nustatyta, kad neapdorotų plaukų pH yra 6,22. Plaukus apdorojus 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l natrio dodecilsulfato tirpalais ištraukos pH padidėjo, palyginti su neapdorotų plaukų ištraukos pH. Kai pradinė natrio dodecilsulfato koncentracija buvo 8×10^{-3} mol/l, pastebėtas skirtingas plaunamojo tirpalo poveikis – plaukų ištraukos pH sumažėjo 0,41. Palyginti su pradine plaukų ištraukos pH verte, kintantis tirpalų pH rodo, kad natrio dodecilsulfato sąveika su plaukais vyksta.

Taip pat plaukai natrio dodecilsulfato tirpalais buvo plaunami $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūroje, nes ši temperatūra žinoma kaip kritinė, turinti įtakos micelių susidarymui. Tyrimo metu siekiama nustatyti, ar kinta natrio dodecilsulfato sugertis plaunant plaukus jo tirpalu šioje temperatūroje, palyginti su duomenimis, gautais plaunant tokiomis pačiomis sąlygomis $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūroje.



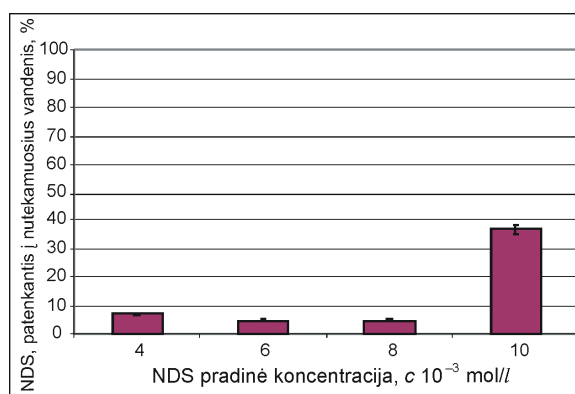
7 pav. Natrio dodecilsulfato kiekis, patenkantis į nutekamuosius vandenį, nustatytas liepsnos fotometru, kai plaukai buvo plaunami 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l pradinės koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalais $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūroje

Fig. 7. Sodium dodecyl sulphate amount, entering into waste water, set by flame photometry when the hair were washed with 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l initial concentration of sodium dodecyl sulphate solutions at $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Didžiausias sugerties efektas nustatytas liepsnos fotometrijos metodu, plaunant plaukus 8×10^{-3} mol/l pradinio natrio dodecilsulfato tirpalu (7 pav.).

Sugerties vertė, kai plaunama 4×10^{-3} mol/l, 6×10^{-3} mol/l ir 8×10^{-3} mol/l natrio dodecilsulfato tirpalais, labai nesiskiria, išskyrus 10×10^{-3} mol/l tirpalo koncentraciją, kai apskaičiuotoji sugerties vertė yra 34 %. Taigi 34 % natrio dodecilsulfato lieka plaukuose, o kita dalis, apie 66 %, yra nuplaunama ir patenka į nutekamuosius vandenį. Tokius tyrimo rezultatus galima būtų paaiškinti skirtingomis natrio dodecilsulfato pradinio tirpalo savybėmis esant 10×10^{-3} mol/l koncentracijai, nes šios koncentracijos tirpale, skirtingai nei kitų koncentracijų tirpaluose, paviršinio aktyvumo medžiagos micelės yra visiškai susiformavusios.

Tiesioginės potenciometrijos metodu nustatyta, kad natrio dodecilsulfato sugerties vertės, plaunant plaukus skirtingų koncentracijų tirpalais $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūroje yra panašios kaip ir nustatytos liepsnos fotometrijos metodu. Skirtingi duomenys gaunami, kai plaunama 10×10^{-3} mol/l koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalu. Tiriant plovimo 10×10^{-3} mol/l koncentracijos tirpalu procesą liepsnos fotometrijos metodu nustatyta, kad tirpale lieka 34 % natrio dodecilsulfato, o tiesioginės potenciometrijos metodu – 66 % natrio dodecilsulfato.



8 pav. Natrio dodecilsulfato kiekis, patenkantis į nutekamuosius vandenį, nustatytas tiesioginės potenciometrijos metodu, kai plaukai buvo plaunami 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l pradinės koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalais $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūroje

Fig. 8. Sodium dodecyl sulphate amount, entering into waste water, set by direct potentiometry method when the hair were washed with 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l initial concentration of sodium dodecyl sulphate solutions at $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Palyginus tyrimų duomenis, gautus tiesioginės potenciometrijos metodu (6 ir 8 pav.), matyti, kad plaukų apdoravimo temperatūros pakėlimas turėjo įtakos natrio dodecilsulfato sąveikai su plaukais. Padidinus temperatūrą, padidėja natrio dodecilsulfato sugertis plaukuose.

Plaukų pH vertė turi tiesioginę įtaką jų būklei. Normalių sveikų plaukų pH yra mažai rūgštinis. Tuomet plaukų žvynelių sluoksnis, kuris savo ruožtu apsaugo apatinį žievės sluoksnį ir užtikrina bendrą plaukų stiprumą ir elastingumą bei žvilgesį, yra uždaras. Atitinkamai kuo didesnė yra plaukų pH vertė (didesnis šarmingumas), tuo daugiau pakilęs ir prasiskleidęs bus jų žvynelių sluoksnis bei atsivėrusi žievė, tuo prastesnė bus jų bendra būklė (Anderson 1983; Plaukai... 2007).

2 lentelėje pateikti natrio dodecilsulfato tirpalų pH ir plaukų ištraukos $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūroje matavimų duomenys.

Išmatavus tirpalų pH po plaukų apdoravimo, pastebėta, kad visų tirpalų pH vertė pakito didėjimo kryptimi. 4×10^{-3} mol/l pradinės koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalo pH vertė pakito daugiausiai – nuo 5,30 iki 5,64.

Daugiausiai plaukų ištraukos pH kito apdorojus natrio dodecilsulfato 10×10^{-3} mol/l pradinės koncentracijos tirpalu, nes niekaip chemiškai neapdorotų plaukų pH yra 6,22, o apdorotų šios koncentracijos tirpalu plaukų ištraukos pH – 6,56.

2 lentelė. Tirpalų ir plaukų ištraukos pH, kai apdorojimo temperatūra yra 50 °C

Table 2. pH solutions and hair extract, when processing temperature is 50 °C

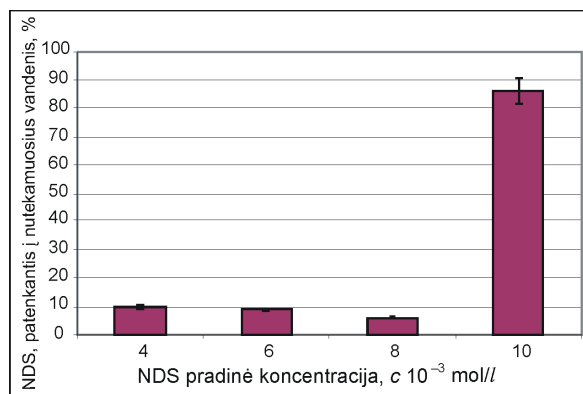
| Pradinė NDS koncentracija, mol/l | NDS tirpalo pH | | Plaukų ištraukos pH |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| | pradinio NDS tirpalo pH | plaukus apdorojus | |
| 4×10^{-3} | $5,30 \pm 0,03$ | $5,64 \pm 0,03$ | $6,3 \pm 0,03$ |
| 6×10^{-3} | $5,69 \pm 0,03$ | $5,75 \pm 0,03$ | $6,22 \pm 0,03$ |
| 8×10^{-3} | $5,80 \pm 0,03$ | $5,89 \pm 0,03$ | $6,35 \pm 0,03$ |
| 10×10^{-3} | $5,92 \pm 0,03$ | $5,93 \pm 0,03$ | $6,56 \pm 0,03$ |

Vertinant temperatūros įtaką tirpalų ir plaukų ištraukos pH vertėms (1 ir 2 lentelės) matyti, kad išlieka ta pati tendencija – didėjant pradinei natrio dodecilsulfato koncentracijai, didėja ir tirpalo, ir plaukų ištraukos pH vertės.

Užteršimas plaukų kauke atliekamas kambario temperatūroje. Po apdorojimo kaukė nuo plaukų buvo nuplaunama 4×10^{-3} mol/l, 6×10^{-3} mol/l, 8×10^{-3} mol/l ir 10×10^{-3} mol/l pradinių koncentracijų natrio dodecilsulfato tirpalais 40 °C temperatūroje. Šioje nuplaunamoje plaukų kaukėje nėra medžiagų, kurių sudėtyje būtų natrio, galinčio turėti įtakos tyrimo rezultatams.

Natrio dodecilsulfato sugerties plaukuose rezultatai, gauti nustačius liepsnos fotometru pradinę natrio dodecilsulfato tirpalo koncentraciją ir juo apdorotų plaukų, pateikti 9 paveiksle.

Natrio dodecilsulfato sugertis, plaunant užterštus plaukus, didžiausia, kai plovimo tirpalas yra kritinės micelių susidarymo koncentracijos – 8×10^{-3} mol/l.



9 pav. Natrio dodecilsulfato kiekis, patenkantis į nutekamuosius vandenį, nustatytas liepsnos fotometru, kai užteršti plaukai buvo plauti 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l pradinės koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalais 40 °C temperatūroje

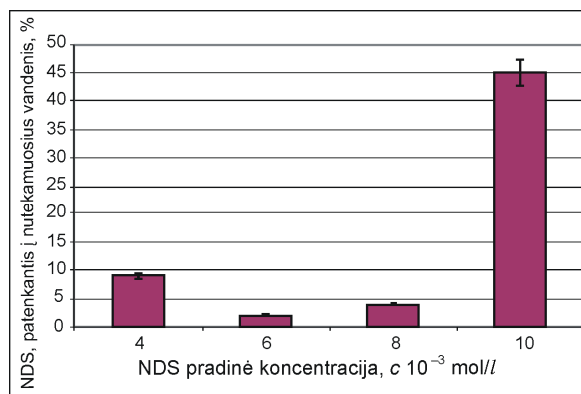
Fig. 9. Sodium dodecylsulphate amount, entering into waste water, set by flame photometry, when contaminated hair were washed with 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l initial concentration of sodium dodecylsulphate solutions at 40 °C

Palyginus užterštų ir neužterštų plaukų sugertį, kai jie buvo plauti skirtingų natrio dodecilsulfato koncentracijų tirpalais, ir matavimai atlikti liepsnos fotometru, pastebėta,

kad daugiausiai į nuotekas patenka anijoninės paviršinio aktyvumo medžiagos, kai pradinė natrio dodecilsulfato koncentracija yra 10×10^{-3} mol/l 40 °C temperatūroje.

Palyginus 5 ir 9 pav. pateiktus duomenis matyti, kad sugerties vertės yra panašios, kai plaunami neužteršti ir dirbtinai užteršti plaukai 4×10^{-3} mol/l, 6×10^{-3} mol/l ir 8×10^{-3} mol/l pradinės koncentracijos plovimo tirpalais. Mažesnes sugerties vertes, kai užteršti plaukai plaunami 10×10^{-3} mol/l tirpalu, galima būtų paaiškinti tuo, kad dalis natrio dodecilsulfato sorbuojasi ant teršalo, nuplaunama jį, tačiau bendrosios sugerties tendencijos išlieka nepakitusios.

Tiesioginės potenciometrijos metodu nustatyta, kad daugiausiai natrio dodecilsulfato lieka tirpale ir patenka į nutekamuosius vandenį, kai pradinio tirpalo koncentracija yra 10×10^{-3} mol/l, užterštus plaukus plaunant 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l pradinės natrio dodecilsulfato koncentracijos tirpalais 40 °C temperatūroje.



10 pav. Natrio dodecilsulfato kiekis, patenkantis į nutekamuosius vandenį, nustatytas tiesioginės potenciometrijos metodu, kai užteršti plaukai buvo plauti 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l pradinės koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalais 40 °C temperatūroje

Fig. 10. Sodium dodecylsulphate amount, entering into waste water, set by direct potentiometry method when contaminated hair were washed with 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol/l initial concentration of sodium dodecylsulphate solutions at 40 °C

Lyginant 9 ir 10 paveiksluose pateiktus natrio dodecilsulfato kiekio, patenkancio į nutekamuosius vandenį, plaunant užterštus plaukus, duomenis matyti, kad jie, nustatyti taikant liepsnos fotometrijos ir tiesioginės potenciometrijos metodą, koreliuoja tarpusavyje. Beje, išsiskyrė užterštų plaukų ir neužterštų plaukų natrio dodecilsulfato sugertis, kai pradinė natrio dodecilsulfato tirpalo koncentracija 10×10^{-3} mol/l. Užterštuose plaukuose natrio dodecilsulfato lieka 54 % (10 pav.), o neužterštuose plaukuose – 45 % (6 pav.). Tyrimų rezultatai rodo, kad didelis natrio dodecilsulfato kiekis patenka į nutekamuosius vandenį plaunant, todėl svarbu, kad nutekamuosiuose vandenyse būtų gerai suskaidomos anijoninės paviršinio aktyvumo medžiagos (anaerobinėmis ar aerobinėmis sąlygomis) ir nekenktų bioįvairovei.

Plaukai yra mažai rūgštiniai, todėl ir daugumos plaukų kaukių pH kinta nuo 4 iki 7. Tyrimams pasirinktos plaukų kaukės vandeninio tirpalo pH buvo 4,37.

Dėl rūgštinio pH ir sudedamųjų dalių kaukė maitina ir kondicionuoja plaukus, atkuria natūralų lipidų sluoksnį ir padidina drėgmės lygį plaukuose. Matuota tokių pačių natrio dodecilsulfato koncentracijų – 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol// tirpalais plautų užterštų plaukų trijų bandinių ištraukos pH. Tirpalo pH sumažėjimą po užterštų plaukų apdorojimo minėtų pradinių koncentracijų tirpalais galima būtų paaiškinti natrio dodecilsulfato ir rūgštinės kaukės likučių buvimu tirpale.

3 lentelė. Tirpalų ir užterštų plaukų ištraukos pH, kai apdorojimo temperatūra yra 40 °C

Table 3. pH solutions and contaminated hair extract, when processing temperature is 40 °C

| Pradinė natrio dodecilsulfato koncentracija, mol// | Pradinė tirpalo pH | Tirpalo pH plaukus apdorojus | Apdorotų plaukų ištraukos pH |
|--|--------------------|------------------------------|------------------------------|
| 4×10^{-3} | 5,47 | 5,77 | 5,74 |
| 6×10^{-3} | 6,81 | 5,78 | 5,75 |
| 8×10^{-3} | 6,16 | 5,81 | 5,78 |
| 10×10^{-3} | 5,83 | 6,15 | 6,05 |

Užterštų plaukų ištraukos pH nepriklauso nuo plauti naudoto natrio dodecilsulfato tirpalo koncentracijos. Iš 1 ir 3 lentelėje pateiktų duomenų akivaizdu, kad užterštų ir tada plautų plaukų ištraukos pH yra labiau rūgštinė nei plautų neužterštų plaukų. Kadangi plaukų kaukės pH yra rūgštinis – 4,37, gaunamos rūgštingesnės ištraukos pH vertės rodo galimą kaukės ir plaukų sąveiką.

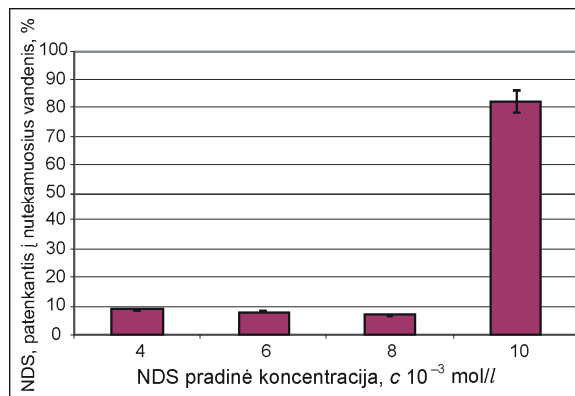
Analogiškai kaip 40 °C temperatūroje, užteršti plaukai buvo išplauti tokių pačių keturių natrio dodecilsulfato koncentracijų – 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol// tirpaluose 50 °C temperatūroje.

Iš 11 paveiksle pateiktų tyrimų duomenų matyti, kad mažiausioji natrio dodecilsulfato sugertis yra 19 %, kai tirpalo koncentracija 10×10^{-3} mol//, todėl šios medžiagos daugiausiai patenka į nutekamuosius vandenius, net 81 %. Atlikus tyrimą, naudojant tų pačių natrio dodecilsulfato koncentracijų tirpalus, su neužterštais plaukais, apdorojus plaukus 10×10^{-3} mol// tirpalu sugertis yra 34 %, į nutekamuosius vandenius pateko 66 %.

12 paveiksle pateikti natrio dodecilsulfato kiekiai, patenkantys į nutekamuosius vandenius plaukus apdorojus tų pačių koncentracijų tirpalais 50 °C temperatūroje. Tyrimų duomenys apskaičiuoti atlikus analizę tiesioginės potenciometrijos metodu.

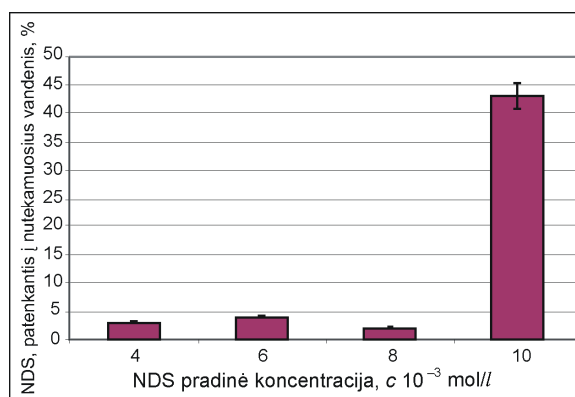
Didžiausias sugėrimo efektas išryškėja, kai užteršti plaukai buvo plauti artimu kritinei micelių susidarymo koncentracijai – 8×10^{-3} mol// tirpalu. Mažiausiai natrio dodecilsulfato ant užterštų plaukų adsorbuojasi, kai jie apdorojami didesnės nei kritinė micelių susidarymo koncentracija – 10×10^{-3} mol// tirpalu.

Natrio dodecilsulfatas gali sukelti alergines reakcijas, nes jo nemažai lieka plaukuose bei ant galvos odos – 93 %. Atlikus tuos pačius bandymus – tik su natrio dodecilsulfatu ir neužterštais plaukais, buvo gauta, kad daugiausiai natrio dodecilsulfato lieka plaukuose, kai šios anijoninės paviršinio aktyvumo medžiagos tirpalo koncentracija yra 6×10^{-3} ir 8×10^{-3} mol//, o mažiausiai natrio



11 pav. Natrio dodecilsulfato kiekis, patenkantis į nutekamuosius vandenius, nustatytas liepsnos fotometru, kai užteršti plaukai buvo plauti 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol// pradinės koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalais 50 °C temperatūroje

Fig. 11. Sodium dodecylsulphate amount, entering into waste water, set by flame photometry, when contaminated hair were washed with 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol// initial concentration of sodium dodecylsulphate solutions at 50 °C



12 pav. Natrio dodecilsulfato kiekis, patenkantis į nutekamuosius vandenius, nustatytas tiesioginės potenciometrijos metodu, kai užteršti plaukai plauti 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol// pradinės koncentracijos natrio dodecilsulfato tirpalais 50 °C temperatūroje

Fig. 12. Sodium dodecylsulphate amount, entering into waste water, set by direct potentiometry method, when contaminated hair were washed with 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , 8×10^{-3} , 10×10^{-3} mol// initial concentration of sodium dodecylsulphate solutions at 50 °C

dodecilsulfato plaukuose lieka taip pat kaip ir plovus užterštus plaukus 10×10^{-3} mol// koncentracijos tirpale.

4 lentelėje pateikti pradinių tirpalų, tirpalų po plaukų apdorojimo 50 °C temperatūroje ir plaukų ištraukos pH. Palyginus pradinio natrio dodecilsulfato tirpalo pH su tirpalu po plaukų apdorojimo matomas skirtumas. Kai pradinė natrio dodecilsulfato koncentracija yra daug mažesnė – 4×10^{-3} mol// arba didesnė – 10×10^{-3} mol// nei kritinė micelių susidarymo koncentracija, tirpalo pH plaukus apdorojus šiais tirpalais padidėjo, tačiau išliko mažai rūgštinė.

Kai pradinė natrio dodecilsulfato koncentracija yra nedaug mažesnė – 6×10^{-3} mol// – arba artima 8×10^{-3} mol//

4 lentelė. Tirpalų ir užterštų plaukų ištraukos pH, kai apdorojimo temperatūra yra 50 °C

Table 4. pH solutions and contaminated hair extract, when processing temperature is 50 °C

| Pradinė natrio dodecilsulfato koncentracija, mol/l | Pradinė tirpalo pH | Tirpalo pH plaukus apdorojus 50 °C temperatūroje | Apdorotų plaukų ištraukos pH 50 °C temperatūroje |
|--|--------------------|--|--|
| 4×10^{-3} | 5,47 | 6,17 | 5,78 |
| 6×10^{-3} | 6,81 | 5,85 | 6,12 |
| 8×10^{-3} | 6,16 | 6,05 | 6,2 |
| 10×10^{-3} | 5,83 | 6,12 | 6,28 |

kritinei micelių susidarymo koncentracijai, tirpalo pH plaukus apdorojus šiais tirpalais sumažėjo.

Plaukų ištraukos pH pakitimai yra nedideli plaukus apdorojus 8×10^{-3} mol/l ir 6×10^{-3} mol/l natrio dodecilsulfato tirpalais, palyginti su neapdorotų plaukų ištraukos pH verte – 6,22. Palyginus 3 ir 4 lentelėse pateiktas užterštų plaukų ištraukos pH vertes matyti, kad apdorojimo temperatūros įtaka yra svarbi. Kai plaukai buvo apdoroti 40 °C temperatūros tirpalais, gautos didesnės rūgštinės plaukų ištraukos pH vertės įrodo, kad plovimas yra efektyvesnis, kai apdorojimo temperatūra 50 °C. Kad rūgšti kaukė geriau nuplaunama, akivaizdu iš padidėjusių plaukų ištraukos pH verčių. Mažesnės temperatūros tų pačių koncentracijų ir sudėties tirpalai nesumažina kaukės ir plaukų tarpusavio sąveikos.

Atlikus tyrimus su natrio dodecilsulfato tirpalais matyti, kad mažiausiai natrio dodecilsulfato tirpale lieka, kai pradinė jo koncentracija mažesnė nei kritinė – 4×10^{-3} mol/l ir 6×10^{-3} mol/l – arba artima 8×10^{-3} mol/l kritinei micelių susidarymo koncentracijai. Daugiausiai natrio dodecilsulfato patenka į nutekamuosius vandenį, kai tirpalo pradinė koncentracija didesnė nei kritinė micelių susidarymo koncentracija – 10×10^{-3} mol/l, todėl, kad micelės yra visiškai susiformavusios, ir natrio dodecilsulfato molekulių tarpusavio sąveika yra stipri. Tikėtina, kad dėl šios sąveikos ši paviršinio aktyvumo medžiaga mažiau sąveikauja su substratu, t. y. plaukais ar teršalais. Iš pH tyrimų akivaizdu, kad plaukai sąveikauja ir su natrio dodecilsulfato tirpalais, ir su kauke – tai galima spręsti iš plaukų ištraukos pH verčių kitimo.

Esant didesnei natrio dodecilsulfato koncentracijai pradiniam tirpale, daugiau šios medžiagos patenka į nutekamuosius vandenį. Visos PAM kenkia organizmams aplinkoje, jei naudojami kiekiai nėra maži. Ištyrus nustatyta, kad naudojant didelius kiekius natrio dodecilsulfato, plaukų plovimas nėra efektyvesnis, tik daugiau šios medžiagos patenka į nutekamuosius vandenį ir pa kenkia vandens ekosistemai. Tiksliau yra plauti du kartus, naudojant mažus natrio dodecilsulfato kiekius nei vieną kartą, naudojant didelės koncentracijos natrio dodecilsulfatą.

4. Išvados

1. Iš plaukų apdorojimo natrio dodecilsulfato tirpalais 40 °C ir 50 °C temperatūroje tyrimų rezultatų, gautų atlikus liepsnos fotometrinę ir tiesioginę potenciometrijos

analizę, akivaizdu, kad daugiausiai natrio dodecilsulfato patenka į nutekamuosius vandenį, kai jo koncentracija didesnė nei kritinė micelių susidarymo koncentracija, t. y. 10×10^{-3} mol/l.

2. Iš palyginamųjų neužterštų ir dirbtinai užterštų plaukų plovimo tyrimo rezultatų matyti, kad daugiausiai natrio dodecilsulfato į aplinką patenka plaunant 10×10^{-3} mol/l koncentracijos tirpalu, tačiau natrio dodecilsulfato kiekis, patekęs į nutekamuosius vandenį išplovus užterštus plaukus, buvo mažesnis.

3. Plovimo tirpalų ir plaukų ištraukos pH matavimų duomenys susiję su natrio dodecilsulfato koncentracijos kitimu plovimo tirpaluose. Nustatyta, kad natrio dodecilsulfatas sąveikauja su substratu, šiuo atveju – plaukais.

Literatūra

- Adomas, R.; Jasinskas, L.; Ragutienė, N. 1979. *Organinė chemija*. Vilnius: Žodynas. 306 p.
- Anderson, C. A. 1983. Mechanisms of raw wool scouring – the role of the protein contaminant layer, *Textile Research Journal* 12: 741–750. doi:10.1177/004051758305301205
- Beermann, K.; Buschmann, H.-J.; Schollmeyer, E. 2000. Influence of surfactants on the metabolism of Tetrahymena pyriformis measured by a calorimetric method, *Tenside Surfactants Detergents* 37: 346–349.
- Bikauskaitė, D. 2006. Dūstančios žuvis – vietinių žvejų problema, *Vakarų ekspresas* 3–4.
- Day, J.; Russel, N.; White, G. 1985. Survey of SDS resistance and Alkylsulphatase production in Bacteria from clean and polluted river sites, *Environmental Pollution* 1–11.
- Detergentai [interaktyvus]. 2006 [žiūrėta 2008 sausio 18 d.]. Prieiga per internetą: <<http://www.sveikaszmogus.lt/index.php?pagrid=grozis&lid=2&rodyti=str&strid=3541&subtema=81>>.
- Heimenz, P. C.; Rajagopalan, R. 1997. *Principles of Colloid and Surfaces Physicochem*. Marul Dekker. 650 p.
- Johnston, J.; Wood, N. 1982. *Chemistry Man and Society*. Saunders College Publishing 500–513.
- Kremer, J.; Matthies, W.; Voigtmann, I. 2000. New perspectives on skin-compatible detergents for sensitive skin, *Tenside Surfactants Detergents* 37: 350–356.
- Kuzuhara, A. 2005. Analysis of structural change in keratin fibers resulting from chemical treatments using Raman spectroscopy, *Inc. Biopolymers* 77: 335–344. doi:10.1002/bip.20221
- Lietuvos standartai LST ISO9964 – 31998. *Natrio ir kalio nustatymas liepsnos emisijos spektrometriniu metodu*. 7 p.
- Manahan, S. E. 1990. *Environmental Chemistry, Lewis, Chelsea* 10(4): 418–422.
- Mickevičius, D. 1999. *Cheminės analizės metodai*. Vilnius: Žiburio leidykla. 352 p.
- Milton, J. R. 2004. *Surfactants and Interfacial Phenomena*. John Wiley & Sons. 464 p.
- Naruševičius, V.; Sinkevičius, S.; Patapavičius, R. 2001. *Esamo mutabilumo lygio didėjimas Lietuvoje perinčių kolonijų vandens paukščių populiacijose Vakarų Europos ekosistemų taršos kontekste*. Edukologijos institutas.
- Natrio dodecilsulfatas [interaktyvus]. 2004 [žiūrėta 2008 m. vasario 2 d.]. Prieiga per internetą: <<http://jchemed.chem.wisc.edu/jcesoft/cca/cca2/MAIN/FLAME/CD2R1.HTM>>.
- Natrio dodecilsulfatas [interaktyvus]. 2005 [žiūrėta 2008 m. vasario 15 d.]. Prieiga per internetą: <www.merck-chemicals.com>.

- Navickaitė, J. 2006. *Odos priežiūra*. Sveikatos ir medicininės informacijos agentūra.
- PAM koncentracija nuotekose [interaktyvus]. 2006 [žiūrėta 2008 m. sausio 22 d.]. Prieiga per internetą: <www.ukmin.lt>.
- Plaukai [interaktyvus]. 2007 [žiūrėta 2008 m. sausio 23 d.]. Prieiga per internetą: <www.plaukai.lt>.
- Plovimo sudedamosios dalys [interaktyvus]. 2007 [žiūrėta 2007 m. spalio 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://ukmin.lt>.
- Schmitt, M. 2001. *Analysis of Surfactants*. Marul Dekker. 637 p.
- Singh, G.; Bala, N.; Rathod, T. R. 2009. Utilization of textile industrial effluent for raising *Azadirachta Indica A. juss* seedlings in Indian desert, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 17(3): 171–180. doi:10.3846/1648-6897.2009.17.171-180
- Vaboliienė, G.; Matuzevičius, A. B. 2007. Nitrifikacijos ir denitrifikacijos greičių vertinimas, azotą iš nuotekų šalinant biologiniu būdu, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 15(2): 77–84.
- Venkatesan, G.; Swaminathan, G. 2009. Review of chloride and sulphate attenuation in ground water nearby solid-waste landfill sites, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 17(1): 67–74. doi:10.3846/1648-6897.2009.17.1a-1g
- Wortmann, W. J.; Wortmann, G.; Zahn, H. 1995. Applying principal components analysis to the amino acid composition of keratin materials, *Textile Research Journal* 11: 669–675. doi:10.1177/004051759506501107
- Zahn, H. 1995. Wool Chemistry and Processing, in *International Wool Textile research Conference* 1–16.

THE AMOUNT OF SODIUM DODECYLSULPHATE GETTING INTO WASTE WATER DURING HAIR WASHING PROCESS

L. Ragelienė, G. Jasulaitytė

Summary

The investigations were carried out while washing hair with sodium dodecylsulphate solutions of different concentrations i. e., lower than the critical concentration of micelle formation of 4×10^{-3} , 6×10^{-3} , the critical concentration of micelle formation of 8×10^{-3} and higher than the critical concentration of micelle formation of 10×10^{-3} mol/l in solutions at 40 °C or 50 °C. The amount of sodium dodecylsulphate that gets into waste water or adsorbs on the hair surface was determined using flame photometry and direct potentiometry methods. Having estimated the results obtained during the analysis of flame photometry and direct potentiometry it has been determined that the largest amount of sodium dodecylsulphate gets into waste water when its concentration is higher than the critical concentration of micelle formation of 10×10^{-3} mol/l. The results of the investigation of washing artificially tainted and non-tainted hair have demonstrated that the largest amount of sodium dodecylsulphate gets into the environment after hair washing with 10×10^{-3} mol initial concentration in solution of 6×10^{-3} and 8×10^{-3} mol/l. The results of pH measurements of washing and hair extract solution are in correlation with variation of amount of sodium dodecylsulphate in washing solutions. The measurements of pH show that sodium dodecylsulphate interacts with hair.

Keywords: sodium dodecylsulphate, critical micelle concentration, hair, temperature, flame photometry direct potentiometry.

КОЛИЧЕСТВО ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ В СЛИВНЫХ ВОДАХ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ МЫТЬЯ ВОЛОС

Л. Рагялене, Г. Ясулайтите

Резюме

Исследования были проведены при мытье волос растворами додецилсульфата натрия разной концентрации, т. е. меньше чем критическая мицеллообразования 4×10^{-3} , 6×10^{-3} мол/л, критическая мицеллообразования 8×10^{-3} мол/л и больше чем критическая мицеллообразования 10×10^{-3} мол/л при температуре 40 °C или 50 °C. Количество попадаемого в сливные воды или адсорбируемого додецилсульфата натрия было установлено методами пламенной фотометрии и прямой потенциометрии. Оценивая результаты, полученные методами пламенной фотометрии и прямой потенциометрии, видно, что наибольшее количество додецилсульфата натрия попадает в сливные воды, когда его концентрация больше чем критическая мицеллообразования 10×10^{-3} мол/л. Результаты искусственно загрязненных и незагрязненных мытых волос показали, что наибольшее количество додецилсульфата натрия попадает в окружающую среду, когда мытье проводится раствором 10×10^{-3} мол/л, а наименьшее количество, когда первичная концентрация раствора равна 4×10^{-3} , 6×10^{-3} мол/л. Результаты измерения растворов pH и вода после мытья волос коррелируют с количественным изменением додецилсульфата натрия в растворах мойки. Измерение pH свидетельствует о том, что додецилсульфат натрия взаимодействует с волосами.

Ключевые слова: додецилсульфат натрия, критическая концентрация мицеллообразования, волосы, температура, пламенная фотометрия, прямая потенциометрия.

Lina RAGELIENĖ. Dr, lecturer, Dept of Biochemistry and Biotechnology, Vytautas Magnus University (VMU). Doctor of Natural Sciences (chemistry), Kaunas University of Technology, 1999. First degree in Chemical Engineering, Kaunas University of Technology, 1992. Publications: author of over 30 scientific publications. Research interests: surfactants, chemical activity, natural polymers, environmental protection.

Giedrė JASULAITYTĖ. Master student (environmental engineering), Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU). Bachelor of Science (environment and ecology), VMU, 2008.