

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikka
Satu Matikka

Opinnäytetyö

Nestemäisen pyykinpesuaineen pesutehoon vaikuttavat parametrit

Julkinen osio

Työn ohjaaja
Työn tilaaja
Tampere 1/2011

Torolf Öhman
Kiilto Oy, valvoja tuotekehityspäällikkö Heidi Kähkönen

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kemiantekniikka

Tekijä	Satu Matikka
Työn nimi	Nestemäisen pyykinpesuaineen pesutehoon vaikuttavat parametrit
Sivumäärä	47
Valmistumisaika	1/2011
Työn ohjaaja	Torolf Öhman
Työn tilaaja	Kiilto Oy, valvoja tuotekehityspäällikkö Heidi Kähkönen

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona kotimaiselle kemianalan yritykselle Kiilto Oy:lle. Opinnäytetyö tehtiin Kiilto Oy:n tuotekehitysosastolla koskien KiiltoClean Oy:n tuotteita. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää nestemäisen pyykinpesuaineen pesutehoon vaikuttavat parametrit. Erityisesti oltiin kiinnostuneita tensidien ja lisäaineiden vaikutuksista pyykinpesuaineen pesutehoon.

Nestemäisen pyykinpesuaineen pesutehoon vaikuttavia parametreja tutkittiin suunnittelemalla, valmistamalla ja testaamalla pyykinpesuaineen koe-eriä. Koe-erät valmistettiin laboratoriossa ja testattiin erilaisilla testimenetelmillä. Koe-eristä testattiin muun muassa niiden vaahtoavuus ja pesuteho. Pesutehon testejä tehtiin pesemällä pyykkiä ja testikappaleita pesukoneessa ja mittaamalla koe-erien pesuteho testikappaleista pesun jälkeen.

Työssä tutkittiin tensidien laadun ja määrän vaikutuksia pyykinpesuaineen pesutehoon. Työssä tutkittuja lisäaineita olivat polymeerit, entsyymit ja värinsuoja-aine. Lisäksi tutkittiin, millä vaahdonestoaineilla pyykinpesuaineen vaahtoavuus saatiin sopivaksi. Koe-erien testauksista saatujen pesutulosten perusteella laadittiin erilaisia kuvaajia, joiden avulla havainnollistettiin eri tekijöiden vaikutuksia pyykinpesuaineen pesutehoon.

Työn tuloksena saatiin tietoa siitä, mitkä tekijät vaikuttavat nestemäisen pyykinpesuaineen pesutehoon. Tuloksena oli tietoa tensidien laadun ja pitoisuuden vaikutuksista pesutehoon sekä lisäaineiden toimivuudesta ja sopivista pitoisuuksista pyykinpesuaineessa. Tuloksena oli myös selvitys vaahdonestoaineiden laaduista ja pitoisuuksista nestemäisessä pyykinpesuaineessa ja pesuajan vaikutuksesta pyykinpesuaineen pesutulokseen.

Opinnäytetyö sisältää luottamuksellisia asioita.

Avainsanat	nestemäinen pyykinpesuaine, pesuteho, tensidi, entsyymi, polymeeri
------------	--

Writer	Satu Matikka
Thesis	Parameters affecting the washing capacity of the liquid laundry detergent
Pages	47
Graduation time	1/2011
Thesis Supervisor	Torolf Öhman
Co-operating Company	Kiilto Oy, supervisor R&D manager Heidi Kähkönen

ABSTRACT

This thesis was made on assignment of Kiilto Oy which is a domestic company in chemical industry. The thesis was made in the product development department of Kiilto Oy and relating to the products of KiiltoClean Oy. The purpose of this thesis was to work out the parameters that affect the washing capacity of the liquid laundry detergent. The effects of surfactants and ingredients were especially interested in.

The parameters affecting the washing capacity of the liquid laundry detergent were studied by planning, making and testing the sample slots of the laundry detergent. The sample slots were produced in a laboratory and tested with different test methods. Among other things the foaming and the washing capacity of the sample slots were tested. The test of the washing capacity was made by washing laundry and test pieces in a washing machine. The washing capacity was measured from the test pieces after the wash.

The quality and the quantity of the surfactants were studied. The ingredients that were studied were polymers, enzymes and a color protective agent. The suitable combination of the anti-foam agents was studied, too. Different graphs were prepared basing on the test results. The graphs were prepared to illustrate the effects of the different parameters affecting the washing capacity.

As a result of this thesis was the knowledge about the parameters that affect the washing capacity of the liquid laundry detergent. The results included knowledge of the qualities and quantities of the surfactants and how they affect the washing capacity and the analysis of the functionalities and suitable concentrations of the ingredients. The result included the report of the suitable combination of the anti-foam agents and the knowledge how the washing time affects the washing capacity.

This thesis contains confidential information.

Keywords liquid laundry detergent, washing capacity, surfactant, enzyme, polymer

Alkusanat

Haluaisin kiittää Kiilto Oy:tä mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyöaiheesta. Haluaisin myös kiittää työn valvojaa Heidi Kähköstä ja työn ohjaajaa Torolf Öhmania kaikista neuvoista ja avusta työn tekemisen aikana.

Tampereella tammikuussa 2011

Satu Matikka

Sisällysluettelo

1 Johdanto	6
2 Yritysesittely	7
2.1 Kiilto Oy.....	7
2.2 KiiltoClean Oy	8
3 Pyykinpesuaineet	10
3.1 Pyykinpesun historia	10
3.2 Pyykinpesuaineet.....	11
3.3 Pyykinpesun ympäristövaikutukset.....	12
4 Pyykinpesuaineen komponentit	15
4.1 Tensidit.....	15
4.1.1 Tensidimolekyylin rakenne ja toiminta.....	16
4.1.2 Anioniset tensidit	17
4.1.3 Ionittomat tensidit	22
4.1.4 Kationiset tensidit	23
4.1.5 Amfoteeriset tensidit	24
4.2 Vedenpehmentäjät.....	25
4.2.1 Veden kovuus.....	25
4.2.2 Fosfaatit.....	26
4.2.3 Zeoliitit.....	28
4.2.4 Orgaaniset kompleksinmuodostajat	30
4.2.5 Fosfonaatit.....	33
4.3 Pesuemäket	33
4.3.1 Hydroksidit.....	33
4.3.2 Alkaliset suolat.....	34
4.4 Vaahdonsäätelijät	35
4.5 Suojakolloidit	37
4.6 Entsyymit	38
4.6.1 Entsyymien toiminta	39
4.6.2 Pyykinpesuaineissa käytettävät entsyymit	39
4.7 Valkaisuaineet	41
4.7.1 Natriumperboraatti	41
4.7.2 Natriumperkarbonaatti	42
4.8 Optiset kirkasteet.....	43
4.9 Hajusteet ja väriaineet	44
4.10 Säilöntäaineet	44
5 Raaka-aineet	45
6 Versioiden valmistus ja testausmenetelmät	45
7 Tulokset ja tulosten analysointi	45
8 Yhteenvedo	45
Lähteet	46
Liitteet	47

1 Johdanto

Nestemäiset pyykinpesuaineet sisältävät paljon erilaisia komponentteja, joista osa on pesuaktiivisia aineita. Pyykinpesuaineen pesutehoon vaikuttavien komponenttien eli pesuaktiivisten aineiden vaikutukset pesutehoon riippuvat niiden laaduista ja pitoisuuksista pyykinpesuaineessa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia nestemäisen pyykinpesuaineen pesutehoon vaikuttavia tekijöitä. Tarkoituksena oli tutkia tensidien ja lisäaineiden vaikutuksia pyykinpesuaineen pesutehoon. Työ oli tarkoitus toteuttaa suunnittelemalla ja valmistamalla erilaisia pyykinpesuaineversioita ja testaamalla niiden ominaisuuksia. Työn tuloksena oli tarkoitus saada tietoa nestemäisen pyykinpesuaineen eri komponenttien ominaisuuksista ja optimaalisista pitoisuuksista pyykinpesuaineessa, jotta saavutettaisiin haluttu pesuteho.

2 Yritysesittely

2.1 Kiilto Oy

Kiilto Oy on suomalainen kemianalan yhtiö, joka on perustettu Tampereella vuonna 1919 nimellä Teknokemian Tehdas O/Y Santalahti. Yhtiön nimi muuttui Kiilto Oy:ksi vuonna 1924, ja vuotta myöhemmin yhtiö muutti Pispalasta Hatanpäälle, jossa toiminta jatkui yli neljäkymmenen vuoden ajan. Vuonna 1970 yhtiö osti Kukonahteen tehdastontin Lempäälän Sääksjärveltä, ja tehtaan rakentaminen aloitettiin vuonna 1971. Nykyisinkin Sääksjärvellä sijaitsevan yhtiön tuotteita toiminnan alkaessa olivat kosmeettiset aineet rohdoskaupoille, maalit, kiillokkeet, vahat ja liimat kenkätehtaille sekä spriiilakat ja kiillokkeet huonekalukauppiaille. Liimat valittiin Kiillon päätuotteiksi 1960-luvulla. (Kiilto Oy.)

Nykyisin Kiilto Family -konserniin kuuluvan Kiilto Oy:n tuotevalikoimaan kuuluu vajaat 1000 tuotetta ja henkilöstön koko on yli 200. Yhtiön yritystoiminta perustuu liimojen ja rakennustuotteiden kehitykseen, valmistukseen ja markkinointiin. Kiilto Oy:n lisäksi konserniin kuuluu muita teollisuuden aloja edustavat yhtiöt KiiltoClean Oy, Kiilloplast Oy, Intermedius Oy, Metalpak Oy ja Rampport Oy. Kiillolla on lisäksi tytäryhtiöitä ulkomailla, muun muassa Ruotsissa ja Venäjällä. Kukonahteen 17 hehtaarin tehdasalueella sijaitsevat nykyään yhtiön tuotantolaitokset, tutkimuskeskus, keskusvarasto, taloushallinto ja markkinointi. (Kiilto Oy.)

Vajaat 1000 tuotetta kattava tuotevalikoima koostuu liimoista, parkettilakoista, lattia- ja seinätaasoitteista, vedeneristeistä, keraamisten laattojen saumaus- ja kiinnitys-laasteista, tiivistysmassoista, ohenteista ja valimohartseista. Asiakaskuntaan kuuluu niin erilaiset teollisuudenalat kuin kotitalouskuluttajat. Kiillon vahva osaaminen kiinnittämisen ja siihen liittyvien pintojen käsittelyn erikoisalueilla perustuu omaan tutkimus- ja kehitystyöhön, johon panostetaan voimakkaasti. Tuotekehityksessä työskentelee koko yhtiön henkilökunnasta 17 %, ja kaikki valmistettavat tuotteet ovat yhtiön oman tuotekehityksen tulosta. (Kiilto Oy.)

Kiillolla on käytössä yli 700 raaka-ainetta, ja yhtiö on valmistanut itse vesipohjaisten liimojen pääraaka-aineita emulsiopolymeroinnin avulla vuodesta 1981. Tuotekehityksen tavoitteena on etsiä optimaaliset raaka-aineyhdistelmät eri tuotteille, ja valmiit tuotteet testataan sekä laboratorio- että kenttäolosuhteissa. Tuotekehityksen lähtökohtina ovat muun muassa asiakkaiden toiveet, valmistustekniikat, työmenetelmät ja materiaalit sekä ympäristö- ja turvallisuusnäkökulmat. Tuotekehitys tarjoaa myös tuoteneuvontaa asiakkaille. (Kiilto Oy.)

2.2 KiiltoClean Oy

Kiilto Family -konserniin kuuluva KiiltoClean Oy on suomalainen puhtausalan yhtiö, jonka päätoimialana on valmistaa ja markkinoida puhdistus- ja hoitoaineita eri käyttäjäryhmille sekä siivouskoneita ja -välineitä ammattisiivoukseen. Yhtiö on syntynyt yrityskaupan myötä vuonna 2003, kun Kiilto Oy:n puhdistus- ja hoitoaineliiketoiminta ja Primator Oy yhdistyivät. Kiilto Oy aloitti pintojen puhdistus- ja hoitoaineiden tuotannon vuonna 1983, ja Primator Oy:llä puhdistusaineiden tuotanto alkoi 1970-luvulla. KiiltoCleanin nykyinen tuotantolaitos sijaitsee Hankasalmissa, jonne tuotantolaitos valmistui vuonna 1976. (KiiltoClean Oy:n yrityseshittely.)

Syksyllä 2010 KiiltoClean Oy osti Farnos Holding Oy:n koko osakekannan, ja yhdeksi yhtiöksi yhdistyneet yritykset jatkavat toimintaansa vuoden 2011 alusta alkaen KiiltoClean Oy:n nimellä. Farnos Oy:n tuotevalikoimaan kuuluu ammattisiivouksen, elintarvike-hygieniaketjun, terveydenhuollon, pesuloiden ja teollisuuden tuotteita. (KiiltoClean Oy:n tiedote 11.8.2010.)

KiiltoCleanin tuotevalikoima jakautuu käyttäjäryhmän mukaan neljään osa-alueeseen; kodinhoidon tuotteet, ammattisiivouksen tuotteet, teollisuuden puhdistustuotteet ja ammattisiivousvälineet ja -koneet. Kodinhoitoon tarkoitettuihin tuotteisiin kuuluu muun muassa yleispuhdistusaineita, lattianhoitotuotteita, pyykinpesutuotteita ja käsiastianpesuaineita. KiiltoCleanin pyykinpesutuotteiden Nuttu-sarja tuli markkinoille syksyllä 2010. Pyykinpesutuotteisiin kuuluvat pyykinpesujauheet Color ja White, nestemäinen pyykkisaippua sekä pyykinpesutabletit. (KiiltoClean Oy.)

Ammattisiivoukseen tarkoitettuja tuotteita ovat muun muassa erilaiset yleispuhdistusaineet, desinfioivat puhdistusaineet, erikoispuhdistusaineet ja hygienia tuotteet. Esimerkki teollisuuden puhdistustuotteista on paperiteollisuudessa käytettävä pihkan puhdistukseen tarkoitettu puhdistusaine. KiiltoCleanin ammattisiivousvälineisiin kuuluu erilaisten käsin siivoukseen tarkoitettujen välineiden lisäksi siivouskoneita. (KiiltoClean Oy.)

KiiltoCleanin ympäristö- ja turvallisuuspolitiikka perustuu kestävään vastuuseen ympäristöstä ja ympäristöasiat huomioidaan kaikilla yhtiön toiminta-alueilla. Yhtiön toiminta on sertifioitua ja yhtiön itse asettamia ympäristö- ja turvallisuustavoitteita seurataan jatkuvasti. KiiltoCleanille myönnetyt sertifikaatit ovat ISO 9001 -laatusertifikaatti, ISO 14001 -ympäristösertifikaatti ja A.I.S.E.:n Charter for Sustainable Cleaning - Kestävä Kehitys -ohjelman sertifikaatti. (KiiltoClean Oy.)

3 Pyykinpesuaineet

3.1 Pyykinpesun historia

Ennen synteettisten pyykinpesuaineiden kehityksen alkua pyykinpesussa käytettiin saippuaa jo vuosituhansia sitten. Pyykinpesuaineet ovatkin kotitalouksissa käytetyistä kemikaaleista vanhimpia. Nykyisten pyykinpesuaineiden kehitys alkoi 1900-luvun alussa, kun saippuaan alettiin lisätä muita komponentteja. Lisäämällä saippuaan natriumkarbonaattia, natriumsilikaattia ja natriumperboraattia pyrittiin lisäämään saippuan pesutehoa. Samaan aikaan myös pyykinpesukoneet tulivat käyttöön. (Jokelainen 1980, 48.)

1930-luvulla pyykinpesuaineisiin alettiin lisätä fosfaatteja ja synteettisiä tensidejä, ja ensimmäinen synteettinen pyykinpesuaine valmistettiin vuonna 1930. Siitä alkanut synteettisten pyykinpesuaineiden kehitys johti saippuan syrjäyttämiseen lähes kokonaan jo 1950-luvun alkuun mennessä. Ensimmäiset synteettiset pyykinpesuaineet koostuivat alkyylisulfonaatista, joka toimi synteettisenä tensidinä, natriumkarbonaatista eli soodasta, natriumsilikaatista eli vesilasista, perkarbonaatista, joka toimi valkaisuaineena sekä karboksimeetyyliselluloosasta, joka toimi harmaantumisen estäjänä. 1950-luvulla pyykinpesuaineisiin tulivat lisäaineiksi kirkasteet, hajusteet ja vaahdonsäätelijät. Vaahdonsäätelyyn alettiin kiinnittää enemmän huomiota pyykinpesukoneiden rumputekniikan asettamien vaatimusten vuoksi. (Aulanko 2002, 118; Jokelainen 1980, 48; Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

Pyykinpesuaineiden ympäristöhaittojen vähentämiseen alettiin kiinnittää huomiota 1960-luvulla. Erityisesti ympäristön kannalta haittaa aiheuttivat huonosti biohajoavat ja voimakkaasti vaahtoavat tensidit. Helpommin biohajoavilla tensideillä, LAS:illa ja rasva-alkoholietoksyylaateilla, alettiin korvata huonosti hajoavia tensidejä, ja fosfaatit otettiin käyttöön. 1960-luvun lopulla markkinoille tulivat ensimmäiset entsyymejä sisältävät pyykinpesuaineet. Tensidien käyttöä rajoitettiin vuonna 1973 Euroopan yhteisön direktiivillä, jonka perusteella pyykinpesuaineen sisältämien pinta-aktiivisten aineiden keskimääräisen biologisen hajoavuuden tulee olla yli 90 prosenttia. (Aulanko 2002, 118; Jokelainen 1980, 48-49; Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

Alhaisemmat pesulämpötilat valkopesuaineille mahdollistuivat 1980-luvun alussa, kun kehitettiin valkaisuaineaktivaattorit. 1980-luvun loppupuolella tiedettiin jo fosfaattien aiheuttavan vesistöjen rehevöitymistä, ja fosfaatteja alettiin korvata muilla vaihtoehtoisilla vedenpehmentäjillä kuten zeoliitilla. 1990-luvun alussa kehitettiin entistä paremmin biohajovia tensidejä kuten FAS ja SAS, ja tiivistetyt pesuaineet vähensivät ympäristökuormaa. (Aulanko 2002, 118; Jokelainen 1980, 48-49; Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

3.2 Pyykinpesuaineet

Pyykinpesuaineet jaetaan eri tyypeihin niiden olomuodon mukaan. Pyykinpesuaineet voivat olla jauheita, nestemäisiä, geelimäisiä tai tabletteja. Pyykinpesuaineet voidaan jakaa myös niiden ominaisuuksien ja käyttötarkoituksen mukaan tiivistettyihin ja perinteisiin sekä valko- ja kirjopesuaineisiin. Lisäksi on olemassa erilaisia hienopesuaineita, allergisille tarkoitettuja pyykinpesuaineita, tummille vaatteille tarkoitettuja pyykinpesuaineita ja esipesuaineita. Pyykinpesuaineen valintaan vaikuttaa pestävän pyykin laatu eli tekstiilien materiaali, väri ja likaisuus sekä pesuohjelma eli missä lämpötilassa pyykinpesuainetta käytetään.

Pyykinpesujauheet voivat olla joko tiivistettyjä tai perinteisiä. Suomessa tiivistetyt pesujauheet ovat suurimmaksi osaksi korvanneet perinteiset pesujauheet. Tiivistetyillä pesujauheilla saadaan parempi pesutulos vähemmällä pesuainemäärällä, mikä johtuu siitä, että tiivistetyissä pesujauheissa pesevien aineiden määrä on korkeampi kuin perinteisissä. Pesujauheista sekä tiivistettyjä että perinteisiä on sekä valko- että kirjopyykille. (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

Valkopesuaineet sisältävät valkaisuainetta, joka on joko perboraattia tai perkarbonaattia, ja valkaisun aktivaattoria. Valkaisuaineen tehtävänä on poistaa tekstiileistä värillisiä tahroja ja kirkastaa kellastuneita vaaleita tekstiilejä. Värillisten tekstiilien värit haalenevat, jos niitä pestään jatkuvasti valkopesuaineella, mutta valkopesuaineita kuitenkin käytetään valkaisua vaativien tahrojen poistoon myös kirjopyykille. Värillisten tekstiilien säännölliseen pesuun tarkoitetut kirjopesuaineet eivät sisällä valkaisuainetta. Kirjopesuaineissa on usein värien säilymisen tehostamiseksi värinsuoja-

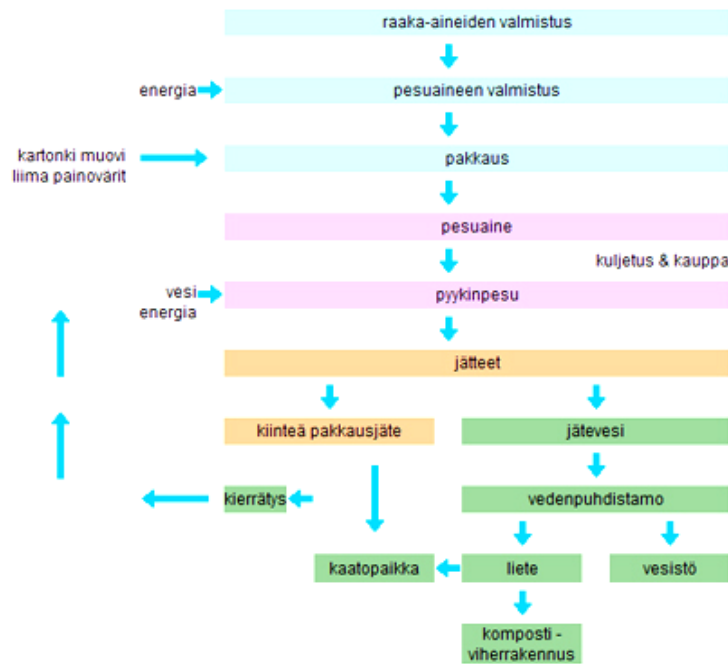
ainetta, joka usein on PVP eli polyvinyylipyrrolidoni. (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

Nestemäiset pyykinpesuaineet voivat myös olla perinteisiä tai tiivistettyjä, mutta niiden tiivistysaste ei ole niin suuri kuin tiivistetyissä pesujauheissa. Nestemäiset pyykinpesuaineet eivät sisällä valkaisevia komponentteja. (Aulanko 2002, 35.)

Geelimäiset pyykinpesuaineet ja pyykinpesutabletit ovat yleensä vielä tiivistetympiä kuin vastaavat nestemäiset pyykinpesuaineet ja pesujauheet. Pyykinpesutabletit liukenevat nopeasti, ja niiden etuna on annostelun helppous. Hienopesuaineet on tarkoitettu herkille tekstiileille eli pääasiassa silkille ja villalle. Hienopesuaineiden päätensidinä on yleensä primäärinen alkyyilisulfaatti eli jokin anioninen tensidi. Allergisille ja herkkäihoisille tarkoitettut pyykinpesuaineet ovat usein hajusteettomia ja kirkasteettomia, ja entsyymien ja värien käyttöön on kiinnitetty huomiota. Tuotteet valmistetaan usein yhteistyössä Allergia- ja astmaliiton kanssa. Lisäksi on olemassa tummille ja mustille tekstiileille tarkoitettuja pesuaineita ja esipesuaineita erittäin likaisten tekstiilien pesua varten. (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

3.3 Pyykinpesun ympäristövaikutukset

Pyykinpesuaineen ympäristövaikutukset kerääntyvät aineen koko elinkaaren osalta. Energiaa kuluu pyykinpesuaineen valmistuksessa, käytössä ja hävityksessä sekä raaka-aineiden valmistuksessa ja kulutuksessa. Pyykinpesuaineista aiheutuu päästöjä ympäristöön suoraan aineiden käytöstä ja välillisesti energiankulutuksen kautta. Lisäksi jätteitä syntyy pyykinpesuaineen koko elinkaaren ajalta, muun muassa pakkausmateriaaleista. Kuviossa 1 on esitetty pyykinpesuaineen elinkaaritarkastelussa tarkasteltavat vaiheet. (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)



Kuvio 1: Pyykinpesuaineen elinkaaren tarkastelu (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto)

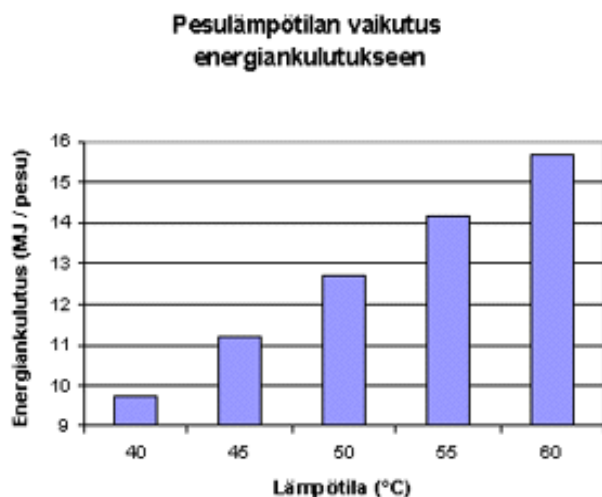
Pyykinpesuaineen elinkaaren eri osista varsinaisen pesutapahtuma kuormittaa ympäristöä eniten. Toiseksi eniten ympäristökuormaa aiheuttavat raaka-aineiden valmistus, kiinteät jätteet eli pakkaukset ja päästöt vesistöihin. (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

Pyykinpesuaineen kemikaalit vaikuttavat ympäristöön päätyväällä vesistöihin jäteveden kautta ja aiheuttavat muun muassa vesistöjen biologisen hapenkulutuksen lisääntymistä. Suomessa suurin osa jätevesistä puhdistetaan niin hyvin, että kemikaalien aiheuttama ympäristökuorma on melko merkityksetön. Pyykinpesusta aiheutuvan jäteveden sisältämistä kemikaaleista saadaan noin 90 % poistettua, jos kyseessä on toimiva vedenpuhdistamo. Tämä 90 prosenttia sisältää myös vedenpehmentäjänä käytetyn fosfaatin, jota pidetään ongelmallisena komponenttina pyykinpesuaineissa, koska se aiheuttaa vesistöjen rehevöitymistä. (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

Pyykinpesuaineen elinkaaren aikana energiaa kuluu merkittävästi varsinaisessa pesussa pesuveden lämmittämiseen pesulämpötilaan. Lisäksi energiaa sanotaan sitoutuneen pyykinpesuaineisiin niiden elinkaaren ajalta ennen varsinaista käyttöä eli pesua. Sitoutunut energia on jakautunut eri komponenttien osalta seuraavasti; noin 20 %

zeoliitiin, 17 % natriumperboraatin, 12-13 % tensidien ja 7-8 % soodan ja polykarboksylaattien osalle. Nestemäisten pyykinpesuaineiden energiapanos on noin 20 % korkeampi kuin pesujauheiden, ja tiivistettyä pesuainetta käytettäessä energian osuus laskee noin 15 %. Tiivistetyt tuotteet sekä vähentävät ympäristökuorman että ovat taloudellisesti kannattavampia. (Aulanko 2002, 108.)

Ympäristökuorman vähentämiseksi pyykinpesuainepakkauksista löytyy tietoa pyykinpesuaineen oikeasta annostelusta ja pesulämpötilasta. Annosteluohjeet ovat hyödylliset, koska on todettu, että esimerkiksi tiivisteaineita annostellaan noin 20 % liikaa. Energiaa säästää huomattavasti laskemalla pesulämpötilaa, sillä laskemalla pesulämpötilan 60 °C:sta 40 °C:een, energiankulutus pienenee noin 40 prosenttia. Energiaa säästää myös pesemällä kokonaisia koneellisia. Pyykinpesijällä on tärkeä rooli pyykinpesuaineen aiheuttaman ympäristökuorman kannalta, koska pesutapahtuma kuormittaa ympäristöä eniten. Kuviossa 2 on esitetty pesulämpötilan vaikutus energiankulutukseen pesun aikana. (Aulanko 2002, 108; Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)



Kuvio 2: Pesulämpötilan vaikutus energiankulutukseen (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto)

4 Pyykinpesuaineen komponentit

Pyykinpesuaineet sisältävät monia erilaisia komponentteja, ja eri pyykinpesuainetyyppien sisältämien komponenttien välillä on eroja. Pyykinpesuaineen komponentteja ovat tensidit, vedenpehmentäjät, pesuemäkset, vaahdonsäätelijät, harmaantumisen estäjät, entsyymit, valkaisuaineet, suojakolloidit, optiset kirkasteet, hajusteet, väriaineet, säilöntäaineet sekä erilaiset apuaineet. Pyykinpesutapahtumassa tarvitaan pesuaineen tuoman kemian lisäksi myös aikaa, jotta lika ehtii irrota tekstiileistä, lämpöä, jonka vaikutuksesta pyykinpesuaineen komponentit aktivoituvat sekä mekaniikkaa eli tekstiilien liikettä toisiaan vasten. Yhdessä nämä neljä tekijää saavat aikaan lian irtoamisen tekstiileistä. (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

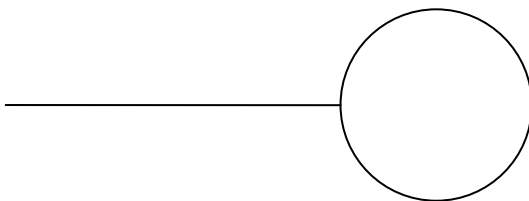
Eri komponentit irrottavat likaa tekstiileistä erilaisin menetelmin perustuen puhdistustapahtumassa tapahtuvien reaktioiden luonteeseen. Valkaisuaineiden toiminta, metalli-ionien kompleksointi, happaman lian neutralointi emäksellä ja rasvalian saippuointi ovat kemiallisia reaktioita. Entsyymien hajottaessa likaa kyseessä on biologinen reaktio. Fysikaalis-kemiallisia reaktioita ovat suolojen liuottaminen vedellä, rasvalian emulgointi ja lian dispergointi tensideillä ja rasvalian liuottaminen orgaanisilla liuottimilla. (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

4.1 Tensidit

Tensidit eli pinta-aktiiviset aineet toimivat pyykinpesuaineissa pesevinä aineina ja laskevat vesiliuoksen pintajännitystä. Vesiliuoksen pintajännityksen aleneminen pesutapahtumassa tehostaa pesua, koska tekstiilit kostuvat nopeammin. Tensidejä sisältävä vesiliuos myös vaahtoa helposti liuoksen pienenneen pintajännityksen vuoksi. Tensidit irrottavat likaa tekstiilien pinnoilta kiinnittymällä likaan, jolloin lika irtoaa tensidimolekyylien mukana vesiliuokseen ja pysyy liuoksessa tensidien ympäröimänä. Tensidit jaetaan sähkövarauksen perusteella neljään ryhmään; anionisiin, ionittomiin, kationisiin ja amfoteerisiin tensideihin. Pyykinpesuaineissa käytetään usein anionisten ja ionittomien tensidien yhdistelmää parhaan pesutuloksen saavuttamiseksi. (Aulanko 2002, 50; Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

4.1.1 Tensidimolekyylin rakenne ja toiminta

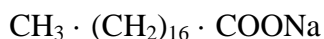
Tensidimolekyyli kuvataan yleensä kuviossa 3 esitetyllä symbolilla. Tensidien kyky pienentää nesteen pintajännitystä johtuu niiden kaksiosaisesta molekyylinrakenteesta. Tensidimolekyyli koostuu vesihakuisesta eli hydrofiilisestä päästä ja rasvahakuisesta eli hydrofobisesta päästä. Molekyylin kaksiosainen rakenne selittää myös tensidien lianirrotuskyvyn. Kuviossa 3 tensidimolekyylin hydrofobiosa on molekyylin "häntä" ja hydrofiiliosa molekyylin "pää". (Jokelainen 1980, 1-3.)



Kuvio 3: Tensidimolekyylin symboli

Tensidimolekyylin hydrofobinen pää eli tensidin ”häntä” on yleensä hiilivetyketju, jonka pituus on 8-20 hiiliatomia. Hydrofobinen pää on joko suora tai haaroittunut ja voi sisältää myös bentseenirenkaan. Yleensä hiilivetyketjun ollessa pidempi myös tensidin pesuteho on parempi. Tensidimolekyylin hydrofiilinen pää on jokin funktionaalinen ryhmä, joka toimii lian irrottajana pesutapahtumassa. Tensidimolekyylin funktionaalinen ryhmä voi olla esimerkiksi karboksyyli-ryhmä, sulfaattiryhmä tai etyleenioksidi. Esimerkki karboksyyli-ryhmän yhdisteistä on natriumstearaatti eli saippua: (Aulanko 2002, 50; Jokelainen 1980, 1-3.)

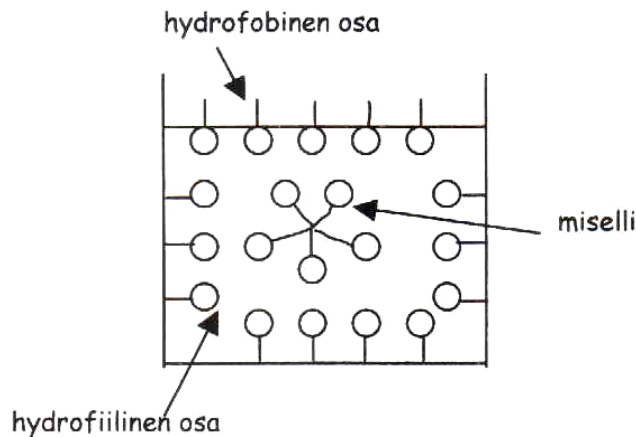
natriumstearaatti



hydrofobiosa hydrofiiliosa

Tensidimolekyylit asettuvat liuoksissa rajapinnoille ja muodostavat tensidimolekyyliryhmittymiä eli misellejä kuvion 4 osoittamalla tavalla.

Tensidimolekyylin hydrofobinen pää suuntautuu vesiliuoksen rajapinnalla vedestä pois päin, ja likahiukkasen ympärillä olevissa miselleissä likaan päin. Hydrofiilinen pää taas suuntautuu veteen päin liuoksen rajapinnalla ja pois päin likahiukkasesta. (Aulanko 2002, 50.)



Kuvio 4: Tensidimolekyylien käyttäytyminen vesiliuoksessa (Aulanko 2002, 50)

Pesutapahtumassa tensidimolekyylit tunkeutuvat liuoksessa lian ja tekstiilin pinnan väliin, jolloin lika irtoaa pinnasta. Tensidimolekyylit muodostavat monomolekylaarisen kerroksen likahiukkaseen ympärille, jolloin lika ei pääse laskeutumaan takaisin pinnalle. Tensidimolekyylit eivät tartu toisiinsa, koska niillä on sama varaus. Kuviossa 5 on esitetty kuinka tensidimolekyylit kiinnittyvät likahiukkaseen ja irrottavat sen tekstiilin pinnasta vesiliuokseen.



Kuvio 5: Tensidimolekyylien kiinnittyminen likahiukkaseen (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto)

4.1.2 Anioniset tensidit

Anionisessa tensidissä tensidimolekyylit hajoaa vesiliuoksessa negatiivisesti varautuneeksi anioniksi ja positiivisesti varautuneeksi kationiksi. Negatiivisesti varautunut anioniosa toimii liuoksessa lian irrottajana, mistä johtuu nimitys anioninen tensidi. Esimerkkinä anionisen tensidimolekyylin dissosioitumisesta on saippuan eli natriumstearaatin hajoaminen ioneiksi yhtälön 1 mukaisesti. (Jokelainen 1980, 5-6.)



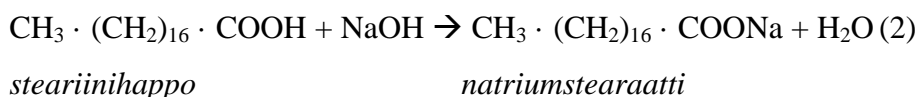
Natriumstearaatti

Anionisia tensidejä käytetään erilaisissa pesu- ja puhdistusaineissa. Anionisista tensideistä sulfaattiryhmän yhdisteitä käytetään myös laajalti kosmetiikassa kuten hammastahnoissa ja shampoissa. Monet anioniset tensidit ovat herkkiä veden kovuudelle, joten veden kovuuden säätely on otettava erityisesti huomioon anionisia tensidejä käytettäessä. Anioniset tensidit vaahtoavat herkästi, joten myös vaahtonestön toteuttaminen pesuaineessa on otettava huomioon. Anioniset tensidit irrottavat hyvin hiukkaslikaa ja niitä käytetään erityisesti hienopesuaineissa. (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

Karboksylyyhdisteet eli saippuat

Karboksylyyhdisteet eli saippuat ovat rasvahappojen alkalisuoloja. Kun saippua on natriumsuola, puhutaan saippuasta, ja kun kyseessä on kaliumsuola, puhutaan suovasta. Lisäksi on olemassa amiinisaippuaita, joita valmistetaan erikoistarkoituksia varten. Saippualla on erinomaisen lianirrotuskyvyn lisäksi hyvä liankantokyky eli irronnut lika ei pääse laskeutumaan takaisin tekstiilin pinnalle. Saippuaa valmistetaan joko suoraan rasvoista tai rasvahapoista. (Aulanko 2002, 52; Jokelainen 1980, 6.)

Valmistettaessa saippuaa suoraan rasvasta, rasvaa keitetään alkaliliuoksessa, jolloin rasvasta vapautuu rasvahappoja, jotka neutraloituvat saippuaksi. Toinen tapa on aluksi hydrolysoida rasva jollakin menetelmällä rasvahapoiksi ja glyseroliksi, ja neutraloida syntyneet rasvahapot saippuaksi emäksellä. Esimerkkinä saippuan valmistuksesta on natriumstearaatin valmistus steariinihaposta natriumhydroksidilla neutraloimalla yhtälön 2 mukaisesti. (Jokelainen 1980, 6.)



Saippuan valmistuksessa käytetään yleensä emäksenä lipeää ja rasvahappona sellaista rasvahappoa, jonka hiilivetyketju sisältää 11-17 hiiliatomia. Rasvahappona voidaan käyttää muun muassa steariinihappoa $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$, palmitiinihappoa $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$, öljyhappoa $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$, linolihappoa $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$, myristiinihappoa $\text{C}_{13}\text{H}_{27}\text{COOH}$

ja lauriinihappoa $C_{11}H_{23}COOH$. Saippuat, jotka sisältävät lyhytketjuisia rasvahappoja, pesevät hyvin alhaisessa lämpötilassa, kun taas pitkäketjuisia rasvahappoja sisältävät saippuat vaativat noin $90\text{ }^{\circ}\text{C}$:n pesulämpötilan. Lisäksi tyydyttymättömän rasvahapon sisältävä saippua pesee alhaisemmassa pesulämpötilassa kuin tyydyttyneen rasvahapon sisältävä saippua. (Jokelainen 1980, 6-7.)

Saippuan vesiliuokset ovat emäksisiä, koska saippua hydrolysoituu vesiliuoksessa osittain rasvahapoiksi ja alkalihydroksidiksi. Kova vesi heikentää saippuan pesutehoa, koska veteen muodostuu liukenemattomia kalsium- ja magnesiumsuoloja. Saippuan pesuteho heikentyy myös happamissa liuoksissa, sillä vahvojen happojen vaikutuksesta saippua hajoaa. Saippuan hajotessa vapautuneilla rasvahapoilla ei ole pesuvaikutusta. (Jokelainen 1980, 7-8.)

Sulfaattiryhmän yhdisteet

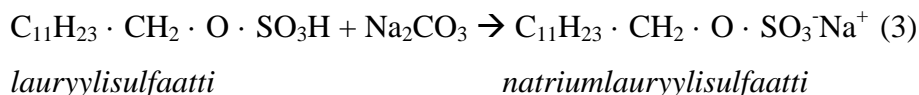
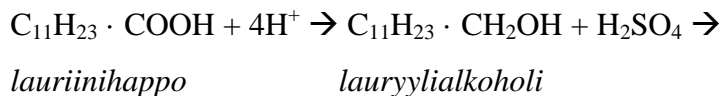
Anionisten tensidien sulfaattiryhmän yhdisteistä käsitellään tässä kohtaa alkyylisulfaatit ja alkyylieetterisulfaatit, koska ne ovat käytetyimpiä tämän ryhmän tensidejä.

Alkyylisulfaatit (AS) eli rasva-alkoholisulfaatit (FAS) ovat olleet käytössä erityisesti hienopesuaineissa jo 30 vuoden ajan. Alkyylisulfaatit ovat joko primäärisiä alkyylisulfaatteja (LPAS) tai sekundäärisiä alkyylisulfaatteja (LSAS). Primääristen alkyylisulfaattien yleinen kaava on RCH_2OSO_3H ja sekundääristen alkyylisulfaattien $R_1R_2CHOSO_3^-$. (Aulanko 2002, 54-56.)

Alkyylisulfaatit ovat anionisista tensideistä eniten kosmetiikkatuotteissa käytettyjä. Alkyylisulfaateista lineaarinen primäärinen alkyylisulfaatti (LPAS) on anionisista tensideistä nopeimmin biologisesti hajoava. Alkyylisulfaatit vaahtoavat voimakkaasti, ja niiden etuna saippuoihin verrattuna on niiden toimintakyvyn säilyminen kovassa vedessä, koska niiden kalsium- ja magnesiumsuolat ovat helppoliukoisia. (Aulanko 2002, 54-56; Jokelainen 1980, 8.)

Alkyylisulfaatteja valmistetaan rasvahappoja hydraamalla. Syntynyt rasva-alkoholi esteröidään rikkihapolla ja neutraloidaan natriumkarbonaatti- tai natriumhydroksidiliuoksella. Raaka-aineena käytettäviä rasvahappoja saadaan muun

muassa rapsiöljystä ja kookospähkinän öljystä. Esimerkkinä alkyylisulfaatin valmistuksesta ovat natriumlauryylisulfaatin valmistusreaktiot (yhtälö 3). (Aulanko 2002, 54-55; Jokelainen 1980, 8.)



Alkyylieetterisulfaatit (AES) eli etoksyloidut rasva-alkoholieetterisulfaatit (FES) ovat primäärisiä sulfaattiestereitä, jotka on johdettu alkyylietoksylaateista.

Alkyylieetterisulfaattien yleinen kaava on $\text{R}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OSO}_3^-\text{Na}^+$. Rasva-alkoholin etoksyloinnissa alkyylimolekyylisiin liitetään 2-4 etyleenioksidimolekyylä.

Etoksyloinnin jälkeen tuote sulfatoidaan ja neutraloidaan. (Aulanko 2002, 55-56.)

Alkyylisulfaattien tapaan alkyylieetterisulfaattienkaan pesuteho ei heikkene kovassa vedessä, ja veden kovuudelle vähiten herkkien pesuteho voi jopa lisääntyä veden kovuuden lisääntyessä. Alkyylieetterisulfaatit ovat ympäristölle haitallisia, jos hiiliketjun hiiliatomien määrä on 16 tai enemmän. Alkyylieetterisulfaatteja käytetään pyykinpesuaineiden lisäksi muun muassa kotitalouskäyttöön tarkoitetuissa astianpesuaineissa. Koska alkyylieetterisulfaatit vaahtoavat hyvin, niitä käytetään myös käsisäippuoissa, vaahtokylpy- ja suihkuvalmisteissa ja shampoissa. Nestemäisissä pyykinpesuaineissa alkyylieetterisulfaatit ovat viime vuosina alkaneet korvata alkaanisulfonaatteja. (Aulanko 2002, 55-56.)

Sulfonaattiryhmän yhdisteet

Anionisten tensidien sulfonaattiryhmän yhdisteisiin kuuluvat alkyyliaryylisulfonaatit (ABS, LAS), alkaanisulfonaatit (SAS) ja olefiinisulfonaatit (AOS). Olefiinisulfonaatteja ei käsitellä tässä yhteydessä tarkemmin, koska ne eivät ole soveltuvia rumpukoneissa käytettäväksi niiden kovan vaahtoamisen vuoksi. (Aulanko 2002, 52-54.)

Alkyyliaryylisulfonaatteja on käytetty jo pitkään, ja ne ovat olleet aiemmin hyvin suosittuja tensideinä. Alkyyliaryylisulfonaateilla on paljon hyviä puolia kuten hyvä pesuteho, soveltuvuus sekä jauhemaisiin että nestemäisiin pyykinpesuaineisiin ja raaka-aineiden edullisuus ja hyvä saatavuus. Raaka-aineiden päälähteitä ovat öljyteollisuus ja erilaiset rasvat. (Aulanko 2002, 52-53.)

Alkyyliaryylisulfonaattimolekyyli koostuu aromaattisesta renkaasta, johon on kiinnittyneenä alifaattinen ketju ja sulfonaattiryhmä para-asemassa. Sulfonaattiryhmänä voi olla joko SO_3H tai SO_3Na . Aromaattinen rengas on yleensä bentseeni, mutta rengas voi olla myös naftaleeni, tolueni, ksyleeni tai fenoli. Alifaattinen ketju koostuu yleensä 10-15 hiiliatomista, ja sivuketjun kasvaessa alkyyliaryylisulfonaatti saavuttaa parhaimman pesutehonsa ja sen liukenevuus heikkenee. Yhdisteen hiilivetyketju voi olla haarautunut tai suoraketjuinen. Haarautuneen alkyyliaryylisulfonaatin lyhenteenä käytetään kirjaimia ABS ja suoraketjuisen lyhenteenä kirjaimia LAS. (Aulanko 2002, 52-53.)

Suoraketjuinen alkyyliaryylisulfonaatti on herkkä veden kovuudelle, mutta käyttämällä vedenpehmentäjänä fosfaattia tai zeoliittia veden kovuuden vaikutus häviää. Yhdiste vaahtoa anionisten tensidien tapaan hyvin. Alkyyliaryylisulfonaattien käyttö on vähentynyt viime vuosina alkyylisulfaattien käytön lisääntyessä. Syynä käytön vähentymiselle ovat sen ympäristövaikutukset. Vaikka hajoavuudeltaan LAS on hyväksytyissä rajoissa, sen lähtöaineet ovat uusiutumattomia. (Aulanko 2002, 52-53.)

Alkaanisulfonaattien molekyylit ovat lineaarisia alkyyliketjuja, joissa on 14-18 hiiliatomia. SO_3H -ryhmä sijaitsee satunnaisessa paikassa ketjussa. Alkaanisulfonaatteja on olemassa sekä primäärisiä (PAS) että sekundäärisiä (SAS). Alkaanisulfonaatteja käytetään nestemäisissä pesuaineissa ja harvemmin jauhemaisissa tuotteissa, koska ne ovat hankalia sumukuivausprosessissa. (Aulanko 2002, 53.)

Pesuoimaisuuksiltaan alkaanisulfonaatit omaavat hyvät vaahtoamis- ja kostutusomaisuudet hyvän pesutehon ohella, ja ne ovat lineaarisia alkyyliaryylisulfonaatteja stabiilimpia kovassa vedessä ja emäksisissä olosuhteissa. Sekä primääriset että sekundääriset alkaanisulfonaatit ovat biohajoavia. (Aulanko 2002, 53.)

Fosfaattiesterit

Fosfaattiestereitä valmistetaan pyrofosfaattihaposta antamalla hapon reagoida alkyylialkoholin, alkyylitoksylaatin tai alkyylifenolietoksylaatin kanssa.

Ominaisuuksiltaan fosfaattiesterit sopivat erityisesti kovien pintojen puhdistukseen ja niitä käytetäänkin muun muassa teollisuuspuhdistusaineissa. Pyykinpesuaineissa fosfaattiesterit sopivat hyvin käytettäväksi valkaisuaineiden kanssa. Fosfaattiesterit liukenevat hyvin orgaanisiin liuottimiin, minkä vuoksi niitä käytetään kuivapesuaineissa. Fosfaattiesterien biohajoavuus on hyvä, ja pesuominaisuuksiltaan ne ovat matalavaahtoisia ja stabiileja sekä happamissa että emäksisissä liuoksissa. (Aulanko 2002, 56; Jokelainen 1980, 10.)

4.1.3 Ionittomat tensidit

Ionittomat tensidit eivät dissosioidu vesiliuoksessa varauksellisten tensidien tapaan, mistä johtuu niiden nimitys ionittomat tensidit. Ionittomien tensidien pesuteho on hyvä, mikä johtuu niiden alhaisesta kriittisestä misellikonsentraatiosta. Alhainen misellikonsentraatio tarkoittaa, että tensidin pesuteho on hyvä alhaisissakin konsentraatioissa. Lisäksi ionittomilla tensideillä on hyvä kyky pitää likahiukkaset vesiliuoksessa ja näin estää niiden laskeutumisen takaisin tekstiilille. Ionittomien tensidien käyttö perustuu usein siihen, että ne ovat anionisia tensidejä matalavaahtoisempia. Ionittomien tensidien käytön lisääntymiseen on vaikuttanut myös polyesterin yleistyminen tekstiileissä, sillä ionittomien tensidien on todettu irrottavan likaa polyesteristä anionisia tensidejä paremmin. (Aulanko 2002, 56-57.)

Rasva-alkoholietoksylaatit

Pääosa ionittomista tensideistä on etyleenioksidin kondensaatiotuotteita. Ionittomien tensidien hydrofobiosassa on aktiivinen vetyatomi, johon sitoutuu etyleenioksidi. Kondensaatti-nimen ohella etyleenioksidimolekyylejä sisältävistä tensideistä käytetään myös nimitystä etoksylaatit. Hydrofobiosan raaka-aineita ovat raakaöljy ja kasviöljyt, ja etyleenioksidien raaka-aineita saadaan esimerkiksi sokeriteollisuudesta. Ionittomien tensidien molekyyliarakenteen kuvaamisessa etyleenioksidien C_2H_4O määrä ilmoitetaan yleensä lyhenteellä EO. Esimerkiksi ionittoman tensidin rakenne, jonka hiilivetyketjun

pituus on 10-12 hiiliatomia ja etyleenioksidien määrä on 5, voidaan ilmoittaa seuraavasti: C10-C12 + 5 EO. (Aulanko 2002, 56-57.)

Rasva-alkoholien valmistuksessa tensidimolekyyliin syntyy luja eetterisidos, minkä vuoksi tensidi ei hajoa vesiliuoksessa ja saa ionittoman tensidin ominaisuudet.

Etyleenioksidien optimimäärä parhaan pesutehon saavuttamiseksi rasva-alkoholimolekyylillä kohti on 10-15 kappaletta. Alkoholilähteenä rasva-alkoholeissa on muun muassa oksoalkoholit. (Aulanko 2002, 57.)

Alkyylipolyglykosidit

Alkyylipolyglykosidin molekyyli koostuu sokerista ja rasva-alkoholista, joten ne perustuvat kasvikunnan tuotteisiin. Rasva-alkoholi muodostaa hiilivetyketjun, ja sokeriosan raaka-aineena voi olla glukoosin lisäksi tärkkelys tai kasviöljy.

Alkyylipolyglykosidien stabiilisuus johtuu sokerien muodostamasta asetaalidoksesta, joka myös tekee alkyylipolyglykosideista ionittomia tensidejä. Alkyylipolyglykosidit tehostavat muiden komponenttien toimintaa, joten niitä käytetään pesuaineissa yhdessä anionisten tensidien kanssa. (Aulanko 2002, 58-59.)

Alkyylipolyglykosidit nostavat pesuaineen viskositeettia, minkä johdosta niitä käytetään esimerkiksi kohteissa, joissa pesuaine levitetään pystysuorille pinoille.

Alkyylipolyglykosidit vaahtoavat pehmeässä vedessä alkoholietoksylaatteja enemmän, mutta ovat toisaalta vaahtoamisen suhteen herkempiä veden kovuudelle kuin ionittomat tensidit yleensä ovat. Vaahtoamiskyvyn vuoksi alkyylipolyglykosidit sopivat myös käsiastianpesuaineissa käytettäväksi. Ne ovat lisäksi iholle ystävällisiä ja vähentävät anionisten tensidien ärsyttävää vaikutusta. (Aulanko 2002, 58-59.)

4.1.4 Kationiset tensidit

Kationiset tensidit hajoavat vesiliuoksissa positiivisesti varautuneiksi kationeiksi. Niitä käytetään pesuaineissa vähän, koska niiden pesuteho on heikko anionisiin ja ionittomiin tensideihin verrattuna. Kationisten tensidien käyttö yhdessä muiden tensidien kanssa on myös hankalaa, koska anioniset ja kationiset tensidit saostavat toisiaan ja ionittomien tensidien kanssa käytettynä kationisten tensidien adsorptio heikkenee. Kationisten

tensidien käyttöalue on erilainen muihin tensideihin verrattuna, sillä niitä käytetään tekstiilien pehmentäjinä, antistaattisina aineina ja desinfioivina aineina. (Aulanko 2002, 59.)

Kationiset tensidit ovat yleensä aminoyhdisteitä, ja käytetyimpiä ovat dialkyylidimetyyliammoniumkloridit (DADMAC), joita käytetään tekstiilien pehmentämiseen eli pyykinhuuhteluaineina. Kationisista tensideistä käytetään paljon myös imidatsoliniumsuoloja ja alkyylidimetyylilibentsyylIAMMONIUMKlorideja. Kationisten tensidien pehmentävä vaikutus tekstiileissä johtuu niiden adsorptiosta tekstiilikuituun, mikä aiheuttaa kuitujen välisen niin sanotun voiteluvaikutuksen. Lisäksi tekstiilin vedessä saama negatiivinen varaus poistuu, kun tekstiilin ja kationisen tensidin välillä tapahtuu ioninvaihtoa. Tämän seurauksena tekstiilin pinta muuttuu vettä hylkiväksi, jolloin tekstiili kuivuu nopeammin ja tekstiiliin ei varaudu staattista sähköä. (Aulanko 2002, 59-60.)

Kationisia tensidejä käytetään tekstiilien pehmentämisen lisäksi myös hiustenhoitotuotteissa, tekstiilien värjäyksessä, teollisuuden voiteluaineena ja korroosion estoon. Desinfiointiaineissa kationisten tensidien käyttö perustuu niiden varaukseen, sillä esimerkiksi negatiivisesti varautuneet bakteerien proteiinit vetävät niitä puoleensa. (Aulanko 2002, 59-60.)

4.1.5 Amfoteeriset tensidit

Amfoteeriset tensidit voivat toimia sekä kationeina että anioneina. Happamissa liuoksissa amfoteeriset tensidit saavat positiivisen varauksen ja emäksisissä liuoksissa negatiivisen varauksen. Kun amfoteerisen tensidin käyttäytyminen on näiden kahden tyypin välistä, kutsutaan tilaa isoelektriseksi pisteeksi. Amfoteeristen tensidien pesuteho on parhaimmillaan neutraaleissa liuoksissa ja kun vain yksi komponentti on pitkäketjuinen. Amfoteeriset tensidit sopivat käytettäväksi yhdessä anionisten, ionittomien ja kationisten tensidien kanssa. (Aulanko 2002, 60.)

Amfoteerisiä tensidejä ovat muun muassa alkyylibetaiini- ja alkyylisulfobetaiiniyhdisteet. Amfoteeriset tensidit ovat helposti hajoavia ja

isoelektrisessä pisteessä niiden ärsyttävä vaikutus on vähäinen. Tämän vuoksi amfoteerisiä tensidejä käytetään lasten shampoissa ja ihonpuhdistusaineissa. Amfoteerisiä tensidejä käytetään myös hius- ja mattoshampoissa, koska osa niistä vaahtoa hyvin ja on tehokkaita neutraaleissa liuoksissa. Amfoteeristen tensidien käyttökohteita ovat myös muun muassa kosmeettiset tuotteet ja tekstiilien pehmenysaineet. (Aulanko 2002, 60.)

4.2 Vedenpehmentäjät

Yleisimmin käytössä olevia vedenpehmentäjiä pyykinpesuaineissa ovat fosfaatit, silikaatit, zeoliitit ja orgaaniset kompleksinmuodostajat. Pesutapahtumassa käytetyn veden pehmentäminen on oleellista hyvän pesutuloksen saavuttamiseksi, koska kovalla vedellä on monia haitallisia vaikutuksia. Kova vesi muun muassa haittaa tensidien toimintaa ja tekee tekstiileistä kovan ja karkean tuntuista. Kova vesi vaatii pehmeää vettä enemmän pesuainetta, koska osa pesuaineesta kuluu veden pehmentämiseen. (Jokelainen 1980, 59.)

4.2.1 Veden kovuus

Vedellä on keskeinen tehtävä pesutapahtumassa käytettävien pesuaineiden liuottimena. Vesi kostuttaa tekstiilit, aiheuttaa liikkeellään puhdistukseen tarvittavaa mekaanista liikettä ja kuljettaa pesuainetta ja likaa. Veden kovuus johtuu vedessä olevista maa-alkalisuoloista, joista käytännön merkitystä on kalsium- ja magnesiumyhdisteillä. Veden kovuus määritelläänkin vedessä olevien kalsium- ja magnesiumsuolojen määrän mukaan. Veden pehmentäminen perustuu näiden kovuustekijöiden sitomiseen vedestä. Veden kovuus jaetaan ohimenevään eli bikarbonaattikovuuteen ja pysyvään eli karbonaattikovuuteen. Ohimenevä kovuus saadaan poistettua kuumentamalla vettä, mutta pysyvän kovuuden poistamiseen tarvitaan vedenpehmentäjiä. (Jokelainen 1980, 56.)

Veden kovuuden kuvaamiseen on erilaisia kovuusasteita, joista Suomessa käytetään saksalaista kovuusastetta. Saksalaisen kovuusasteen lisäksi on olemassa ranskalainen,

englantilainen ja amerikkalainen kovuusaste. Saksalaisessa kovuusasteessa yksikkö °dH vastaa 10 mg CaO/ 1 dm³ vettä. Veteen liuennut kalsium- ja magnesiumionien määrä ilmaistaan siis suhteessa kalsiumoksidiin. Suomessa käytössä olevat veden kovuuden luokittelut saksalaisen kovuusasteen mukaan on esitetty taulukossa 1. Suomessa vesi on pääasiassa pehmeää. (Jokelainen 1980, 56-58.)

Taulukko 1: Käyttövesien kovuuden luokittelu Suomessa (Aulanko 2002, 46)

Veden kovuus	Kovuusaste
Pehmeä vesi	0-6 °dH
Keskikova vesi	6-13 °dH
Kova vesi	>13 °dH

Kovan veden haitalliset vaikutukset tensideille huomataan esimerkiksi siitä, kuinka veden kovuustekijät reagoivat saippuan kanssa. Magnesium- ja kalsiumionit reagoivat saippuan kanssa, jolloin muodostuu kalsiumsaippuaa eli rasvahapon kalsiumsuolaa, jolla ei ole pesuaktiivista ominaisuutta. Syntyneet saostumat voivat tarttua tekstiileihin tehden niistä karkeita, aiheuttaa harmaantumista ja kellastumista ja jopa rikkoa tekstiilien lankoja ja kuituja. Kuten aiemmin käsiteltäessä tensidejä huomattiin, veden kovuus vaikuttaa myös muiden anionisten tensidien toimintaan haitallisesti. Veden kovuudesta aiheutuvat saostumat voivat myös aiheuttaa haittaa pesukoneelle esimerkiksi kerääntymällä pesukoneen lämpövastuksiin. (Jokelainen 1980, 56-60.)

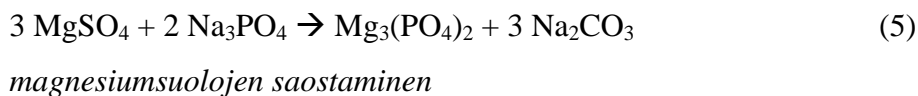
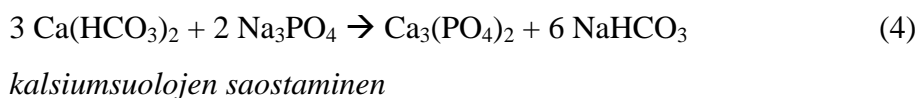
4.2.2 Fosfaatit

Fosfaatit toimivat pyykinpesuaineissa sekä vedenpehmentäjinä että puskureina, jotka pitävät pesuliuoksen pH-arvon tasaisena. Lisäksi fosfaattien voidaan sanoa olevan epäorgaanisia pesuaktiivisia aineita, koska niillä on myös pesutehoon vaikuttavia ominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa peptisaatio eli valkuaisaineiden hajotus, tensidien aktivointi, pesuliuoksen liankantokyvyn parantaminen ja tensidien huuhtoutumisen nopeuttaminen. Fosfaatit liuottavat myös aiemmissa pesuissa tekstiileihin kiinnittyneitä kalsium- ja magnesiumsaippuuta. Fosfaatteja esiintyy kaikkialla ympäristössä, ja ne ovat yli 300 mineraalin komponentteina, joista tärkein on apatiitti. Fosfaatteja voidaan valmistaa esimerkiksi apatiitista prosessoimalla

apatiittimineraali fosforihapoksi ja pesuaineisiin sopivaksi yhdisteeksi. (Aulanko 2002, 62; Jokelainen 1980, 16.)

Fosfaatit voidaan jakaa ortofosfaatteihin ja kondensoituihin fosfaatteihin.

Ortofosfaateista käytetyimpiä ovat trinatriumfosfaatti Na_3PO_4 ja dinatriumvetyfosfaatti Na_2HPO_4 . Molemmista on olemassa myös kidevedelliset muodot. Trinatriumfosfaattia käytetään nykyään melko vähän puhdistusaineissa, ja lähinnä tuotteissa, joiden on tarkoitus tuottaa korkea alkalisuus. Trinatriumfosfaatin ominaisuuksia ovat lian dispergoimisen edistäminen ja rasvahappojen saippuointi. Dinatriumfosfaatin käyttö on vielä harvinaisempaa. Esimerkkinä fosfaattien toiminnasta veden kovuustekijöiden sitoijina ovat trinatriumfosfaatin saostusreaktiot yhtälöiden 4 ja 5 mukaisesti. (Aulanko 2002, 62.)



Kondensoidut fosfaatit eli kompleksifosfaatit ovat ortofosfaatteja merkittävästi tärkeämpiä pesuaineteollisuudessa. Kondensoidut fosfaatit sisältävät sekä fosforipentoksidia P_2O_5 sekä natriumoksidia Na_2O . Taulukossa 2 on esitetty puhdistustuotteissa käytettyjä kondensoituja fosfaatteja. (Aulanko 2002, 62.)

Taulukko 2: Esimerkkejä puhdistustuotteissa käytetyistä kondensoiduista fosfaateista (Aulanko 2002, 62)

Kondensoitu fosfaatti	Kemiallinen kaava
Tetranatriumpyrofosfaatti	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ tai $2 \text{Na}_2\text{O} : 1 \text{P}_2\text{O}_5$
Natriumtripolyfosfaatti	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ tai $2,5 \text{Na}_2\text{O} : 1,5 \text{P}_2\text{O}_5$
Natriumheksametafosfaatti	$(\text{NaPO}_3)_6$ tai $3 \text{Na}_2\text{O} : 3 \text{P}_2\text{O}_5$

Natriumtripolyfosfaatti on kondensoiduista fosfaateista tärkein. Natriumtripolyfosfaatin ominaisuuksia pesutapahtumassa ovat sen kyky estää likaa sakkautumasta, pitää liukenemattomat lika-ainekset suspentoituneina ja pilkkoa likaa. Natriumtripolyfosfaatti sopii erityisesti keskilikaisiin kohteisiin ja nestemäisiin hellävaraiseen puhdistukseen

tarkoitettuihin puhdistusaineisiin. Sen etuina ovat alkalisten reaktioiden edistäminen, anionisten tensidien vaikutuksen edistäminen ja kyky dispergoida pigmenttilikaa. Pesunesteissä, jotka on tarkoitettu vaikeaan likaan, käytetään natriumtripolyfosfaatin sijasta pyrofosfaatteja kuten tetrakaliumpyrofosfaattia. (Aulanko 2002, 63.)

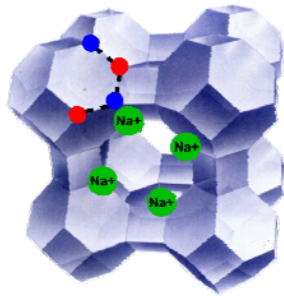
Fosfaatit aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä, minkä takia ne ovat ympäristölle haitallisia aineita. Suomessa fosfaatti poistetaan jätevedestä toimivilla jätevedenpuhdistamoilla lähes kokonaan. Joissakin tutkimuksissa on huomattu, että fosfaattien korvaaminen muilla vedenpehmentäjillä ei ole ongelmattonta, sillä se on aiheuttanut muun muassa alentuneen pesutehon ja kustannusten ja pesuaineiden kokonaiskulutuksen lisääntymistä. (Aulanko 2002, 63.)

4.2.3 Zeoliitit

Zeoliitit löydettiin 1700-luvun puolivälissä ja pesuaineissa zeoliitteja on käytetty 1970-luvulta lähtien fosfaattien korvaajina. Zeoliitteja on olemassa kolmea eri tyyppiä, A-, X- ja Y-zeoliitteja, ja niitä valmistetaan kaoliinista ja natriumhydroksidista tai bauksiitista ja natriumsilikaatista. Zeoliitit ovat kiinteitä ja savenkaltaisia yhdisteitä. Luonnossa esiintyvistä zeoliiteista tunnetaan noin 40 erilaista ja synteettisesti valmistetaan yli 150 zeoliittityyppiä. Synteettisistä zeoliittityypeistä kuitenkin vain muutamalla on teknistä merkitystä. (Aulanko 2002, 65-66; Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto.)

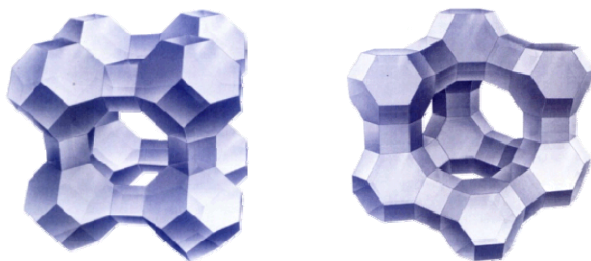
Zeoliittien kyky toimia vedenpehmentäjinä perustuu niiden ominaisuuteen vaihtaa ioneja eli ne toimivat ioninvaihtajina vesiliuoksessa. Zeoliittimolekyylit sisältää jonkin kationin, joka voi olla muun muassa natrium-, kalium-, kalsium- tai magnesiumioni. Kationit ovat kiinnittyneet molekyylisiin löyhästi, mikä mahdollistaa sen, että zeoliittimolekyylit pystyvät antamaan oman kationinsa pois. Samalla molekyylit sitoo ympäristöstä itseensä jonkin toisen kationin. Vedenpehmentäjänä käytetty zeoliitti vaihtaa natriumioninsa kovassa vedessä oleviin kalsium- ja magnesiumioneihin. (Aulanko 2002, 65-67.)

Zeoliitteja nimitetään molekyyli-siivilöiksi, koska ne pystyvät rakenteensa avulla hyväksymään tai hylkäämään siivilöitävän materiaalin aineksen molekyylikoon mukaan. Zeoliittien huokosaukkojen koko vaihtelee molekyylin kationin mukaan. Huokosaukot ovat suurimmillaan, kun aukon läheisyydessä on pieniä kationeja. Kationit sijaitsevat zeoliittimolekyylien huokosaukon suulla kuten kuviosta 6 huomataan. (Aulanko 2002, 65-67.)



Kuvio 6: Kationien sijainti zeoliittimolekyyliissä (Xinyuan Molecular Sieve)

Zeoliittien huokosaukkojen kokoon vaikuttaa kationien lisäksi zeoliitin rakennemuutokset, jotka voivat olla esimerkiksi lämpökäsittelystä johtuvia kidemuutoksia. Esimerkkinä eri zeoliittityyppien rakenne-eroista on kuviossa 7. Kuviossa vasemmalla puolella on zeoliittityyppi A ja oikealla zeoliittityyppi X. (Aulanko 2002, 65-67.)



Kuvio 7: Zeoliittien A- ja X-tyypin molekyyli-rakenteiden erot (Xinyuan Molecular Sieve)

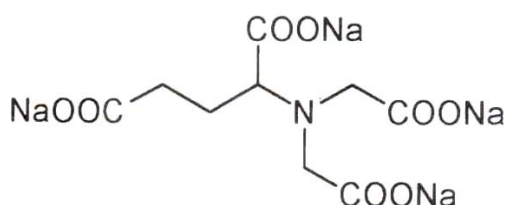
Zeoliitit eivät yksin pyykinpesuaineessa riitä pehmentämään vettä vaan niiden kanssa on käytettävä jotain muutakin vedenpehmentäjää. Yleensä zeoliittien kanssa käytetään polykarboksylaatteja, jotka ovat useimmiten yhden tai useamman karboksyylihapon polymeerejä. Zeoliitin heikko puoli on sen liukenemattomuus, minkä vuoksi zeoliitteja ei voida käyttää nestemäisissä pyykinpesuaineissa. (Aulanko 2002, 65-67.)

4.2.4 Orgaaniset kompleksinmuodostajat

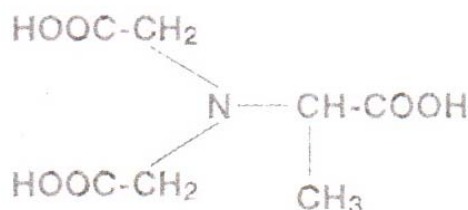
Orgaanisten kompleksinmuodostajien ominaisuus toimia vedenpehmentäjinä perustuu niiden kykyyn sitoa molekyyleihinsä vedestä ioneja tehden ne tehottomiksi.

Muodostuneet yhdisteet eli kelaatit ovat vesiliukoisia. Pyykinpesuaineissa käytettyjä orgaanisia kompleksinmuodostajia ovat muun muassa glutamiinihappo GLDA, metyyliiglysiinidietikkahappo MGDA ja iminobutaanidihappo IDS. GLDA:n, MGDA:n ja IDS:n rakennekaavat on esitetty kuvioissa 8-10. Niitä käytetään yleensä natriumsuoloina, kuten kuvioissa 8 ja 10 esitetyistä rakennekaavoista huomataan.

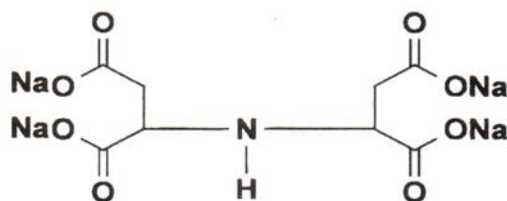
(Aulanko 2002, 68.)



Kuvio 8: GLDA:n rakennekaava (Akzo Technical brochure)



Kuvio 9: MGDA:n rakennekaava (BASF Product information sheet)

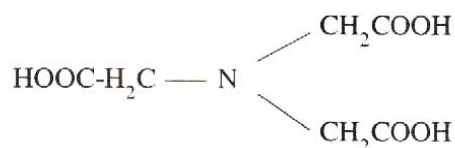


Kuvio 10: IDS:n rakennekaava (Lanxess Product information sheet)

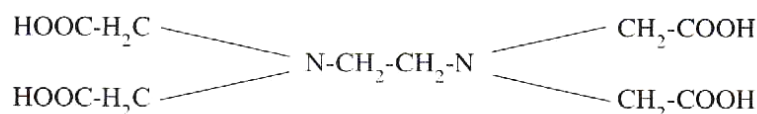
Pyykinpesuaineissa vedenpehmentäjinä käytettäviä orgaanisia tyyppiyhdisteitä ovat myös nitritrietikkahappo eli NTA ja etyleenidiamiinitetraetikkahappo eli EDTA. Niitä käytetään yleensä natriumsuoloina. NTA:n ja EDTA:n lisäksi käytetään myös

dietyleenitriamiinipentaetikkahappoa eli DTPA:ta. NTA:n, EDTA:n ja DTPA:n molekyylin rakennekaavat on esitetty kuviossa 11. (Aulanko 2002, 68.)

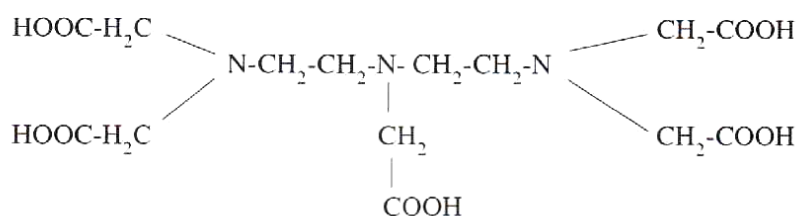
NTA



EDTA



DTPA



Kuvio 11: NTA:n, EDTA:n ja DTPA:n rakennekaavat (Aulanko 2002, 68.)

Kuviossa 11 esitetyistä rakennekaavoista huomataan, että olennainen ero NTA:n, EDTA:n ja DTPA:n välillä on aminoryhmien ja karboksyyliyhmiin lukumäärä. NTA:ssa on yksi aminoryhmä ja kolme karboksyyliyhmiä, EDTA:ssa kaksi aminoryhmää ja neljä karboksyyliyhmiä ja DTPA:ssa taas kolme aminoryhmää ja viisi karboksyyliyhmiä. Sekä amino- että karboksyyliyhmiä sitovat ioneja vedestä. (Aulanko 2002, 69.)

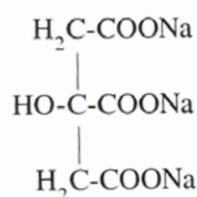
Ionien sitoutuminen tapahtuu molekyyli-molekyyli -periaatteella eli yhdiste, jolla on alhaisin molekyylipaino, sitoo suhteessa eniten ioneja. Tämän perusteella NTA sitoo enemmän kalsiumioneja yhtä molekyyliä kohti kuin EDTA, koska NTA:n molekyylipaino on alhaisempi. Sidottavien ionien molekyylipainon suhteen taas sekä NTA että EDTA sitovat enemmän kalsiumioneja kuin magnesiumioneja, koska kalsiumionien molekyylipaino on korkeampi. Kun ionien sitoutuminen tapahtuu sekä amino- että karboksyyliyhmiin, yhdiste, joka sitoo eniten molempia ryhmiä, muodostaa stabiileimman kelaatin. (Aulanko 2002, 68.)

Orgaanisilla typpiyhdisteillä on veden kovuuden poistamisen lisäksi epäsuorasti vaikutusta pesuaineen valkaisuaineiden hapetusreaktioihin, sillä ne sitovat raskasmetalleja, jotka voivat häiritä valkaisutapahtumaa. Ne vaikuttavat metalli-ioneja sitomalla myös edullisesti kirkasteiden toimintaan. Muita yhdisteiden edullisia vaikutuksia pyykinpesuaineissa ovat muun muassa, että ne dispergoivat likaa, tehostavat tensidien pesuominaisuuksia ja edistävät erityisesti pigmentti- ja rasvalian peseytymistä. Orgaanisten typpiyhdisteiden heikkoutena on niiden hygroskooppisuus, joka huonontaa niiden säilyvyyttä pesuaineseoksissa. NTA:lla on todettu myös olevan lievä korroosiovaikutus. (Aulanko 2002, 68; Jokelainen 1980, 18-19.)

Kompleksinmuodostajiin kuuluvista karboksyylihapoista käytetyimmät ovat glukonihappo, sitruunahappo ja viinihappo. Niitä käytetään yleensä suoloina eli glukonaatteina, sitraatteina ja tartraatteina. Karboksyylihappojohdannaisten etuna on niiden biohajoavuus. Polykarboksylaatteja käytetään paljon, koska veden kovuustekijöiden sitomisen lisäksi ne toimivat dispergoijina ja estävät tekstiilien harmaantumista. Karboksylaattipitoisia polymeerejä käytetäänkin pyykinpesuaineissa harmaantumisen estäjinä. Lisäämällä karboksylaatteja zeoliittipitoisiin pesuaineisiin pystytään vähentämään erityisesti kalsiumkarbonaatin tarttumista kuituihin. (Aulanko 2002, 70-71.)

Sitruunahapon suolaa eli sitraattia on paljon käytetty monenlaisissa pesuaineissa kuten astianpesuaineissa, hienopesuaineissa ja tekstiilien pehmennyksessä. Se sopii käytettäväksi sekä anionisten että ionittomien tensidien kanssa. Sitraatti sitoo kaksi- ja kolmiarvoisia ioneja ja erityisesti raudan kolmiarvoisia ioneja. Sitruunahapon natriumsuolan eli natriumsitraatin rakennekaava on esitetty kuviossa 12. (Aulanko 2002, 70-71.)

Sitruunahapon Na-suola, Na-sitraatti



Kuvio 12: Sitruunahapon natriumsuola eli natriumsitraatti (Aulanko 2002, 70)

4.2.5 Fosfonaatit

Fosfonaatteja alettiin käyttää vedenpehmentäjinä 1950-luvun loppupuolella, kun fosfaattien ympäristövaikutuksista saatiin tietää. Fosfonaatit eivät kuitenkaan ole varsinaisesti fosfaattien korvaajia, koska myös ne ovat fosforiyhdisteitä. Fosfonaatit ovat myös vaikeasti hajoavia, mutta niiden ei ole silti katsottu olevan ympäristölle haitallisia. Pesuaineissa fosfonaatteja käytetään pieninä pitoisuuksina estämään perkarbonaattien hajoamista jo pesuaineessa, ja osaa fosfonaateista kompleksinmuodostajina. (Aulanko 2002, 71.)

4.3 Pesuemäkset

Pesuemäksiä eli alkaleja käytetään pyykinpesuaineissa, koska tensidit saavuttavat parhaan pesutehonsa emäksisissä liuksissa. Alkalit vapauttavat liukseen OH^- -ioneja, jolloin liuksen pH-arvo nousee. Alkaliset suolat vapauttavat hydroksidi-ioneja vähitellen, jolloin pH-arvo pysyy tasaisena ja hydroksidit kaikki ioninsa kerralla. Liuoksen pH-arvon säätelyn lisäksi pesuemäkset neutraloivat hapanta likaa, saippuoivat rasvalikaa ja hajottavat valkuaisaineita. Monet pesuemäkset toimivat myös vedenpehmentäjinä. (Aulanko 2002, 60.)

4.3.1 Hydroksidit

Pesuaineissa käytettäviä hydroksideja ovat natriumhydroksidi NaOH ja kaliumhydroksidi KOH . Kiinteässä muodossa ne ovat hyvin emäksisiä, korrosiivisia ja hygroskooppisia, joten niitä käytetään nestemäisissä puhdistusaineissa. Natriumhydroksidia käytetään yleensä 50 prosenttisena laimennoksena ja kaliumhydroksidia 46 prosenttisena. Niiden käyttökohteita ovat muun muassa pintojen puhdistusaineet, konepesuaineet, vahanpoistoaineet ja elintarviketeollisuuden puhdistustarpeet. (Aulanko 2002, 61.)

Hydroksidien haittapuolena on niiden haihtumattomuus, jonka vuoksi puhdistettavat pinnat on huuhdottava nopeasti. Joskus haittapuolena voidaan pitää, että kaikki

hydroksidi-ionit vapautuvat kerralla. Natrium- ja kaliumhydroksidin lisäksi puhdistusaineissa käytetään ammoniumhydroksidia, jonka emäksisyys on matalampi, mutta haittana on ammoniakkin pistävä haju. (Aulanko 2002, 61.)

4.3.2 Alkaliset suolat

Alkalisia suoloja ovat karbonaatit, fosfaatit ja silikaatit. Tässä yhteydessä käsitellään karbonaatit ja silikaatit, koska fosfaatit on luettu tässä kuuluvaksi pyykinpesuaineen vedenpehmentäjiin.

Karbonaatit

Karbonaatteja on käytetty jo vuosituhansia pyykinpesuaineissa. Karbonaateista tärkein on natriumkarbonaatti Na_2CO_3 eli sooda. Muita puhdistusaineissa käytettäviä karbonaatteja ovat natriumbikarbonaatti NaHCO_3 , natriumsekvikarbonaatti $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ja kaliumkarbonaatti K_2CO_3 . Natriumkarbonaattia saatiin luonnosta sooda- ja suolajärven kerrostumista ja polttamalla natriumpitoisia kasvinoksia kunnes teollinen soodanvalmistus alkoi 1800-luvulla. (Aulanko 2002, 61-62.)

Natriumkarbonaatti nostaa pesuliuoksen pH-arvoa ja toimii vedenpehmentäjänä saostamalla kalsium- ja magnesiumkarbonaatteja. Karbonaattien saostamisen edellytyksenä on kuitenkin, että liuoksen pH-arvo on yli 9 koko saostumisen ajan. Natriumkarbonaattia käytetään pesujauheissa sen edullisuuden vuoksi. Sillä on hyvä veden absorptiokyky ja se pysyy absorptiosta huolimatta kosketuskuivana ja irtonaisena. (Aulanko 2002, 61-62.)

Silikaatit

Aiemmin natriumsilikaatteja on käytetty saippuanvalmistuksessa lähinnä täyteaineina, mutta nykyisin synteettisissä pesuaineissa niiden rooli on merkittävä.

Natriumsilikaattien eri muodoista natriummetasilikaatti on tärkein. Natriumsilikaatit koostuvat natriumoksidista ja piioksidista. Kaupallisesti käytetään enimmäkseen natriumsilikaatteja, joissa piioksidien ja natriumoksidien suhde eli $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ on välillä 1,6 - 3,2. (Aulanko 2002, 64; PQ Silicas)

Silikaatteja valmistetaan natriumkarbonaatista. Natriumortosilikaatteja ja natriumseskvilikaatteja käytetään harvoin puhdistusaineissa niiden hygroskooppisen luonteen vuoksi. Silikaattien päätehtävä pesuaineissa on liuoksen pH-arvon nostaminen. Esimerkiksi 1-prosenttisen natriummetasilikaattiliuoksen pH-arvo on 12,5. Silikaattimolekyylin eri osilla eli oksideilla on erilaiset tehtävät puhdistusprosessissa. Silikaatin natriumoksidin Na_2O tehtävät ovat alkalille tyypillisiä eli pH-arvon nostaminen, liuoksen puskurointi, happaman lian neutralointi ja öljyjen emulgointi. Piioksidiosan SiO_2 tehtäviin kuuluu muun muassa veden pehmentäminen, lian kasaantumisen ja takaisinlaskeutumisen estäminen ja korroosion estäminen. Piioksidi myös helpottaa saippuan synteettistä valmistusta ja antaa rapeutta sumukuivatuille jauheille. (Aulanko 2002, 64-65.)

4.4 Vaahdonsäätelijät

Käytettäessä saippuaa pesuaineena, vaahtoa on pidetty hyvän pesutuloksen merkinä. Synteettisten pesuaineiden kohdalla taas vaahdon määrällä ei ole merkitystä pesutuloksen kannalta. Konepesussa käytettävissä pyykinpesuaineissa vaahdonsäätely on tärkeässä roolissa, koska liiallinen vahto häiritsee pesutapahtumaa. Voimakas vaahtoaminen estää tekstiilejä saamasta riittävästi mekaanista käsittelyä, haittaa huuhtelua ja korkeammissa lämpötiloissa pestessä pesutapahtumaan osallistuvat komponentit menevät hukkaan. (Aulanko 2002, 71; Jokelainen 1980, 20.)

Vaahdonsäätelijöiden käytön tavoitteena on pitää vaahdonmuodostus tietyissä rajoissa koko pesun ajan pesuolosuhteista riippumatta. Erityisesti anionisia tensidejä käytettäessä vaahdonsäätelyyn on kiinnitettävä huomiota niiden kovan vaahtoamisominaisuuden takia. Vaahdonsäätely tapahtuu joko pakottamalla pinta-aktiivisten aineiden molekyylit pois rajapinnoilta tai niin, että vaahdonsäätelijän molekyylit tunkeutuvat rajapinnoille. Tästä on seurauksena vaahdon romahtaminen, kun vaahtolamellien mekaaninen lujuus alenee. (Aulanko 2002, 71; Jokelainen 1980, 20.)

Rasvahappoamidit ja saippua tietyin rajoituksin ovat käytetyimpiä vaahdonsäätelijöitä pesuaineissa. Niiden lisäksi käytetään muun muassa silikonyhdisteitä, paraffiinia ja ionittomia tensidejä. Silikonyhdisteet toimivat niissä mukana olevan kvartsin avulla.

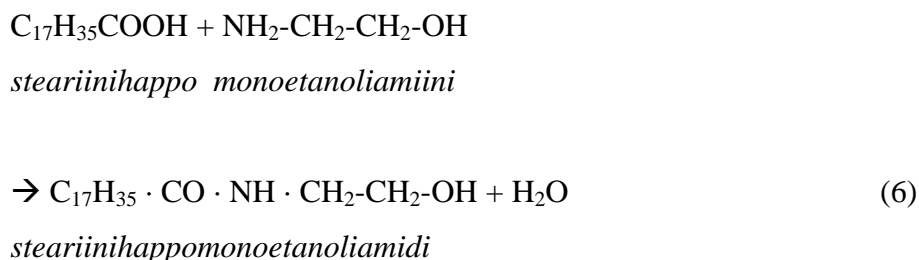
Kvartsiartikkelit leviävät silikonipolymeerin mukana pinnalle, ja tensidimolekyylien asettuessa kvartsiartikkelien ympärille liuoksen pintajännitys kasvaa ja vaahdon muodostuminen liuokseen hankaloituu. (Aulanko 2002, 71-72.)

Rasvahappoamidit

Rasvahappoamideista rasvahappomonoetanoliamideja käytetään kiinteissä pesuaineissa ja dietanoliamia ja isopropanoliamia nestemäisissä pesuaineissa.

Rasvahappoamideja valmistetaan kondensoimalla rasvahappoja aminoalkoholeilla.

Esimerkiksi steariinihaposta ja monoetanoliamiinista saadaan valmistettua steariinihappomonoetanoliamia seuraavan reaktion (yhtälö 6) mukaisesti. (Aulanko 2002, 71; Jokelainen 1980, 20-21.)



Rasvahappomonoetanoliamidit ovat veteen liukenemattomia, mutta -CO- ja OH-ryhmien avulla ne kiinnittyvät muihin liuoksessa oleviin komponentteihin kuten tensideihin, ja pysyvät siten liuoksessa. Dietanoliamia ja isopropanoliamia käytetään muun muassa astianpesuaineissa ja shampoissa. (Jokelainen 1980, 21.)

Saippua

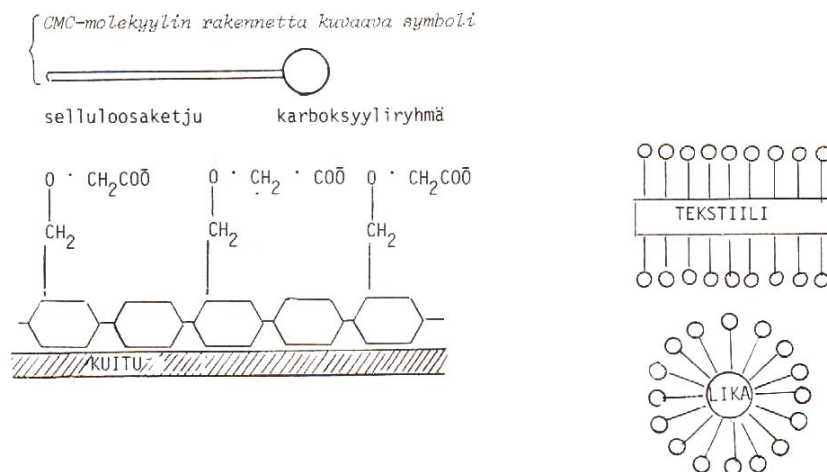
Saippuaa voidaan käyttää vaahdonsäätelijänä, kun pyykinpesuaineen tensidi on jokin anioninen alkyliaryylisulfonaatti eli LAS. LAS-pohjaisten pesuaineiden vaahdonsäätelyyn käytetyn saippuan rasvahappoketjussa tulee olla 12-22 hiiliatomia ja parhaan stabiloinnin saa aikaan saippua, jonka rasvahappoketjun pituus on 20-22 hiiliatomia. Saippuan käyttö vaahdonsäätelijänä perustuu vaahtoa tukahduttavan kalsiumsaippuan muodostumiseen pesuliuoksessa. Tämä asettaa rajoituksia vedenpehmentäjien käytölle, koska kalsiumsaippuaa muodostuu sitä enemmän mitä kovempaa vesi on. (Aulanko 2002, 71; Jokelainen 1980, 21.)

4.5 Suojakolloidit

Pyykinpesuaineissa käytettäviä suojakolloideja ovat harmaantumisen estäjät, väriensuoja-aineet ja kuidunsuoja-aineet. Kuidunsuoja-aineiden tarkoituksena pesuliuoksessa on sitoa metalli-ioneja, jotka voivat häiritä pesuaineen toimintaa. Vedessä olevat metalli-ionit kuten rauta, kupari, sinkki ja mangaani voivat häiritä valkaisuaineen toimintaa kiihdyttämällä hapen vapautumista valkaisuaineesta, jolloin valkaisuaine hajoaa liian nopeasti. Kuidunsuoja-aineina käytetään muun muassa fosfonaatteja ja magnesiumsilikaattia. (Aulanko 2002, 73.)

Lian laskeutuminen takaisin tekstiileille aiheuttaa niiden harmaantumisen. Harmaantumisen estäjien tehtävän on estää likahiukkasten laskeutuminen takaisin tekstiilin pinnalle. Suurin osa likapartikkeleista pysyy pesuliuoksessa muiden komponenttien kuten tensidien, pesuemästen ja kompleksinmuodostajien mukana, mutta hienojakoisimmat partikkelit ja veteen liukenevat väriaineet täytyy pitää pesuliuoksessa suojakolloidien avulla. Karboksimeetyliselluloosan natriumsuola CMC on käytetyimpiä harmaantumisen estäjiä pyykinpesuaineissa. CMC on tarkoitettu erityisesti puuvillatekstiileille. (Jokelainen 2002, 23.)

CMC on jauhemainen tuote, joka koostuu glukoosimolekyyleistä. CMC:n toiminta harmaantumisen estäjänä perustuu sen kykyyn adsorboitua tekstiilin ja lian pinnalle siten, että molemmat saavat negatiivisen varauksen, jolloin lian laskeutuminen ja kasaantuminen takaisin tekstiilin pinnalle estyy. CMC:n molekyylin selluloosaosa suuntautuu pintaa vasten ja karboksyyli-ryhmä vettä kohti. CMC:n toiminta pesuliuoksessa on kuvattu kuviossa 13. (Jokelainen 1980, 23-24.)



Kuvio 13: CMC:n adsorboituminen tekstiilin ja lian pintaan (Jokelainen 1980, 24.)

CMC:n rinnalle suojakolloidina on viime vuosina tullut polyvinyylipyrrolidoni eli PVP. PVP toimii sekä harmaantumisen estäjänä että väriensuoja-aineena. PVP on osittain käyttökelpoisempi kuin CMC, koska se ei ole herkkä epäorgaanisille suoloille kuten CMC ja sen liukenevuus on parempi. PVP soveltuu CMC:tä paremmin synteettisten kuitujen suojakolloidiksi. PVP toimii väriensuoja-aineena estämällä väriensiyntymistä tekstiileistä. (Aulanko 2002, 72.)

4.6 Entsyymit

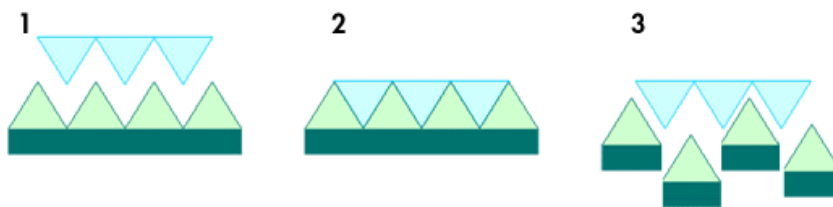
Entsyymejä käytetään pyykinpesuaineissa lianpilkkojina ja ne tehostavat pyykinpesuaineen pesutehoa huomattavasti. Entsyymien käytöstä tuli laajamittaista 1960-luvulla, kun entsyymien tuottaminen fermentoimalla mikrobeja aloitettiin. Entsyymien avulla lika saadaan poistettua tekstiileistä alhaisissakin lämpötiloissa ja entsyymien käyttö edistää pienempien annostuksien käyttöä. Entsyymejä käytetään enimmäkseen pyykinpesuaineissa ja konepesuaineissa, mutta myös joissakin kovien pintojen puhdistusaineissa. Entsyymien toiminnan kannalta on edullista, että pyykinpesuaineen aktiivianepitoisuus on vähintään 40 %. (Aulanko 2002, 78-79.)

4.6.1 Entsyymien toiminta

Entsyymit ovat rakenteeltaan suurimolekyylisiä valkuaisaineita eli proteiineja. Entsyymejä muodostuu eläin- kasvi- ja bakteerisoluisissa, joista bakteerisoluja käytetään eniten entsyymien tuotannossa. Entsyymeille tyypillistä on spesifisyys eli erilaiset entsyymit vaikuttavat vain tiettyihin kemiallisiin yhdisteisiin ja sidoksiin. Entsyymit pilkkovat likaa kulumatta itse reaktiossa. Entsyymien toimintaa voidaan kuvata seuraavalla yhtälöllä (7). (Jokelainen 1980, 44.)



Yhtälössä entsyymiä kuvataan kirjaimella E, ja hajotettavaa yhdistettä kirjaimilla AB. Entsyymi reagoi substraatin kanssa ja muodostuu uusi yhdiste. Muodostunut yhdiste on pysymätön, jolloin yhdiste hajoaa osiin, jolloin myös alkuperäisen yhdisteen osat hajoavat erilleen. Sama reaktio kuin edellä olevassa yhtälössä on esitetty, esitetään kuviossa 14.



Kuvio 14: Entsyymien toiminta (Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto)

Kuviossa 14 esitetystä reaktiosta huomataan, että entsyymi itse ei kulu reaktiossa vaan voi reagoida seuraavan substraatin kanssa. Tämän vuoksi entsyymejä kutsutaan katalyyteiksi, ja niiden pitoisuudet pyykinpesuaineissa ovat hyvin pieniä. (Jokelainen 1980, 44.)

4.6.2 Pyykinpesuaineissa käytettävät entsyymit

Pyykinpesuaineissa käytettäville entsyymeille asetetaan tiettyjä vaatimuksia, jotta niitä voidaan käyttää. Näitä vaatimuksia ovat muun muassa suuri aktiivisuus ja stabiilisuus emäksisissä liuoksissa ja muiden pyykinpesuaineen komponenttien seurassa.

Entsyymien substraattispesifiyden tulisi olla mahdollisimman laaja, jotta ne pystyvät pilkkomaan monenlaista likaa. Liuoksen lämpötilalla on vaikutusta entsyymin toimintaan niin, että lämpötilan kohotus yleensä kiihdyttää entsyymin toimintaa. Toisaalta liian korkeassa lämpötilassa entsyymiproteiini denaturoituu, mutta pyykinpesuaineissa käytettäville entsyymeille on usein asetettu vaatimukseksi stabiilisuus korkeissakin lämpötiloissa aina 95 °C:een asti. Tärkeimmät pyykinpesuaineissa käytetyt entsyymit ovat proteaasit, amylaasit ja lipaasit. Myös sellulaaseja on alettu käyttää. (Aulanko 2002, 79-80; Jokelainen 1980, 44-45.)

Proteaasit

Proteaasit pilkkovat valkuaisaineita eli proteiineja. Valkuaisainetahroja tekstiileissä ovat esimerkiksi kananmuna-, veri-, maito- ja kaakaotahrat. Proteaasit ovat korvaamattomia pyykinpesuaineissa, koska niiden vaikutusta ei voi korvata kohottamalla pesulämpötilaa tai käyttämällä enemmän pesuainetta. (Aulanko 2002, 79.)

Amylaasit

Amylaasientsyymit pilkkovat tärkkelyksen dekstriiniksi. Amylaasien käyttö pyykinpesuaineissa on yleistynyt tärkkelyspitoisen valmisruuan yleistymisen myötä, ja pyrittäessä alhaisempiin pesulämpötiloihin ja lyhyempiin pesuaikoihin. Amylaasit toimivat pyykinpesuaineissa harmaantumisen estäjinä, sillä ne estävät tärkkelysjäämien aiheuttaman lian laskeutumisen takaisin tekstiilin pinnalle. (Aulanko 2002, 79-80.)

Lipaasit

Lipaasit pilkkovat rasva- ja öljylikaa. Lipaaseja voidaan korvata tensideillä, mutta lipaasien etu tensideihin nähden on, että ne poistavat rasvalikaa alhaisemmissa pesulämpötiloissa kuin tensidit. Lipaasien käytöllä voidaan myös pienentää pyykinpesuaineessa olevien pinta-aktiivisten aineiden määrää. Lipaasit saavuttavat täyden aktiivisuutensa vasta toistuvien pesujen jälkeen. (Aulanko 2002, 79.)

Sellulaasit

Sellulaasit pilkkovat selluloosaa ja niitä käytetään erityisesti kirjopesuaineissa. Sellulaasit siloittavat tekstiilien pintaa hajottamalla mikrofibrillejä. Tekstiilit näyttävät tällöin hyväkuntoisemmilta ja likapartikkelien kiinnittyminen kuituihin vaikeutuu ja lika

myös lähtee kuiduista helpommin. Lipaasien tavoin myös sellulaasin käytön on oltava jatkuvaa, jotta silottava vaikutus tulisi näkyviin. (Aulanko 2002, 79.)

4.7 Valkaisuaineet

Valkaisulla tarkoitetaan tekstiileissä olevien värillisten lika-aineiden muuttamista värittömiksi kemiallisin keinoin. Mekaanis-fysikaaliset keinot eivät yleensä riitä liukoisten värillisten likatahrojen poistamiseen, koska lika sitoutuu adsorptiota voimakkaammalla kiinnitystavalla tekstiilien pintaan. Valkaisua käytetään esimerkiksi tee-, mehu- ja viinitahrojen poistamiseen. Valkaisuaineet voidaan jakaa toimintatapansa mukaan kahteen ryhmään; hapettaviin ja pelkistäviin valkaisuaineisiin.

Valkaisuaineiden toiminnan takaamiseksi myös alhaisissa pesulämpötiloissa käytetään valkaisuun aktivaattoreita. Nestemäisissä pyykinpesuaineissa ei ole valkaisuaineita, koska valkaisuaineet eivät ole stabiileja vesiliuoksessa. (Jokelainen 1980, 25.)

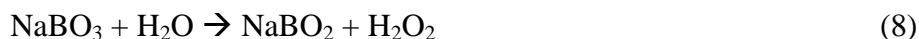
Pyykinpesujauheissa yleisimmin käytetyt valkaisuaineet ovat natriumperboraatti ja natriumperkarbonaatti, jotka ovat molemmat hapettavia valkaisuaineita. Muita hapettavia valkaisuaineita ovat muun muassa natriumhypokloriitti ja vetyperoksidi. Yleisimmin käytetty pelkistävä valkaisuaine on natriumhydrosulfiitti. Hapettavat valkaisuaineet lisäävät värillisen lian eli substraatin happimäärää ja vähentävät vetymäärää. Substraatin happimäärän lisääntyessä sen väri vaalenee. Valkaisuaineista käsitellään tässä yhteydessä vain natriumperboraatti ja natriumperkarbonaatti, koska ne ovat varsinaisissa pyykinpesujauheissa käytettyjä komponentteja. (Aulanko 2002, 73-77.)

4.7.1 Natriumperboraatti

Natriumperboraatti eli tetranatriumperboraatti $\text{NaBO}_3 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ on koostumukseltaan valkoista jauhetta, jota valmistetaan booraksista. Natriumperboraatin hajoaminen on hidasta alhaisissa pesulämpötiloissa, mutta lämpötilan noustessa valkaisu tehostuu. Natriumperboraatti adsorboi vettä ilmasta ja pesuaineen muista komponenteista, jos

niiden vesipitoisuus ei ole riittävän alhainen, mikä selittää sen käytön mahdottomuuden nestemäisissä pyykinpesuaineissa. (Aulanko 2002, 29-32.)

Natriumperboraatti hajoaa vedessä natriummetaboraattiksi ja vetyperoksidiksi yhtälön 8 mukaisesti. (Aulanko 2002, 74.)



Muodostuneen vetyperoksidin hajoamisesta on olemassa kaksi teoriaa. Vanhemman teorian mukaan vetyperoksidi hajoaa edelleen vedeksi ja hapeksi yhtälön 9 mukaisesti. Tämän teorian mukaan alkuainemuodossa oleva happi toimii hapettavana aineena. (Aulanko 2002, 74.)



Uudemman teorian mukaan vetyperoksidi hajoaa vetyioniksi ja perhydroksidi-ioniksi yhtälön 10 mukaan, jolloin hapettavana aineena toimii perhydroksidianioni. (Aulanko 2002, 74.)



Natriumperboraatin valkaisu-teho on parhaimmillaan lämpötilan ollessa vähintään 65 °C. Natriumperboraatin hajoaminen tehokkaasti alhaisemmissa pesulämpötiloissa voidaan kuitenkin aktivoida käyttämällä jotakin valkaisu-aktivaattoria. Yleisimmin valkaisu-aktivaattorina natriumperboraatille käytetään tetra-asetaattietyleenidiamiinia eli TAED:ta. TAED aktivoi natriumperboraatin jo alhaisissa lämpötiloissa. Aktivaattori on usein kapseloitu pesujauheessa, millä estetään ennenaikainen valkaisuaineen ja aktivaattorin reagointi. (Aulanko 2002, 74-45; Jokelainen 1980, 30.)

4.7.2 Natriumperkarbonaatti

Natriumperkarbonaattia $2 \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}_2$ valmistetaan natriumkarbonaatista ja vetyperoksidista. Vesiliuoksessa natriumperkarbonaatti hajoaa tuottaen valkaisevaa

vetyperoksidia. Natriumperkarbonaatin käyttö on lisääntynyt viime vuosina natriumperboraatin käytön vastaavasti vähentyessä. Natriumperkarbonaatin etuina natriumperboraattiin verrattuna ovat sen sisältämä aktiivisempi happi ja edullisempi valmistusmenetelmä. Natriumperkarbonaatin hajoamisessa syntyy soodaa, joten pesuemäkkeksi pesuaineeseen lisätyn vapaan soodan määrää voidaan vähentää. Natriumperkarbonaatin valkaisukyky on hyvä jo alhaisissakin lämpötiloissa, joten aktivaattorien tarve on vähäisempi. Lisäksi natriumperkarbonaatti on täysin hajoava komponentti ja sillä on hajuja poistava ja desinfioiva ominaisuus. (Aulanko 2002, 75; Jokelainen 1980, 32-33.)

4.8 Optiset kirkasteet

Optiset kirkasteet lisäävät tekstiilien valkoisuutta ja kirkkautta absorboitumalla tekstiilikuituihin. Kirkasteet eivät ole värjääviä tuotteita vaan kirkasteilla käsitelty tekstiili heijastaa enemmän näkyvää valoa kuin käsittelemätön tekstiili, mikä tekee tekstiilistä kirkkaamman näköisen. Kirkasteiden lisäämä heijastunut valo on valon spektrin sinisellä alueella, jolloin heijastunut valo on sinisen ja violetin sävyä, jotka peittävät tekstiilissä olevaa keltaisuutta. Toimiakseen kirkasteet eivät huuhtoudu pesussa kokonaan pois vaan osa kirkasteesta jää tekstiilikuituihin. (Aulanko 2002, 77-78.)

Tekstiileistä pois heijastunut valon osa eli tekstiilin emittoima valo antaa tekstiilille sen värin. Kirkasteet absorboivat itseensä tekstiilin pinnalla tietynpituista säteilyä ja emittoivat sen pidempiaaltoisena säteilyä, minkä vuoksi kirkasteet ovat fluoresoivia aineita. Kirkasteiden absorboima säteily on aallonpituudeltaan 290-440 nm eli ultraviolettisäteilyä. Kirkasteet emittoivat säteilyn aallonpituudella 400-500 nm eli fluoresenssisäteilyä. Fluoresenssisäteilyn väri vaihtelee käytetyn kirkasteen mukaan. Kun fluoresenssivalon aallonpituus on 430-500 nm, säteily on sävyltään sinistä ja aallonpituudella 380-430 nm säteilyn sävy on violetti. (Aulanko 2002, 77-78.)

Kirkasteiden emittoima sininen fluoresenssivalo saa tekstiilit näyttämään sinertävän valkoiselta, jonka ihminen aistii valkoisena. Optisilla kirkasteilla on värimäinen ominaisuus, sillä ne antavat tekstiilille tiettyjä värivivahteita, jos niitä kerääntyy

kuituihin runsaasti. Tämän takia kirkasteita ei voida käyttää tekstiilin valkaisuun määrättömästi. Kirkasteiden kuituihin kiinnittymiseen vaikuttaa tekstiilin kuluneisuus ja kuitujen rakenne. Yleisimmin käytössä olevat optiset kirkasteet pyykinpesuaineissa ovat kumariinin ja stilbeenin johdannaisia. Ne sopivat sekä luonnonkuiduille että synteettisille kuiduille. (Aulanko 2002, 77-78.)

4.9 Hajusteet ja väriaineet

Hajusteiden tarkoituksena pyykinpesuaineissa on tuoda tuoksua pyykkiin ja peittää raaka-aineiden ominaistuoksua. Hajusteiden pitoisuus pesuaineissa on yleensä pieni. Väriaineilla peitetään niin ikään raaka-aineiden ominaisuuksia eli ominaisväriä ja samalla parannetaan tuotteen ulkonäköä. Myös väriaineiden määrä pesuaineissa on hyvin pieni. (Aulanko 2002, 90.)

4.10 Säilöntäaineet

Säilöntäaineita käytetään pesuaineissa estämään mikrobikasvua. Nestemäisissä pyykinpesuaineissa säilöntäaineiden käyttö on tarpeellista, koska pyykinpesuaineiden pH-arvo on yleensä vain hieman emäksinen ja tuotteet ovat vesipohjaisia. Pesujauheissa ja tiivistetyissä tuotteissa sen sijaan säilöntäaineiden käyttö ei ole tarpeellista. Säilöntäaineet ovat myrkyllisiä vesieliöille ja ympäristön kannalta haitallisia. (Aulanko 2002, 90.)

5 Raaka-aineet

Vain tilaajan kappaleessa.

6 Versioiden valmistus ja testausmenetelmät

Vain tilaajan kappaleessa.

7 Tulokset ja tulosten analysointi

Vain tilaajan kappaleessa.

8 Yhteenveto

Vain tilaajan kappaleessa.

Lähteet

Akzo Nobel: Technical brochure.

Aulanko, Marja 2002. Pesu- ja puhdistusaineet: johdatus siivouskemiaan. Helsinki: Multiprint.

Basf: Product information sheet.

Haapanen, Mari & Mäntsälä, Tuija 1998. Tekstiilienhoito. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Jokelainen, Aili 1980. Pesukemian perusteet, 2. painos. Helsinki: Gaudeamus.

Kiilto Oy. [www-sivu]. [viitattu 22.11.2010] Saatavissa: <http://kiilto.com/fi>

KiiltoClean Oy. [www-sivu]. [viitattu 22.11.2010] Saatavissa: <http://kiiltoclean.fi/fi>

KiiltoClean Oy: Tiedote 11.8.2010.

KiiltoClean Oy: Yritysesittely.

Lanxess: Product information sheet.

PQ Silicas: Productinfo. [www-sivu]. [viitattu 5.12.2010] Saatavissa:

<http://www.pqcorp.com/productlines/sodiumsilicatespecs.asp>

Teknokemian Yhdistys & Kuluttajavirasto. Pyykinpesun tietopaketti. [www-sivu].

[viitattu 22.11.2010] Saatavissa:

http://teknokem.fi/pyykinpesun_tietopaketti

Wikipedia. CIE 1967 color space. [www-sivu]. [viitattu 10.12.2010] Saatavissa:

http://en.wikipedia.org/wiki/Lab_color_space#Which_.22Lab.22.3F

Xinyuan Molecular Sieve. [www-sivu]. [viitattu 17.11.2010] Saatavissa:

http://molecularsieve.org/Zeolite_Molecular_Sieve.htm

Liitteet

Vain tilaajan kappaleessa.