

TREBALL DE RECERCA

LA QUÍMICA DELS PRODUCTES DE NETEJA

Estudi comparatiu del sabó i el detergent



Mireia Olivella i Carbonell
2n BATXILLERAT – B
IES Eugeni d'Ors
Tutora: Iratxe Alarcón
13 de desembre de 2022
Vilafranca del Penedès

“Soap and water and common sense are the best disinfectants.”

- William Osler

RESUMEN

Seguramente todos hemos usado productos de limpieza para lavar cualquier cosa, pero, alguna vez te has planteado ¿cómo funcionan?

En este trabajo de investigación, se han formulado objetivos como por ejemplo, aplicar la teoría en la realidad.

En primer lugar, el trabajo expone los productos que se usarán en la parte práctica, los cuales son el jabón artesanal y el detergente. En el cuerpo del trabajo, se ha profundizado en la composición de cada producto para poder entender cómo funciona cada uno y también, en algunos aspectos clave para poder entender la parte experimental.

Por otra parte, se han creado dos jabones con diferentes recetas, una tradicional que ha pasado de generación en generación y otra extraída de la red. También se ha analizado un detergente. Estos tres productos de limpieza son los que se usarán en las dos pruebas, una para comparar la cantidad de espuma y otra para comprobar la calidad de la limpieza.

Ambos experimentos serán clave para poder extraer conclusiones y afirmar o refutar las hipótesis expuestas durante la introducción del trabajo.

Finalmente, se comprobará que la espuma no va relacionada con la calidad del lavado y que la dureza del agua afecta de manera considerable en la utilización de los jabones artesanales, mientras que los detergentes llevan aditivos para que no se vea afectado su rendimiento.

Palabras clave: productos de limpieza, jabón artesanal, detergente, espuma y lavado.

ABSTRACT

Surely we have all used cleaning products to wash anything, but have you ever wondered how they work?

In this research work, objectives have been formulated, such as applying the theory in reality.

First of all, the research project exposes the products that will be used in the practical part, which are the handmade soap and the detergent. In the body of the work, the composition of each product has been deepened in order to understand how each one works and also, in some key aspects in order to understand the experimental part.

On the other hand, two soaps have been created with different recipes, a traditional one that has been passed from generation to generation and another one extracted from the net. A detergent has also been analyzed. These three cleaning products are the ones that will be used in the two tests, one to compare the amount of foam and the other to check the quality of cleaning.

Both experiments will be key to be able to extract conclusions and affirm or refute the hypothesis exposed during the introduction of the work.

Finally, it will be verified that the foam is not related to the quality of the wash and that the hardness of the water has a considerable effect on the use of handmade soaps, while the detergents have additives so that their effectiveness is not affected.

Keywords: cleaning products, handmade soap, detergent, foam and washing.

TAULA DE CONTINGUTS

INTRODUCCIÓ	1
1. DOS PRODUCTES PER A LA NETEJA	4
1.1 EL SABÓ	4
1.1.1 Concepte	4
1.1.2 Història	4
1.1.3 Impacte medioambiental	9
1.2 EL DETERGENT	10
1.2.1 Concepte	10
1.2.2 Història	10
1.2.3 Impacte medioambiental	12
1.3 DIFERÈNCIES I SEMBLANCES ENTRE ELS DOS TERMES	13
2. REACTIVITAT QUÍMICA	14
2.1 EL SABÓ	14
2.1.1 REACCIÓ DE NEUTRALITZACIÓ	14
2.1.2 REACCIÓ DE SAPONIFICACIÓ	18
a) Àcids grassos	19
Reacció d'esterificació	21
b) Bases	23
2.1.3 PROPORCIONS DE LES RECEPTES	25
a) Manual	26
b) Calculadora	27
2.1.4 ALTRES MÈTODES	29
2.1.5 CADUCITAT	30
2.2 EL DETERGENT	31
2.2.1 COMPOSICIÓ	31
a) Component actiu (tensioactius)	31
b) Coadjuvants	36
c) Additius	38
2.2.2 REGLAMENTACIÓ DE LA UNIÓ EUROPEA	42
3. CONCEPTES CLAU	44

3.1. INTERACCIONS DELS TENSIOACTIUS	44
3.1.1 TENSIOACTIU - AIGUA	45
a) Humidificació	45
b) Associació entre tensioactius	45
c) Micel·les	46
d) Tensió superficial i tensió interfacial	47
e) Solubilització	48
f) Absorció	48
g) Sistemes dispersos	49
3.1.2 TENSIOACTIU - TACA	51
3.2 pH	51
3.3 DURESA DE L'AIGUA	54
4. PART PRÀCTICA	56
4.1 PREPARACIÓ	56
4.1.1 FABRICACIÓ DE SABÓ ARTESANAL	56
ABANS DE COMENÇAR...	57
L'oli vegetal reutilitzat dels fregits	57
L'oli de coco	59
Hidròxid de sodi (NaOH)	60
a) RECEPTA 1	62
b) RECEPTA 2	69
c) ALTRES OBSERVACIONS i PROVES	73
c.1) El sabó acabat de fer en un medi àcid.	73
c.2) Observació dels sabons en el microscopi	73
c.3) Conversió del sabó de sòlid a líquid.	76
4.1.2 ANÀLISI DEL DETERGENT	77
4.2 POSADA A PROVA	79
4.2.1 QUANTITAT D'ESCUMA DELS PRODUCTES SEGONS L'AIGUA	79
4.2.2 QUALITAT DEL RENTAT DELS PRODUCTES SEGONS L'AIGUA	84
4.2.3 RELACIÓ DE LES DUES PROVES	89
CONCLUSIONS	90
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	92

AGRAÏMENTS

Abans de començar, vull agrair i donar les gràcies a totes les persones que m'han ajudat i han fet possible aquest treball de recerca.

Primerament, donar les gràcies a la meva tutora del treball, Iratxe Alarcón, ja que m'ha guiat i ajudat a resoldre tots els dubtes que tenia. També, m'ha proporcionat les eines necessàries de laboratori per a poder completar la part pràctica i, quan he tingut algun problema, m'ha ajudat a buscar una solució, així que, moltes gràcies.

Seguidament, voldria agrair especialment al Manel Giménez, qui m'ha donat idees sobre el tema, ja que és especialista en detergents, i la Puri, qui m'ha proporcionat la recepta tradicional de sabó d'oli reciclat.

També, vull donar particularment les gràcies al Josep Vendrell, perquè, gràcies als seus ànims i, en general, a la seva ajuda en la part pràctica, he acabat el treball amb molt bons resultats.

A més, m'agradaria agrair a tota la meva família per haver-me donat suport i animar-me a continuar sempre endavant.

Finalment, gràcies a tu, per dedicar el teu temps a llegir i valorar aquest treball.

INTRODUCCIÓ

Qui no ha utilitzat mai productes de neteja com el sabó o el detergent? Estic convençuda que tots i totes els hem fet servir en moltíssimes ocasions de la nostra vida, de fet, s'han convertit en una de les eines més importants per a la higiene del nostre dia a dia.

Durant molt de temps, el sabó ha sigut un producte artesà i casolà, la fórmula del qual ha passat de generació en generació. La majoria de les receptes casolanes permeten aprofitar els residus d'oli que es generen a la cuina d'una manera més natural, però a mesura que s'han descobert noves fórmules, noves reaccions químiques i nous productes, el sabó ha esdevingut un producte comercial.

Amb la seva industrialització, s'ha aconseguit una millora en les seves propietats convertint-lo, doncs, en un producte que és més còmode i més eficaç. Altres avantatges del detergent és que no està fabricat per la reacció de saponificació, la qual requereix molt d'esforç, temps, espai i material i, per tant, és més fàcil de fabricar a gran escala.

L'objectiu principal d'aquest treball és comparar i aprendre, de manera experimental i teòrica, les característiques, els usos i la creació de diferents formes de sabons tradicionals amb alguns detergents comercials, per tal de poder comprovar quins són més efectius netejant en diferents situacions i condicions. Algunes variables que s'han tingut en compte en la part pràctica del treball, seran diferents graus de duresa en l'aigua, diverses brutícies ...

En un inici no tenia clar quin àmbit triar, ja que no sabia si decantar-me cap a la biologia o la química, així que vaig decidir buscar temes de les dues branques. Com que hi havia moltes temàtiques que m'interessaven per fer el treball, vaig mirar quina idea era el que tenia més a l'abast a l'hora de realitzar la part pràctica. Finalment, després de descartar alguns temes, em vaig adonar que aquesta era la idea perfecta per diverses raons: perquè és de l'àmbit químic; té una part pràctica que trobo interessant, és del meu gust i puc modificar; però sobretot, perquè tinc gent al meu voltant que estan molt relacionats amb aquest camp i disciplina.

Un cop ja he tingut la temàtica, més o menys seleccionada, m'he dedicat a parlar amb gent entesa del tema, i és en aquest moment quan em comencen a sorgir una sèrie de dubtes als quals es dona resposta en aquest treball, com:

- Si els detergents no tenen la reacció de saponificació, com és que tenen la mateixa funció que el sabó (que sí que la té)?
- La duresa de l'aigua pot afectar a la qualitat del rentat i a la composició i funcionament d'aquests productes?
- Què tenen a veure els canvis de temperatura i el pH amb aquests articles?
- És veritat que la quantitat d'escuma que genera un producte va relacionat amb la qualitat del rentat d'aquest?

Sumar aquestes i altres preguntes al meu interès per la química i a la meva fascinació per les experimentacions científiques, ha fet que el meu interès per aquest tema augmentés de forma fefaent, impulsant-me, d'aquesta manera, a dedicar el meu treball de recerca a un estudi comparatiu del sabó artesà i el detergent.

Ara que ja he presentat els objectius principals, amb algunes de les respectives preguntes que m'he formulat, cal que introdueixi quines hipòtesis m'he plantejat per tal de seguir correctament el model científic.

La hipòtesi principal que plantejo és que, la quantitat d'escuma està directament relacionada amb la qualitat del rentat, així com, el tipus d'aigua no fa canviar les propietats ni el funcionament de sabons i detergents. Per tal de demostrar-ho, he realitzat dos experiments en els quals hi haurà variables com diferents dureses d'aigua i el tipus de producte (sabó o detergent).

Primerament, he fabricat dos sabons artesanals amb dues fórmules molt diferents. Una és amb una recepta tradicional que ha passat de generació en generació en la família d'una veïna del poble, amb oli reciclat, i l'altre, que és una recepta extreta d'internet amb oli de coco. He decidit triar aquestes per poder-les comparar, també, i treure conclusions de com era el sabó d'abans, comparat amb el que es recomana ara que se'n té més coneixement.

En segon lloc, he agafat un detergent molt utilitzat per la rentadora, i n'he analitzat l'etiquetatge, és a dir, els ingredients i les recomanacions que hi ha escrites a l'envàs. És en aquest punt, on he parlat amb un formulador químic de receptes perquè em respongués a algunes preguntes sobre l'anàlisi d'aquest detergent.

Així doncs, amb aquests tres productes he realitzat els següents experiments, incloent-hi la variable de la duresa de l'aigua per tal de veure com afecta. El primer experiment consisteix a comparar l'escuma que fan els diferents productes en diferents aigües, mentre que, en el segon experiment, els he posat a prova, també en diferents aigües, però aquest cop, no mirant l'escuma que produeixen, sinó que aplicant-los a un problema de la vida real, com és una taca a la roba.

Comparant totes les dades obtingudes en els experiments, he extret conclusions finals.

Així doncs, per a finalitzar aquesta introducció, presentaré com s'estructura aquest treball. A gran escala, puc dir que aquest estudi està classificat en: el marc teòric i la part pràctica. En el primer, hi trobarem tota la informació que necessitem per tal de formar una base i poder entendre el tema sobre el qual estem fent recerca, dividida en: la presentació dels dos productes comparats, en la reactivitat química i en alguns conceptes clau. Per altra banda, la segona part consisteix en una part pràctica la qual està separada en la formació de sabó tradicional i anàlisi de detergents; i en dos experiments comparatius que, per a les conclusions, m'ajudaran a demostrar si les hipòtesis que he formulat són correctes o, si pel contrari, són falses.

1. DOS PRODUCTES PER A LA NETEJA

1.1 EL SABÓ

1.1.1 Concepte

El sabó és un producte que serveix per a la higiene personal i per a rentar determinats objectes. És el resultat de la reacció química d'un alcalí amb un àcid gras, a aquesta reacció l'anomenem saponificació, i en parlarem més endavant. Tradicionalment, el podem trobar en estat sòlid, líquid o en pols. (*Jabón*, s. d.)

Per a la seva fabricació, normalment s'utilitzen greixos animals i alguns olis vegetals per tal de fer-lo més econòmic. Segons la base que es faci reaccionar podem fer un sabó dur i menys soluble si fem servir hidròxid de sodi (NaOH); i un sabó més tou i soluble si fem servir hidròxid de potassi (KOH). Per altra banda, depenent dels àtoms de carboni de la cadena, els sabons tenen unes propietats o unes altres. Per exemple, si fem servir greixos amb cadenes de 18 àtoms de carboni com l'esteàric o palmític, es produeixen uns més durs i poc solubles en aigua freda. Al contrari, si els àcids procedeixen d'olis formats per cadenes de 12 a 14 àtoms de carboni com l'olèic o el linoleic, seran més tous i més solubles en aigua freda.

2.1.2 Història

No se sap quan i on va sorgir el primer sabó, però des de sempre hi ha hagut llegendes i històries que ho han intentat explicar. Una d'elles és una llegenda romana la qual diu que aquest descobriment va ser completament accidental a Roma.

Aquesta història se situa al riu que hi ha als peus del "Monte Sapo". Les dones rentaven la seva roba en aquest riu, anomenat Tíber. Notaven la presència d'una substància que, en baixar per aquestes aigües, feia que les mans i la roba quedessin molt més netes que de normal. Aquest fet era degut al fet que el greix dels animals, que se sacrificaven al cim d'aquesta muntanya per als Déus, s'havia barrejat amb les cendres que sobraven de les fogueres cerimonials i que, gràcies a la pluja, havien baixat fins al riu. L'aigua dissol els compostos químics solubles de la cendra, principalment el carbonat de potassi (K_2CO_3), donant lloc a una solució fortament alcalina: l'hidròxid potàssic (KOH), el qual és una peça

clau per a la reacció de saponificació, un procediment que explicaré més endavant. Es creu que és molt probable que l'origen de la paraula SAPONIFICACIÓ, vingui just d'allà, del "Monte Sapo". De fet, pot haver passat el mateix amb la paraula "sabó" en italià: Sapone. (HISTORIA DEL JABÓN. . . EL MONTE SAPO , 2016) (*Jabón de ceniza*, s. f.)



Imatge 1: Il·lustració de la llegenda del "Monte Sapo". Font: historia del jabón... el monte sape, 2016.

Aquest relat no deixa de ser una llegenda la qual conté elements imaginaris com per exemple el "Monte Sapo", així que, buscant més informació, he trobat què se'n sap sobre els orígens d'aquest producte.

La primera font històrica descoberta, que fa referència a un producte molt semblant al sabó, data prop de l'any 2800 a.C a Mesopotàmia. A la regió de Sumer, van aparèixer unes taules d'argila en les quals es menciona la barreja i ebullició d'olis, àlcalis, potassi, soda, resines i sal.



Imatge 2: Sabó de Mesopotàmia.

Aquesta mescla d'ingredients s'usava per a tractar teixits, però també s'hi afegien elements amb caràcter medicinal.

Tanmateix, se sap que el 1500 a.C. els egipcis es fregaven amb una mescla obtinguda del natró, un carbonat de sodi mineral extret dels llacs salats; terra de batan, un tipus d'argila poc elàstica que absorbeix les matèries grasses; i tramussos remullats en aigua i triturats. Aquest últim element fa de base forta en la reacció, ja que s'aconsegueix d'una planta que conté alcaloides, els quals fan que el seu fruit sigui amarg.

Cap al 800 a.C., els celtas més prosaics, feien sabó amb greix de cabres i cendres de bedoll. Mentre que, uns anys després, al 500 a.C, els grecs i els etruscs barrejaven olis aromàtics, sorra o cendra per tal d'assolir un producte que es fregaven pel cos.

Altament, s'han trobat textos del primer segle a.C. que parlen sobre diferents tipus de sabons que feien servir les dones per rentar el seu cabell. L'autor, un escriptor anomenat Plini el vell (27-79 d.C.), afirma que els Galos van ser els inventors del sabó dur, ja que, més o menys a l'any 300 a.C., barrejaven greix de javalí amb l'aigua, procedent del rentat de cendres, i sal comuna (NaCl) per tal de fer-lo més fort. Una altra teoria d'aquest mateix escriptor és que, també el feien servir per a tenyir les seves cabelleres de ros o de pèl-roig. De fet, una dada curiosa és que als romans no els agradava la olor de ranci que feien els galos.

Cap el 200 a.C els àrabs feien servir una recepta on es requeria la cocció de: potassa, alcalí, oli de sèsam i llimona, sent considerats, així, com el primer poble a crear sabó sòlid amb una tècnica d'ebullició.

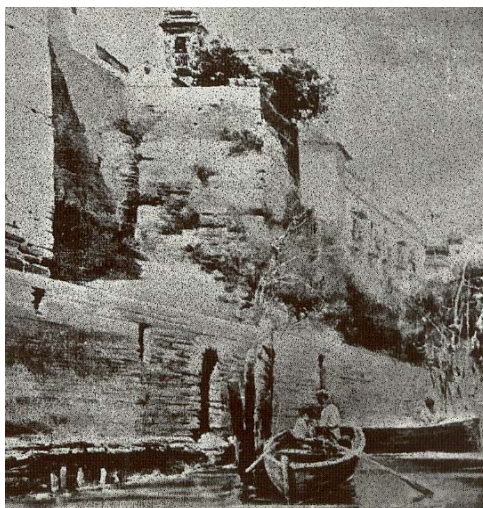
Com hem pogut veure, hi ha hagut molts llocs, en els quals feien sabons de diferents maneres, tècniques i ingredients. És curiós, però tot i haver fet servir elements molt diferents en zones bastant distants, tots aconseguien el mateix resultat, un sabó creat a partir de la reacció de saponificació, de la qual no en tenien coneixement, sinó que confiaven en la sort.

El metge grec Claudi Galè (s. II) va tenir un paper molt, importat ja que va crear unes teories que explicaven de quina forma s'havia d'utilitzar el sabó com a un medi curatiu per a la higiene personal. Tot i que va servir per a la neteja de la roba i les malalties de la pell durant molt de temps, aquestes idees van deixar de ser primordials a meitat de l'edat mitjana (s. V-XV), ja que, per culpa de l'expansió de l'epidèmia de la pesta negra, el bany es va passar a

considerar perillós perquè es creia que l'aigua i les humitats podien contagiar amb més facilitat les malalties. A causa d'aquest últim pensament erroni, es van tancar els banys públics i la gent va deixar de banyar-se i de rentar la roba, creant un agreujament de l'expansió d'aquestes epidèmies. De fet, la reina Isabel I d'Anglaterra es feia només un bany al mes. (*Wilson, 1954, 6*) citat en (*Historia del jabón- Jabones Beltrán, s. d.*)

A partir del segle IX se sap que es comença a introduir la fabricació d'aquest producte a Europa en centres com el de Marsella, situat a França, i el de Savona, situat a Itàlia.

Pel que sembla, a Sevilla hi havia una de les primeres grans fàbriques de sabó "Las Almonas de Triana". Va funcionar durant quatre-cents anys, des del segle X i es va anar escampant per tot l'al-Àndalus la idea de crear Almonas, un terme àrab que fa referència a "fàbrica". Es considera que és l'origen del famós sabó de Castella, també conegut com a *sapo hispaniensis*. Com que aquella zona era molt bona, ja que tenien molts territoris fèrtils amb camps d'oliveres, van aconseguir fabricar aquest excel·lent producte, del qual el regne de Castella es va apropiar.

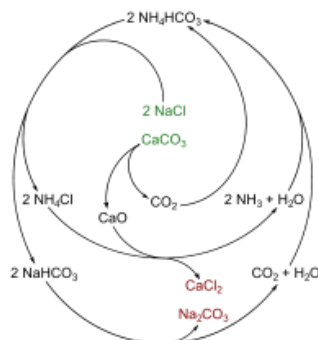


Imatge 3: Almonas de Triana, Sevilla

El mercat del sabó de Sevilla es va anar ampliant fins a Amèrica, just després de la seva conquesta l'any 1492. Es va construir una almona a la Ciutat de Mèxic, on fabricaven sabó pels mexicans a partir algunes plantes i de tequesquite, un mineral molt ric en sosa.

El sabó va tenir moltíssim d'èxit a finals del segle XIX i a la primera meitat del segle XX, a causa d'un canvi en el concepte d'higiene. El metge Ignaz Semmelweis va proposar, l'any 1847, que el rentat de mans amb sabó per part dels metges seria un acte que salvaria vides, ja que podria reduir la taxa de mortalitat en l'àrea de maternitat. La seva idea va ser rebutjada per part dels seus companys metges, fins que va ser validada unes dècades després gràcies al descobriment dels gèrmens del químic Louis Pasteur. (*La apasionante historia del jabón*, 2022)

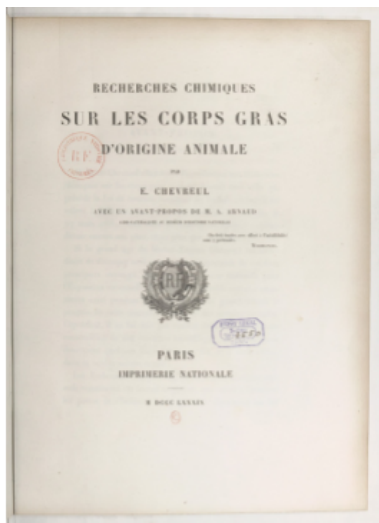
Juntament amb aquest canvi d'idees, es van fer grans avenços en la química, ja que el científic Nicolas LeBlanc va desenvolupar un nou tipus alcalí anomenat carbonat de sodi, procedent de la sal de mar, que va permetre no haver de fer servir cendres, així evitant la desforestació dels arbres. Però Ernest Solvay va millorar la producció d'aquest compost creant el procés Solvay, el qual està representat a la imatge 3. Aquest va guanyar més fama pel fet que era més econòmic i menys contaminant. Juntament, tots aquests coneixements amb l'aplicació de l'energia mecànica i el vapor, van poder augmentar significativament la producció del sabó a escala industrial. (colaboradores de Wikipedia, 2022)



Imatge 3: Procés Solvay: Fabricació del carbonat de calci a escala industrial. Font: (colaboradores de Wikipedia, 2022)

Simultàniament, el químic francès Michel-Eugène Chevreul (31 d'agost de 1786 - 9 d'abril de 1889) va investigar en detall el procés de saponificació, descobrint, així, la presència del que va anomenar com a glicerina. Va publicar el llibre "*Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale*" on s'explica la reacció química de saponificació i la composició de l'estearina, un èster de glicerina de l'àcid esteàric. Chevreul va demostrar que els greixos estan formats per la combinació entre la glicerina (o glicerol) i els àcids grassos. Aquestes

contribucions van fer que se l'assignés com “el pare de la química del sabó”. (Michel Eugene CHEVREUL | Padre de la química del jabón, s. d)



Imatge 4: “Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale” publicat l'any 1823



Imatge 5: Michel-Eugène Chevreul
“El pare de la química del sabó”

A partir d'aquí, les combinacions per a crear sabó s'han anat ampliant i millorant al llarg del temps. La cendra s'ha substituït per substàncies alcalines com la sosa, la potassa i alguns carbonats, mentre que els greixos dels animals, s'han anat canviant, principalment, per olis vegetals com el de coco, oliva, girasol, palma... En un inici, es tenia més present la idea de fer sabó per a aprofitar els excedents, però, actualment, és un recurs que es veu des d'un punt de vista ecològic i econòmic.

1.1.3 Impacte medioambiental

Tot i ser un molt bon mètode per al reciclament d'olis i l'aprofitament de matèries, pot acabar repercutint d'una forma negativa en el medi. Un desavantatge dels sabons és que, en aigües dures (concepte que veurem més endavant), els seus ions tendeixen a formar sals insolubles que fan desaparèixer la seva acció. És així, ja que pot deixar una pel·lícula insoluble a la superfície de l'aigua impeding, d'aquesta manera, l'entrada d'oxigen a l'aigua (sigui al mar o als rius).

1.2 EL DETERGENT

1.2.1 Concepte

Els detergents són substàncies que tenen la propietat química de dissoldre la brutícia o impureses d'un objecte sense fer-lo malbé. Estan formats d'una mescla de moltes substàncies primeres. El component actiu principal són els tensioactius (o surfactant), tot i que també conté altres elements, dels quals en parlarem més endavant com silicats, carbonats, perborats, enzims, estabilitzants... (*Detergente*, s. d.)

Els podem trobar de diferents formes, ja que s'adapten a les components i als usos de cada producte. Poden estar líquids, en pols, en pastilles i, com a innovació, en paper. (Tot i que en aquest treball parlaré sobretot dels detergents líquids).

Segons el reglament de la Unió Europea, un detergent es defineix de la següent manera:

«detergente», toda sustancia o preparado que contenga jabón u otros tensioactivos y que se utilice en procesos de lavado y limpieza. Los detergentes podrán adoptar cualquier forma (líquido, polvos, pasta, barra, pastilla, formas moldeadas, etc.) y ser comercializados para uso doméstico, institucional o industrial.

1.2.2 Història

Si una cosa està clar, és que el detergent és un producte de neteja descobert i inventat més recentment que el sabó.

Curiosament, es diu que, antigament i durant molt de temps, els romans van arribar a fer servir l'orina com a un producte de neteja. Es justifica gràcies a la composició d'aquesta substància, ja que conté amoníac, un compost químic que té efectes detergents. Deixaven reposar l'orina fins que quedava el NH_3 , és llavors, quan ho barrejaven amb aigua per tal de poder rentar la roba nova d'alguns nobles. Així aconseguien eliminar certes impureses de la llana acabada de cardar. Després, com és d'esperar, ho esbaldien tot molt bé amb la finalitat que no quedés qualsevol mala olor i ho deixaven penjat a l'aire perquè s'airegés. (Barcala, 2017)

Aquesta curiositat ja queda molts segles enrere, però si retrocedim fins fa relativament poc temps, se sap que al segle XIX l'investigador S. Krafft va detectar propietats com les del sabó en substàncies no grasses. Aquesta descoberta va ajudar al nord-americà Twitchell i al químic belga A. Reyckler a crear un producte detergent que pogués substituir el sabó i que tingués més avantatges que aquest, com per exemple, la solució als problemes relacionats amb l'ús dels sabons comuns en aigua dura. Semblava que tenien la solució de com crear-lo, però era un producte massa car de produir. Sí que és veritat, però, que als Estats Units, l'any 1886, es va aconseguir una alternativa més suau per a netejar superfícies de cuina i banys anomenada "Bon Ami". En aquells dies, es combinava el sèu i els quars, fins que Robertson va descobrir que el mineral feldspat es podia barrejar amb el sabó per a crear aquest producte menys abrasiu. (*Our Story, 2022*)

Però realment, el primer detergent sintètic per a la roba no va sorgir fins a l'any 1907, a Alemanya, gràcies al professor Herman Giesler i al doctor Herman Bauer de Stuttgart. Ells van tenir la idea de barrejar sabó normal amb una sal rica en oxigen. Quan la mescla es dissol en aigua, s'allibera l'oxigen, el qual era el responsable d'eliminar les taques sense fer malbé la roba. Aquest nou producte va ser llençat per la marca Henkel i va rebre el nom de "Persil", pels seus ingredients originals: 'Per' del perborat i 'Sil' del silicat. De fet, l'any 1909 el van llençar al Regne Unit amb un eslògan que deia "The amazing oxygen washer".

(*The First Persil Washing Powder • The Story of Persil • MyLearning, s. d.*)

La gent ja estava acostumada a rentar amb pastilles de sabó, de manera que va trigar un temps a fer-se popular.



Imatge 6: Eslògan publicitari de Persil des dels anys 40 fins els 80.



Imatge 7: Paquet Early Persil 1937

L'escassetat de greixos i olis, tant animals com vegetals, que hi va haver durant la Segona Guerra Mundial va fer que hi hagués una gran carència de sabó. Sumant-se, així, a la

demanda de nous productes de neteja amb substàncies més actives, a causa de l'aparició de les primeres rentadores automàtiques, van aparèixer al mercat uns detergents d'origen industrial, els quals eren una mescla de tensioactius amb altres substàncies com polifosfats, silicats, carbonats, perfums, enzims, blanquejadors fluorescents, ... A partir de compostos derivats del petroli, es van elaborar els alquilbenzè sulfats de cadena ramificada (ABS), però van veure que no eren biodegradables i que eren perjudicials per al medi ambient.

Després, es va elaborar uns detergents biodegradables anomenats sulfats lineals d'alquils (LAS), els quals no van donar tants problemes.

1.2.3 Impacte medioambiental

Els ABS (alquilbenzè sulfats de cadena ramificada) eren uns productes que van tenir molt d'èxit, pel seu baix cost, però no tot va ser positiu perquè es van trobar espumes en aigües residuals i, en algunes regions, en aigua potable, degut als microorganismes, no podien degradar amb facilitat les molècules ramificades de l'ABS.

Per altra banda, els detergents anomenats LAS (sulfats lineals d'alquils) contenen cadenes lineals de carboni, les quals són descompostes més fàcilment pels microorganismes. Es diu que són més biodegradables.

Més endavant ja en parlarem de la composició completa dels detergents, però hi ha un compost, els fosfats, que actuen com a euforitzant a les aigües. Quan aquests compostos arriben al mar, actuen com a nutrients per al medi ambient, cosa que afavoreix el creixement excessiu de les algues, llavors, es produeix un augment de la fauna i la flora, dificultant l'entrada de llum i oxigen i, per tant, desencadenant la mort d'aquestes espècies. Aquest fet comporta que l'aigua s'embruti i faci pudor. Algun altre producte que té aquest impacte, són els antibacterians que contenen alguns detergents, ja que a la pràctica no tenen utilitat, però, en canvi, poden causar problemes a la vida bacteriana aquàtica.

Finalment, cal aclarir que pel fet que s'etiqueti un producte com a biodegradable, no vol dir que no sigui contaminant, ja que la degradació d'aquests productes poden derivar a altres que sí que poden danyar l'ecosistema. A part, en aquest concepte de biodegradabilitat, no hi ha una distinció de si el producte es degrada en dos dies o, per exemple, ho fa en vint-i-vuit dies.

1.3 DIFERÈNCIES I SEMBLANCES ENTRE ELS DOS TERMES

Tot i que en el nostre dia a dia, sovint fem servir “sabó” i “detergent” com a dues paraules sinònimes, és a dir que tenen el mateix significat, no ho són, els podem diferenciar per la seva composició. Per una banda, els sabons són uns netejadors que els seus ingredients principals tenen un origen natural. En canvi, els detergents són productes que són una barreja de diferents compostos químics. Això si, les característiques químiques de detergent també són diferents, ja que no precipiten en aigües dures o solucions àcides, mentre que els sabons ho fan amb més facilitat.

(AulaNatural (A.) “Diferencias entre jabones y detergentes.” Aula Natural, 2020)

Contràriament, s’assemblen perquè totes dues substàncies estan relacionades amb els tensioactius, un concepte que s’explicarà més endavant, i que té caràcter amfipàtic, és a dir, està format per una part polar i una apolar. Anomenem part hidròfoba (o liposoluble) a la qual s’uneix als greixos, mentre que anomenem part hidròfila (o hidrosoluble) a la qual té la capacitat d’interaccionar amb l’aigua.

2. REACTIVITAT QUÍMICA

En aquest apartat no ens centrarem tant en els conceptes o la història, com anteriorment, sinó que mirarem com és l'estructura d'aquests productes de neteja, és a dir, quins elements són els que hi participen i com estan enllaçats entre si per tal de funcionar i exercir la seva tasca.

2.1 EL SABÓ

El sabó té com a fórmula general R-CO-ONa (on R pot variar). Químicament, és una sal de sodi o potassi d'un àcid gras, normalment de 10 a 18 àtoms de carboni, on hi ha un hidrogen que s'ha substituït per un catió. S'aconsegueix gràcies a la unió d'un àcid gras amb una base forta. Aquesta unió d'un àcid amb una base, s'anomena neutralització, però concretament, si ajuntem un àcid orgànic amb un hidròxid de sodi o un hidròxid de potassi, s'anomena "saponificació". Abans d'entrar en aquesta última reacció nomenada, introduiré què és una reacció àcid-base o neutralització.

2.1.1 REACCIÓ DE NEUTRALITZACIÓ

Com he dit anteriorment, aquesta reacció es produeix entre un àcid i una base. Els àcids són substàncies que tenen algun àtom d'hidrogen capaç de dissociar-se en dissolucions aquoses donant H^+ , mentre que les bases són substàncies que contenen algun OH^- capaç de dissociar-se en dissolució aquosa donant OH^- . Aquests dos grups, químicament oposats, es combinen per a formar H_2O no dissociat. (EcuRed, s. d.)

Segons la teoria de Brønsted y Lowry, la qual és la d'Arrhenius, però ampliada, diu que els àcids són capaços de cedir un protó, mentre que les bases poden captar-los. També, explica el concepte d'àcid o base conjugat. Un àcid conjugat és l'espècie que es forma després que la base accepti un protó. Pel cas contrari, una base conjugada és l'espècie que es forma després que un àcid cedeixi un protó. (Ripoll, s. d.)

La força que té una espècie respecte a la seva mateixa conjugada són contràries, és a dir, com més fort sigui un àcid, més feble serà la seva base conjugada i, per tant, com més fort

sigui una base, més feble serà el seu àcid conjugat. (3.6.1. *Teorías ácido - base | Química general, s. d.*).

Podem classificar els àcids i les bases en fortes o febles.

Si són fortes vol dir que, en dissolució, s'ionitzen completament, és a dir, es transformen completament en cations i anions. Tenen una densitat de càrrega elevada, són poc polaritzables i formen interaccions d'enllaç que solen ser iòniques.

Mentre que són febles quan, en dissolució, s'ionitzen parcialment, és a dir, en la solució hi haurà una proporció de cations, una altra d'anions i una de molècules no dissociades. Tenen una baixa densitat de càrrega, són més polaritzables i sovint formen enllaços de naturalesa covalent. (*Diferenciador, 2020*)

A més a més, gràcies a les ionitzacions d'àcids i bases, s'estableix entre les espècies de la solució una constant. En el cas dels àcids, es pot expressar com la "constant d'acidesa" (K_a) (Imatge 8) així com en les bases és la "constant de basicitat" (K_b) (Imatge 9). S'expressen normalment en termes de mols per litre (mol/L)

$$K_a = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[AH]}$$

*Imatge 8: Constant d'acidesa
(Font pròpia)*

$$K_b = \frac{[B^-] \cdot [OH^-]}{[AOH]}$$

*Imatge 9: Constant de basicitat
(Font pròpia)*

Quan el valor de K_a és gran, indica que és un àcid fort degut a que està en gran part dissociat, per tant, si K_a és petit, vol dir que és un àcid feble. Normalment la constant en els àcids febles oscil·la entre els 10^{-2} i 10^{-14} .

En el cas de les bases passa el mateix, com més gran és el valor de K_b més fortes és la base i com més petit és el valor de K_b més feble és.

Les constants K_a i K_b es relacionen amb el pH (concepte que explicaré més endavant). Els valors de pK_a i pK_b es poden trobar simplement amb el $-\log$ de la constant:

$$pK_a = -\log K_a$$

$$pK_b = -\log K_b$$

En els productes, es pot fer una hidròlisi, és a dir, els ions de la sal poden reaccionar amb l'aigua i, com a conseqüència, es pot formar una dissolució àcida per excés d'ions H_3O^+ o, pel contrari, una dissolució bàsica per excés d'ions OH^- .

Hi ha diferents tipus de sals depenent de la combinació d'àcids forts i febles amb diferents bases fortes i febles.

En el cas que la sal s'hagi format gràcies a un àcid fort i a una base forta, la sal es dissocia completament en un anió i un catió. L'anió amb càrrega negativa, que prové d'un àcid fort, és una base feble i que, per tant, és incapaç de captar protons d'aigua. Al catió amb càrrega positiva li passa el mateix, com que prové d'una base forta, és un àcid dèbil incapaç de fer H_3O^+ ni de captar OH^- . Per tant, en aquest cas, el pH de l'aigua continuarà sent neutre.

D'altra banda, la sal prové d'un àcid fort i una base feble es dissocien completament els ions positiu i negatiu. L'anió, com que prové d'un àcid fort, és una base feble incapaç de captar protons de l'aigua. Però, com que el catió prové d'una base feble, és a dir, és un àcid fort, és capaç de produir H_3O^+ o de captar OH^- . En conseqüència, el pH de l'aigua disminuirà fent així, una solució àcida.

Altrament, si ajuntem un àcid feble amb una base forta, es crea una sal que es dissocia completament en un anió i un catió. Com que el catió prové d'una base forta, és un àcid dèbil incapaç de produir protons a l'aigua, mentre que, com que l'anió prové d'un àcid dèbil, és una base forta capaç de captar protons de l'aigua. Així doncs, es produeixen OH^- que fan que el pH de l'aigua augmenti, sent així, una solució més bàsica.

Finalment, quan la sal està formada a partir d'un àcid dèbil i una base dèbil, aquest es dissocia completament en ions positiu i negatiu. El ió amb càrrega positiva és un àcid fort ja que prové d'una base feble i, per tant, podrà donar protons a l'aigua per a formar H_3O^+ . Tenint en compte que l'ió amb càrrega negativa prové d'un àcid feble, aquest anió és un àcid relativament fort que serà capaç de captar protons de l'aigua. Vist que en aquest cas s'estableixen dos equilibris, l'acidesa o basicitat final de la dissolució està determinada pels respectius valors de K_a i K_b de les espècies implicades en la hidròlisi de l'aigua.

Així doncs, com podem relacionar la reacció de neutralització amb la reacció que es produeix amb la de saponificació? Doncs bé, en la reacció de saponificació es produeix una

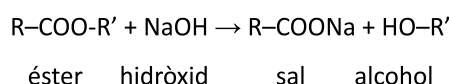
neutralització d'un àcid gras amb una base alcalina, és a dir, es produeix el penúltim cas anomenat anteriorment, el d'un àcid feble amb una base forta.



Imatge 13: Reacció de neutralització (Saponificació). Font pròpia.

2.1.2 REACCIÓ DE SAPONIFICACIÓ

La saponificació o també anomenada hidròlisi alcalina d'esters, com a definició general, és la reacció entre un èster i un hidròxid alcalí on s'obtenen com a productes una sal corresponent i un alcohol. En la següent imatge podem veure la reacció amb trets generals.



Per a la fabricació del sabó, el qual se'l pot definir com a una sal d'àcid gras, l'èster l'obtenim dels àcids grassos, mentre que l'hidròxid alcalí acostuma a ser o bé l'hidròxid de sodi (NaOH) o bé l'hidròxid de potassi (KOH). Cal destacar també que, com que al grup HO- se li afegeix un H, passa a convertir-se en aigua (H₂O).

Aquest procés tarda uns 40 dies. Durant aquest període de temps, els sabons no es poden fer servir perquè no tenen un pH adequat per a la pell. Es considera que el pH òptim és de 7.

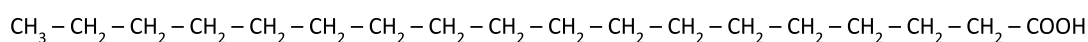
La reacció té una gran importància perquè, tot i els àcids grassos ser insolubles en aigua, les molècules de sabó creen uns grups anomenats micel·les, dels quals en parlarem més endavant, que fan que es creïn dispersions col·loïdals.

És una reacció irreversible, és a dir, un cop ja hem fet la reacció, no es poden tornar a obtenir els dos productes per separat. Aquesta es produeix fins que s'acaba el reactiu limitat, és a dir, el reactiu que s'acaba abans i, per tant, determina la quantitat de productes obtinguts, és així ja que, segons la llei de les proporcions definides, els altres reactius no reaccionaran quan un s'hagi acabat. (EcuRed, s. d.-b)

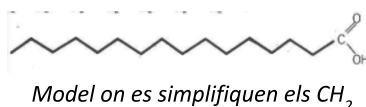
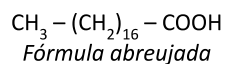
a) Àcids grassos

Aquest component és imprescindible per a la reacció, pel fet que és el que proporciona la cadena hidrocarbonada i que, per tant, defineix les propietats que tindrà el sabó. Són molècules formades per una llarga cadena hidrocarbonada, que està formada per molts carbonis i hidrògens. És de tipus alifàtic, ja que és lineal i amb un nombre parell d'àtoms de carboni. Rarament tenen un nombre imparell, pel fet que, en la seva biosíntesi, es produeixen per la unió de grups acetil (C_2H_3O). S'anomenen àcids perquè el primer carboni de la cadena és d'un grup carboxil ($-COO$) o també anomenat grup àcid. Solen ser àcids febles ja que s'ionitzen parcialment en dissolucions aquoses.

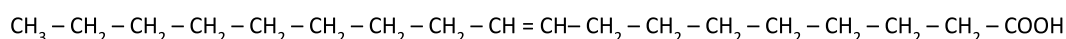
Es poden classificar en dos grans grups depenent de la seva cadena hidrocarbonada. Si aquesta té tots els enllaços simples, entre carbonis, s'anomenaran àcids grassos saturats. Es poden representar de diferents formes (posem com a exemple l'àcid esteàric):



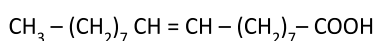
Fórmula desenvolupada



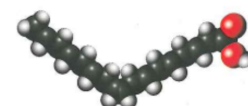
Per altra banda, si té algun enllaç doble, entre carbonis, s'anomenen àcids grassos insaturats. Si en conté només un, monoinsaturats, mentre que si en contenen dos, poliinsaturats. Aquestes molècules no són rectilínies, sinó que presenten colzes en les zones de dobles enllaços. Hi ha tants colzes com enllaços dobles hi hagi. Es representen de diferents formes (com a exemple, l'àcid oleic):



Fórmula desenvolupada

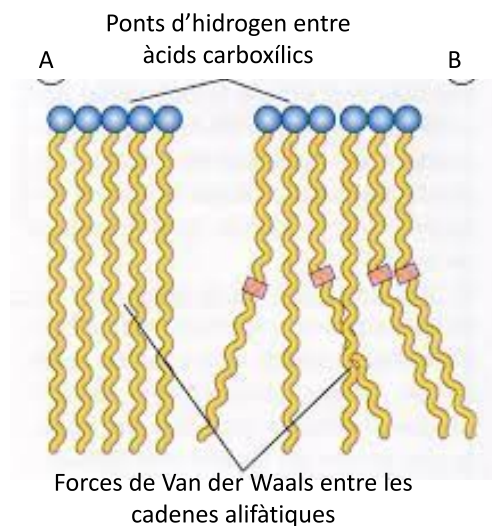


Fórmula abreujada

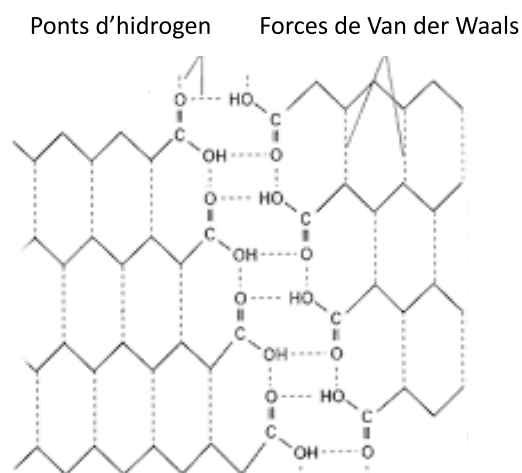


Els àcids grassos es consideren productes naturals greixosos i suaus. Les cadenes de 4 a 6 carbonis són solubles en aigua, en canvi, les cadenes a partir de 8 carbonis són pràcticament insolubles en aigua, per tant, com més gran sigui la cadena hidrocarbonada, més insolubles en aigua (polar) serà i més soluble és en dissolvents apolars. Per altre banda, també sabem que, el punt de fusió està relacionat amb enllaços que es formen entre les molècules d'àcids grassos. Aquestes tendeixen a agrupar-se perquè entre els grups carboxils s'estableixen enllaços d'hidrogen i, sobretot, perquè en els trams hidrofòbics de les cadenes, es formen enllaços per forces de Van der Waals.

En els àcids grassos saturats, com més alt és el nombre de carbonis, més enllaços cal trencar i, per tant, més alt és el punt de fusió, en canvi, en els àcids grassos insaturats, com més presència d'enllaços dobles, fa que la cadena lineal presenti més 'colzes' dificultant l'ordenació espacial en paral·lel de es cadenes hidrocarbonades i, per tant, no s'estableixen tants enllaços per forces de Van der Waals. En conseqüència, els punts de fusió dels àcids grassos insaturats són molt més baixos que els dels àcids grassos saturats de pes molecular semblant.



Imatge 14: Enllaços entre àcids grassos.
A: à.g. saturats. ; B: à.g. insaturats



Imatge 15: Formació de punts d'hidrogen i Forces de Van der Waals en àcids grassos saturats.

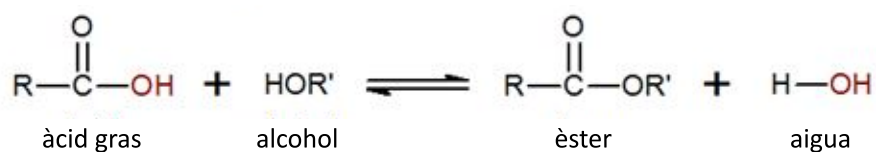
Podem trobar greixos tant en animals com en vegetals. En els animals, acostumen a ser en forma de mantega, formatges, llet i en algunes carns, mentre que en els vegetals es presenten més sovint en forma líquida, anomenats olis.

Químicament, la majoria dels greixos i olis són triacilglicèrids, que pertanyen a la categoria de lípids. Concretament, són acilglicèrids que es situen dins dels lípids saponificables simples.

Els acilglicèrids estan formats per l'esterificació d'un, dos o tres àcids grassos amb una molècula d'alcohol. Són insolubles i floten perquè tenen una baixa densitat. Segons el nombre d'àcids grassos que formen la molècula dels acilglicèrids, reben el nom de monoacilglicèrids, diacilglicèrids i triacilglicèrids. Aquests últims, que són els que ens interessin explicar, també se'ls anomena greixos neutres perquè estan mancats de polaritat. Els seus components estan units gràcies a la reacció d'esterificació.

Reacció d'esterificació

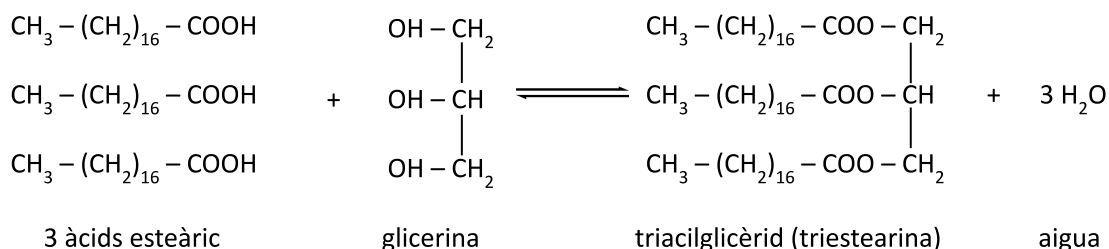
La reacció d'esterificació, a trets generals, és una reacció reversible de la unió d'un àcid gras amb un alcohol per a donar un compost amb un èster i una aigua.



Imatge 16: Reacció general de l'esterificació.

Si ens hi fixem, veiem que l'aigua no es forma a partir de l'alcohol, sino que es forma a partir de l'hidròxid de l'àcid carboxílic.

Concretament, en els triglicèrids hi reaccionen tres àcids grassos amb un grup alcohol que s'anomena glicerina, degut a que està format per tres grups alcohols i per una cadena de tres carbonis. Per posar un exemple, faré servir l'esterificació de tres àcids esteàrics (18:0) amb una glicerina.



Imatge 17: Exemple de reacció d'esterificació amb àcids esteàrics per a formar un triacilglicèrid. Font pròpia.

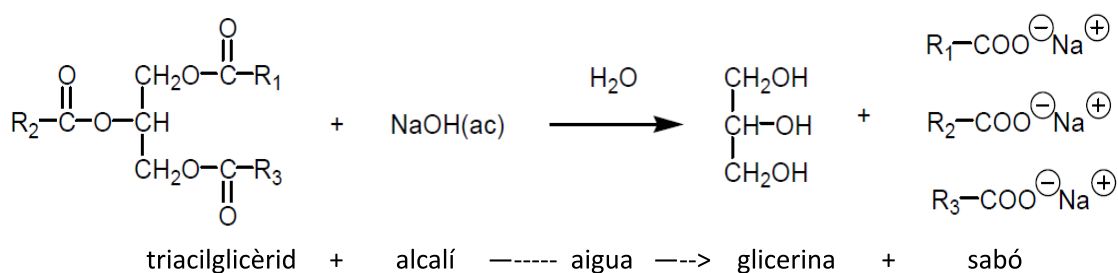
Com podem veure, els tres grups hidròxids es separen de la glicerina i reaccionen amb els tres hidrogen dels àcids carboxílics per a formar aigua. La resta dels grups carboxils (COO⁻) reaccionen amb la resta de la cadena de glicerina formant el triacilglicèrid.

Doncs bé, si volem obtenir els àcids grassos, haurem de fer el procés invers a l'esterificació, és a dir, una hidròlisi d'un èster. És el mateix procediment però al revés, i el podem veure representat amb trets generals a la següent reacció.



Imatge 18: Hidròlisi d'un èster per a obtenir un àcid gras, on R és la cadena de l'àcid i R' la cadena de la glicerina.

Això sí, quan aquesta reacció es fa dins del nostre organisme, utilitzem l'enzim lipasa com a catalitzador biològic. Però, en el cas de la hidròlisi per a formar sabó, aquest trencament dels àcids grassos del triglicèrid es produeix gràcies a una substància alcalina. Així que, anomenem hidròlisi alcalina d'un triacilglicèrid (saponificació) quan fem reaccionar un triacilglicèrid amb aigua i un alcalí. En els productes es produeixen les molècules de sabó i glicerina.



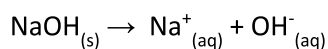
Imatge 19: Hidròlisi alcalina d'un triacilglicèrid.

És més, a partir d'aquesta reacció s'originarà el sabó creat a la part pràctica, ja que l'oli emprat està compost principalment per triacilglicèrids.

b) Bases

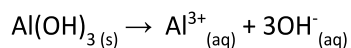
La base és important, ja que és la responsable de neutralitzar l'àcid gras. Com he comentat anteriorment, a l'apartat de la reacció de neutralització, les bases són substàncies que presenten propietats alcalines, és a dir, són compostos que en dissolució aquosa aporte ions OH^- al medi.

La força o feblesa d'una base, com he dit abans, dependrà de si es dissocia completament en aigua. Per una part, una base forta sí que ho fa, aportant el màxim nombre d'ions hidroxid. Un exemple d'aquest és l'hidròxid de sodi, el qual podem veure la seva dissociació en la següent imatge:



Imatge 20: Dissociació d'una base forta: hidròxid de sodi. Font pròpia.

Per l'altra, una base serà feble quan el número de molècules dissociades estiguin en equilibri amb les que no ho estan. Un exemple n'és l'hidròxid d'alumini:



Imatge 21: Dissociació d'una base feble: hidròxid d'alumini. Font pròpia.

Per a poder fer la reacció de saponificació s'utilitzen bases fortes, o també anomenats alcalins. Les més comunes són l'hidròxid de sodi (sosa càustica) (NaOH) i l'hidròxid de potassi (potassa) (KOH). Aquestes substàncies són corrosives i solubles en aigua. Són electròlits, és a dir, condueixen l'electricitat quan estan en estat líquid o dissolució aquosa, gràcies a l'existència dels ions amb llibertat de moviment. Tenen gustos amargs i, com que són bàsics, tenen un pH elevat. Es dissolen en aigua a una concentració determinada, formant lleixiu.

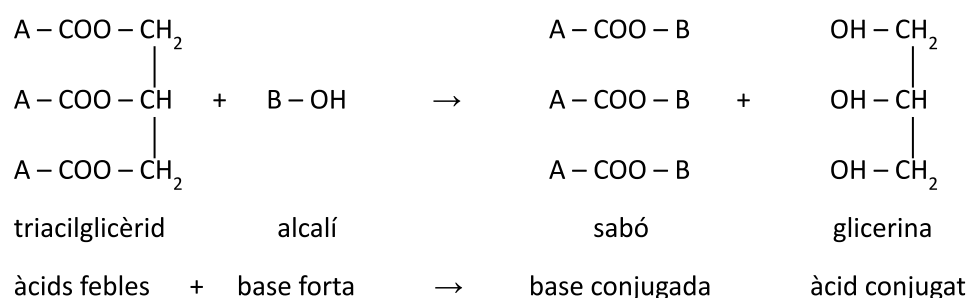
Quan es fa la reacció de saponificació, el grup carboxil ($-\text{COOH}$) de l'àcid gras, es converteix en els grups $-\text{COONa}$ o $-\text{COOK}$, depenent de la base emprada. La diferència entre els dos grups, és que el carboxil d'ionitza molt poc, és a dir, costa més de que origini $-\text{COO}^-$ i H^+ , mentre que les dues sals d'àcid carboxílic, s'ionitzen amb molta més facilitat per a originar $-\text{COO}^-$.

Tot i que els àcids grassos són els que aporten les propietats del sabó que es crea, la base també ho fa. Tindrà unes o unes altres depenent de si s'usa sosa o potasa. En el cas del NaOH, els sabons seran sòlids, durs i opacs, mentre que amb el KOH, els sabons són líquids, tous i més transparents. Químicament, l'hidròxid de potassi és més reactiu que l'hidròxid de sodi, per això, es necessita més quantitat per a saponificar greixos. Un altre aspecte que diferencia els sabons de sosa amb els de potassa, és que els de potassa es dissolen abans i generen major quantitat d'escuma.

Excepcionalment, s'usa la cendra com una base. Com he comentat en la història del sabó, aquesta es dissol en aigua, donant com a principal el carbonat de potassi (K_2CO_3), el qual esdevindrà una solució alcalina com l'hidròxid de potassi (KOH). (Gros, 2020)

Recapitulant, tenim que la reacció de saponificació és la neutralització d'àcids grassos febles, obtinguts de triacilglicèrids, amb una base forta (alcalí) per a obtenir un sabó, el qual serà la base conjugada, i glicerina, un àcid conjugat.

El sabó obtingut se'l pot definir com un tensioactiu aniònic, degut a la seva estructura. Presenten un gran desavantatge ja que són molt inestables en aigües dures i en dissolucions de pH àcides. Les seves propietats tensioactives disminueixen quan la cadena hidrocarbonada té menys de 10 àtoms de carboni. En aquest cas, tendeixen a ser hidrotrops, és a dir, substàncies que són més homogènies al final, quan la solubilitat i miscibilitat de les sals orgàniques en l'aigua augmenta.



Imatge 22: Reacció detallada de la saponificació. Font pròpia.

2.1.3 PROPORCIONS DE LES RECEPTES

Cada sabó és un món diferent i hi ha moltes combinacions de propietats, textures... Actualment hi ha unes calculadores de saponificació les quals fan els càlculs de les proporcions automàticament segons els valors que s'hi introdueixin. De manera paral·lela, es poden calcular les mesures manualment. Totes dues maneres donen valors molt similars degut al mateix valor utilitzat: l'índex de saponificació. A partir d'aquest, també es poden afegir altres condicions, com el sobreengreixat o la concentració.

L'índex de saponificació és la quantitat en mil·ligrams d'un alcalí, específicament de l'hidròxid de sodi o potassi, que es necessita per saponificar un gram d'un determinat oli o greix. Aquest valor és particular de cada greix o oli. S'obté a partir de càlculs molt complexos que es simplifiquen en una taula establerta. En la següent imatge podem veure aquesta taula amb les substàncies que s'usen més freqüentment per a la fabricació de sabó.

Substància	Índex de saponificació		Substància	Índex de saponificació	
	NaOH/g	KOH/g		NaOH/g	KOH/g
Oli d'oliva	0,135	0,189	Oli de coco	0,191	0,268
Oli de palma	0,141	0,199	Oli de girasol	0,137	0,192
Oli d'alvocat	0,133	0,187	Oli de soja	0,135	0,190
Mantega de cacao	0,138	0,193	Cera d'abelles	0,067	0,094

Imatge 23: Taula de substàncies amb el respectiu índex de saponificació. Font pròpia.

(Cómo calcular la cantidad de aceite y de sosa para hacer jabón, 2017)

A partir d'aquestes dades, podem fer algunes variacions en els càlculs per poder afegir condicions com el sobreengreixat o a concentració. El sobreengreixat és un percentatge modificable en cada sabó que indica la quantitat de greix sense saponificar que es desitja. En canvi, la concentració fa referència al percentatge de concentració que ha de tenir la solució d'aigua i sosa.

a) Manual

Per una banda, les proporcions manuals es calculen gràcies a una sèrie de càlculs:

Amb la quantitat d'oli o de greix en grams, calculem la quantitat de sosa utilitzant l'índex de saponificació corresponent a l'oli i a la base que es volen fer servir. En el cas d'utilitzar més d'un oli, s'ha de fer aquest mateix càlcul per cadascun d'ells.

CÀLCUL DE LA QUANTITAT DE SOSA:

$$\text{quantitat d'oli (g)} \cdot \text{índex de saponificació (g BOH/g greix)} = \text{quantitat de sosa (g BOH)}$$

Si volem que hi hagi una part dels olis que no reaccioni, s'ha de restar el percentatge de sobreengreixat a la quantitat de sosa calculada anteriorment.

CÀLCUL DE SOSA AMB EL SOBREENGREIXAT:

$$\text{quantitat de sosa (g BOH)} \cdot \frac{(100 - \text{sobreengreixat})}{100} = \text{quantitat total de sosa (g BOH)}$$

Finalment, per calcular la quantitat d'aigua necessària, s'ha de fer amb el percentatge de concentració. Aquest normalment és una tercera part, és a dir 33,3%, però també pot variar. Es recomana que ha d'oscil·lar entre 30% i 40%.

CÀLCUL DE LA QUANTITAT D'AIGUA:

$$\text{quantitat de sosa final (g BOH)} \cdot \left(\frac{100 - \text{concentració}}{\text{concentració}} \right) = \text{aigua (g)}$$

(Cómo calcular la cantidad de aceite y de sosa para hacer jabón, 2017)

b) Calculadora

La calculadora de saponificació per a fer sabó més utilitzada és la *'Calculadora de Mendrulandia'*. Aquesta consta de diversos apartats comentats a continuació.

Primerament, hi ha un menú desplegable per a escollir entre una àmplia varietat d'olis i greixos. Al seu costat, una casella modificable en la qual s'ha d'insertar el pes en grams, quilos, unces o lliures. Els següents valors, seguint l'ordre cap a la dreta, es posen automàticament. Aquest és l'índex de saponificació però de potassa, el percentatge del greix en el total de greixos, el percentatge del greix en el total de la fórmula i la quantitat d'alcalí. Es pot afegir més d'un oli o greix.

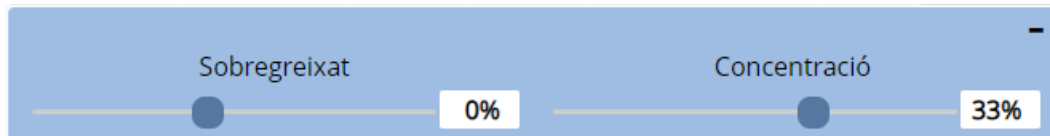
Ingredients	Pes grams	SAP (KOH)	Greixos	Fórmula	Àlcali	info	Esbo...
Selecciona'n un	0g	0,188	NaN%	NaN%	0,0g	i	-
+ Nou	Suma	0g	0,000	0,0%	0,0%	0,0g	+

Seguidament, tenim l'opció de modificar la lleixiu, és a dir, de què està formada. Podem posar com a dissolvent l'aigua, o altres, mentre que de sosa podem escollir NaOH, KOH o una barreja dels dos. El pes d'aquests dos ingredients s'omple automàticament tenint en compte els apartats de sobreengreixat, és a dir, el percentatge d'oli lliure sense saponificar, i la concentració de sosa en aigua.

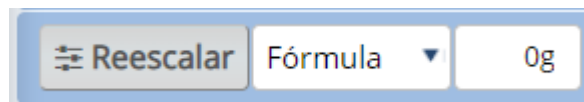
En aquest cas, veiem que hi ha una casella que posa 'Iode', com més elevat sigui aquest nombre, més possibilitats té de fer-se malbé, ja que indica la capacitat d'enranciment d'un oli o dels olis i greixos en general. A la seva dreta, una casella que posa 'INS', anomenat índex d'èster, és el resultat de restar l'índex de iode i l'índex de saponificació multiplicat per 1000. És un valor orientatiu que serveix per predir els resultats de la mescla. Els valors recomanats es situen entre 125 i 160.

Opcions del lleixiu		Pes			Fórmula		info
Aigua		0g			NaN%		
Sosa càustica (NaOH)		0g			NaN%		
Iode 0	INS 0	TOTAL 0g			100,0%		i

A més a més, hi ha uns percentatges, modificables, per modificar el sobreengreixat, és a dir, el percentatge l'oli sense saponificar, i la concentració, és a dir, el percentatge d'alcalí en la lleixiu.



Una funció curiosa és la d'escalar la fórmula segons la quantitat de greixos o ingredients totals que es vol obtenir.



Conseqüentment, aquesta calculadora ens fa un pronòstic de com seran les propietats del sabó. Indica valors com l'acondicionament, la neteja, les bombolles de l'escuma i la persistència d'aquesta, la duresa, la solubilitat i l'assecatge, és a dir, la capacitat de perdre la seva humitat. Els valors han d'estar prop del 50. Quan aquests valors són massa alts, indica que el sabó excedeix aquesta propietat. És orientatiu, per tant, no tots han d'estar a 50, però sí que n'és recomanable.

Pronòstics de la mescla:						
Condicionat	Neteja	Bombolles	Persistència	Duresa	Solubilitat	Assecatge
50 0	50 0	50 0	50 0	50 0	50 0	50 0

Finalment, la calculadora resumeix els valors més importants, com és el pronòstic. També indica altres dades no comentades anteriorment com el contingut en glicerina o la proporció d'alcalí i aigua.

(M., 2019)

2.1.4 ALTRES MÈTODES

El mètode més comú, a part de la saponificació, és el *melt & pour*.

Aquesta manera de fer sabó es basa en fondre i abocar, tal com indica el seu nom, unes bases de glicerina (Imatge 25). És un procediment molt més senzill i còmode per treballar. Consisteix en tallar a trossos molt petits les bases i portar-les a fondre, ja sigui al microones o al foc, però a temperatures suaus, ja que, a certes temperatures, les bases de glicerina perden humitat, per això, en secar-se, a vegades sembla que estigui 'suant'. Un cop ja està ben desfet, se li pot afegir colorants, essències, principi actius, etc. Seguidament, s'aboca tot en un motlle i es deixa refredar per a, després, poder desmotllar-lo.



Imatge 24: Exemple de sabons amb base de glicerina.



Imatge 25: Base de glicerina cristall.

Hi ha diferents tipus de bases de glicerina, depenent dels ingredients, per exemple, poden haver bases amb mantega de Karité, oli d'oliva, llet de cabra,.. També es poden diferenciar pel color, és a dir, poden ser blanques, formant un sabó més opac, o transparents, quan fan el sabó més límpid. (Velada, 2021)

(“Diferencias entre jabón de aceite y jabón de glicerina.” Granvelada.com , 2016)

És important saber que, les bases de glicerina, no són el mateix que la glicerina vegetal líquida, ja que amb aquest no pot ser sabó directament. Tampoc es pot utilitzar aquesta tècnica amb sabons de glicerina venuts al supermercat, ja que no s'obtidria el resultat esperat.

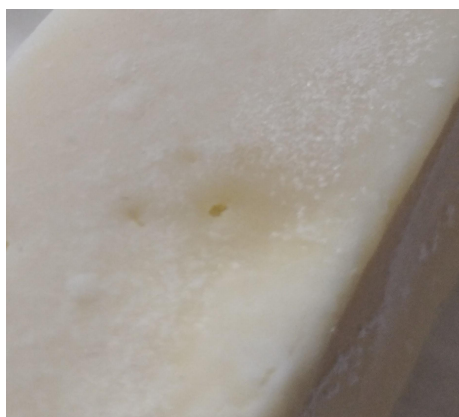
Segons la base emprada en aquesta tècnica i els ingredients complementaris que s'hi afegeix, aquests sabons podran ser de diferents tipus i propietats, però no hi entrarem en detall, ja que no he utilitzat aquesta tècnica en la part pràctica.

La principal diferència entre el sabó de glicerina i el sabó saponificat són les components i la forma de fer-los, explicats tots dos anteriorment. El sabó de glicerina és molt més desigualtat és el temps d'espera després de la seva fabricació, per a poder utilitzar-lo. En el cas de l'oli s'ha d'esperar un mes aproximadament per a poder ser útil, mentre que en el de glicerina, el seu ús és immediat. Pel que fa als usos, el sabó de glicerina és més suavitzant que el saponificat, és per això que es recomana utilitzar-lo per la pell de la cara.

2.1.5 CADUCITAT

Una pastilla de sabó deixa de servir quan es produeix un enranciment, és a dir, quan el sabó adquireix un color groguenc, un tacte tou, enganxós i una olor desagradable, tal com es veu en la imatge 26. Aquest fet és degut, principalment, a que els àcids grassos insaturats s'oxiden i poden transformar-se en tòxics.

Els àcids grassos insaturats provoquen aquesta caducitat degut als seus dobles o triples enllaços. L'oxigen s'incorpora a aquests enllaços, transformant-los en peròxids i hidroperòxids que, amb el temps, s'acaben convertint en aldehids i cetones. Sent així, doncs, quants més enllaços dobles o triples tingui un àcid gras, més ràpid es produirà l'oxidació. Això sí, com que els àcids grassos saturats no contenen dobles o triples enllaços, aquests no produeixen el degradament del sabó d'aquesta manera, però sí que s'han de tenir en compte altres factors externs com la llum, la calor, el contacte amb metalls o la presència d'enzims.



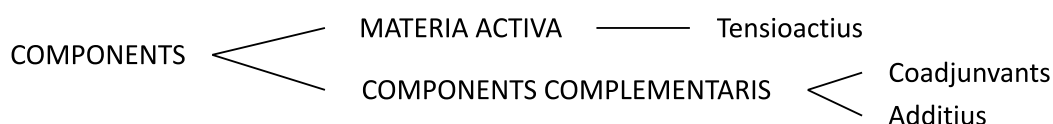
Imatge 26: Taca d'enranciment en el sabó. Font pròpia.

2.2 EL DETERGENT

Per a la fabricació del detergent, s'utilitzen diferents compostos units mitjançant diferents mètodes per a obtenir una formulació molt més complexa que la del sabó. Cadascun d'aquests elements li aporten unes propietats que fan créixer el rendiment del producte com per exemple, una olor i color més agradables o una millora del seu funcionament.

2.2.1 COMPOSICIÓ

Els components que formen els detergents, es poden classificar segons si actuen de manera activa, és a dir, són els essencials pel rentat, o si són complementaris, ja sigui per millorar la seva efectivitat o per millorar la seva atraktivitat.

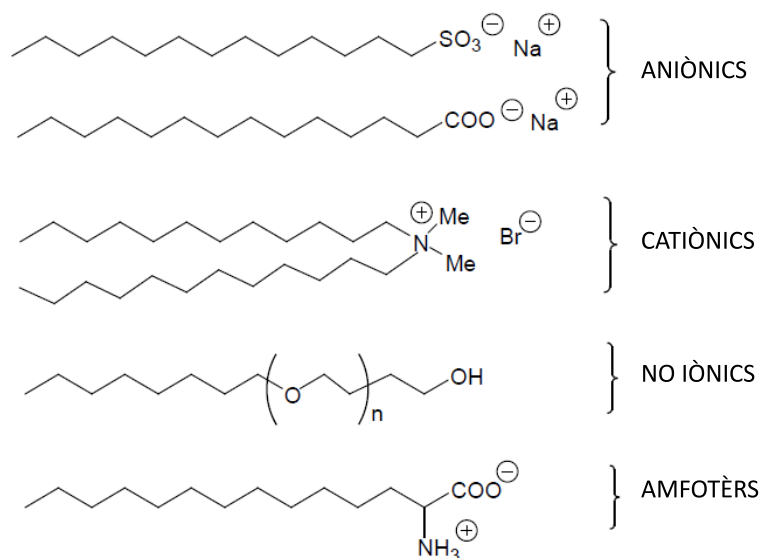


Imatge 27: Esquema general dels constituents essencials en un detergent. Font pròpia.

a) Component actiu (tensioactius)

Els components actius de tot el detergent són els tensioactius. En ser compostos amfipàtics, contenen dos grups amb propietats oposades: una part lipòfila, que s'uneix al greix, i una altra hidròfila, que s'uneix a l'aigua. És el component encarregat de dissoldre i de separar la brutícia de les superfícies. Tot que més endavant parlarem de com fa la seva funció i de com actua, podem fer una distinció clara segons el seu cap hidròfil. El fet que cadascun el tingui diferent, determina una funcionalitat o unes característiques. (Valverde, 2022) (*¿Qué son los tensioactivos?*, 2013) (*Tensoactivo*, s. d.)

Aquestes substàncies tenen varies propietats com el poder de ser emulsionants, humectant, detergents i escumants. El grau de cadascuna varia depenent del tipus de tensioactiu. Més endavant en parlarem en detall.



Imatge 28: Els diferents tipus de tensioactius que hi ha.

a.1) Tensioactius aniónics

Aquest tipus de tensioactiu té un o varis grups funcionals que s'ionitzen en dissolució aquosa formant ions orgànics amb càrrega negativa, responsables de l'activitat superficial. Són els més utilitzats a l'hora de fabricar detergents líquids i en pols per al rentat de la roba, productes pel rentavaixelles i xampús. Té una bona capacitat de neteja i un alt potencial per a formar escuma.

Són força eficaços en la neteja de taques olioses. Tot i així poden desactivar-se parcialment per culpa de ions carregats positivament, com el Ca^{2+} i el Mg^{2+} , que solen estar en algunes aigües, depenent de la seva duresa. Per evitar aquesta inhabilitació dels tensioactius, a la recepta s'inclouen unes substàncies segregants, de les quals en parlarem més endavant.

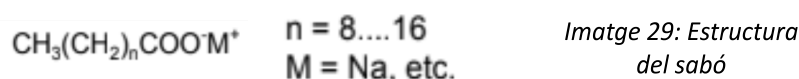
Altres avantatges és que tenen un baix cost de fabricació, tenen una alta biodegradabilitat i una baixa toxicitat aquàtica. Això si, són més agressius per a la pell i el cabell, és a dir, són irritants. (Espanya, Z. & S.,2022)

Cal destacar quins són els més utilitzats en detergència:

Sabons (sals d'àcids grassos):

Anteriorment, quan s'ha parlat sobre el sabó, s'ha relacionat aquest amb el concepte de tensioactiu aniònic, i és per la seva estructura amfotèrica i de càrrega negativa. Doncs bé, gràcies a les seves propietats, poden ser utilitzats com a additius en els detergents.

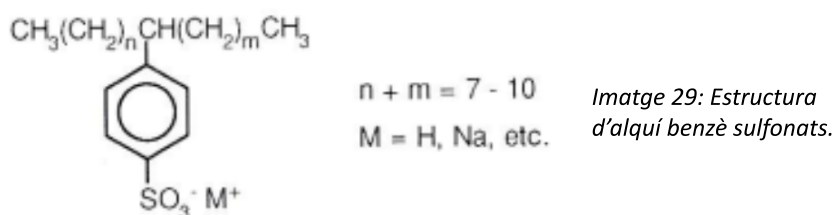
Tot i que el catió més usual és el sodi, també es fan servir ions de potassi, amoni, altres metalls o alkanolamines orgàniques per a altres fins específics com, obtenir més solubilitat.



Alquils benzè sulfonats:

Aquests són tensioactius sintètics obtinguts de la polimerització del propilè. Es divideixen en dues classes que abans ja han estat comentades en algun moment: Ramificats (ABS) i lineals (LAS).

Tots dos tenen una cadena de 12 carbonis aproximadament, per això es coneixen, també, com a sulfonats del dodecilbenzè. Són molt bons netejadors i, per això, s'usen molt per la neteja de la roba. No obstant això, és diferencien ja que els ramificats no s'ajusten a les normes de biodegradació, mentre que els lineals sí. Aquest problema ha estat esmentat anteriorment en la història dels detergents. Els derivats ramificats tenen un major poder emulsionant que els lineals i es poden utilitzar quan els residus no són alliberats al medi ambient.



Altres tensioactius aniònics són els alquilsulfats, els alquil èter sulfats, els alquilsulfonats i els alquilbencensulfonats.

a.2) Tensioactius catiónics

Quan els caps hidròfils tenen una càrrega positiva, s'anomenen 'tensioactius catiónics'. Gràcies a la seva estructura, es poden adherir a la majoria de superfícies sòlides com el cabell o les fibres de la roba, ja que aquestes estan carregades negativament. Però tenen un inconvenient, i és que no tenen una gran capacitat per treure les taques, ja que un cop el cap hidròfil ha entrat en contacte amb la roba, per exemple, la càrrega negativa d'aquesta atrau el tensioactiu, evitant d'alliberació de la taca i mantenint el tensioactiu enganxat a ella. És per aquest motiu que no s'usen tant pel rentat, sinó per l'acondicionament de cabells o suavitzants per la roba. (Nature, 2013)

Un fet curiós, és que pot parar el creixement dels microorganismes de la roba i que, per tant, s'utilitza en formulació de desinfectants i detergents anti-bacteris.

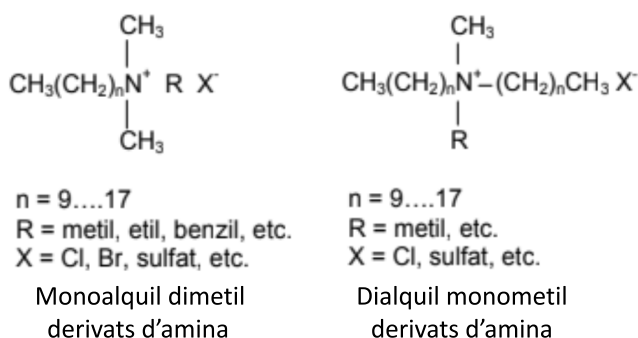
Són compatibles amb els tensioactius no iònics i amfòters, però no amb els aniònics, excepte els òxids d'amina. Tanmateix, el seu cost econòmic és més elevat que la resta de tensioactius i representen el 4% de la producció total a Europa.

La majoria dels tensioactius catiónics, són compostos d'amoni quaterri. Alguns d'aquests més importants són:

Sals d'amina:

Aquests són sals d'amines grasses amb àcids com l'àcid clorhídric o l'àcid acètic. Aquestes sals d'amins s'utilitzen principalment en aplicacions industrials, com exemple, com a inhibidors de la corrosió.

Altres són els derivats d'imidazolina i els monoalquils dimerils derivats d'amina i dialquil monometil derivats d'amina.



Imatge 30: Estructures sals d'amines.

a.3) Tensioactius no iònics

Aquests tensioactius, no originen ions en dissolució aquosa, la qual cosa fa que siguin compatibles amb aigües dures. Degut a que els grups funcionals tenen una elevada afinitat per l'aigua, són solubles en aigua. En alguns cops, els tensioactius no iònics no tenen una cua hidròfoba definida, ja que les propietats tensioactives depenen de l'equilibri de les parts hidròfobes hidròfiles dels grups diferents presents en la molècula (HLB). (Valverde, 2022)

Tot i tenir molt poc poder escumant, que, en alguns casos, pot ser una avantatge, solen ser uns excel·lents eliminadors dels greixos, degut al seu alt poder detergent i emulsionant, per això se solen utilitzar en productes líquids o pastosos per a netejadors domèstics i de rentavaixelles a mà.

Són compatibles amb tots els tipus de tensioactius, però sobretot, es combinen amb els aniònics, ja que així es complementen per a millorar l'acció de neteja.

Entre d'altres, els tensioactius no iònics més utilitzats són els alcohols grassos etoxilats (FAEO) , els alcohols grassos propoxilats (FAPO) i alquils poli glucòsids (APG), tot i que no entrarem en els seus detalls, ja que les propietats de cadascun varien molt lleument.

a.4) Tensioactius amfòters

Aquests tensioactius presenten, en la mateixa molècula, tant càrrega negativa com positiva. És per aquest motiu que tenen la capacitat de formar un ió, tan negatiu com positiu, segons el pH de la solució en la que es vol utilitzar. Concretament, en un medi àcid, aquests tensioactius es carreguen positivament, és a dir, esdevé un catió, mentre que si el pH és bàsic, el tensioactiu serà un anió, és a dir, tindrà una càrrega negativa.

Gràcies a aquesta propietat, és compatible amb la resta de tensioactius, tan iònics com no iònics. D'aquesta manera, aporten la capacitat d'espessidors, major poder acondicionador i major tolerància amb la pell. També mantenen la capacitat detergent, tot i que no és tan alta com la dels aniònics. Mentre que els que els aniònics netegen més, però són més irritants; els tensioactius amfòters rebaixen la irritació d'aquest, per tant, es fan fórmules més suaus i delicades per a la pell. (Valverde, 2022b)

Com que també tenen un bon poder escumant, són molt útils per a potenciar l'escuma en productes de bany com gels i xampús.

Alguns dels més típics són les betaïnes, les sultaines, els acetil etilenodiamines i els N-alquil aminoàcids.

b) Coadjuvants

Els coadjuvants són productes que ajuden a potenciar i complementar les propietats particulars dels ingredients essencials en la formulació d'un detergent.

Tenen varies funcions com, per exemple, potenciar l'acció netejadora dels tensioactius i actuar com a emulsionants dels greixos. D'altra banda, eliminen la duresa de l'aigua, és a dir, fan l'aigua més tova, desactivant l'acció dels ions metàl·lics Ca^{2+} i Mg^{2+} . Són unes substàncies que mantenen una alcalinitat perfecte per a la solució del rentat i ajuden a prevenir que la brutícia torni al teixit durant aquest procés.

Així doncs, els coadjuvants són components indispensables en les fórmules dels detergents, ja que faciliten el seu ús i estableixen el producte final. En trobem de diferents tipus, però els més coneguts són els fosfats sòdics, els silicats sòdics, els carbonats sòdics, els citrat sòdics i els hidròtops, tot i que aquest grup també inclou el EDTA (etilendiamina-tetraacetat sòdic) i els policarboxilats.

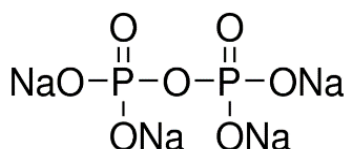
b.1) Fosfats sòdics

D'una forma breu, podem dividir-los en dos subgrups: ortofosfats i fosfats complexos. Per una banda, en el primer, trobem el fosfat de trisodi, el qual ja no es fa servir degut a l'alt nivell d'euforització que provoca al mar; i el fosfar de disodi, el qual no es fa servir per la seva baixa alcalinitat.

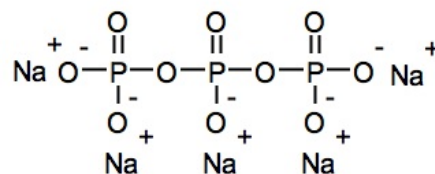
Per l'altra banda, els fosfats complexos més usats i importants són el pirofosfat de tetrasodi i el tripolifosfat de sodi, tot i que el tetrafosfat de sodi i l'hexametafosfat de sodi també pertanyen a aquest grup.

El pirofosfat de sodi és el millor per regular els ions de magnesi, ja que és alcalí, mentre que l'hexametafosfat de sodi s'usa més per als ions de calci. El tripolifosfat de sodi, que és el

més emprat per els detergents, agafa els ions metàl·lics insolubles de l'aigua quan entra en contacte amb aquesta, i allibera ions Na^+ , els quals es dissolen.



Imatge 31: Estructura química del pirofosfat de sodi.



Imatge 32: Estructura química del tripolifosfat de sodi.

b.2) Silicats sòdics

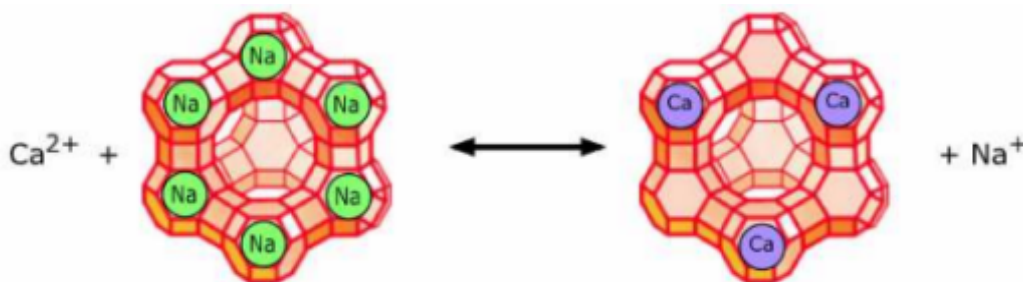
Els silicats sòdics es poden trobar com a combinacions de SiO_2 , Na_2O i, en alguns casos, H_2O . Tots els silicats són alcalins i el seu grau depèn de la quantitat de Na_2O .

Els més usats són els disilicat de sodi i el metasilicat sòdic. Quan la concentració d'aquests és suficientment elevada, actuen com a coadjuvants, mentre que, a concentracions petites, poden actuar com a inhibidors de la corrosió per formar una pel·lícula protectora sobre les superfícies metàl·liques.

Perquè els ions metàl·lics no es tornin a adherir a la roba, els silicats fan uns compostos, amb els ions, que queden suspesos a l'aigua. D'altra banda, milloren les qualitats dels tensioactius com la d'emulsionar i la d'humidificar.

Les 'zeolites' són un dels principals silicats i poden ser A, B, X o AX. La més utilitzada avui en dia és la 'Zeolita A' (silicat de sodi). Quan aquest compost entra en contacte amb l'aigua, els ions de sodi que conté, es canvien pels de calci que hi ha al medi aquós, fent que els ions de Na^+ quedin dissolts en aigua.

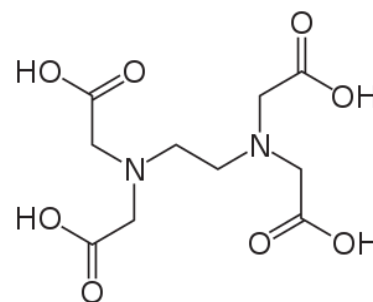
A diferència dels fosfats, aquests no provoquen euforització ja que no contenen fòsfors, però, per contra, la 'Zeolita A' no elimina tant bé els ions de magnesi (Mg^{2+}) de l'aigua.



Imatge 33: Actuació del silicat Zeolita A.

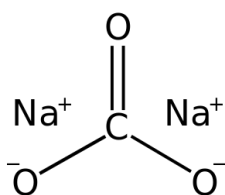
b.3) Etilendiamina-tetraacetat sòdic (EDTA)

La seva aplicació en els detergents es deguda al seu elevat poder seqüestrat dels cations metàl·lics, d'aquesta anera, permet controlar la duresa de l'aigua. És molt important, ja que podem dir que és l'agent més utilitzat en química analítica.



Imatge 34: Estructura química del EDTA.

b.4) Carbonat sòdic



Imatge 35: Estructura química del carbonat sòdic.

El carbonat sòdic, de fórmula Na_2CO_3 , és capaç d'amortiguar els canvis de pH que es poden produir. Tot i eliminar la duresa de l'aigua, pot provocar que els ions càlcics i magnèsics que precipiten, es fixin als teixits i a diverses parts de la rentadora.

b.5) Citrat sòdic

És un hidroxicarboxilat que, tot i no captar tant bé es ions càlcics i magnèsics com el tripolifosfat, presenta l'avantatge de ser més biodegradable.

b.6) Hidròtops

Els hidròtops proporcionen una gran homogeneïtat del producte final degut a l'augment de solubilitat i la miscibilitat que els provoquen a les sals orgàniques en l'aigua. Alguns els principals tipus són els sulfons aromàtics de cadena curta, la urea, l'alcohol etílic industrial i l'alcohol metílic.

c) Additius

Els additius són un components que aporten propietats però no tenen res a veure amb l'acció detergiva. Acompanyen al detergent però amb petites concentracions. Aquest grup inclou blanquejants, enzims, inhibidors de transferència de colors, alcohols, inhibidors de corrosió, agents antirredeposició, colorants, perfums, bactericides, etc. Però només en parlarem dels més utilitzats i importants.

c.1) Blanquejants

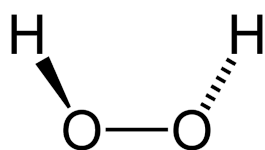
Aquests compostos poden ser de dos tipus segons si tenen funció detergent o no. Hi ha els blanquejants òptics (o fluorescents) i els blanquejants químics. (Tabero, P., s. d)

En el primer cas, absorbeixen radiacions ultraviolades invisibles i, part d'aquesta energia l'emeten després en forma de radiacions blaves. Incrementen la llum visible reflectida pels teixits i augmenta la lluentor i la intensitat de blanc. La llum blava que s'emet, també ajuda a eliminar el to groguenc que a vegades presenten alguns teixits. Sent així, doncs, els blanquejants fluorescents no són detergens, és a dir, fan que els teixits estiguin més blancs però no més nets.

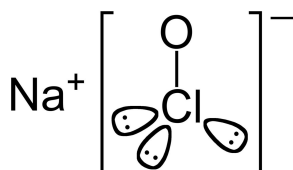
En el segon cas, podem fer una altra divisió, els blanquejants clorats i els oxigenats. Tots dos milloren la detergència, ja que contribueixen a l'eliminació de taques.

Per un banda, els clorats hi trobem l'hipoclorit de sodi, o també conegut com a lleixiu. És un oxidant fort el qual no es pot fer servir en solucions bàsiques ja que en medi àcid, generen un gas (diclor) que és tòxic. S'ha de tenir quelcom en compte, i és que, les fibres naturals sí que es poden deixar secar al sol després d'haver usat la lleixiu, ja que així es potencia el blanc, mentre que els teixits artificials no combinen amb la lleixiu i el sol, per això es recomana utilitzar un altre blanquejant com el percarbonat o deixar-lo secar a l'ombra.

Per l'altra banda, en el cas dels oxigenats, trobem el percarbonat de sodi i el peròxid d'hidrogen (també conegut com aigua oxigenada). Tot i ser els més usats en, només poden ser emprats en detergens sòlids, com per exemple, en els pots que posa 'quitamanchas, oxígeno activo', ja que, en líquids, no és compatible. Un altre aspecte important, és que requereix de la necessitat d'un activador per a donar-li efectivitat en temperatures baixes.



Fórmula peròxid de sodi
(aigua oxigenada)



Fórmula hipoclorit de sodi
(lleixiu)



Producte amb blanquejants oxigenats.
'Quitamanchas, oxígeno activo'

Imatge 36: Diferents blanquejants. Font pròpia.

c.2) Enzims

Amb termes generals, els enzims són proteïnes la funció dels quals és catalitzar reaccions químiques, és a dir, accelerar-les. Dins del nostre organisme, els enzims són molt importants per a la realització de reaccions metabòliques i catabòliques. Però quan parlem de detergents, la seva funció principal no varia gaire, ja que canvia l'estructura de les taques per a poder eliminar-les amb més facilitat.

Hi ha varis enzims que s'acostumen a incloure en les receptes dels detergents. Les 'lipases' trenquen, com hem comentat anteriorment, els triglicèrids dels olis en àcids grassos i glicerina. D'altra banda, les 'amilases' són per degradar molècules com el midó, mentre que les 'cel·lulases' degraden molècules de cel·lulosa, però totes dues les converteixen en molècules de glucosa. Aquestes segones, també són importants perquè ajuden a prevenir el *pilling*, és a dir, l'aparició de petites boletes a la roba degut al seu desgast. També hi ha les 'proteases', ideals per a netejar taques de cafè o carn, ja que tallen els enllaços peptídics de les proteïnes. I finalment, uns enzims que també són importants, són les 'isomerases' ja que reestructuren els substrats que reben, és a dir, en general, modifica les molècules de la taca perquè el detergent pugui treballar amb més facilitat.

Això sí, s'ha de tenir en compte que quan es fan receptes amb enzims, aquests només actuen a temperatures menors de 50 °C ja que, a temperatures més elevades, es desnaturalitzen.

c.3) Alcohols

L'etanol i l'isopropanol són els més utilitzats com a additius en formulacions de detergents, perquè augmenten la solubilitat i la miscibilitat de sals orgàniques en aigua i proporcionen una gran homogeneïtat al producte acabat.

c.4) Inhibidors de transferència de color

Són substrats de cel·lulosa o nanofibres de cel·lulosa que presenten una gran capacitat per a evitar la transferència de color d'una peça de roba a una altra. També se'l defineix molts cops com a un protector de color. (Tarrasense, s. d.)

c.5) Agents controladors d'escumes

Aquests agents poden impedir o reduir la formació d'escuma o, pel contrari, augmentar-la. Per una banda, en els detergents per a màquines de rentat automàtiques, interessa que es redueixi la formació d'escuma ja que un excés d'aquest pot ser perjudicial per l'electrodomèstic, fins i tot, pot sobreixir. Per l'altra banda, en el rentat manual, interessa que l'agent proporcioni un augment en el volum i l'estabilitat de l'escuma.

c.6) Colorants i perfums

Per un costat, els colorants donen color a la mescla de detergent final. Tot i no semblar-ho, són molt importants perquè milloren l'atractiu del producte final. S'afegeix amb molt poca proporció, en comparació amb tota la resta de components.

Per l'altre, els perfums també serveixen per millorar l'atractiu del detergent, ja que emmascara les olors poc agradables que poden tenir els productes de neteja, però també poden servir per donar-li un toc característic i personalitzar al detergent de cada marca. Si el perfum és suficientment potent, la roba pot quedar impregnada d'una olor fresca durant un cert temps, després del rentat.

c.7) Conservants

Els conservants són additius de seguretat, claus per a la indústria dels detergents. La seva funció bàsica és inhibir i matar els fongs i microorganismes que hi puguin créixer, és a dir, garanteix que aquests no proliferin. D'aquesta manera, els productes poden mantenir-se en bon estat, no només durant la seva fabricació i transport, sinó que també al llarg de la seva vida útil. (Xiamen Huaqiangda Biotechnology Co., Ltd, 1899)

2.2.2 REGLAMENTACIÓ DE LA UNIÓ EUROPEA

Els detergents han de seguir unes lleis de la unió Europea. Aquest s'anomena "REGLAMENTO (CE) No 648/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 31 de marzo de 2004 sobre detergents". A partir d'aquest, se n'han fet d'altres amb petites modificacions.

Aquest document està separat per 19 articles els quals estan vinculats a 8 annexes a la part final del document, en els quals s'especifica a detall cada apartat.

Cada article va d'un tema diferent com per exemple, les definicions, la comercialització, la limitació basada en la biodegradabilitat dels tensioactius, l'etiquetatge, les mesures de control, la informació que s'ha de facilitar i les sancions, entre d'altres. Però només em centraré en alguns apartats que són més rellevants.

Pel que fa a l'etiquetatge, segons l'*Article 11*, s'ha d'especificar una sèrie d'informacions. S'ha de determinar la denominació del producte, la marca, la direcció i el telèfon d'aquesta, un correu electrònic i telèfon per a poder obtenir una fulla informativa del detergent. Així mateix, s'ha d'especificar la composició, especificat en l'apartat A de l'annex VII. A més a més, també s'han de precisar les dosificacions del detergent per a cada rentat, especificat en la secció B del mateix annex VII.

En l'annex VII hi ha la informació corresponent a l'etiquetatge. Resumidament, s'hi menciona les components que s'han de mencionar, la informació de la dosificació i la fulla informativa que s'ha de publicar sobre la llista d'ingredients.

Els intervals de percentatge en pes: *inferior a 5%, igual o superior a 5%, però inferior al 15%, igual o superior al 15%, però inferior la 30% o igual o superior al 30%* s'aplica per indicar el contingut en els ingredients següents que tenen una concentració superior al 0,2% en pes: *fosfats, fosfonats, tensioactius aniònics, catiònics, amfòters i no iònics; blanquejants clorats i oxigenats; EDTA, fenols, paradiclorobenzè, hidrocarburs aromàtics, alifàtics i halògens; sabó, zeolites i policarboxilats*. Mentre que aquestes components només s'escriuen si superen el percentatge en pes, n'hi ha unes que figuren sempre en l'etiqueta si el detergent les conté, els agents conservants: *enzims, desinfectants, blanquejants òptics i perfums*. En el cas dels perfums que figuren com a al·lèrgens en la norma, si superen la concentració del 0,01%, han d'estar especificats en l'etiquetatge.

Sobre les dosificacions, s'han d'expressar les recomanacions en mil.ligrams o en grams per a una càrrega de rentadora normal. Si l'envàs conté un vas de dosificació, aquest a de portar marcat la seva capacitat. També, si el conté, a l'etiquetatge s'haurà d'especificar la recomanació adequada per a la quantitat de brutícia (amb la càrrega de referència de la rentadora) segon si el rentat es farà en aigua tova, mitja o dura. Sovint s'expressa en taules com la següent:

 DOSIS RECOMENDADA		
 AGUA BLANDA	23ML 	45ML 
 AGUA MEDIA	45ML 	72ML  
 AGUA DURA	72ML  	90ML  

Imatge 37: Exemple d'una taula de recomanacions de la quantitat de detergent que relaciona la duresa de l'aigua amb la brutícia de la roba.

A la part superior esquerra es pot observar la càrrega de la rentadora per a la qual són aquestes dosis. A la fila superior es veu amb imatges la quantitat de brutícia, mentres que en la primera columna es veuen les diferents dureses d'aigua.

Una altra obligació que tenen les empreses fabricants de detergents, és crear i publicar una fitxa informativa dels ingredients. En aquests fulls s'especifica la denominació i el fabricant. També, s'hi inclouen tots els ingredients, excepte intervals de percentatge, perfums, essències i colorants; en ordre decreixent pel que fa al pes. Es classifiquen en els següents intervals: *igual o superior al 10%, igual o superior al 1%, però inferior al 10%, igual o superior al 0,1%, però inferior al 1% o inferior al 0,1%.*

3. CONCEPTES CLAU

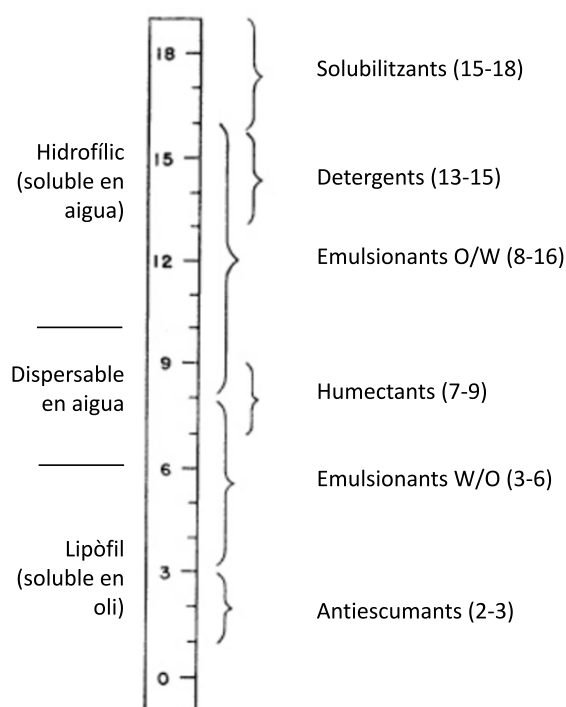
En aquest apartat, he volgut posar alguns conceptes que considero que són claus per a poder acabar d'entendre com funcionen aquests productes. He mencionat la interacció del tensioactiu amb l'aigua i del tensioactiu amb les taques com a conceptes generals, ja que, al cap i a la fi, el sabó és un tensioactiu aniònic i el detergent els conté. També hi ha explicat conceptes com el pH o la duresa, els quals seran rellevants en la part pràctica.

3.1. INTERACCIONS DELS TENLIOACTIUS

Com he mencionat abans, els tensioactius són molècules amfipàtiques, però no totes les substàncies que ho són, se les pot englobar en aquest grup. Només es consideren tensioactius si el compost compleix les següents condicions: Tenir una hidrofobicitat mínima, és a dir, la cadena hidròfoba és de vuit o més àtoms de carboni; tenir una polaritat mínima, la qual depèn de la compensació entre el grup polar i la resta de la cadena; fer estructures micel·lars.

Aquestes substàncies s'usen en neteja perquè tenen una sèrie de propietats que milloren l'actuació del sabó en l'aigua i en la superfície. Es veuen reflectides en el balanç hidròfil-lipòfil (HLB) (Hydrophilic-Lipophilic Balance). Aquest va ser descrit per Griffin l'any 1949. Va idear una escala arbitrària de valors per a classificar els tensioactius en lipòfils, quan el HLB és baix (entre 1 i 9), i en hidròfils, quan el HLB és alt (entre 10 i 18).

Depenent del valor, destaca una propietat o una altra. En la imatge es poden veure tots els conceptes que s'explicaran, també, a continuació. (*"Equilibrio hidrófilo-lipofílico"*, Wikipèdia, 2022)



Imatge 38: Escala HLB de Griffin. Font pròpia.

Abans, però, he de destacar que s'esmenta molts cops el terme de polar i apolar. Així que, a termes generals, un compost és polar quan té enllaços covalents polars, és a dir, hi ha una separació de càrregues, i la seva distribució dels àtoms no és simètrica, mentre que, al contrari, un compost és apolar quan té enllaços covalents apolars, és a dir, la distribució de càrregues és homogènia, i la seva distribució dels àtoms és simètrica.

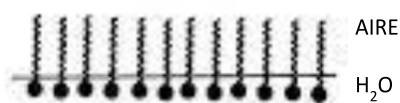
3.1.1 TENSIOACTIU - AIGUA

a) Humidificació

Els tensioactius milloren el poder mullant d'un líquid, ja que augmenten l'extensió d'un líquid sobre un substrat. També augmenten la facilitat per penetrar en els porus. Aquesta propietat va lligada a les propietats superficials, ja que els tensioactius fan aquesta força i fa que les molècules es puguin endinsar en el líquid amb més facilitat.

b) Associació entre tensioactius

Quan un tensioactiu entra en contacte amb l'aigua, el cap hidròfil reacciona amb aquesta i, al mateix moment, l'aigua repel·leix la cua hidròfoba. Aquestes reaccions orienten el tensioactiu verticalment. Sent així, doncs, una molècula de tensioactiu queda situada verticalment a la superfície de l'aigua.

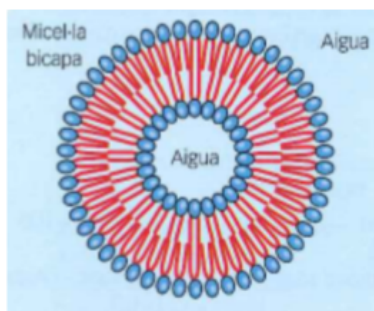


Imatge 39: Tensioactius orientats verticalment i en monocapa.

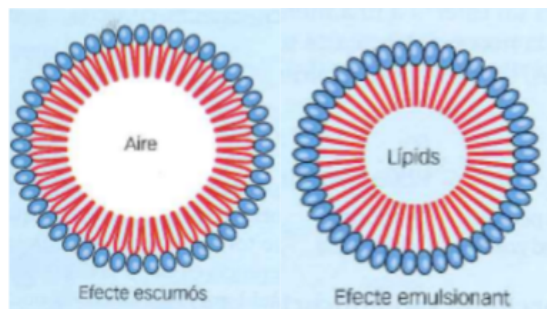
Ara bé, aquesta disposició succeeix en poca quantitat de tensioactius. A grans concentracions, la interfase entre l'aigua i l'aire es satura, llavors, és quan algunes molècules s'endinsen a l'aigua formant monòmers lliures. Si la concentració augmenta encara més, les molècules es comencen a agrupar per a formar una estructura on els caps hidròfils estan en contacte amb l'aigua, mentre que les cucs hidròfobes s'apropen unes a les altres i es situen a l'interior del polímer per poder estar aïllades del medi aquós. D'aquesta manera, es formen unes estructures anomenades micelles. (Gray, 2015)

c) Micel·les

Les micel·les són estructures més o menys esfèriques que constitueixen dispersions col·loïdals. Hi ha diferents estructures micel·lars segons la disposició dels tensioactius. Si a l'interior d'aquesta s'hi engloba aigua, les micel·les poden ser monocapes o bicapes, però només són micel·les monocapes quan atrapa aire (efecte escumós) o quan conté gotes de lípids (efecte emulsionant/detergent). (*Biologia 1r batxillerat*, 2016)



Imatge 40: Micel·la bicapa.



Imatge 41: Micel·les monocapa.

Hi ha algun cas en què els tensioactius es situen el revés, és a dir, amb el cap hidròfil a l'interior i la cua hidròfoba a l'exterior. És quan es creen emulsions d'aigua, és a dir, la fase contínua és un compost apolar, com l'oli, i la fase dispersa és un compost polar, com l'aigua.

(Sanz, s. d.)



Imatge 42: Micel·la amb aigua com a fase dispersa.

En el cas de trobar dos tipus de tensioactius, es poden formar micel·les mixtes. Les característiques d'aquestes estructures depenen de la naturalesa i propietat dels tensioactius, de les seves concentracions i de la presència d'additius, o no, en el producte.

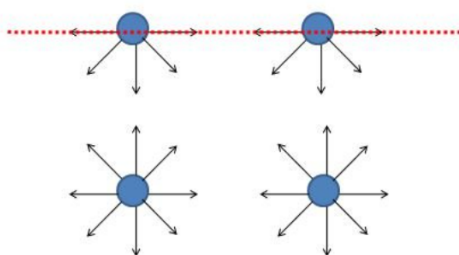
Hi ha un marge de concentracions, anomenat *Concentració Crítica Micel·lar* (CMC) per sota del qual les molècules de tensioactiu no s'agrupen en micel·les i, per sobre el qual, sí que s'associen en forma micel·lar. La CMC varia segons les condicions del líquid i dels tensioactius implicats.

Si la concentració és una mica superior al CMC, les micel·les solen adquirir una configuració esfèrica o esferoide, mentre que, quan la concentració és molt més superior, els tensioactius s'organitzen en formes cilíndriques i amb les puntes esferoides.

d) Tensió superficial i tensió interfacial

Les molècules enfonsades en un líquid, reben una sèrie de forces d'atracció de la resta de molècules d'aigua, les quals es contrasten unes amb les altres i donen una força resultant igual a 0 ($F_r=0$). Això sí, les molècules que formen la superfície del líquid, tenen una força d'atracció cap a l'interior del líquid, les quals l'empenyen cap avall, ja que les forces atractives entre molècules no es compensen.

Així doncs, la tensió superficial és la quantitat d'energia mínima que es necessita per incrementar la superfície d'un líquid per unitat d'àrea. S'expressa amb $N \cdot m^{-1}$. Depèn de la naturalesa del líquid i disminueix a major temperatura. (Lorenzo, s. d.)



Imatge 43: Representació de les forces que fan la tensió superficial.

Mentre que es denomina tensió superficial quan un líquid està en contacte amb l'aire, s'anomena tensió interfacial si es tracta de dos líquids immiscibles.

Doncs bé, la tensió interfacial és la força per unitat d'àrea que es crea en la superfície de contacte entre una fase sòlida o líquida i una altra sòlida, líquida o gasosa. La força neta és vertical a la superfície de contacte i està dirigida a l'interior de les fases. També, és l'energia necessària per a crear una interfase entre dos líquids. (Cajal, 2019)

Quan s'aplica un tensioactiu a un sistema de dos líquids, aquest és absorbit per la interfase (fase entre els dos líquids). El cap hidròfil trenca les forces que hi ha entre les molècules del líquid polar, com per exemple l'aigua, mentre que la cua hidròfoba trenca les forces del líquid apolars, com l'oli. D'aquesta manera, es disminueix significativament la tensió entre aquests dos líquids.

Si intentem fer bombolles amb aigua pura, amb moltes dificultats les podem fer, però si hi posem sabó, fa que es puguin fer bombolles, ja que la tensió de l'aigua disminueix. (Soap, s. d)

e) Solubilització

Primer de tot, considerem que la solubilització és la propietat d'un agent per dissoldre's en un medi aquós (aigua).

La solubilització és diferent depenent de les propietats de la molècula a dissoldre. Si aquesta substància és polar, no hi haurà cap problema ja que es dissoldrà directament en el medi aquós degut a que té afinitat. Si la substància és apolar, és a dir, no és soluble en aigua (polar), la solubilitat dependrà de si el tensioactiu ha assolit la CMC. Si no l'assoleix, la molècula no es podrà dissoldre, mentre que, si la concentració és igual o superior a la CMC, l'agent es podrà dissoldre degut a que ja es comencen a crear micel·les. Finalment, si la molècula és amfipàtica, es solubilitzen incrustant-se a les micel·les, ja que s'intercalen entre els tensioactius. En aquests casos, les micel·les hauran canviat la seva configuració i el CMC.

Generalment, aquesta tècnica de crear micel·les mixtes s'usa per a aconseguir efectes que poden millorar els resultats del rentat.

Per últim, una última condició de les quals la solubilització depèn, és la temperatura. El *punt de Krafft* és una temperatura determinada a la qual una substància és soluble. Com més gran és el valor, major solubilitat. També, les estructures, quan els tensioactius s'orienten verticalment sobre la superfície, són menys solubles que les micel·les.

f) Absorció

Es considera que un tensioactiu està absorbit quan aquest es dissol o es dispersa en la superfície de l'aigua verticalment. Aquesta disposició és favorable pel sistema, ja que provoca una menor utilització d'energia.

g) Sistemes dispersos

S'anomena sistema dispers a aquell que té dos medis en forma de mescla heterogènia i estan separats per una fase final (interfase). En aquests sistemes, la substància que es troba en menys quantitat respecte a l'altra, s'anomena fase dispersa, mentre que, la que està en major quantitat i envolta la fase dispersa, s'anomena fase contínua.

Segons l'estat en el qual estiguin aquestes dues substàncies, el sistema rep un nom o un altre.

SISTEMA		NOM DEL SISTEMA
<i>Fase dispersa</i>	<i>Fase contínua</i>	
Gasosa	Líquida	<i>Escuma</i>
	Sòlida	<i>Escuma sòlida</i>
Líquida	Gasosa	<i>Boira</i>
	Líquida	<i>Emulsió</i>
	Sòlida	<i>Emulsió sòlida</i>
Sòlida	Gasosa	<i>Suspensió en pols</i>
	Líquida	<i>Suspensió</i>
	Sòlida	<i>Suspensió sòlida</i>

Imatge 44: Classificació dels sistemes segons l'estat de la fase dispersa i la fase contínua.

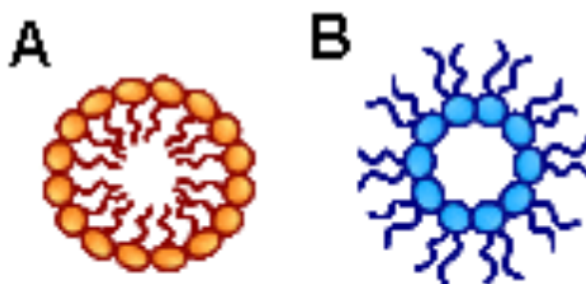
D'aquests sistemes, els que són més rellevants per aquest Treball de Recerca són les emulsions i l'escuma.

g.1) Emulsions

Per una banda, les emulsions són els sistemes dispersos en els quals la fase contínua és un líquid i la fase dispersa és un altre líquid. En una emulsió, la fase dispersa està en petites gotes de diàmetres entre 0,1 μm i 10 μm .

Quan s'afegeix un tensioactiu a les emulsions, aquest disminueix la tensió interfacial i dona més estabilitat al sistema. Quan els tensioactius reaccionen, ja que cada part d'aquest pot reaccionar amb un dels dos líquids, es fan les micel·les amb efecte emulsionant, mencionades

anteriorment. Depenent de la polaritat de la substància dispersa i continua, els cap i cues dels tensioactius estaran orientats d'una forma o d'una altra. En la majoria d'aquests sistemes, un dels dos líquids és anomenada fase aquosa (W) i, l'altre, fase oliosa (O). Quan la fase aquosa és contínua i la fase dispersa és oliosa, és un sistema O/W, mentre que és W/O és al contrari. Quan la fase dispersa és una substància apolar, com l'oli (O/W), la cua hidròfoba reacciona amb aquest fent que quedi dins de la micel·la, mentre que si la fase dispersa és una substància polar, com l'aigua (W/O), el cap hidròfil serà el que estarà orientat cap a l'interior de la micel·la.



- a) Micel·la amb oli com a fase dispersa (O/W).
b) Micel·la amb aigua com a fase dispersa (W/O).

Imatge 45: Diferents micel·les segons la fase dispersa.

g.2) Escumes

Són els sistemes dispersos en els quals la fase dispersa és un gas i la fase contínua un líquid. El gas actua com el líquid de la fase dispersa de l'anterior sistema, es divideix en gran quantitat de bombolles que interactuen entre elles. Perquè es produeixin les bombolles, un líquid no pot ser pur, ja que per naturalesa, no en pot produir.

Sent així, doncs, s'afegeixen els tensioactius. Aquests donen estabilitat a l'escuma, ja que creen i donen volum a les agrupacions de molècules de gas i, també, donen elasticitat a la bombolla. Les propietats de cada escuma venen determinades pel tensioactiu.

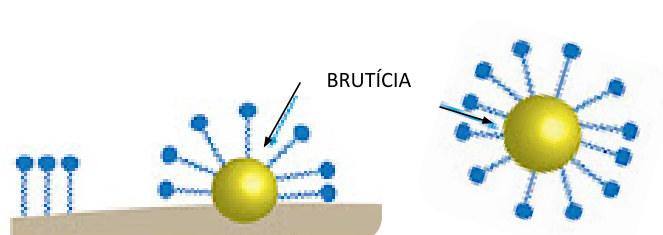
En aquest cas, passa una cosa molt semblant a l'anterior apartat, ja que els tensioactius formen micel·les amb aire a dins, les quals diem que tenen un efecte escumant, tal com hem dit anteriorment. Com que l'aire sol tenir, majoritàriament, partícules apolars, la cadena hidrofòbica es situa dins de la micel·la, mentre que el cap hidròfil a l'exterior, reaccionant amb l'aigua.

3.1.2 TENSIOACTIU - TACA

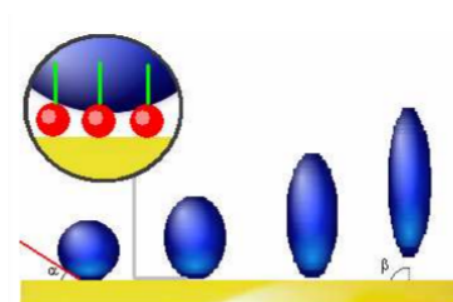
Partim que els rentats de roba són amb aigua, la qual és un compost polar. Les taques, solen ser immiscibles en aigua, ja que solen ser substàncies apolars, és per això que no es poden eliminar les taques al 100% amb aigua sola, sinó que es requereix d'una altra substància o compost que ajudi a poder eliminar-la. Sovint s'usen productes de neteja com el sabó i el detergent, tots dos explicats anteriorment. Sí és veritat, però, que la força centrífuga pot ajudar a treure parcialment la taca, però l'aigua sola, no és capaç de treure-la totalment. Els tensioactius que contenen els productes de neteja, trenquen els enllaços dèbils que hi ha entre l'aigua i la brutícia, de manera que es disminueix la tensió interfacial entre les dues fases.

D'altra banda, els tensioactius també augmenten l'angle que hi havia entre la taca i la superfície a mesura que aquest va reduint l'atracció entre les dues fases. A l'inici, aquest angle és menor de 90° i quan s'allibera del tot, és perquè la taca arriba a estar perpendicular amb la superfície, formant 90° .

Un cop la taca està estreta, els tensioactius formen una estructura micel·lar amb efecte emulsionant, comentades anteriorment, per a que no es torni a dipositar la brutícia, de manera que la brutícia queda dins de les micel·les i aïllada de l'exterior. La cadena hidròfoba és capaç de dissoldre la brutícia, desenganxant-la de la superfície.



Imatge 46: Acció dels tensioactius sobre una taca situada a una superfície.



Imatge 47: Actuació dels tensioactius en l'angle de la taca i la superfície.

3.2 pH

Aquest concepte s'ha mencionat diferents cops anteriorment. L'índex de l'escala de pH és molt important en processos químics, biològics, industrials i, en general, en la vida quotidiana. Un exemple és la diferència entre la pluja normal i la pluja àcida, la qual només es pot expressar a través del pH. També és important per detectar malalties corporals, el grau de contaminació d'un terreny i, fins i tot, en la indústria del detergent.

El pH està relacionat amb la concentració d'ions H_3O^+ , la qual sol estar entre 10^{-14} i 10^0 . Sørensen, un químic danès, va introduir el concepte de potencial d'hidrogen (pH) com el logaritme decimal, canviat de signe, de la concentració d'ions H_3O^+ en mol/L.

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

Degut a aquest canvi de signe, l'escala de pH va en sentit contrari a la concentració, és a dir, quan el pH d'una dissolució augmenta, és perquè la concentració d'ions H_3O^+ disminueix, tal com podem veure en la següent taula.

TAULA DE VALORS DE pH															
Dissolució	ÀCIDA							NEU -TRE	BÀSICA						
pH	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$[H_3O^+]$	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}
$[OH^-]$	10^{-14}	10^{-13}	10^{-12}	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0

Imatge 48: Taula de pH segons les concentracions dels ions H_3O^+ i OH^- . Font pròpia.

A dissolucions de pH = 7, es consideren neutres; si el pH és major de 7, són bàsiques i, si el pH és menor de 7, són àcides. (*unidad didáctica 2, s. d.*)

De la mateixa manera, el pOH es defineix com el logaritme decimal, canviat de signe, de la concentració d'ions de OH^- e mol/L.

$$pOH = -\log [OH^-]$$

Tenint en compte aquestes dues expressions, la suma del pH i el pOH és sempre 14.

Anteriorment, en la reactivitat química del sabó, s'ha parlat molt sobre aquest concepte, i és que, gràcies al balanç de substàncies àcides, com els àcids grassos, i substàncies bàsiques, com la lleixiu, s'aconsegueix la neutralització, un procés ja explicat. El producte final sol tenir un pH neutre, és a dir, entre el 7.

Per a mesurar el pH, s'usen indicadors que determinen un color associat a un valor. Un dels més utilitzat, i una de les formes més fàcil de mesurar, és el paper d'indicador de pH universal. Cada valor de pH està associat a una escala de colors, sent el color vermell l'àcid més fort amb el pH entre 0 i 1 i el color morat la base més forta amb el pH entre 13 i 14. El verd indica la neutralitat, és a dir, quan el pH està al 7, més o menys.



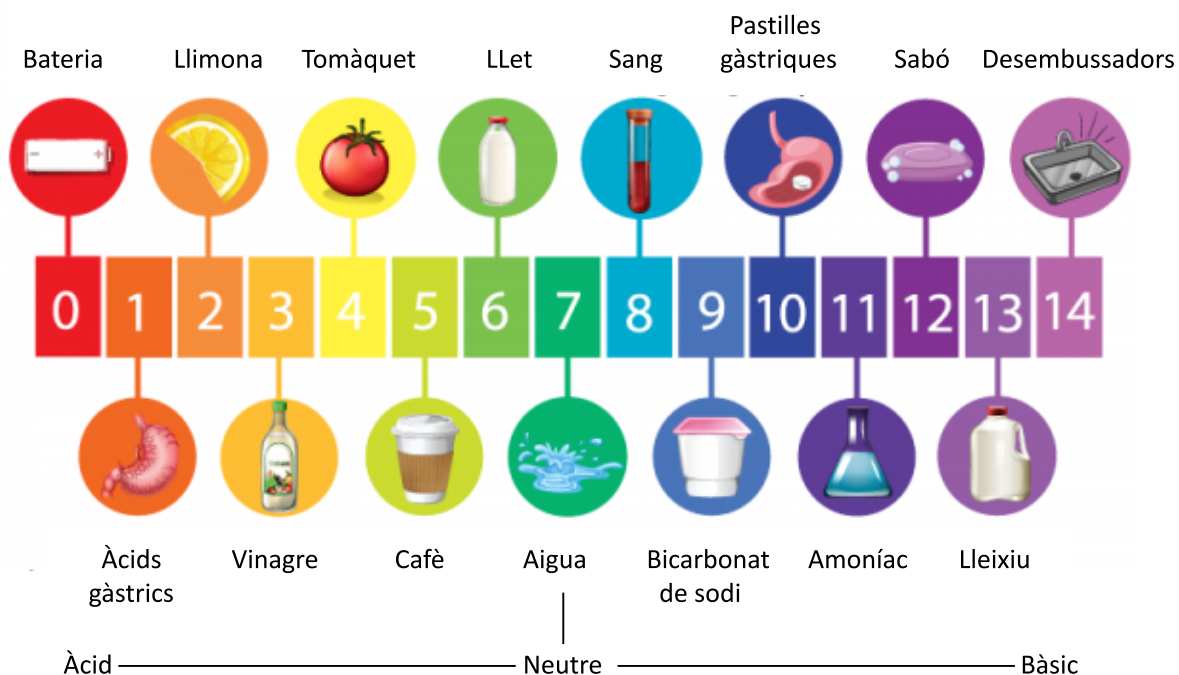
Imatge 49: Indicador universal de pH.

Una altra manera de mesurar és utilitzant colorants com el taronja de metil, el qual és una sal sòdica que s'afegeix a la dissolució i va canviant de color segons el pH d'aquesta. Funciona una mica diferent de les tires indicadores, ja que no té tanta varietat de colors. Quan la solució té un pH inferior a 3.1, la dissolució és de color vermell, mentre que si el pH està per sobre de 4.4, la solució és de color taronja i groc.



Imatge 50: Exemple de la utilització del taronja de metil en una dissolució.

Seguidament, podem veure alguns exemples de substàncies amb el seu pH.

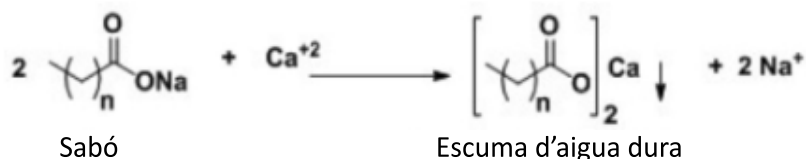


Imatge 51: Exemples de substàncies amb diferents pH. Font pròpia.

3.3 DURESA DE L'AIGUA

La duresa de l'aigua no s'ha mencionat tant anteriorment, però té molta importància en la utilització dels productes de neteja, sobretot en el sabó fet per saponificació.

Com sabem, no tota l'aigua té les mateixes quantitats d'electròlits i minerals. Els sabons tenen un desavantatge, i és que no actuen correctament en aigua dura. Aquest tipus d'aigua es coneix perquè conté ions polivalents com el calci (Ca^{2+}), el magnesi (Mg^{2+}) o el ferro (Fe^{3+}), els quals són insolubles. És freqüent que l'aigua de casa els contingui i, és per això, que el sabó forma sals insolubles denominades escuma d'aigua dura. Aquestes són la forma precipitada del sabó, la qual impedeix el correcte funcionament del sabó.



Imatge 52: Formació d'escuma d'aigua dura a partir de sabó i calci procedent d'aigua dura.

El sabó també precipita i es converteix en àcids grassos quan interacciona amb aigua àcida.



Imatge 53: Formació d'àcid gras a través de sabó i un d'hidrogen procedent de l'aigua àcida.

En canvi, els detergents no tenen aquest inconvenient, ja que, justament, els fabricants afegeixen els coadjuvants, nomenats anteriorment, per tal d'evitar que la duresa impedeixi aquesta acció de netejar. Aquests ions es capturen i eviten la precipitació i insolubilització.

L'aigua dura es mesura, normalment, com la quantitat de parts per milió (ppm) de carbonat de calci (CaCO_3). Una aigua es considera dura si conté quantitats superiors, d'aquest compost, a $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, tova si conté menys de $75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, i moderada si la quantitat està entre 75 i $150 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

L'aigua dels pous és aigua dura, ja que conté molts dels ions dels anomenats, mentre que l'aigua de pluja és molt tova, degut a que no els conté. Una aigua que no conté ions, és l'aigua destil·lada.

Finalment, les unitats que més s'usen són els graus francesos ($^{\circ}\text{f}$) o els graus alemanys ($^{\circ}\text{dH}$). de 0 a 6 es considera tova, en diferents graus, i tots els valors majors de 6 es consideren dures en diferents graus, també. Per comparar de graus alemanys a graus francesos, s'ha de multiplicar els $^{\circ}\text{dH}$ per 1,78, d'aquesta manera s'obtenen els $^{\circ}\text{f}$.

4. PART PRÀCTICA

Per tal de poder obtenir una resposta a les preguntes que m'he plantejat a l'inici del treball i, per tant, extreure unes conclusions, he fet una sèrie d'experiments i observacions. Al mateix temps, aquestes proves m'han ajudat a entendre i a poder enllaçar tota la informació que he buscat per al marc teòric.

Aquesta part del treball estarà dividida per dos apartats: la fabricació i anàlisi dels productes i l'experimentació d'aquests segons diferents variables. En la primera secció hi haurà la fabricació de sabons artesanals i, també, l'anàlisi dels components químics dels detergents que s'usaran. Tot seguit, en el segon apartat, es realitzaran dos experiments. Un consistirà a veure la quantitat d'escuma que crea cada sabó i com aquesta es veu afectada segons diferents dureses de l'aigua. Per altra banda, el segon experiment serà més qualitatiu, ja que es posarà a prova el funcionament d'aquests productes, també en diferents aigües.

4.1 PREPARACIÓ

4.1.1 FABRICACIÓ DE SABÓ ARTESANAL

Està clar que hi ha una infinitat de combinacions a l'hora de crear sabons artesanals, ja que la recepta es pot modificar segons els gustos de l'usuari: afegint-hi aromes, canviant el color, fent textures diferents... En el meu cas, he decidit crear dos sabons diferents de manera totalment artesanal.

Com he explicat en la part teòrica, aquests sabons estan fets per saponificació, això vol dir que tots dos estan formats per un greix o oli, en aquest cas tots dos són olis, un reciclat i l'altre de coco, i una base la qual, en aquest cas, és la mateixa: NaOH.

Uns mesos després d'haver-los fet, vaig buscar una recepta per convertir aquests dos sabons de sòlid a líquids per a poder fer, en els següents experiments, una millor comparació amb els detergents líquids. A la part teòrica exposo que la potassa és una base que fa que el sabó sigui més líquid. Podria haver fet aquestes receptes amb l'hidròxid de potassi, però com que volia seguir la recepta tradicional, vaig optar per fer servir l'hidròxid de sodi.

Per a la fabricació d'aquest primer sabó, he fet servir la recepta de tota la vida, és a dir, aquella que les àvies i les mares de les nostres àvies feien, i que ha passat de generació en generació fins a arribar a la nostra. Aquesta té com a component principal l'oli reciclat que sobra de cuinar. L'objectiu inicial d'aquesta recepta tan antiga és l'aprofitament de matèries primeres per tal de no desaprofitar l'oli i poder treure el màxim profit de les seves propietats. Normalment, aquest producte s'usava per a diversos tipus de neteja: per la pell, la roba...

En canvi, per a la creació del segon sabó, he optat per fer servir oli de coco perquè és un lípid que té propietats diferents de l'anterior. Aquesta recepta l'he trobat per internet i, preguntant a la meva àvia, he descobert que abans es feia servir aquest tipus de sabó per a rentar la pell i la roba dels nens petits, ja que és més suau i, per tant, no irrita tant.

Finalment, un altre aspecte important que cal remarcar abans de començar amb les receptes és que, durant la fabricació d'aquests sabons, he anat fent un control de la temperatura (amb el termòmetre) i del pH (amb les tires reactives de pH) per poder veure com s'aplica la teoria a la realitat.

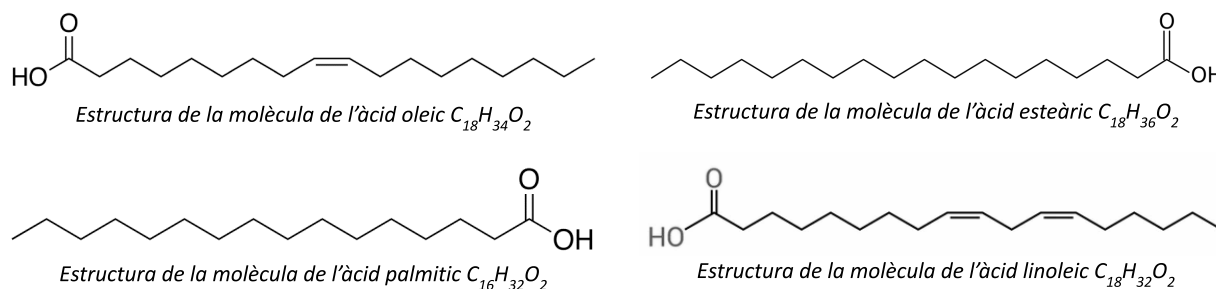
ABANS DE COMENÇAR...

L'oli vegetal reutilitzat dels fregits

Durant els fregits, els olis es fan servir com una manera de transferir la calor, ja que és capaç d'aguantar altes temperatures. L'escalfament en presència d'oxigen atmosfèric pot causar la conversió parcial dels olis en productes d'escissió volàtils; derivats oxidats no volàtils i dímers, polímers o compostos cíclics, fent, d'aquesta manera, una modificació de les propietats d'aquest producte. L'aliment que es fregeix també pot influir en les transformacions d'aquest com per exemple, per l'alliberació d'antioxidants o prooxidants cap a l'oli.

Per a fer el primer sabó vaig utilitzar majoritàriament l'oli d'oliva verge extra, ja que és el que més s'empren per al fregit, però, tot i això, pot haver-hi una petita part d'algun oli diferent. Quant al punt de solidificació, aquest oli es sol cristal·litzar per sota dels 7°C

aproximadament. Aquest oli, que procedeix de les olives, té una composició en àcids grassos on el 72% són àcids monoinsaturats, amb l'àcid oleic (C18:1⁹) com a més rellevant; el 15% són àcids grassos saturats, amb una part d'àcid palmític (C16:0) i una d'àcid esteàric (C18:0); i el 11% són àcids grassos poliinsaturats com l'àcid linoleic (C18:2^{9,12}). (*Las Valdesas, s. d.*)

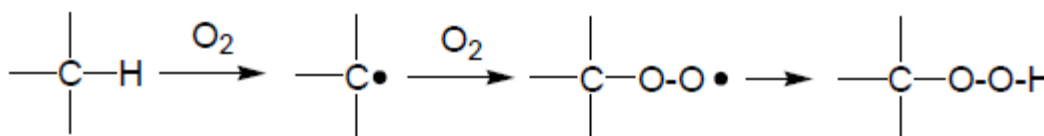


Imatge 54: Àcids grassos més abundants de l'oli d'oliva. Font pròpia.

Un altre aspecte important a comentar sobre aquest element és que els olis es deterioren durant el procés de fregir. Pateix una sèrie de reaccions complexes com l'oxidació, la polimerització i la hidròlisi.

Oxidació

Aquesta reacció es produeix principalment en els àcids grassos insaturats dels triglicèrids dels olis. Tal com podem veure a la següent imatge, aquest procés consisteix en el desprotonament d'un grup metil adjacent a un doble enllaç formant així, radicals lliures. Després, aquests radicals lliures reaccionen amb l'oxigen atmosfèric (O_2) donant lloc a la formació d'hidroperòxids (-C-OOH). Finalment, també es fa una eliminació dels radicals lliures per a formar compostos estables.



Imatge 55: Reacció d'oxidació que es produeix a l'oli

Es pot fer durant el període d'emmagatzematge i durant el fregit, duent com a conseqüència la producció d'olors i gustos desagradables.

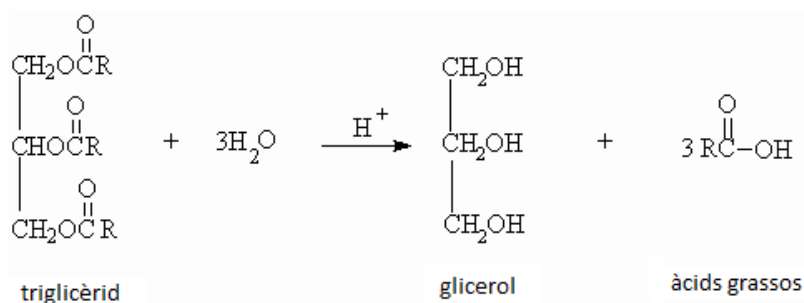
Polimerització

La formació de polímers està associada amb el procés d'oxidació. Tot i ja haver format una estructura estable en el procediment anterior, els hidroperòxids es descomponen ràpidament formant compostos de baix pes molecular, que afavoreixen la formació de dímers i, per tant, oligòmers d'un pes molecular elevat. Entre aquests compostos, es poden formar triglicèrids cíclics monomèrics, polímers de triglicèrids,.. Alguns efectes són l'espessiment de l'oli i la formació d'un residu marró.

Hidròlisi

El vapor d'aigua que prové de l'aliment que es fregeix en oli calent, reacciona amb els triglicèrids, causant la seva hidròlisi i llibertat àcids grassos lliures, monoglicèrids, diglicèrids i glicerol. Els triglicèrids formats per àcids grassos de cadena curta són més sensibles, que els de cadena llarga, a aquest procediment.

Un factor que accelera la hidròlisi és l'aigua que està present en l'aliment, tot i que també ho fa l'escuma formada pels polímers que capten les bombolles de vapor d'aigua durant més temps en l'oli.



Imatge 56: Reacció d'hidròlisi d'un triglicèrid.

L'oli de coco

L'ús d'aquest oli engloba des de ser un producte cosmètic fins a fer-se servir per a la cuina. S'extreu del greix de la polpa dels cocos madurs. La seva extracció es fa en fred per a no degradar part del greix que s'extreu i, per tant, mantenir intactes els nutrients i antioxidants. A temperatures inferiors a 24 °C, aquest oli es troba en estat sòlid, és a dir, es cristal·litza.

Mesures de seguretat

Mirant etiquetatge de l'envàs, podem trobar quines mesures de seguretat hem de tenir en compte a l'hora de fer servir aquest producte perillós, tot i que també podem trobar aquesta informació per internet, a la fitxa de les dades de seguretat del NaOH.

Hi trobem el símbol següent:

Substància corrosiva (GHS05)



Imatge 60: Substància corrosiva (GHS05).
Font pròpia.

Aquestes substàncies corrosives normalment són àcids forts o bases fortes, en aquest cas, el NaOH és una base. Són capaces de destruir la pell catalitzant la hidròlisi dels greixos. També, poden desnaturalitzar i deshidratar les proteïnes. Aquesta deshidratació elimina l'aigua provocant una reacció exotèrmica.

(Manual de uso de productos químicos, s. d.)

Aquests són alguns dels consells per a treballar amb l'hidròxid de sodi de manera segura:

- Com que la barreja del NaOH amb l'aigua pot arribar a ser molt perillosa per a la pell i per als ulls, és molt recomanable l'ús d'equip de protecció personal com guants, ulleres i bata per tal d'evitar el contacte amb aquesta substància durant la seva manipulació.
- En el moment de barrejar la sosa càustica amb l'aigua, és molt important establir un ordre per evitar esquitxades. Primer afegirem l'aigua en el recipient i després l'hidròxid de sodi, mai al revés.
- És recomanable no fer servir ni olles ni pals fets d'alumini perquè el NaOH reacciona amb aquest alumini fent substàncies tòxiques per a la nostra salut. Sí que es pot fer servir acer inoxidable, fusta i plàstic.

(Soda cáustica: qué es, características y precauciones, s. d.)

a) RECEPТА 1

RECERCA PRÈVIA:

Per trobar aquesta recepta vaig buscar dues fonts: una senyora gran del poble i internet. Parlant amb la Carmen, una senyora gran que tota la vida ha fet sabó artesanal per ús propi, em va explicar que ella tenia una recepta que havia passat de generació en generació de la seva família. Des de la seva besàvia fins a ella passant per la seva àvia i mare.

MATERIALS I PRODUCTES:

- Oli reciclat de cuina
- Aigua
- Hidròxid de sodi (sosa càustica)
- Farina
- Sal
- Cubell i motlle
- Pal de fusta
- Bàscula
- Protecció: guants, ulleres, mascareta i bata
- Termòmetre i tires de pH

PROCEDIMENT:

1. Primer de tot mesurem tots els reactius que necessitem i fem les proporcions adequades.

Per una banda, en la recepta tradicional, la que ha passat de generació en generació i és la que he utilitzat, les proporcions són 5 L d'oli amb 5 L d'aigua i 1 kg de sosa. Normalment, també hi afegeixen un grapat de farina i un altre de sal. El que passa, és que amb aquestes quantitats, es genera molta quantitat de sabó, així que he reduït les mesures un 90% quedant-se de la següent forma: 500 mL d'oli, 500 mL d'aigua i 100 g de sosa.

Per altra banda, si fem les proporcions manualment, segons internet, es faria de la següent manera:

Fent servir la mateixa quantitat d'oli que abans (500 ml) i sabent que l'índex de saponificació de l'oli d'oliva és 0,134 g de sosa per cada gram de greix, calculem les proporcions d'oli i de sosa.

* Com que l'oli d'oliva està en mil·lilitres, l'hem de passar a grams a través de la seva densitat. $\rho_{\text{(oli d'oliva)}} = 0,918 \text{ kg/L}$

$$500 \text{ ml d'oli} \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \cdot \frac{0,918 \text{ kg}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 459 \text{ g d'oli}$$

$$459 \text{ g d'oli} \cdot 0,134 \text{ g NaOH/g oli} = 61,50 \text{ g NaOH}$$


No afegiré sobeengrassat, així que no s'ha de modificar la sosa.

L'aigua es calcula d'acord amb la concentració de sosa càustica que volem fer servir, hi ha un marge de 30% a 40%. En aquest cas fem una solució càustica al 33,3%.

$$61,50 \text{ g de sosa} \cdot \frac{(100 - 33,3)}{33,3} = 123,18 \text{ g d'aigua}$$

Finalment, he utilitzat la calculadora de saponificació de la pàgina web <https://calc.mendrulandia.es> per comparar les proporcions i aquests han sigut els resultats:

Otro pleno (Nuevo 7%)
 Resultats de la mescla:
 SAP: 0,192, Iode: 78, INS: 114



Ingredients	Pes	SAP (KOH)	Greixos	Àlcali
Oliva verge, oli d'	459g	0,192	100,0%	62,8g
Suma	459g	0,192	100,0%	62,8g
Opcions del lleixiu		Pes		
Aigua	128g			
Sosa càustica (NaOH)	63g			
TOTAL	650g			

Sobregreixat **0%** Concentració **33%**

Imatge 61: Resultats de la calculadora. Font pròpia.

Segons la calculadora, si volem fer servir 459 grams d'oli d'oliva (fem una aproximació de l'oli reciclat) a una concentració del 33% i amb un sobreengreixat del 0%, ens recomana que utilitzem 128 grams d'aigua i 63 grams de sosa càustica. Segons aquestes dades, obtindrem una massa total de 650 grams.

La calculadora també ens proporciona un pronòstic de les propietats d'aquest sabó:

Condicionat	Neteja	Bombolles	Persistència	Duresa	Solubilitat	Assecatge
50 46	50 51	50 49	50 46	50 51	50 46	50 51

Podem veure que els valors que s'adeqüen a la perfecció és la neteja, les bombolles, la duresa i l'assecatge, mentre que la resta, volten prop del recomanat.

2. Després d'haver mesurat i preparat tot el material necessari, és hora de començar a fer la mescla. Cal recordar que, per fer aquest sabó, em va ajudar la Carmen, una senyora que en sap, ja que, com hem dit, ha fet la recepta de la seva mare i la seva àvia durant tota la seva vida.

1. En primer lloc, dissolem la sosa càustica en aigua. En aquest cas, és molt important l'ordre en el qual ho fem. Hem d'afegir la sosa a l'aigua per tal d'evitar esquitxades.

Tot i que no és necessari, la Carmen va escalfar l'aigua primer una mica perquè es dissolgués més ràpid. Al ser una reacció exotèrmica, ja s'allibera escalfor. De fet, com més freda sigui l'aigua, menys temperatura acabarà adquirint.

2. En un recipient resistent a la calor, com per exemple un cubell de plàstic dur, hi posem l'oli i seguidament,, la reacció de sosa i aigua. Remenem molt bé amb un pal resistent a la calor i que no sigui d'alumini, com per exemple, un pal de fusta.
3. Afegim una cullerada de farina i de sal i continuem remenant. És important girar el pal cap a una sola direcció. En el nostre cas, hem firat en sentit contrari a les agulles del rellotge. Mentrestant, fem un control de la t^a i el pH per veure com varien durant la reacció.
4. Al cap d'una estona, és en aquest punt on es comença a sentir una olor a sabó. Això vol dir que ja s'està saponificant.
5. Hi ha un truc de les àvies que diu el següent: quan es posa un pal a la mescla i s'aguanta sol verticalment, vol dir que a s'ha espessit suficient i que, per tant, ja podem posar el sabó al motlle.
6. Per a preparar el motlle agafem un recipient com, per exemple, un 'taper' i posem una bossa de plàstic perquè el desemmotllament sigui més fàcil.

7. Un cop posem la mescla al motlle, la tapem per deixar-la reposar. És important que hi hagi algun forat perquè pugui respirar.
8. Finalment, anem fent controls periòdicament per a veure els canvis que es produeixen.
9. Al cap d'una setmana d'haver-lo fet, el tallem i emboliquem cada peça amb paper vegetal.



Imatge 62: Pas 3: Barreja de les components. Font pròpia



*Imatge 63: Pas 5: Comprovació
Font pròpia.*



Imatge 64: Pas 7: La mescla en el motlle. Font pròpia.



Imatge 65: Pas 8: Controls de tº i pH. Font pròpia.



Imatge 66: Pas 9: Tallat i embalatge del sabó d'oli reciclat. Font pròpia.

RESULTATS I OBSERVACIONS

Primerament, en el primer apartat del procediment he pogut observar que les proporcions calculades manualment i amb la calculadora, són bastant semblants, mentre que si aquestes les comparem amb les mesures de la recepta tradicional, s'observa clarament uns valors d'aigua i de sosa molt elevats dels calculats. És més, podem deduir que el reactiu limitant, en la recepta usada, són els àcids grassos, és a dir, la reacció de saponificació s'atura quan aquests ja hagin reaccionat tots. Tanmateix, aquesta sosa i aigua en excés, faran que el sabó tingui un pH més bàsic del recomanat o, si més no, del que hauria de tenir.

Com he comentat en el procediment, he anat mesurant temperatures i pH per a fer un seguiment d'aquests valors i veure com s'aplica la teoria a la pràctica.

Per una banda, la temperatura a la qual ha arribat la reacció de la sosa i l'aigua ha resultat un valor de 93 °C, de fet, es pot comprovar perquè el pal amb el qual s'ha remenat, ha quedat cremat a causa de les altes temperatures. Amb això he pogut relacionar conceptes i dir que és una reacció exotèrmica, és a dir, que s'allibera energia en fer reaccionar els dos compostos.

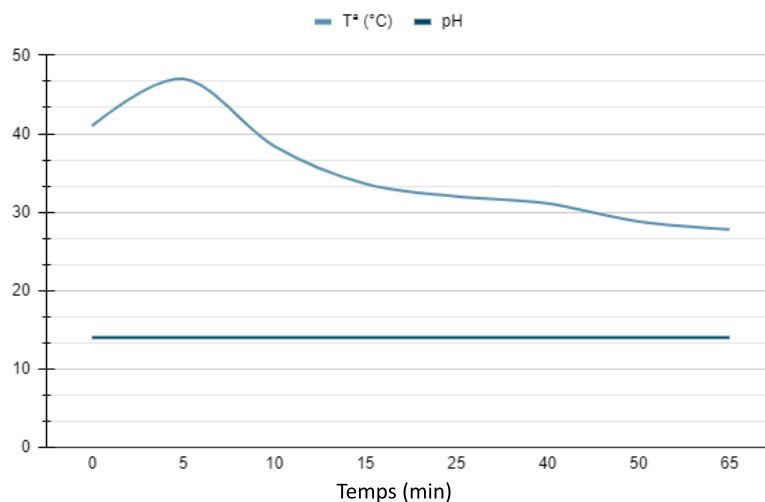


Imatge 67: Pal que s'ha fet servir per remenar. Font pròpia.

Per l'altra banda, he fet una taula de valors i un gràfic amb les dades corresponents al temps per tal d'observar la variació de temperatura i de pH. Cal destacar, també, que la temperatura ambiental era de 21,5 °C.

Temps (min)	Tª (°C)	pH
0	41	14
5	47,0	14
10	38,4	14
15	33,6	14
25	32,0	14
40	31,1	14
50	28,8	14
60 (1h)	29,0	14
65	27,8	14
90 (3h)	24,2	14

Imatge 68: Taula del control de la variació de temperatura i pH durant la reacció. Font pròpia.



Imatge 69: Gràfic de la variació de la temperatura i el pH durant el temps de la reacció. Font pròpia.

Tant en la taula com en el gràfic podem observar que la temperatura va disminuint progressivament a mesura que passen els minuts i les hores. Veiem també, que el valor del pH es manté constant durant aquest període de temps, atès que la reacció de saponificació tarda més d'uns minuts o unes hores en realitzar-se. Al cap de vuit hores, la mescla ja ha adquirit la temperatura ambient de (21,5 °C) i no és fins al cap de dos dies, que el pH canvia de valor i baixa fins a 12. A partir d'aquí el pH baixa molt ràpid, ja que, al tercer dia, tenia un valor d'11. Al cap d'un mes, el pH és neutre degut a que ha baixat fins al 7-8 i s'ha mantingut amb aquest valor des de llavors.



Imatge 70: pH en el primer moment de fer la reacció. Font pròpia.



Imatge 71: pH dos dies després de fer la reacció. Font pròpia.

Quant a la textura, vuit hores després, té una textura sòlida però no del tot, ja que continua sent de tacte tou, i es comença a sentir un aroma suau de sabó. A les 24 hores, té una consistència sòlida i una mica cremosa i oliosa. La seva olor és diferent, se sent més olor d'oli fregit. Amb tan sols dos dies, el color és més clar i la seva olor és més neutre i suau, mentre que la seva consistència continua sent cremosa. També, s'observa una separació de la pastilla de sabó i d'un sèrum groguenc. Finalment, al cap d'un mes, el sabó no fa olor de res i la seva textura és tan sòlida que amb prou feines se li pot clavar l'ungla.

Una observació important és que, passat un mes, s'observa un polsim blanc sobre del sabó, el qual és sosa sobrant, a causa de l'excés de sosa, i que, amb el temps, traspassa i es situa sobre del paper vegetal.



Imatge 72: Excedent de sosa sobre del paper vegetal. Font pròpia.



Imatge 73: Producte final: sabó d'oli reciclat. Font pròpia.

b) RECEPTA 2

RECERCA PRÈVIA:

Aquesta recepta serà una mica semblant a l'anterior, ja que en les dues es realitza el procediment de saponificació, però es diferencia perquè està feta en un laboratori i amb una recepta extreta d'una noia que té el següent canal de YouTube: *Rossana Tutorial's* (@rossanatorials2738). El descriu com a un sabó 100% amb oli de coco.

MATERIALS I PRODUCTES:

- Oli de coco
- Aigua destil·lada
- Hidròxid de sodi (sosa càustica)
- Llet de coco
- Espàtula
- Bol d'acer inoxidable
- Vareta de vidre
- Bàscula
- Protecció: guants, ulleres, mascareta i bata
- Termòmetre i tires de pH



Imatge 74: Imatge del material. Font pròpia.

PROCEDIMENT:

1. Primer, mirem la quantitat de reactius necessaris i recomanats.

Per 400 g d'oli de coco, s'ha de fer una solució de 102 g d'aigua destil·lada amb 51 g de NaOH (sosa càustica). Com a complements s'afegeixen 50 g de llet de coco per a fer bombolles més escumoses.

Com que el sobreengreixat i la concentració són importants per a determinar la fórmula, he volgut calcular-los per tal d'esbrinar quins percentatges s'han utilitzat per a fer la recepta, és a dir, he fet el contrari que en la recepta anterior.

Primer de tot he calculat la suposada quantitat de sosa que s'hauria d'haver utilitzat, amb l'índex de saponificació de l'oli de coco.

CÀLCUL DE LA QUANTITAT DE SOSA:

$$400 \text{ g oli de coco} \cdot 0,191 \text{ (g NaOH/g oli de coco)} = 76,4 \text{ g NaOH}$$

A través dels 76,4g de sosa i aïllant les fórmules nombrades anteriorment, he pogut obtenir el sobreengreixat i la concentració.

CÀLCUL DEL SOBREENGREIXAT:

$$76,4 \text{ g NaOH} \cdot \frac{(100 - \text{sobreengreixat})}{100} = 51 \text{ g NaOH} \quad \text{Sobreengreixat} \rightarrow 33\%$$

CÀLCUL LA CONCENTRACIÓ:

$$51 \text{ g NaOH} \cdot \frac{(100 - \text{concentració})}{\text{concentració}} = 102 \text{ g H}_2\text{O} \quad \text{Concentració} \rightarrow 33\%$$

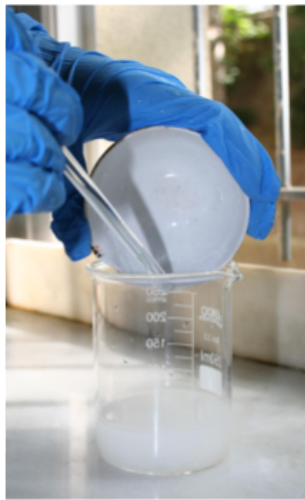
Finalment, he obtingut que aquesta recepta té un sobreengreixat del 33% i la concentració és, també, del 33%.

2. Un cop tenim mesurat i preparat tot el que necessitem. Comencem a fer les reaccions, les quals són molt similars a l'anterior.

1. Primer de tot, fem el lleixiu abocant la sosa, amb l'ajuda d'una espàtula, a un vas de precipitats que conté aigua destil·lada.
2. Esperem que es refredi, ja que es produeix una reacció exotèrmica. Mentrestant, escalfem una mica l'oli de coco en un bol d'acer inoxidable per a igualar més o menys les temperatures.
3. Tirem la llet de coco a l'oli i barregem bé.
4. Seguidament, hi tirem el lleixiu i remenem ca a una sola direcció durant una estona.
5. Quan s'ha refredat tot a uns 34 °C, ho podem en un motlle i cap a la nevera perquè solidifiqui abans.
6. Al cap d'una setmana, el tallem i emboliquem, igual que l'anterior, és a dir, amb paper vegetal.



Imatge 75: Pas 1: Fabricació de la lleixiu. Font pròpia.



Imatge 76: Pas 2: Escalfament de l'oli. Font pròpia.



Imatge 77: Pas 3: Barreja de l'oli amb la llet. Font pròpia.



Imatge 78: Pas 5: Mescla al motlle. Font pròpia.



Imatge 79: Pas 6: Embalatge del sabó. Font pròpia.

RESULTATS I OBSERVACIONS:

Just després de fer reaccionar totes les components, el pH està a 14, i és al cap d'una setmana quan aquest baixa, sorprenentment, molt ràpid fins a 6. No queda neutre, com l'anterior, ja que hi ha una part dels àcids grassos la qual no reacciona i, per tant, fan que el producte final quedi un pèl més àcid.

Si pensem en l'aroma, podem pensar que segurament farà olor de coco, però no ha estat així. Al cap d'una setmana, el sabó ja no feia olor de res, ni a coco, ni a sabó.

En el producte final d'aquesta recepta, no ha aparegut cap polsim blanc, això indica que les proporcions han estat correctes. Si és veritat, però, que a l'estiu, aquest sabó és més cremós, mentre que, a l'hivern, és més sòlid i dur.



Imatge 80: Producte final: Sabó d'oli de coco. Font pròpia.

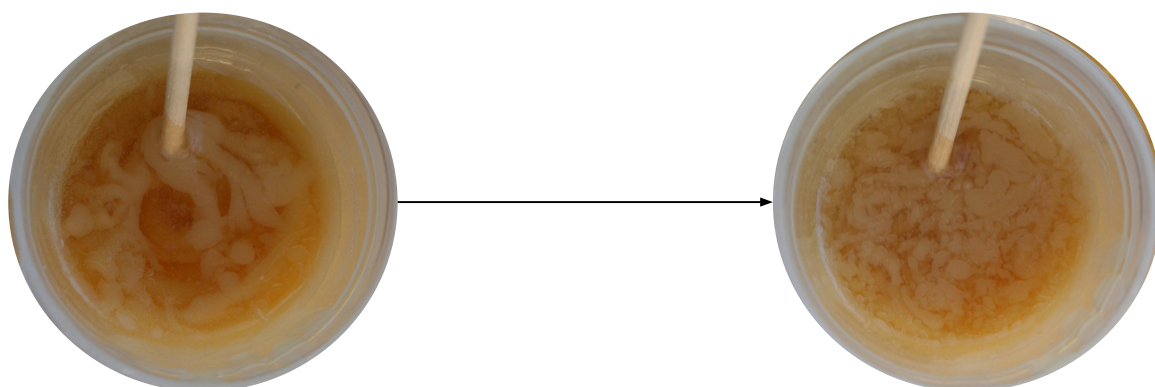
c) ALTRES OBSERVACIONS I PROVES

c.1) El sabó acabat de fer en un medi àcid.

Aquesta prova la vaig fer més aviat poder curiositat, ja que, un químic amb el qual vaig parlar, em va dir que, si mesclava una mica del sabó, acabat de fer, amb una mica de vinagre, el qual té un pH àcid, els àcids grassos se separarien.

Aquest fenomen també queda explicat en la teoria, així que, com que un dels meus objectius principals, també, és poder demostrar i comprovar aquests canvis, he volgut provar-ho.

Bàsicament, el que he fet ha sigut posar una mica de vinagre, el qual té un pH de 3, en un recipient i afegir-hi una mica de la reacció de sabó acabada de fer.



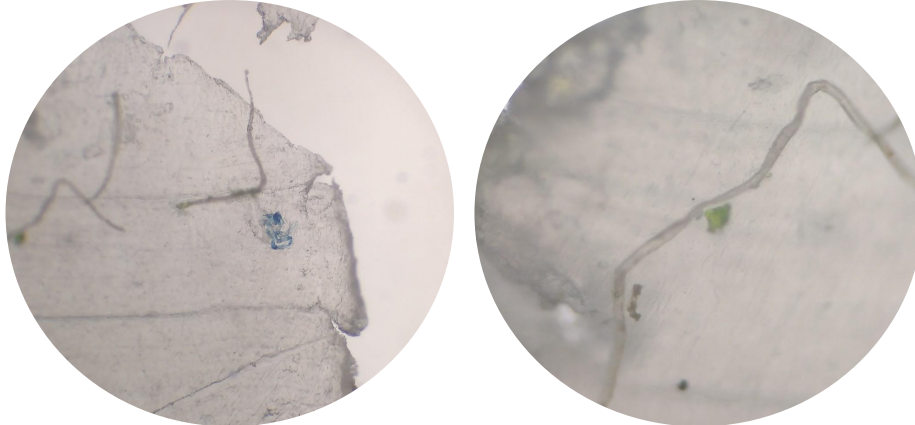
Imatge 81: Separació dels àcids grassos de l'oli reciclat, de la reacció del sabó, en un medi àcid. Font pròpia.

Doncs bé, clarament, es pot observar com aquest fet succeeix. A conseqüència del medi àcid, els àcids grassos s'han separat de la barreja original de sabó.

c.2) Observació dels sabons en el microscopi

He observat en el microscopi una mostra de cada sabó fabricat anteriorment i, a més a més, un d'aquest sabó en estat oxidat, per tal de veure si hi havia alguna diferència. Aquest últim el vaig deixar sense tancar durant moltes setmanes, fins que van sortir taques grogues.

Primerament, he observat el sabó oxidat d'oli reciclat, i els resultats han estat els següents:

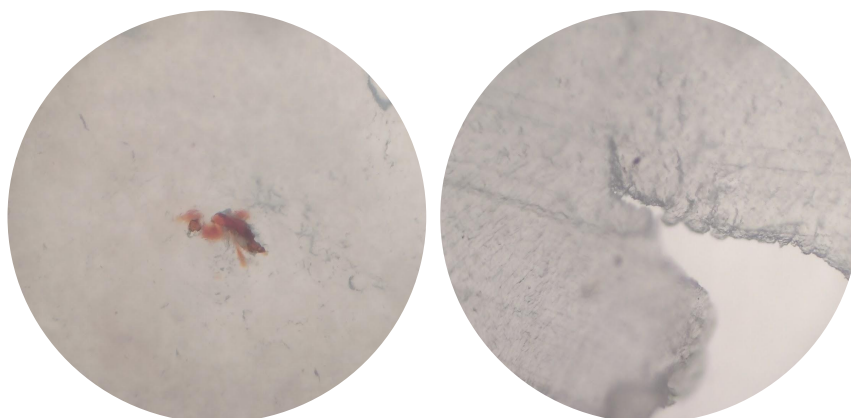


Imatge 82 i 83: Mostra del sabó d'oli reciclat oxidat. 64 augments. Font pròpia.

S'observen uns animals petits, els quals pensava que podien ser àcars, pel fet que han estat descoberts moltes setmanes, però, ho he consultat amb un biòleg i aquest ha afirmat que no eren àcars. Els filaments, que s'observen, són causats pel fet d'haver estat molt de temps sense tancar.

Realment, amb el microscopi, m'he adonat que no s'observa cap canvi en l'oxidació d'aquest producte, és a dir, que no es veu més groc. A simple vista es veu més bé si ho està o no, com en la imatge 26, en l'apartat de caducitat.

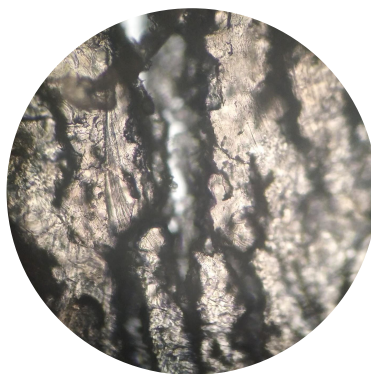
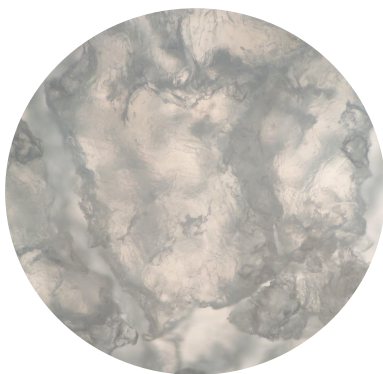
Seguidament, he observat el sabó d'oli reciclat pel microscopi:



Imatge 84 i 85: Mostra del sabó d'oli reciclat. 160 augments. Font pròpia.

Tot i ser un sabó amb menys impureses que l'anterior, he observat que també hi ha algun animal, així que he pogut concloure que aquests animals no depenen de si el sabó ha estat destapat o no, sinó que aquests han estat inclosos des que s'ha fabricat el sabó amb oli reciclat. Intueixo que aquests provenen del medi en el qual vaig fer el sabó, ja que va ser a l'aire lliure i sense cap mena d'esterilització. La seva procedència podria ser de diversos llocs, com per exemple, del pal de fusta, del cub o del mateix entorn.

Finalment, he observat el sabó d'oli de coco i he obtingut les següents imatges:



Imatge 86 i 87: Mostra del sabó d'oli de coco. 160 augments. Font pròpia.



Imatge 88: Sabó d'oli de coco cristal·litzant-se. Font pròpia.

A simple vista, es veu una clara diferència amb l'anterior, i és perquè aquest sabó ha estat fabricat en unes condicions diferents de l'anterior: s'ha fet a un laboratori on està tot més net i que, per tant, no hi ha hagut impureses.

Una altra diferència molt clara, observada des del microscopi, és que aquest sabó es veu diferent, com si estigués trencat, i això és a causa de la cristal·lització de l'oli de coco. A temperatures menors de 24 °C, tal com he dit anteriorment, es troba en estat sòlid, és a dir, es cristal·litza. Com que, en el moment de l'observació, el laboratori estava a uns 21 °C, s'ha pogut veure perfectament aquest fet. En la imatge 88 es veu com la capa externa és més transparent que l'interna, ja que la part de dins és l'últim que es cristal·litza.

Finalment, si comparem la imatge 86 i la 87, una és més fosca que l'altra, però això és només pel fet que, en la 87 he fet que hi hagués menys llum a través del condensador, per poder veure més bé el contrast de les línies de creixement. Com més grans són, vol dir que aquella zona està més cristal·litzada.

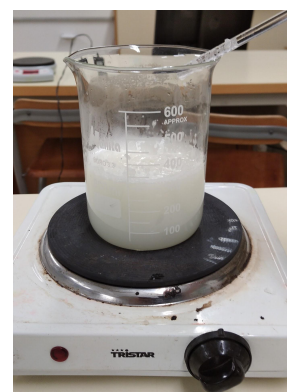
c.3) Conversió del sabó de sòlid a líquid.

Un cop ja he tingut fet el sabó, m'he adonat que l'estat en el qual està (sòlid) no em va bé per poder fer la segona part de la part pràctica, així que els he convertit en líquid.

Per fer-ho, vaig escalfar 250 g d'aigua destil·lada i vaig dissoldre-hi 60 g de sabó ratllat. També hi vaig barrejar uns 10 g de glicerina. En el cas del sabó d'oli reciclat vaig seguir aquestes mesures, mentre que amb el d'oli de coco, vaig afegir-hi una mica més d'aquest, ja que, com que aquest estava més dissolt i tenia menys quantitat de sosa, quedava massa líquid.



Imatge 89: Materials que he utilitzat. Font pròpia.



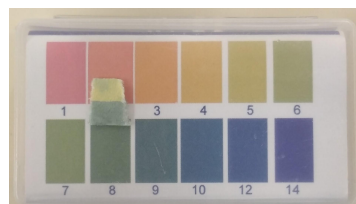
Imatge 90: Procediment. Font pròpia.



Imatge 91: Sabó d'oli reciclat líquid. Font pròpia.



Imatge 92: Sabó d'oli de coco líquid. Font pròpia.



Imatge 93: pH del sabó d'oli reciclat. Font pròpia.



Imatge 94: pH del sabó d'oli de coco. Font pròpia.

Finalment, he mesurat el pH del producte final. Aquest no ha variat, tal com hem pogut observar en la imatge 93 i 94. El pH de l'oli reciclat continua sent 7-8 i el d'oli de coco, 6.

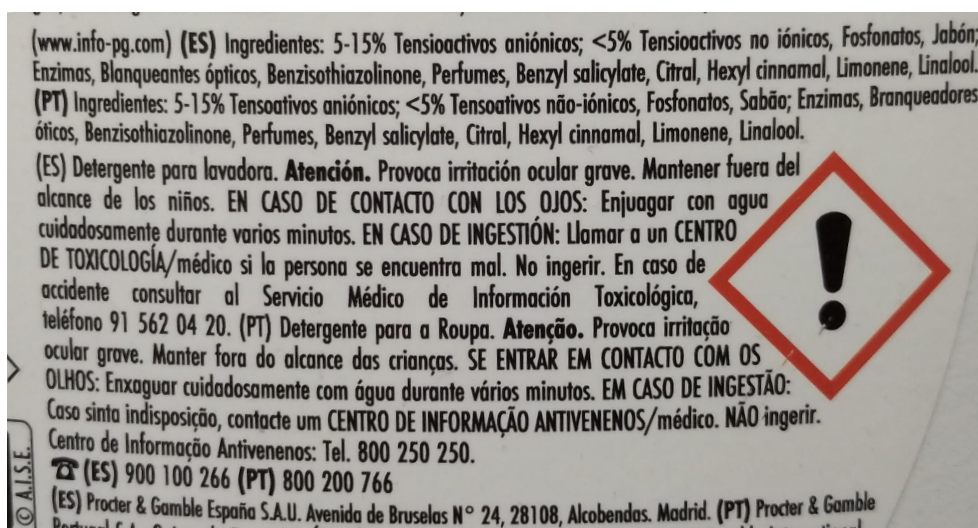
4.1.2 ANÀLISI DEL DETERGENT

Per a realitzar la part pràctica he utilitzat el detergent de la marca “Ariel Original”, ja que és un dels més comuns quant a neteja per la roba i, de fet, és el que fem a la rentadora de casa.

Tal com diu la normativa europea, explicada anteriorment, l'envàs del detergent ha de tenir una certa informació, així que analitzaré, a continuació, els ingredients i les recomanacions de dosificacions, ja que el que he destacat de la normativa.



Imatge 95: Detergent “Ariel Original”. Font pròpia.



Imatge 96: Etiqueta del darrere. Font pròpia.

En la imatge 96 hi trobem informació tant en espanyol com en portuguès. S'hi especifica els ingredients, els perills i informació de contacte.

Primerament, els ingredients no s'han d'especificar tots, sinó que, tal com diu la norma, només els d'una llista específica, nomenada anteriorment. En aquest detergent s'hi indiquen els tensioactius amb el seu interval de percentatge, els fosfonats i el sabó, per una part. Quant a sabó, fa referència al tipus de tensioactiu aniònic. D'altra banda, també s'hi indiquen els enzims, els blanquejants òptics, i els perfums. A part d'aquests, també s'especifiquen compostos més específics, els quals s'han de nomenar donat que la reglamentació els classifica com al·lèrgens. El *benzisothiazolinone* és una biocida, utilitzada

com a conservant, i la resta de compostos, *Benzyl salicylate*, *Citral*, *Hexyl cinnamal*, *Limonene* i *Linalool*, els quals són perfums per a donar aroma.

Seguidament, especifica com s'ha d'actuar en diferents casos, com per exemple, si el producte entra en contacte amb la pell, amb els ulls...

Finalment, tal com diu la norma, es dona un número per contactar en cas de voler informació i, també, es diu d'on prové el producte.



Imatge 97: Informació de la dosificació en l'etiqueta. Font pròpia.

En el cas d'aquest envàs, la dosificació recomanada no està especificada en una taula, sinó que, amb un \triangle , fa referència a l'aigua tova o moderada, mentre que l'aigua dura la representen amb dos $\triangle \triangle$. La informació escrita en el pot de dosificació, és per l'aigua tova, mentre que, es recomana sumar-li 30 ml si s'usa aigua dura. Veiem tres mesures: 110 ml, 85 ml i 55 ml. Segons la càrrega de la rentadora, s'haurà de triar una o una altra.

Un fet curiós és que els fabricants decideixen la quantitat de detergent segons les recomanacions i la quantitat de rentats que s'indica a la part davantera del producte, en aquest cas, 46 rentats. Si multipliquem els 46 rentats amb la recomanació de la dosificació amb aigua tova i a una càrrega de 4 a 5 kg, obtenim 2530 ml. De fet, aquesta quantitat és la total del detergent.

4.2 POSADA A PROVA

Un cop ja he tingut fet tot l'apartat anterior, he posat a prova els productes obtinguts i analitzats, segons diferents aigües, per tal de poder extreure conclusions i verificar, o no, les meves hipòtesis. Les variables independents són els tres productes de neteja, els quals són: el sabó d'oli reciclat, el sabó d'oli de coco i el detergent; i els dos tipus d'aigua, les quals són toves, amb una duresa de 2°dH, i dura, amb una duresa de 20 °dH.

4.2.1 QUANTITAT D'ESCUMA DELS PRODUCTES SEGONS L'AIGUA

Per a fer aquesta comprovació, vaig idear el següent experiment. Consisteix a comparar l'escuma que fa la mateixa quantitat de sabó amb la mateixa quantitat d'aigua, però amb una variable: la duresa de l'aigua. He fet 3 repeticions al mateix temps per tal d'evitar errors.

MATERIALS I PRODUCTES:

- Aigua tova (pluja) (A)
- Aigua dura (pou) (B)
- 6 tubs d'assaig iguals
- Gradeta
- Pipeta graduada d'1 ml
- Pipeta graduada de 10 ml
- Sabó d'oli reciclat (1)
- Sabó d'oli de coco (2)
- Detergent (3)
- Regle



Imatge 98: Material. Font pròpia.

Un altre aspecte a destacar és que la temperatura ambient és de 16,6 °C.

PROCEDIMENT:

Primer de tot, s'omplen 3 tubs d'assaig amb 10 ml d'aigua tova, i se'ls anomena A. S'omplen 3 més amb 10 ml d'aigua dura, i se'ls anomena B.

Seguidament, s'afegeix a tots els tubs 0,15 ml del sabó número 1. Es tapa la part superior amb el dit i es sacseja el tub durant 15 segons. De seguida, es marca amb un retolador el punt més alt d'escuma, tal com es veu en la imatge 102. El total es mesura en centímetres des de baix fins a la marca i s'apunta en una taula.

Finalment, es netegen els tubs d'assaig i es torna a fer exactament el mateix procediment però, aquest cop, amb el sabó 2 i 3.



Imatge 99: Marcatge dels tubs. Font pròpia.



Imatge 100: Aigües en els tubs d'assaig. Font pròpia.

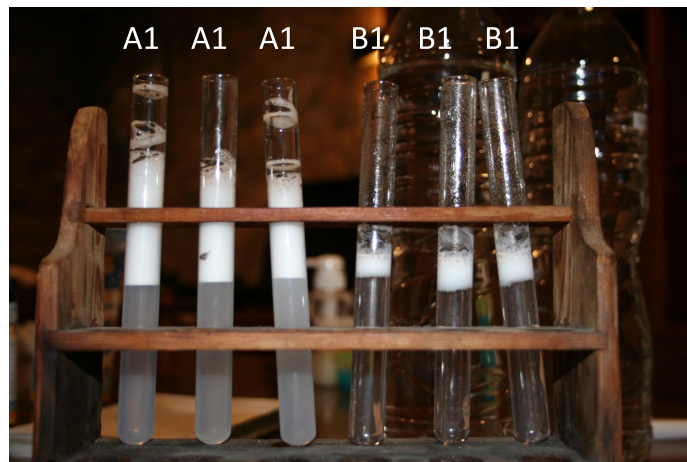


Imatge 101: Pipetejant el sabó. Font pròpia.

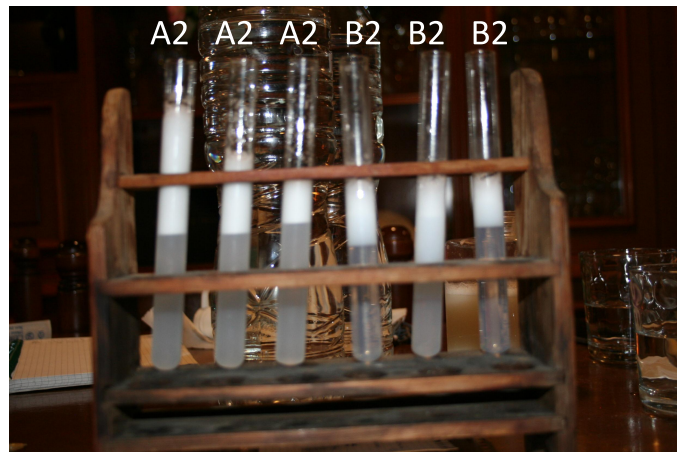


Imatge 102: Marcant l'escuma. Font pròpia.

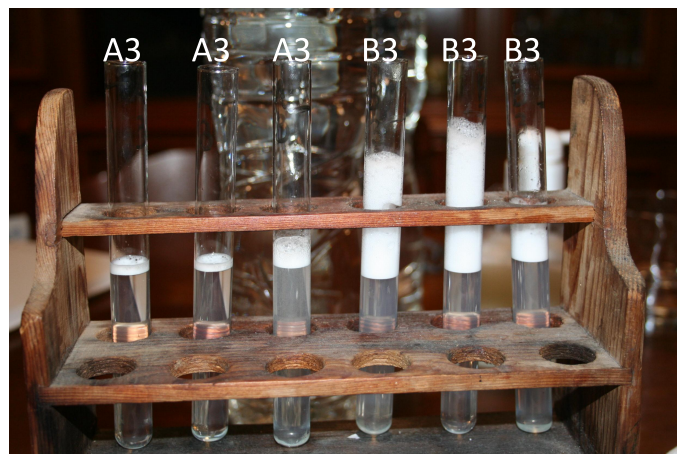
RESULTATS I OBSERVACIONS:



Imatge 103: Resultat de l'escuma del producte de neteja 1 amb els dos tipus d'aigua. Font pròpia.



Imatge 104: Resultat de l'escuma del producte de neteja 2 amb els dos tipus d'aigua. Font pròpia.



Imatge 105: Resultat de l'escuma del producte de neteja 3 amb diferents tipus d'aigua. Font pròpia.

Per veure més clarament els resultats, he fet una taula expressant la mesura en centímetres, segons el tipus de sabó i el tipus d'aigua.

	1 (sabó oli reciclat)			2 (sabó oli de coco)			3 (detergent)		
REPETICIONS	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A (tova)	11,5	11	10,5	12,5	10,5	10	14	13,5	13
B (dura)	7,5	7,5	8	8,5	9	8,5	12,5	12,5	13

Imatge 106: Centímetres de l'escuma segons el tipus de sabó i el tipus d'aigua. Font pròpia.

Fer una mitjana aritmètica de les repeticions, m'ajudarà a poder analitzar més bé les dades, així que en la següent taula hi ha els valors d'aquesta mitjana.

	1 (sabó oli reciclat)	2 (sabó oli de coco)	3 (detergent)
A (tova)	11 cm	11 cm	13,5 cm
B (dura)	7,6 cm	8,6 cm	12,6 cm

Imatge 107: Taula amb la mitjana aritmètica de l'anterior taula. Font pròpia.

Si una cosa està clar, és que les dades dels productes 1 i 2, s'assemblen més entre elles que amb les del 3r producte.

Tant en el primer, com en el segon, es veu una disminució de l'escuma en aigua dura. De fet, aquest fenomen s'explica gràcies al fet que els ions, d'aquesta aigua, fan que el sabó precipiti (explicat anteriorment). En canvi, en el tercer, podem veure que la diferència de centímetres de l'escuma en l'aigua tova i en aigua dura, no ho és tant. Això és degut als coadjuvants que se li afegeixen al detergent, els quals impedeixen que els ions de l'aigua dura canviïn les propietats d'aquest.

En el primer (Imatge 103), si comparem les dues aigües, s'observa que, en la tova, es dissol més bé que en l'aigua dura. En aquesta última, es queden partícules en suspensió sense dissoldre.

En el segon (Imatge 104), no passa exactament el mateix que l'anterior, tot i que l'escuma sí que ha sigut més o menys la mateixa. En l'aigua tova s'ha dissolt igual que en primer, però en l'aigua dura, tot i que també hi havia alguna partícula en suspensió, s'ha dissolt bastant més bé. Segurament és per això que hi ha hagut algun centímetre més d'escuma.

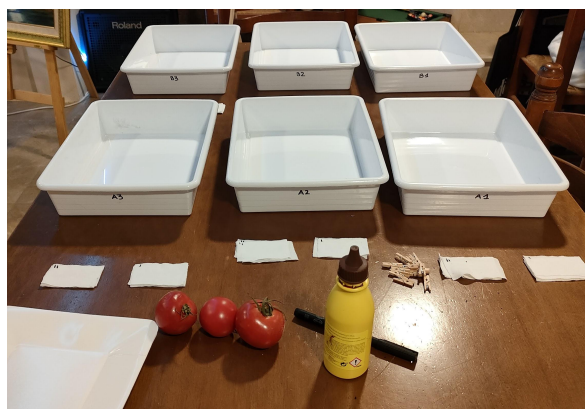
Una observació curiosa és que el detergent (Imatge 105) ha fet molta escuma, però aquesta no s'ha mantingut tant de temps com la dels altres dos. La de l'aigua tova ha baixat una mica més ràpid que la de l'aigua dura. Aquest fet és degut als additius que se li afegeixen. Parlant amb un químic expert en detergents, Manel Giménez, em va comentar que, a ells, els fabricants de detergents, molts cops no els interessa fer productes que produeixin molta escuma, ja que, per exemple, la rentadora es fa malbé amb tanta bromera. Llavors, és per això que, l'escuma d'aquest detergent, no resisteix tant.

4.2.2 QUALITAT DEL RENTAT DELS PRODUCTES SEGONS L'AIGUA

Per a poder comprovar com netegen els productes triats, he ideat la següent prova. Consisteix a tacar, en la mateixa mesura, diversos trossos de tela i posar a prova diferents productes de neteja en diferents tipus d'aigües. He fet tres repeticions al mateix temps, per tal d'evitar errors. Per a les taques, he triat una fàcil, per comprovar que tots funcionen, i una difícil per mesurar el grau de neteja. Una de les taques és la povidona iodada (o també coneguda com a betadine) i, l'altra taca, tomàquet natural.

MATERIALS I PRODUCTES:

- Aigua tova (pluja) (A)
- Aigua dura (pou) (B)
- Sabó d'oli reciclat (1)
- Sabó d'oli de coco (2)
- Detergent (3)
- 6 recipients de 3L
- 36 trossos de tela (6x3)
- Povidona iodada (Betadine) (I)
- Tomàquet natural (II)



Imatge 108: Material. Font pròpia.

PROCEDIMENT:

Primer de tot, es marca cada recipient amb una lletra (A o B), segons l'aigua, i un número (1, 2 o 3), segons el producte. També, es tallen 36 trossos de tela de 6 cm d'ample i 3 cm d'altura.

Seguidament, s'embruten 18 trossos de tela amb betadine (I) i la resta de teles amb tomàquet natural (II). S'ha de procurar que totes quedis més o menys en la mateixa proporció.

Mentre deixem que reposin una estona les taques, s'omplen els sis recipients amb 1,5 l d'aigua. En els tres primers, com que tenen la A, hi anirà aigua tova, mentre que en els tres del darrere, hi anirà aigua dura, la qual correspon a la lletra B.

Doncs bé, ara que ja està tot preparat, tirem a cada recipient, tres teles de cada, és a dir, hi han d'haver sis en total: tres de betadine (I) i tres de tomàquet natural (II).

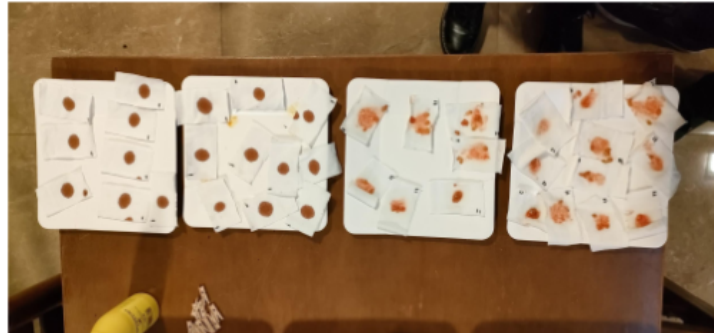
Es deixen reposar les teles en aigua una estona i, seguidament, s'afegeix una gota de producte sobre de cada taca. En els dos recipients que hi ha l'1 (A1 i B1), s'haurà de posar el sabó d'oli reciclat, en el (A2 i B2) el sabó d'oli de coco i, finalment, en el número 3, el detergent.

Ho deixem reposar una estona més i, després, freguem amb les mans cada tros de tela. Aquest últim pas el fem dues vegades en total.

Finalment, esbandim les teles i traiem l'aigua de cada recipient. Les deixem assecar i observem.



*Imatge 109: Embrutant les teles.
Font pròpia.*



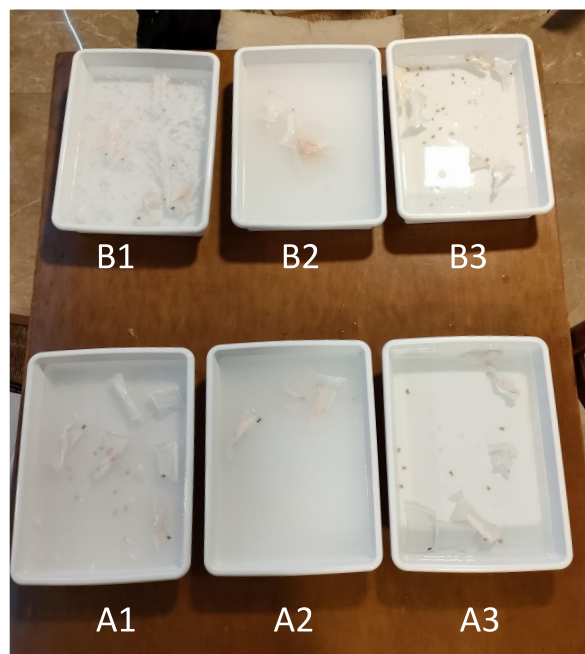
Imatge 110: Teles brutes de betadine o tomàquet. Font pròpia.



Imatge 111: Teles en remull. Font pròpia.



Imatge 112: Fregant les teles. Font pròpia.

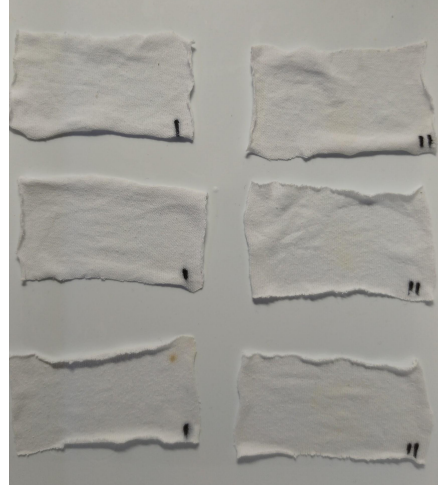


Imatge 113: Repòs final de les teles. Font pròpia.

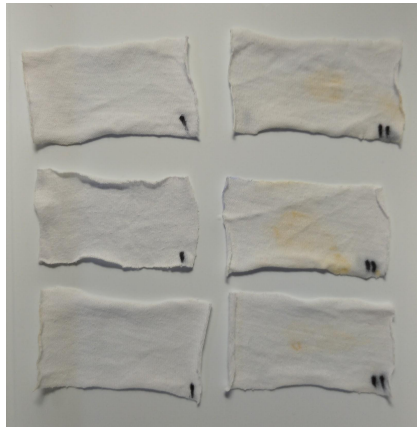
RESULTATS I OBSERVACIONS:



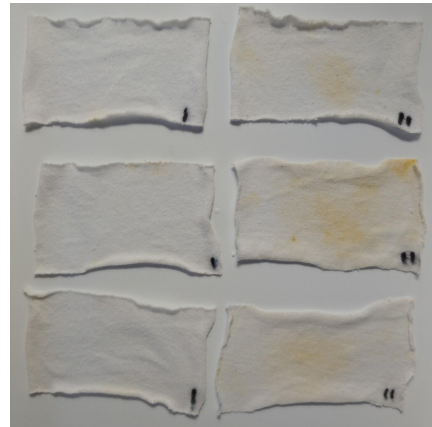
Imatge 114: A1. Aigua tova i sabó d'oli reciclat. Font pròpia.



Imatge 115: B1. Aigua dura i sabó d'oli reciclat. Font pròpia.



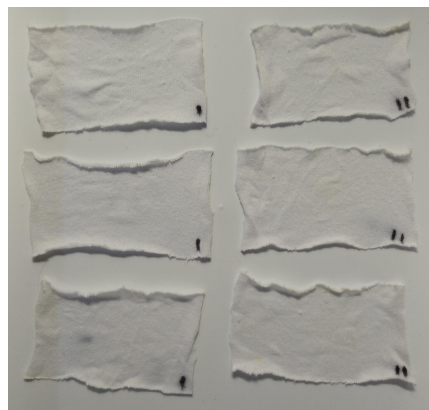
Imatge 116: A2. Aigua tova i sabó d'oli de coco. Font pròpia.



Imatge 117: B2. Aigua dura i sabó d'oli de coco. Font pròpia.



Imatge 118: A3. Aigua tova i detergent. Font pròpia.



Imatge 119: B3. Aigua dura i detergent. Font pròpia.

Les imatges anteriors han sigut dels resultats obtinguts un cop les teles s'han assecat.

Si mirem la imatge 113, observem que, en general, el sabó d'oli reciclat li ha constatat de dissoldre's en les dues aigües, tot i que en la dura, encara ho ha fet menys. En canvi, el sabó d'oli de coco s'ha dissolt més bé, tant en aigua tova com en aigua dura. En el cas del detergent, aquest s'ha dissolt, ja que no ha precipitat com en el primer, però tampoc podem dir que s'ha dissolt com el segon, perquè no ha deixat l'aigua blanca, com ho ha fet el sabó d'oli de coco, sinó que l'aigua ha quedat transparent en els dos casos.

Doncs bé, si ara ens fixem en la qualitat del rentat, veiem que tots els productes han sigut capaços de netejar la povidona iodada (betadine). Sí que és veritat, que aquesta substància és més fàcil de treure que el tomàquet, però l'he posat com una taca per comprovar que els productes realment funcionen, ja que, si no l'haguessin pogut eliminar al 100%, es podria intuir que aquell sabó no funciona.

En els primers dos casos (imatge 114 i 115), m'ha sorprès que aquest sabó d'oli reciclat ha netejat un pèl més bé les taques en aigua dura que en aigua tova. També, s'observa que aquest ha netejat bastant més bé que el de coco. No ho ha fet tan bé com el detergent, ja que han quedat unes marques ataronjades, però ho ha fet més bé del que m'esperava. Tenia baixes expectatives d'aquest sabó, ja que, com hem vist anteriorment, ha precipitat i quasi que no s'ha dissolt.

En el segon cas (imatge 116 i 117), es veu molt clarament que el sabó d'oli de coco no ha eliminat el tomàquet, però, si comparem entre el A i el B, s'observa que, en aigua tova, ha marxat una mica més que en aigua dura. Aquest ha estat el que més superfície de tomàquet ha deixat, de fet, l'ha escampat per tota la resta de la mateixa tela. No m'esperava aquest resultat, ja que el sabó d'oli de coco és el que més dissolt estava, per tant, m'esperava una major eliminació de la brutícia.

Finalment, en els últims casos (imatge 118 i 119), el resultat és molt obvi. El detergent ha sigut l'únic capaç de retirar per complet totes les taques, de fet, les ha eliminat a la perfecció tant en aigua tova com en aigua dura.

Així doncs, podem dir que el detergent és el que més ha netejat, comparant-ho amb la resta, tant en aigua dura com en aigua tova.

4.2.3 RELACIÓ DE LES DUES PROVES

L'objectiu principal d'haver realitzat aquests dos experiments és poder-los comparar per a argumentar si les meves hipòtesis són verdaderes o, si, per contra, són falses.

Compararé la quantitat d'escuma amb la qualitat del rentat per a poder veure si hi ha alguna relació, és a dir, com més escuma, més elimina les taques; o no.

Sovint es creu que sí que van relacionats i és per això que vull verificar-ho o desmentir-ho.

Primer de tot, compararé els dos resultats del sabó d'oli reciclat (Imatges 103, 114 i 115). En aquest cas, és molt evident que no està relacionat, ja que, en aigua dura, la qual no ha fet gens d'escuma, les taques de tomàquet han marxat més bé que les d'aigua tova, amb la qual ha fet moltíssima més escuma.

D'altra banda, el segon producte, el sabó d'oli de coco (Imatges 104, 116 i 117), ens demostra que no està relacionat, ja que ha fet molta escuma, quasi com el primer sabó. El que passa, és que, aquest no ha netejat bé les taques del segon experiment, tal com podem veure en les imatges 116 i 117.

Finalment, si comparem els resultats dels experiments, en els quals he fet servir el detergent (Imatges 105, 118 i 119), pot semblar que l'escuma sí que està relacionada amb el rentat, ja que en el primer experiment fa molta escuma i, en el segon, neteja molt bé les taques, però s'ha de tenir en compte una cosa, i és que aquesta escuma va baixar en menys de 5 segons, llavors tampoc es pot considerar vàlida, comparant-la amb les altres, les quals s'aguanten més.

En conclusió, gràcies a la comparació d'aquests dos experiments, he pogut comprovar que no, la quantitat d'escuma no està relacionada amb la qualitat del rentat.

CONCLUSIONS

Finalment, després d'haver elaborat tot el treball, tant la part teòrica com pràctica, puc dir que, gràcies a la recerca d'informació, a l'experimentació i a la comparació de diferents proves, tinc les suficients eines per a refusar o confirmar les hipòtesis que he plantejat a l'inici del treball.

La primera hipòtesi afirma que la quantitat d'escuma està directament relacionada amb la qualitat del rentat. Doncs bé, he pogut comprovar fermament, que aquesta pressuposició és falsa pel fet que no es veu cap relació directa entre aquestes dues activitats. La comparació detallada de les dues proves està en l'apartat anterior (4.2.3). Com a resum, justament, el producte que ha fet més escuma i s'ha dissolt més bé, ha estat el producte que menys ha netejat.

D'altra banda, la segona hipòtesi plantejada, nega que el tipus d'aigua canviï les propietats i el funcionament dels productes de neteja. Clarament, aquesta conjectura és falsa, pel fet que tant en el primer, com en el segon experiment, s'observen diferents resultats segons si l'aigua és d'un tipus o d'un altre. Un exemple molt clar és en l'espuma del sabó d'oli reciclat, la qual feia molta bromera en aigua tova, però en aigua dura, no tanta.

A més a més de les hipòtesis, he aconseguit l'objectiu principal, el qual és arribar a comparar i aprendre de manera experimental i teòrica, les característiques, els usos i la creació, tant de diferents formes de sabons tradicionals com de detergents comercials. He après com es fan (i es feien) els sabons artesanals i els detergents. Específicament, he pogut comprovar com afecten els additius dels detergents, ja que, per exemple, aquests fan que el producte funcioni a la perfecció tant si està en aigua dura com en aigua tova. També, he aplicat la teoria a la realitat en molts casos, un d'ells és en la prova de posar la mescla de sabó acabada de fer en un medi àcid per veure com els àcids grassos quedaven separats. Un altre exemple és en el que he comprovat que la solució d'hidròxid de sosa i aigua és exotèrmica, mesurant la temperatura.

Amb aquest treball m'he adonat d'una cosa, i és que les proporcions i mesures de tots els productes de neteja, especialment dels sabons artesanals, són molt importants i s'han de fer servir les adequades per a evitar desequilibris en el producte final. Si fem reaccionar sosa en

excés, tal com hem pogut comprovar en la recepta tradicional del sabó d'oli reciclat, en el producte final queda un polsim o una crosta blanca, la qual irrita la pell perquè l'acidesa i la basicitat no s'han equilibrat. Les receptes que trobem per internet estan molt més ben preparades, mentre que en la fórmula tradicional, es fa evident que abans es feien les mesures a ull i no es tenia tant en compte aquest balanç àcid-base.

Respecte a les conclusions extretes de cada apartat en concret, cal remarcar que ja s'han comentat en un subapartat anomenat "*resultats i observacions*".

Quant a la informació, la majoria l'he extret de moltes webs i llibres, tal com es pot veure en les cites, ja que he contrastat molt les informacions per assegurar-me que són verídiques i no tenen cap errada.

Un aspecte que també vull comentar, són els problemes que m'han sorgit a l'hora de fer el treball. En un inici, volia comparar els sabons amb diferents detergents de diferents tensioactius, concretament els aniònics i els catiònics, però vaig veure que hi havia masses variables en cada experiment i que, en veritat, no em serviria de res fer-los amb els catiònics, ja que aquests no netegen, sinó que suavitzen la roba. Una altra limitació que vaig tenir, va ser a l'hora de trobar la glicerina, ja que es veu que no la solen vendre tan fàcilment a les farmàcies. Vaig anar a la del meu poble i vaig poder aconseguir-ne una mica, perquè estava caducada i, per protocol, no la poden fer servir, però, finalment, em va funcionar a la perfecció.

Per acabar, m'agradaria dir que estic molt satisfeta amb els resultats del meu treball de recerca, ja que he pogut demostrar i comprovar amb certesa, la veracitat o la falsedat de les meves hipòtesis. Aquesta recerca m'ha conscienciat, sobretot, del fet que realment podem reciclar materials o substàncies, que sovint tirem, com és l'oli de fregir, i que el podem convertir en un producte que, almenys, fa la seva funció bàsica.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

BIBLIOGRAFIA

Biologia 1r Batxillerat. Grup Promotor, 2016.

Díaz Zagoya, Juan C. *BIOQUÍMICA*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2007.

Gray, T. (2015). *Molècules: Els elements i l'arquitectura de tot* (1.^a ed.). Publicacions de la Universitat de València.

L.G. Wade, Jr. *Química Orgánica*. Translated by Ma. Aurora Lanto Arriola and Laura Fernández Enríquez, vol. 1 i 2, México, Pearson Educación, 2012.

ARTICLES

Diario de Madrid. "HISTORIA DEL JABÓN."

https://diario.madrid.es/cieacasadecampo/wp-content/uploads/sites/61/2020/03/A_nexo-1-Historia-del-Jab%C3%B3n.pdf. Recuperat el 5 Juny 2022.

"El món dels detergents." *Premis Recerca UVic*, 20 febrer 2011,

https://premisrecerca.uvic.cat/sites/default/files/webform/00df1853e50c0a6921bd99c0a23f412958d36a9e_TreballVic_Treball2eselbocomplet.pdf. Recuperat el 4 Juny 2022.

"Fabricació de un detergent en pols." 17 June 2010,

<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/10502>. Recuperat el 4 juny 2022.

Juárez, María Daniela, and Norma Sammán. "El deterioro de los aceites durante la fritura."

2007, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2676828>. Recuperat el 15 setembre 2022.

Kogawa, Ana Carolina. "Synthetic detergents: 100 years of history." *Science Direct*, 2006.

Recuperat el 10 Octubre 2022.

Lozano Mena, Glòria. “Experiències didàctiques i treballs pràctics.” *L'elaboració del sabó casolà com a eina per construir el moder Canvi Químic.*, 2016, <https://ddd.uab.cat/record/169351>. Recuperat el 18 març 2022.

Pintos Verjel, Zunel. *La neteja a les nostres mans*. 2016. Recuperat el 29 març 2022.

Regla, Ignacio, et al. “La química del jabón y algunas aplicaciones.” 2014. *Revista digital universitaria*, <https://www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art38/art38.pdf>. Recuperat el 2 agost 2022.

Reglamento (UE) Nº 648/2004 del Parlamento europeo y del Consejo, de 31 de marzo de 2004, sobre la publicación electrónica del Diario Oficial de la Unión Europea.

Universitat de València. “Laboratorio de química orgánica 1.” 2018-2019, <https://www.uv.es/organica/CUADERNOS%20LABORATORIOS/2018-2019/LQOI-CUA DERNILLO%202018%20original.pdf>. Recuperat el 2 octubre 2022.

Ramos, Jessica. “Como hacer jabones: Aprende a formular recetas de jabón por saponificación.” <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IxOBDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT28&dq=como+actuan+el+jabon&ots=dmZ8T3uKes&sig=kPMIUx2pYBP1rugHOUMToZiF2A0#v=onepage&q&f=false>. Recuperat el 7 setembre 2022.

Ficha de datos de seguridad. (2015). ROTH. <https://www.uv.mx/pozarica/cq/files/2021/02/HIDROXIDO-DE-SODIO.pdf>. Recuperat el 8 de juliol de 2022.

AJUDES GRAMATICALS

“Diccionari de sinònims de català/valencià en línia.” *Softcatalà*, <https://www.softcatala.org/diccionari-de-sinonims/>. Accessed 2022.

“Marcadors i connectors — Serveis i recursos lingüístics. Idiomes a la UPC — UPC. Universitat Politècnica de Catalunya.” *UPC*,

<https://www.upc.edu/slt/ca/recursos-redaccio/criteris-linguistics/frases-lexic-paragraf/marcadors-i-connectors>. Accessed 2022.

WEBGRAFIA

Los beneficios del aceite de coco. (2016, 6 novembre). IMPULSE NUTRICIÓN BARCELONA.

<https://www.impulsenutricionbarcelona.com/blog/aceite-coco/>. Recuperat el 7 Novembre 2022.

Las Valdesas. (s. d.). *Ácidos grasos del aceite de oliva.*

<https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/propiedades-composicion-aceite-oliva/fraccion-saponificable/> Recuperat el 5 Novembre 2022.

Cajal, A. (2019, 16 maig). *Tensión interfacial: definición, ecuación, unidades y medición.*

Lifeder. <https://www.lifeder.com/tension-interfacial/>. Recuperat el 16 Novembre 2022.

Pharma book bank: Image. (s. d.).

<https://pharmabookbank.files.wordpress.com/2019/03/inorganic-chemistry.pdf>. Recuperat el 16 Setembre 2022.

Cómo calcular la cantidad de aceite y de sosa para hacer jabón. (2017, 14 junio).

Experimentos Científicos.

<https://www.experimentoscientificos.es/calcular-cantidad-aceite-sosa/>. Recuperat el 4 Novembre 2022.

Valverde, M. (2022, 4 octubre). *¿Cómo limpia el jabón? Mecanismo de detergencia de los tensioactivos.* ZS España.

<https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/como-limpia-el-jabon-mecanismo-de-detergencia-de-los-tensioactivos/>. Recuperat el 14 Octubre 2022.

Colaboradores de Wikipedia. (2022, 9 desembre). *Detergente.* Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Detergente>. Recuperat el 5 Juny 2022.

Detergente. (s. f.). <https://www.quimica.es/enciclopedia/Detergente.html>. Recuperat el 22 Agost 2022.

- Tabero, P. (s. d.) “¿De verdad funcionan los detergente para blanquear la ropa blanca?” - *Blog de Pepa Tabero*,
<https://pepatabero.com/detergente-para-blanquear-la-ropa-blanca/amp/>. Recuperat el 20 Novembre 2022.
- Diferenciador (2020, 21 octubre) “Diferencia entre ácidos y bases fuertes y débiles (con ejemplos).”, <https://www.diferenciador.com/acidos-y-bases-fuertes-y-debiles/>.
Recuperat el 30 Octubre 2022.
- Granvelada.com (2016, 1 desembre) “Diferencias entre jabón de aceite y jabón de glicerina.” *Gran Velada*,
<https://www.granvelada.com/blog/diferencias-entre-jabon-glicerina-y-jabon-aceite/>.
Recuperat el 25 Octubre 2022.
- AulaNatural (A.) “Diferencias entre jabones y detergentes.” *Aula Natural*, 2020, 16 març,
<https://aula-natural.com/diferencias-entre-jabones-y-detergentes/>. Recuperat el 30 Setembre 2022.
- Colaboradores de Wikipedia. (2022, 12 febrer). “Equilibrio hidrófilo-lipofílico”. Wikipedia, la enciclopedia libre.
https://es.wikipedia.org/wiki/Equilibrio_hidr%C3%B3filo-lipof%C3%ADlico#%C3%89s_teres_de_%C3%A1cidos_grasos. Recuperat el 7 Desembre 2022.
- The First Persil Washing Powder • The Story of Persil • MyLearning*. (s. f.).
<https://www.mylearning.org/stories/the-story-of-persil/1216> . Recuperat el 27 Agost 2022.
- Barcala, J. G. (2017, 12 marzo). *Es verdad, los romanos usaban la orina para lavar la ropa y otras cosas peores. . . .* Ciencia Histórica.
<https://www.cienciahistorica.com/2014/04/27/los-romanos-usaban-la-orina-cosas-peores/>. Recuperat el 25 Agost 2022.
- España, Z. & S. (2022, 8 julio). [GUÍA GRATUITA] *Qué son los tensioactivos aniónicos y los tensioactivos como emulsionantes*. ZS España.

<https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-tensioactivos-anionicos/>.

Recuperat el 12 Octubre 2022.

Helmenstine, A. M. (2020, 4 febrero). *Definitions of pH, pKa, Ka, pKb, and Kb*. ThoughtCo.

<https://www.thoughtco.com/ph-pka-ka-pkb-and-kb-explained-4027791>. Recuperat el

30 Octubre 2022.

colaboradores de Wikipedia. (2022b, noviembre 27). *Hidróxido de sodio*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido_de_sodio.

Recuperat el 13 Juliol 2022.

Historia del jabón- Jabones Beltrán. (s. f.).

<https://www.jabonesbeltran.com/historia-del-jabon.html>. Recuperat el 2 Agost 2022.

HISTORIA DEL JABÓN. ... EL MONTE SAPO -. (2016, agosto 25). Licolé - Cosmética Natural de Licopeno SL.

<https://cosmeticanaturaldelicopeno.com/es/blog/cosmetica-natural-de-licopeno/historia-del-jabon-el-monte-sapo>. Recuperat el 2 Agost 2022.

Jabón. (s. d.) <https://www.quimica.es/enciclopedia/Jab%C3%B3n.html>. Recuperat el 30

Setembre 2022.

Jabón de ceniza. (s. f.). MundoHuerto.

<https://www.mundohuerto.com/autosuficiencia/jabon-ceniza>. Recuperat el 2 Agost 2022.

La apasionante historia del jabón. (2022, 28 febrero). web oficial de Empresa & Limpieza, revista especializada en el sector de la limpieza profesional.

<https://empresaylimpieza.com/art/2039/la-apasionante-historia-del-jabon>.

Recuperat el 19 Agost 2022.

Gros, A. (2020, 21 enero). *Lleixiu de cendra, sabó potàssic i insecticides casolans*.

Agrocultura.

<https://www.agrocultura.org/lleixiu-cendra-sabo-potassic-insecticides-casolans/>.

Recuperat el 11 Agost 2022.

Manual de uso de productos químicos. (s. d.). www.umavarra.es.

http://www.unavarra.es/digitalAssets/146/146686_100000Manual-de-uso-de-productos-quimicos.pdf Recuperat el 19 Octubre 2022.

Michel Eugene CHEVREUL | Padre de la química del jabón. (s. f.).

<https://www.ajedrea.com/blog/40-michel-eugene-chevreul-padre-de-la-quimica-del-jabon>. Recuperat el 19 Agost 2022.

Our Story. (2022, 1 abril). Bon Ami. <https://www.bonami.com/our-story/>. Recuperat el 27 Agost 2022.

colaboradores de Wikipedia. (2022, junio 29). *Proceso Solvay*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Solvay. Recuperat el 2 Desembre 2022.

¿Qué son los tensioactivos? (2013, 9 noviembre). Idun Nature.

<https://www.idun-nature.com/blog/archivos/que-son-los-tensioactivos/>. Recuperat el 5 Octubre 2022.

Valverde, M. (2022, 3 enero). *¿Qué son los tensioactivos no iónicos y cuáles son sus aplicaciones industriales?* ZS España.

<https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-tensioactivos-no-ionicos-y-cuales-son-sus-aplicaciones-industriales/> Recuperat el 14 Octubre 2022.

Valverde, M. (2022b, julio 26). *¿Qué son los tensoactivos anfóteros y para qué se utilizan en la industria cosmética?* ZS España.

<https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/tensoactivos-anfoterousos-aplicaciones/>. Recuperat el 14 Octubre 2022.

QUÍMICA // 2º BACHILLERATO. REACCIONES DE TRANSFERENCIA DE PROTONES. IES Fernando de los Ríos, Quintanar del Rey (Cuenca),

<http://ies-fernandorios.centros.castillalamancha.es/sites/ies-fernandorios.centros.castillalamancha.es/files/descargas/Tema%207%20QUIMICA%20%282016%29.pdf>.

Recuperat el 29 Octubre 2022.

Xiamen Huaqiangda Biotechnology Co., Ltd. (1899, 31 diciembre). *Quines són les substàncies efectives dels conservants industrials per al detergent? - Notícies.*

<http://ca.waquiangda.com/news/what-are-the-effective-substances-of-industria-51606281.html> Recuperat el 3 Novembre 2022.

EcuRed. (s. d.). *Reacción de neutralización - EcuRed.*

https://www.ecured.cu/Reacci%C3%B3n_de_neutralizaci%C3%B3n Recuperat el 27 Octubre 2022.

Ripoll, E. (s. d.). *Ácidos y bases. Proyecto descartes.*

https://proyectodescartes.org/uudd/materiales_didacticos/acidosbases-JS/index.html Recuperat el 30 Octubre 2022.

Sanz, S. (s. d.). *Química Orgánica Industrial.*

<https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-10.php>. Recuperat el 12 Novembre 2022.

EcuRed. (s. d.-b.). *Saponificación - EcuRed.* <https://www.ecured.cu/Saponificaci%C3%B3n>.

Recuperat el 27 Octubre 2022.

M. (2019, diciembre 12). *SAPONIFICATION CALCULATOR - HANDCRAFTED SOAP MAKING.*

MendruCalc©. <https://calc.mendruandia.es/?lg=en>. Recuperat el 4 Octubre 2022.

Soap. (s. f.). <https://www.exploratorium.edu/ronh/bubbles/soap.html>. Recuperat el 20

Novembre 2022.

Soaps & Detergents History | The American Cleaning Institute (ACI). (s. f.).

<https://www.cleaninginstitute.org/understanding-products/why-clean/soaps-detergents-history> Recuperat el 25 Agost 2022.

Soda cáustica: qué es, características y precauciones. (s. f.).

<https://www.amoquimicos.com/caracteristicas-de-la-soda-caustica> Recuperat el 13 Juliol 2022.

Eugeniblog (E.), *Tabla de Fortaleza de Ácidos y Bases Scribd,*

<https://www.scribd.com/doc/45142415/TABLA-DE-FORTALEZA-DE-ACIDOS-Y-BASES>
Recuperat el 30 Octubre 2022.

Nature, I. (2013, 9 novembre). *Tensioactivos Catiónicos*. Idun Nature.

<https://www.idun-nature.com/blog/archivos/tag/tensioactivos-cationicos/>.

Recuperat el 15 Novembre 2022.

Lorenzo (L.) (s. d.), *Tension superficial e interfacial*: Definición, cómo se mide y algunas aplicaciones. — Steemit." *Steemit*,

<https://steemit.com/stem-espanol/@emily61/tension-superficial-e-interfacial-definicion-como-se-mide-y-algunas-aplicaciones>. Recuperat el 16 Novembre 2022.

Tensoactivo. (s. d.). <https://www.quimica.es/enciclopedia/Tensoactivo.html>. Recuperat el 3 Setembre 2022.

3.6.1. *Teorías ácido - base | Química general*. (s. f.).

<http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/361-teorias-acido-base.html>.

Recuperat el 28 Octubre 2022.

Velada, G. (2021, 15 julio). *Tipos de jabones de glicerina*. Blog de Gran Velada.

<https://www.granelada.com/blog/tipos-de-jabones-de-glicerina/>. Recuperat el 2 Novembre 2022.

Una bona manera de reciclar l'oli utilitzar per fregir, és elaborar sabó natural artesà, tal com es feia abans, *palafrugell.cat*,

<https://residus.palafrugell.cat/wp-content/uploads/2020/12/sabo-artesa.pdf>

Recuperat el 4 Novembre 2022.

unidad didáctica 2. (s. d.).

https://www.ugr.es/%7Esevimeco/documentos/edu_multimedia/acido_base/unidad_didactica.htm. Recuperat el 8 Desembre 2022.

Tarrasense, A. (s. f.). *WO2016113436 MATERIAL INHIBIDOR DE LA TRANSFERENCIA DE*

COLOR. <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=WO2016113436>.

Recuperat el 20 Novembre 2022.