

DOLCES MENTIDES

CONTINGUT DE SUCRES EN UN SUC DE FRUITA

Maria Bagudà Torrent

2n de Batxillerat A

Curs 2018-2019

Institut Llagostera

Tutor: Esteve Moré Torras



AGRAÏMENTS

A l'Esteve Moré, perquè sense la seva ajuda hagués sigut molt més difícil dur a terme el treball i perquè m'ha animat a seguir endavant en tot moment.

A la meva família, pel seu constant suport al llarg de la realització del treball.

A la Mariona Sala, per convidar-me desinteressadament al seu laboratori, oferir-me fonts d'informació molt interessants i resoldre'm tots els dubtes que m'anaven sorgint al llarg de la investigació.

A l'Àngel Sanz, biòleg i professor de l'institut, per ajudar-me amb els aspectes de caire biològic del treball.

A l'institut de Llagostera, per oferir-me el laboratori de química, lloc on he dut a terme gran part de la recerca.

I per últim, a tota la gent que s'ha interessat i m'ha preguntat per la meva recerca.



ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ.....	pàg. 6
2. HIPÒTESI.....	9
3. OBJECTIUS.....	10
4. METODOLOGIA.....	11
5. ELS SUCRES.....	12
6. ELS GLÚCIDS.....	12
6.1. Etimologia.....	12
6.2. Terminologia antiga.....	12
6.3. Composició dels glúcids.....	12
6.4. Classificació dels glúcids.....	13
6.4.1. Monosacàrids.....	13
6.4.2. Oligosacàrids.....	19
6.4.2.1. Disacàrids.....	22
6.4.3. Polisacàrids.....	23
7. PAPER DELS GLÚCIDS EN L'ALIMENTACIÓ HUMANA.....	27
8. PAPER DELS GLÚCIDS DINS EL COS HUMÀ.....	28
8.1. Procés de digestió dels glúcids.....	28
8.2. Procés d'obtenció d'energia.....	29
9. PAPER DELS GLÚCIDS EN LA DIETA HUMANA.....	31
9.1. L'article i l'opinió de l'OMS.....	32
10. PAPER DELS SUCRES EN ELS ALIMENTS.....	34
10.1. Els sucres naturals.....	34
10.2. Els sucres afegits.....	36
10.2.1. Quina diferència hi ha entre els sucres afegits i els naturals?.....	37
11. PAPER DELS SUCRES EN LA SALUT HUMANA.....	39
11.1. Obesitat.....	39
11.1.1. Fetge gras.....	40
11.1.2. Diabetis mellitus tipus 2.....	40



11.1.3. Hipertensió arterial i malalties cardiovasculars.....	40
11.2. Malalties buco-dentals.....	41
11.3. Impacte sobre els sistemes i aparells del cos humà.....	42
12. PAPER DELS SUCRES AFEGITS EN LA INDÚSTRIA ALIMENTÀRIA.....	44
12.1. Etiquetatge.....	44
12.2. Funció dels sucres afegits en els aliments industrials.....	44
13. PAPER DELS SUCRES EN ELS SUCS DE FRUITA ENVASATS.....	45
14. NORMATIVA ESPANYOLA PER A L'ANÀLISI DE SUCRES.....	48
15. MÈTODE DE LUFF-SCHOORL.....	50
16. MÈTODE DE LUFF-SCHOORL AL LABORATORI DE L'INSTITUT.....	53
16.1. Preparació de solucions i del reactiu de Luff-Schoorl.....	54
16.1.1. Preparació de solucions.....	54
16.1.2. Preparació del reactiu de Luff-Schoorl.....	61
16.2. Control del reactiu de Luff-Schoorl.....	66
16.3. Proves analítiques amb el reactiu de Luff-Schoorl.....	78
16.3.1. La mostra en blanc.....	78
16.3.2. La mostra de suc.....	82
16.4. Càlculs i obtenció de resultats.....	89
16.5. Anàlisi i interpretació dels resultats.....	91
17. MÈTODE DE LUFF-SCHOORL AL LABORATORI AGROALIMENTARI I AMBIENTAL GIRONA S.L.	92
17.1. Visita al laboratori.....	94
17.2. Anàlisi 1.....	95
17.2.1. Preparació de la mostra.....	95
17.2.2. Anàlisi de la mostra.....	98
17.2.3. Obtenció de resultats.....	105
17.2.4. Anàlisi i interpretació dels resultats.....	107
17.3. Anàlisi 2.....	110
17.3.1. Preparació de la mostra.....	110
17.3.2. Anàlisi de la mostra.....	110



17.3.3. Obtenció de resultats.....	110
17.3.4. Interpretació de resultats i conclusions.....	111
18. REACCIONS QUE S'ESDEVENEN EN EL MÈTODE DE LUFF-SCHOORL....	112
19. DIFICULTATS.....	113
20. CONCLUSIONS.....	115
21. ANNEXOS.....	119
21.1. Llista de material i reactius necessaris per reproduir el mètode de Luff-Schoorl al laboratori de l'institut.....	119
22. ÍNDEX IMATGES.....	120
23. BIBLIOGRAFIA.....	121
23.1. Webgrafia.....	121



1. INTRODUCCIÓ

Fer un treball de recerca no és una tasca senzilla i, sobretot, requereix moltes hores de dedicació. És evident doncs, que el tema sobre el qual tractarà és una cosa molt important a tenir en compte.

L'elecció del tema del treball, per mi, va ser la part més complicada de totes. Inicialment, cercava un tema perfecte, ideal, que m'assegurés un treball de recerca brillant. És per això, que totes les idees que m'anaven sorgint, no em semblaven suficientment bones ni a l'altura del que jo havia imaginat.

Vaig passar mesos buscant a Internet i llegint llibres, preguntant a gent del meu entorn i mirant treballs d'alumnes anteriors, per veure si, d'aquesta manera, m'inspirava i em venia al cap un tema que em convencés.

Això però, no va passar. Després d'estar un llarg període de temps buscant, i d'adonar-me'n que tots els meus companys ja havien definit de què volien fer el seu treball, vaig decidir posar punt final a la meua recerca d'un tema idíl·lic, que probablement no existia, i vaig centrar-me en cercar alguna cosa que em despertés interès.

El que vaig fer, amb l'ajuda del meu tutor, va ser arribar, des dels meus interessos generals, a un interès concret. Per començar, em vaig decantar cap a la branca de les ciències, ja que m'interessaven molt i sé que de gran m'hi vull dedicar. Dins aquesta branca, estava entre dues opcions: per una banda, fer una recerca relacionada amb la química, o per l'altra, fer alguna cosa que estigués relacionada amb els aliments i la nutrició. És per això, que vaig decidir fer un tema que lligués aquestes dues branques: una anàlisi química (la qual pogués dur a terme al laboratori del meu institut) de la composició d'un aliment.

Inicialment, volia analitzar la quantitat de sulfits que contenen els embotits, ja que vaig llegir un interessant article de l'OMS (Organització Mundial de la Salut) que deia que la presència d'aquests en les carns crues podia ser la causa de l'aparició de perillosos càncers. Però quan vaig cercar els mètodes d'anàlisi d'aquests compostos químics (els sulfits), em vaig adonar que estaven a un nivell molt superior al que jo podia aspirar, ja que requerien una sèrie de material i coneixements que jo no tenia i, a més, necessitaven un llarg i molt complicat procediment.



De fet, vaig intentar reproduir un d'aquests mètodes, el qual consistia en la detecció de sulfits mitjançant l'addició d'un colorant verd, anomenat "verde de malaquita", a la mostra d'embotit del qual en volia saber el contingut de sulfits.

Per mala sort però, després d'afegir el colorant a la mostra de carn, aquesta no va reaccionar com teòricament ho hauria de fer segons el mètode, per tant, no vaig poder esbrinar la quantitat de sulfits de la mostra ni extreure cap conclusió de l'experiment dut a terme.

El motiu pel qual el mètode no em va sortir de la manera esperada, probablement va ser a causa de la manca d'informació que tenia sobre ell, ja que no havia pogut obtenir gaires documents que parlessin sobre el seu procediment.

Quan vaig intentar buscar si podia reproduir algun dels altres mètodes per a la detecció de sulfits, em vaig adonar que, degut a la seva elevada dificultat, cap d'ells podia ser reproduït per mi al laboratori de l'institut.

És per això, que vaig haver de descartar aquesta opció, la de fer una anàlisi de la quantitat de sulfits que conté un embotit, i canviar-la per una altra que estigués més a l'abast de les meves possibilitats.

És en aquest moment, quan vaig decidir que la substància que analitzaria serien sucres, ja que a diferència dels sulfits, el seu mètode d'anàlisi era relativament senzill, o més ben dit, estava dins els meus límits. Com que em va semblar que analitzar la quantitat de sucres que conté la carn no era una recerca gaire interessant ni curiosa, vaig decidir canviar l'aliment que analitzaria.

Una llicenciada en química que es dedica professionalment a aquests tipus d'anàlisi, em va recomanar que utilitzés una substància líquida per analitzar-la, com per exemple una beguda, ja que el procediment seria més curt i senzill.

Aquí va ser, quan vaig decidir i concretar finalment el tema i l'objectiu del meu treball: la meva recerca consistiria en una anàlisi de la quantitat de sucres que contenen els sucres de fruita, amb la finalitat de descobrir perquè en contenen i extreure'n conclusions.

Aquesta anàlisi però, no la vaig fer de qualsevol manera, sinó que la vaig fer seguint un mètode oficial, és a dir, validat per la normativa espanyola. Concretament, amb el mètode de Luff-Schoorl (la tria d'aquest mètode no va ser directe, sinó que inicialment dubtava



entre tres opcions diferents. Finalment però, vaig optar per aquesta perquè era la que s'adequava més a les meves condicions, és a dir, la que s'adaptava millor al laboratori, al material i als reactius dels quals disposava).

La reproducció d'aquest mètode, va ser possible gràcies a la llicenciada en química de la qual he parlat a la pàgina anterior, la Sra. Mariona Sala, directora tècnica del departament de química del Laboratori Agroalimentari i Ambiental Girona S.L. (LAG), la qual es dedica a analitzar el contingut de sucres (i d'altres substàncies) de productes alimentaris que les empreses li envien abans de posar-los a la venda.

Gràcies a la Mariona doncs, vaig poder dur a terme el mètode de Luff-Schoorl, el qual em va permetre analitzar la quantitat de sucres que contenia un suc de fruita.

Ara bé, no qualsevol suc de fruita, sinó concretament el suc de fruita industrial, és a dir, aquell que comprem envasat al supermercat.

Actualment, aquesta beguda refrescant obtinguda a partir de la fruita espresmada, és un dels productes més consumits del mercat, motiu pel qual, té un alt interès econòmic.

La major part de la població, consumeix aquest producte com una mena d'opció alternativa als refrescos industrials, com ara la Coca-cola o la Fanta, pensant que són més saludables que aquests últims. Al llarg del treball però, revelaré i explicaré que això no és del tot cert, i que per tant, la percepció dels sucres de fruita que té la majoria de la població és errònia.



2. HIPÒTESI

Els sucres de fruita que comprem al supermercat, unes begudes refrescants i, aparentment, saludables, contenen una alta quantitat de sucres, ja que, a part de sucres naturals, els quals provenen de les fruites espresmudes, també contenen sucres afegits.

La majoria d'aquests sucres, els quals són addicionats durant la fabricació i el processament del suc, tenen un impacte negatiu sobre la nostra salut.

És per aquest motiu, que els sucres de fruita, en realitat, no són tan saludables com pensem, sinó que fins i tot poden arribar a ser perjudicials per al nostre organisme.

Per totes les raons esmentades anteriorment, en un principi vaig fer la següent hipòtesi:

“Els sucres de fruita que comprem envasats al supermercat, contenen sucres afegits, els quals no són necessaris i, a més, són perjudicials per al nostre organisme”.

A mesura que vaig anar realitzant el treball però, em va sorgir una altra hipòtesi, la qual va acabar prenent un paper gairebé més important que la hipòtesi que tenia inicialment. Aquesta nova hipòtesi és la següent:

“És possible reproduir un mètode d'anàlisi oficial, és a dir, proposat per la normativa espanyola, al laboratori del meu institut”.



3. OBJECTIUS

Els objectius que em vaig proposar abans d'iniciar el treball són els següents:

- 1- Conèixer el paper dels sucres en l'alimentació humana.
- 2- Conèixer els efectes que pot tenir el consum de sucre en la salut humana.
- 3- Conèixer el paper dels sucres en els aliments, concretament en els sucres de fruita.
- 4- Conèixer el mètode oficial d'anàlisi de sucres proposat per la normativa espanyola.
- 5- Analitzar la quantitat de sucres totals que conté un suc de fruita industrial.
- 6- Reproduir un mètode d'anàlisi de sucres proposat per la normativa espanyola al laboratori del meu institut.



4. METODOLOGIA

Tot i que al llarg del treball aniré explicant tots els passos que vaig anar seguint, aquests es poden sintetitzar en tres passos bàsics: buscar informació, experimentar al laboratori i redactar tota la informació i totes les conclusions obtingudes dels dos passos anteriors.

- En primer lloc doncs, vaig fer una recerca d'informació. Per fer-ho, vaig utilitzar tres fonts principals: Internet, documents legislatius i el llibre de biologia de primer de batxillerat.

La recerca d'informació a Internet va ser una tasca llarga i entretinguda, ja que em va suposar una gran feina: vaig haver de llegir una gran quantitat de diferents pàgines web, complementar tota la informació que vaig trobar en aquestes, i redactar-la amb les meves pròpies paraules.

Els documents legislatius, la segona font d'informació que he mencionat, em van proporcionar tot el que necessitava saber sobre el mètode d'anàlisi de sucres, com per exemple, el seu fonament, el seu procediment i el material necessari per dur-lo a terme.

Aquests documents, els vaig obtenir gràcies a la Mariona Sala, la qual també considero una gran font d'informació, ja que, a part de fer-me arribar aquesta documentació, em va proporcionar molta informació que no hagués trobat a cap portal d'Internet, com per exemple, detalls sobre el mètode d'anàlisi i curiositats sobre el sucre.

- El segon pas que he esmentat al principi, l'experimentació, el vaig dur a terme a dos llocs diferents: al laboratori del meu institut, i al Laboratori Agroalimentari i Ambiental Girona, convidada per la Mariona.
- Per últim, la redacció del treball, la vaig fer directament a ordinador, utilitzant el Microsoft Word 2013.



5. ELS SUCRES

En l'àmbit de bioquímica i alimentació, podem definir els sucres com una substància generalment dolça, blanca o incolora quan és pura, sòlida (a temperatura ambient), cristal·lina i hidrosoluble, que s'obté principalment de la canya de sucre i la remolatxa sucrera.



(1)

6. ELS GLÚCIDS

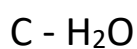
El terme *sucres* però, és només el nom comú que s'usa de manera general per fer referència als glúcids, unes biomolècules formades principalment per àtoms de carboni (C), hidrogen (H) i oxigen (O) en la proporció: $(\text{CH}_2\text{O})_n$.

6.1. ETIMOLOGIA

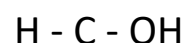
El terme *glúcid* prové del mot grec *glykys*, que significa “dolç”. Això és degut al fet que la majoria d'aquestes biomolècules, no totes, tenen un gust dolç.

6.2. TERMINOLOGIA ANTIGA

Tot i que de manera errònia, els glúcids també són anomenats hidrats de carboni o carbohidrats, ja que, si ens fixem en la seva fórmula molecular $(\text{CH}_2\text{O})_n$, pot semblar que estan formats per àtoms de carboni hidratats, és a dir, enllaçats a molècules d'aigua. Aquesta però, és una terminologia antiga, obsoleta i incorrecta, ja que els glúcids realment no estan formats per àtoms de carboni hidratats, sinó per àtoms de carboni enllaçats a radicals hidroxil (-OH) i a radicals hidrogen (-H).



Distribució incorrecta dels àtoms d'un glúcid



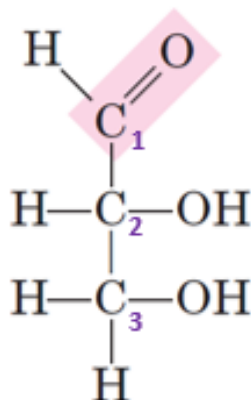
Distribució correcta dels àtoms d'un glúcid

6.3. COMPOSICIÓ DELS GLÚCIDS

En tots els glúcids, els quals com acabo d'explicar sempre estan formats per una cadena de carbonis enllaçats a radicals hidroxils i radicals hidrogen, sempre apareix un grup

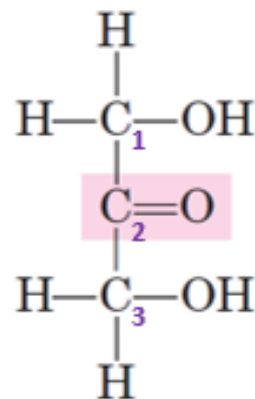


carbonil, és a dir, un carboni unit a un oxigen mitjançant un doble enllaç. El grup carbonil pot ser un grup aldehid (-CHO), un àtom de carboni unit a un àtom d'oxigen mitjançant un doble enllaç i a un àtom d'hidrogen mitjançant un enllaç simple, o un grup cetona (-CO-), un àtom de carboni unit a un àtom d'oxigen mitjançant un doble enllaç, i amb els dos enllaços restants lliures. És per aquest motiu que els glúcids es poden definir també com a polihidroxialdehids o polihidroxicetones.



POLIHIDROXIALDEHID

Els polihidroxialdehids són molècules que tenen un grup aldehid al carboni 1, i radicals hidroxils i radicals hidrogen units a la resta de carbonis.



POLIHIDROXICETONA

Les polihidroxicetones són molècules que tenen un grup cetona al carboni 2, i radicals hidroxils i radicals hidrogen units a la resta de carbonis.

6.4. CLASSIFICACIÓ DELS GLÚCIDS

Segons el nombre de cadenes polihidroxialdehídiques o polihidroxicetòniques que formen un glúcid, podem classificar-los en: monosacàrids, oligosacàrids i polisacàrids.

6.4.1. MONOSACÀRIDS

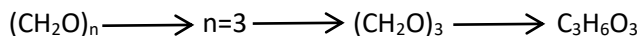
Glúcids constituïts per una sola cadena polihidroxialdehídica o polihidroxicetònica.

Poden tenir de 3 a 7 àtoms de carboni a la cadena. S'anomenen afegint la terminació *-osa* al nombre de carbonis.

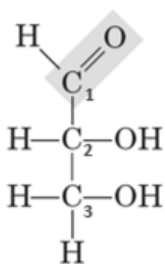


Els monosacàrids es classifiquen doncs, segons el nombre d'àtoms de carboni que tenen a la cadena:

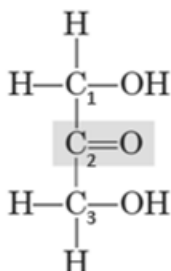
- **Trioses:** glúcids formats per 3 àtoms de carboni.



Hi ha dos tipus de trioses: una que té un grup aldehid (aldotriosa) i una que té un grup cetona (cetotriosa), anomenades respectivament gliceraldehid i dihidroxiacetona.

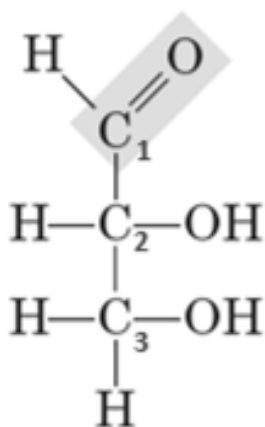
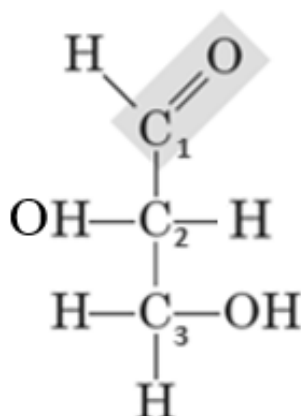


GLICERALDEHID



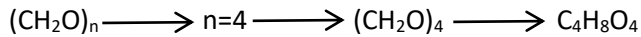
DIHIDROXIACETONA

Els gliceraldehids, tenen el segon carboni asimètric, és a dir, té les quatre valències saturades per radicals diferents. És per aquest motiu que podem distingir-ne dos isòmers (compostos amb la mateixa fórmula molecular però estructura molecular diferent, i per tant, propietats diferents) espacials o estereoisòmers, segons la distribució dels radicals del carboni asimètric: el *D*-gliceraldehid (configuració *D*), quan el radical -OH és a la dreta, i el *L*-gliceraldehid (configuració *L*), quan el radical -OH és a l'esquerra.

*D*-gliceraldehid*L*-gliceraldehid



- **Tetroses:** glúcids formats per 4 àtoms de carboni.

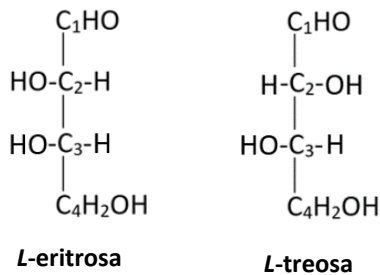
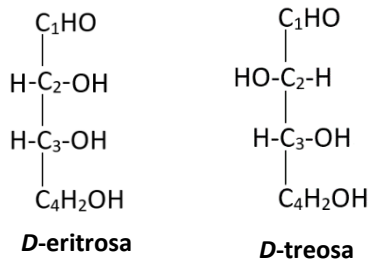


Hi ha tres tipus de tetroses: 2 tipus d'aldotetroses, l'eritrosa i la treosa, les quals es diferencien per la distribució dels radicals del carboni 2, i una cetotetrosa, l'eritrusosa.

En les tetroses, igualment a la resta de monosacàrids, la configuració **D** o **L** es determina prenent com a referència el carboni asimètric que més lluny està del grup carbonil, que en el cas de les tetroses és el carboni 3.

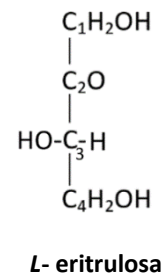
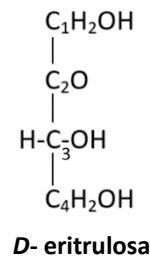
ALDOTEROSES

En les aldotetroses hi ha dos carbonis asimètrics, el 2 i el 3 (el que determinarà sempre la configuració del glúcid, és el 3, ja que és el que està més allunyat del grup carbonil).

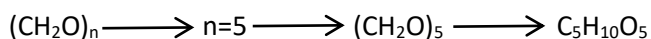


CETOTETROSA

En l'eritrusosa només el carboni 3 és asimètric, i per tant, lògicament és el que determina la configuració.



- **Pentoses:** glúcids formats per 5 àtoms de carboni.



Per la seva importància, cal destacar les aldopentoses **D-ribose**, en l'àcid ribonucleic (RNA), i la **D-2-desoxiribosa**, en l'àcid desoxiribonucleic (DNA). També és important destacar la cetopentosa **D-ribulosa**, la qual juga un paper molt important en la fotosíntesi,

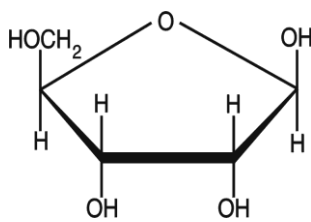


ja que intervé en el pas de matèria inorgànica a matèria orgànica del diòxid de carboni (CO₂).

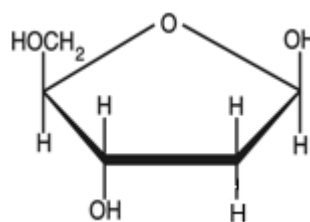
A partir de 5 àtoms de carboni, la cadena tendeix a tancar-se i formar un cicle, raó per la qual en les pentoses, l'estructura molecular més estable és la cíclica i no la lineal. Es tanquen en forma de pentàgon, formant una estructura molt semblant a la d'una molècula anomenada furan, motiu pel qual reben el nom de furanoses. És per aquesta raó que les dues aldopentoses que he mencionat al paràgraf anterior, reben també el nom de ribofuranosa (ribosa) i desoxiribofuranosa (desoxiribosa).

ALDOPENTOSSES

CETOPENTOSA



D-ribosa

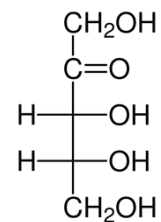


D-2-desoxiribosa

A diferència de la ribosa, el carboni 2 ha perdut un àtom d'oxigen, motiu pel qual rep aquest nom:

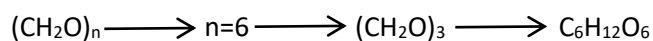
D-2-desoxiribosa

(El carboni 2 ha perdut un oxigen (la resta de l'estructura és idèntica a la de la ribosa))



D-ribulosa

- **Hexoses**: glúcids formats per 6 àtoms de carboni.



L'estructura molecular més estable i freqüent és la cíclica. L'aldohexosa i la cetohehexosa més destacables, per l'important paper que tenen en animals i vegetals, són la glucosa i la fructosa respectivament.

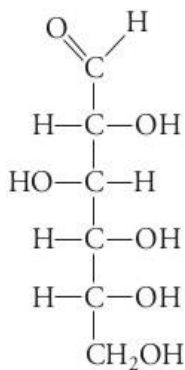


Glucosa

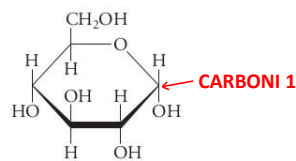
La glucosa és una aldohexosa i és el glúcid més important de tots, ja que aporta la major part de l'energia química que necessiten les cèl·lules. És més, algunes d'aquestes, com ara els glòbuls vermells i les neurones, depenen exclusivament de la glucosa com a font d'energia.

A més, també es troba al citoplasma de les cèl·lules i a la sang humana, en una concentració d'1g/L de sang.

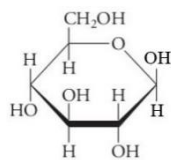
Com bé he dit abans, les hexoses tendeixen a tancar-se i presentar una estructura molecular cíclica, la qual té una forma hexagonal que recorda a la forma d'una molècula anomenada piran, motiu pel qual la glucosa també rep el nom de glucopiranososa.



D-glucosa



α -D-glucopiranososa



β -D-glucopiranososa

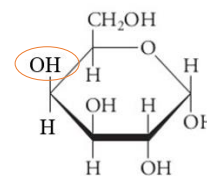
En la forma cíclica (de qualsevol glúcid), podem trobar 2 estructures diferents (α o β) depenent d'on estigui situat el radical hidroxil (-OH) del primer carboni.

Si el radical -OH del primer carboni està situat al costat oposat del pla on hi ha el radical -CH₂OH, l'estructura serà α (com és el cas d'aquesta α -D-glucopiranososa). En canvi, si aquests dos radicals es troben al mateix costat del pla, l'estructura serà β .

GALACTOSA

La galactosa també és una aldohexosa. La seva fórmula molecular és idèntica a la de la glucosa, però la seva estructura molecular presenta una petita diferència. Difereix en el fet que el grup hidroxil (-OH) del carboni 4 es troba a l'esquerra en la forma lineal o cap amunt en la forma cíclica.

Tot i que no tant com la glucosa, la galactosa també és important a nivell biològic, ja que, a part de trobar-se a la llet, es troba a les glicoproteïnes i als glicolípidis de les membranes cel·lulars. A més, al nostre fetge es transforma en glucosa, la qual, com he explicat anteriorment, té un paper molt important en l'obtenció d'energia química a les cèl·lules.



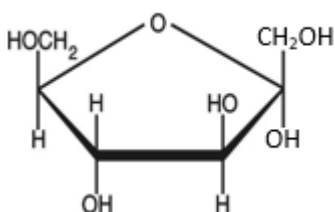


Fructosa

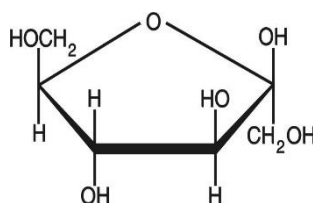
La fructosa és la cetohehexosa més important. Es troba present en una gran quantitat de fruites, motiu pel qual rep aquest nom.

Entre d'altres coses, és molt important perquè al nostre fetge es transforma en glucosa (la qual aporta energia a les cèl·lules), i perquè associada amb la glucosa, forma un dels disacàrids més importants, la sacarosa (sucre domèstic).

A diferència de la glucosa, la fructosa al tancar-se i formar un cicle, presenta una forma pentagonal, molt semblant a la d'una molècula anomenada furan, per la qual cosa rep el nom de *D*-fructofuranosa.

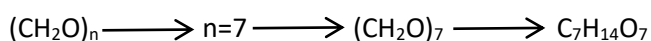


α -*D*-fructofuranosa



β -*D*-fructofuranosa

- **Heptoses:** glúcids formats per 7 àtoms de carboni.



Són, en general, poc importants a nivell biològic, ja que, a la natura hi ha pocs exemples de glúcids formats per set carbonis. L'única heptosa mínimament destacable és l'heptulosa, la qual intervé en la fotosíntesi.



PROPIETATS FÍSICOQUÍMIQUES DELS MONOSACÀRIDS

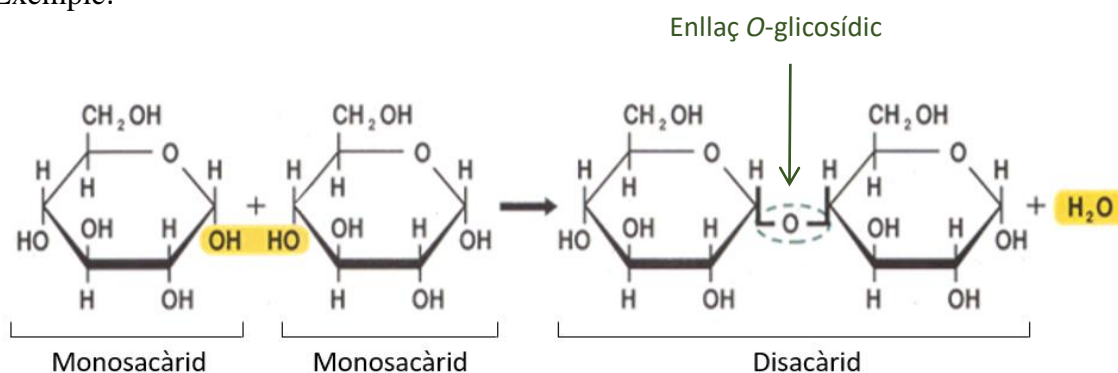
- Són dolços.
- Són de color blanc.
- Formen estructures cristal·lines.
- Són hidrosolubles (solubles en aigua).
- Participen en processos RED-OX: tenen la capacitat de reduir-se (guanyar electrons) i d'oxidar-se (perdre electrons).

6.4.2. OLIGOSACÀRIDS

Glúcids formats per la unió d'entre dos i deu monosacàrids. Els més importants són els disacàrids (unió de dos monosacàrids).

L'enllaç químic que uneix dos monosacàrids, és covalent i rep el nom d'enllaç *O*-glicosídic. Quan dos monosacàrids s'uneixen, el grup hidroxil (-OH) del carboni carbonílic del primer monosacàrid s'uneix a un radical hidroxil (-OH) del segon monosacàrid. Durant aquesta reacció, es desprèn una molècula d'aigua i els dos monosacàrids queden units mitjançant un àtom d'oxigen.

Exemple:

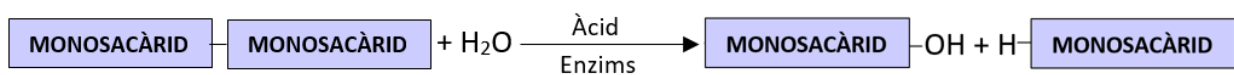


Aquest procés d'enllaç de dos monosacàrids (formació d'un enllaç *O*-glicosídic i consegüent pèrdua d'una molècula d'aigua), s'anomena neutralització.



El procés contrari, és a dir, el trencament d'un enllaç *O*-glicosídic i, per tant, el guany d'una molècula d'aigua, s'anomena hidròlisi. El trencament d'aquest enllaç és degut a la intervenció d'enzims (biomolècules que acceleren les reaccions químiques) hidrolases o bé a l'acció d'un àcid.

Així doncs, els oligosacàrids, igualment als polisacàrids (els quals explico a l'apartat 6.4.3), es poden hidrolitzar, és a dir, es poden descompondre en monosacàrids mitjançant l'acció d'enzims hidrolases o l'acció d'un àcid.



TIPUS D'ENLAÇ *O*-GLICOSÍDIC

Hi ha 2 tipus d'enllaç *O*-glicosídic segons si el carboni del segon monosacàrid que intervé a l'enllaç és o no el carboni carbonílic, és a dir, el que forma part del grup aldehid o cetona:

- Enllaç monocarbonílic: s'estableix entre el carboni carbonílic del primer monosacàrid i un carboni no carbonílic del segon monosacàrid. Així doncs, el carboni carbonílic del segon monosacàrid queda lliure i, per tant, el disacàrid té capacitat reductora (capacitat de donar electrons). És per aquest motiu que els glúcids que presenten aquest tipus d'enllaç, també són anomenats **sucre reductors**.
- Enllaç dicarbonílic: s'estableix entre el carboni carbonílic del primer monosacàrid i el carboni carbonílic del segon. És a dir, els dos monosacàrids aporten a l'enllaç el grup carbonílic i, per tant, no queda lliure cap carboni carbonílic. En conseqüència, el glúcid resultant no té capacitat reductora.



També podem classificar aquests enllaços, segons si són α o β :

- Enllaç α -glicosídic: quan el primer monosacàrid és α (pàg.17 1r requadre).
- Enllaç β -glicosídic: quan el primer monosacàrid és β (pàg.17 1r requadre).

PROPIETATS FÍSICOQUÍMIQUES DELS OLIGOSACÀRIDS

Similarment als monosacàrids:

- Són dolços.
- Són sòlids.
- Són cristal·lins.
- Són blancs.
- Són solubles en aigua.
- Alguns d'ells, no tots, tenen la capacitat de reduir-se i oxidar-se.



6.4.2.1. DISACÀRIDS

Com ja he dit anteriorment (pàg.19), els oligosacàrids més importants són els disacàrids, molècules formades per la unió de dos monosacàrids.

Per aquest motiu, m'agradaria destacar els disacàrids més importants a nivell biològic, els quals són:

DISACÀRID	FORMAT PER...	TIPUS D'ENLLAÇ
CEL·LOBIOSA	<p>Glucosa + glucosa</p>	<p>β (1\rightarrow4) (s'uneix el carboni 1 del 1r monosacàrid, amb el carboni 4 del 2n)</p>
SACAROSA	<p>Glucosa + fructosa</p>	<p>α (1\rightarrow2)</p>
MALTOSA	<p>Glucosa + glucosa</p>	<p>α (1\rightarrow4)</p>
LACTOSA	<p>Galactosa + glucosa</p>	<p>β (1\rightarrow4)</p>



6.4.3. POLISACÀRIDS

Glúcids formats per més de deu (normalment per milers o fins i tot més) monosacàrids.

Podem diferenciar dos tipus de polisacàrids:

Homopolisacàrids: quan són polímers (molècula d'elevat pes molecular formada per unitats estructurals idèntiques unides entre si mitjançant enllaços covalents), i per tant estan formats per un únic tipus de monosacàrids. Podem separar els homopolisacàrids segons si presenten:

Enllaç α → com el midó i el glicogen, els quals tenen funció de reserva energètica.

- MIDÓ: polímer de glucoses unides entre si mitjançant enllaços *O*-glicosídics $\alpha(1\rightarrow4)$. És el polisacàrid de reserva energètica propi dels vegetals.
- GLICOGEN: polímer de glucoses $\alpha(1\rightarrow4)$ amb ramificacions $\alpha(1\rightarrow6)$ cada 6-10 glucoses. És el polisacàrid de reserva energètica als animals, i es troba sobretot al fetge i als músculs.

Enllaç β → com la cel·lulosa i la quitina, les quals tenen funció estructural.

- CEL·LULOSA: polímer de glucoses enllaçades mitjançant enllaços *O*-glicosídics $\beta(1\rightarrow4)$, els quals són molt forts i resistents. Es troba a la paret cel·lular dels vegetals, on hi té una funció estructural.
- QUITINA: polímer de *N*-acetilglucosamines (compostos derivats de la glucosa) unides per mitjà d'enllaços *O*-glicosídics $\beta(1\rightarrow4)$. Es troba a l'exosquelet de insectes i artròpodes, on hi té una funció estructural.



Heteropolisacàrids: polisacàrids formats per més d'un tipus de monosacàrids.

Tots els heteropolisacàrids presenten enllaços α . Alguns exemples d'heteropolisacàrids són:

Pectina

Es troba a la paret cel·lular dels teixits vegetals. És molt abundant a la poma, la pera, el préssec, la pruna i el codony, i té unes propietats ideals per a fer mermelades.

Agar

S'extreu de les algues i és molt hidròfil (té una gran afinitat per l'aigua).

Goma aràbiga

La secreten alguns vegetals per tancar ferides. Antigament era utilitzada com a goma d'enganxar (*cola*).

PROPIETATS FÍSICOQUÍMIQUES DELS POLISACÀRIDS

A diferència dels monosacàrids i els disacàrids:

- No són dolços.
- Tenen pesos moleculars molt elevats.
- Són sòlids amorfs.
- Alguns d'ells, com ara la cel·lulosa, són completament insolubles. D'altres, com ara alguns components del midó, formen dispersions col·loïdals.
- No tenen poder reductor.



Així doncs, quan parlem de sucres realment ens estem referint a aquesta classe de biomolècules, els glúcids. Després de la seva explicació i classificació, es pot concloure que per la seva funció, els glúcids tenen un paper essencial en el cos humà, ja que, per exemple, sense la glucosa les cèl·lules no tindrien l'energia que necessiten per viure i dur a terme les seves funcions i, per tant, el nostre organisme no podria funcionar.

L'única manera que té el nostre cos d'obtenir aquests glúcids, és a través de l'alimentació. És per aquest motiu que en la dieta d'un individu hi són imprescindibles. Ara bé, l'excés del seu consum pot ser molt perjudicial per a la salut.

Actualment, l'excés del consum de glúcids, el qual és degut a l'excés del consum d'aliments i begudes ensucrades, és evident en un percentatge molt alt de la població mundial, sobretot, en



(2)

la població dels països més desenvolupats, la qual cosa ha obert, des de ja fa temps, un debat sobre com i en quina quantitat s'han de consumir aquests glúcids i de quina manera han d'estar incorporats en la dieta humana.



TERMINOLOGIA GLÚCID-SUCRE

Com que, com he explicat a l'inici d'aquest apartat (*apartat 6, pàg. 12*), el terme *glúcid* és una manera més tècnica de dir *sucres*, intentaré utilitzar-lo sempre al llarg del treball, és a dir, en comptes de parlar de *sucres*, sempre que pugui parlaré de *glúcids*, ja que el meu objectiu és que el llenguatge del meu redactat aconseguixi la màxima formalitat possible.

Ara bé, hi ha casos en els quals, tot i que no és ben bé incorrecte, no és possible utilitzar el terme *glúcids* en lloc de *sucres*, ja que queda malament i forçat, o més ben dit, queda molt millor i molt més apropiat utilitzar el terme *sucres*.

Com per exemple:

- ["Afegir una culleradeta de **glúcids** al cafè"]
- ["Afegir una culleradeta de **sucres** al cafè"] ✓
- ["Els **glúcids** afegits"]
- ["Els **sucres** afegits"] ✓
- ["Consum de **glúcids**"]
- ["Consum de **sucres**"] ✓

És per aquest motiu que al llarg del treball he anat combinant l'ús dels dos termes, prioritant sempre el més tècnic. Així doncs, utilitzo sempre el terme *glúcid*, menys en les ocasions que no és possible.

Un cop començo la part pràctica però, deixo d'utilitzar la terminologia de "glúcid", ja que parlo sempre d'anàlisi de sucres i no "d'anàlisi de glúcids".



7. PAPER DELS GLÚCIDS EN L'ALIMENTACIÓ HUMANA

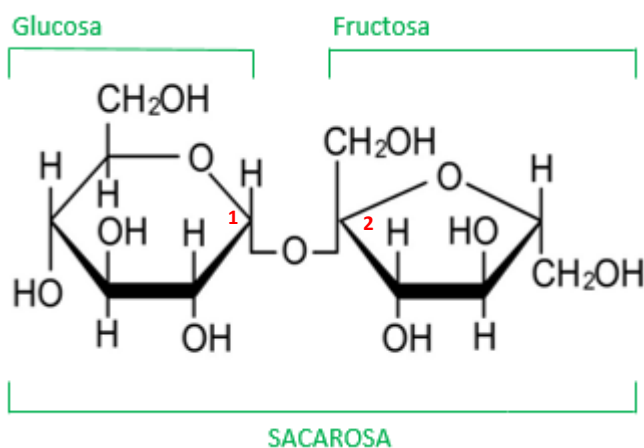
Els glúcids tenen un important paper dins l'alimentació de la població d'arreu del món, i és que aquests es troben, de manera natural o no, en la majoria d'aliments que consumeix l'ésser humà.

El glúcid emparat de manera general en l'alimentació, aquell que trobem dins les sucreses, utilitzem normalment per cuinar i aboquem, per exemple, dins el cafè, la llet i el iogurt, és la sacarosa, la qual s'obté fonamentalment per successives extraccions i purificacions de la remolatxa sucraera i la canya de



(3)

sucre, denominada també de manera col·loquial o poc tècnica com a “sucre comú”, “sucre domèstic” o “sucre de taula”. És una substància cristal·lina, té generalment un color blanquinós i és hidrosoluble. Com ja he esmentat anteriorment (pàg. 22), la sacarosa és un disacàrid, és a dir, un glúcid format per la unió de dos monosacàrids que, en aquest cas, són la glucosa i la fructosa, les quals estan unides mitjançant un enllaç *O*-glicosídic α (1 \rightarrow 2).



Nom bioquímic: **α -D-glucopiranosil-(1 \rightarrow 2)- β -fructofuranosa**

(el nom bioquímic d'un disacàrid s'obté afegint al primer monosacàrid el sufix *-osil* i al segon monosacàrid el sufix *-osa*).

Com ja he explicat anteriorment (pàg. 25), a causa de la seva important funció, els glúcids tenen un paper imprescindible en el cos humà, i l'única manera que té aquest d'obtenir-los, és a través de l'alimentació, motiu pel qual, es troben sempre presents en la dieta humana.

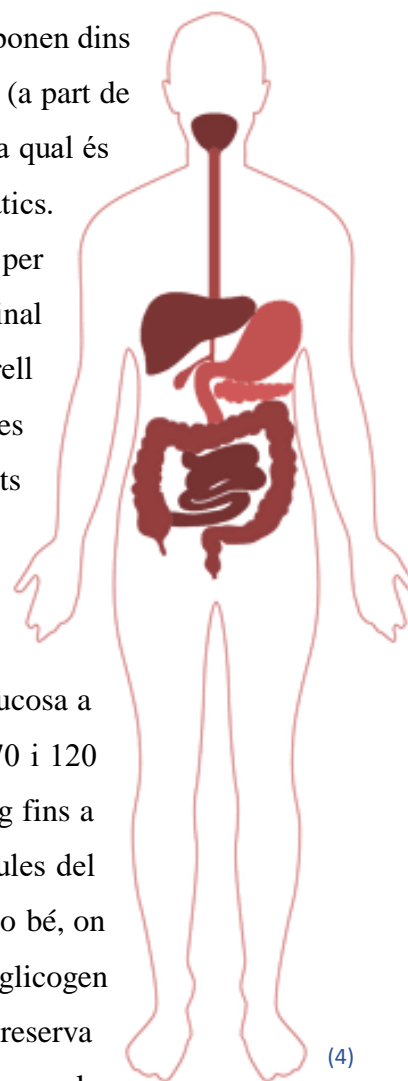


8. PAPER DELS GLÚCIDS DINS EL COS HUMÀ

El fet que els glúcids tinguin un paper tan important dins el cos humà, és degut a la seva aportació energètica. Després de ser ingerits, digerits i metabolitzats pel nostre organisme, aquests glúcids es converteixen, a través d'un conjunt de processos físics i químics, en una font d'energia fonamental per al funcionament de les nostres cèl·lules.

8.1. PROCÉS DE DIGESTIÓ DELS GLÚCIDS

Un cop ingerits aquests glúcids, la majoria d'ells es descomponen dins l'aparell digestiu en molècules de, majoritàriament, glucosa (a part de molècules de fructosa i galactosa) a través d'una hidròlisi, la qual és possible gràcies a l'acció d'enzims amilasa, salivals i pancreàtics. Aquest procés finalitza a l'intestí, on la glucosa és absorbida per les vellositats de l'intestí prim. Aquesta absorció intestinal aporta glucosa a la sang. Aquest pas de la glucosa de l'aparell digestiu al sistema circulatori, és possible gràcies a unes proteïnes transmembranoses que s'encarreguen de que aquests monosacàrids puguin accedir a totes les cèl·lules del cos, anomenades transportadors de glucosa (GLUTs). Quan la glucosa arriba a la sang, el pàncrees comença a segregar insulina, l'hormona encarregada de regular els nivells de glucosa a la sang, la qual ha d'estar en una concentració d'entre els 70 i 120 mg/dL. Aquestes molècules de glucosa circulen amb la sang fins a arribar al fetge, des d'on són transportades a totes les cèl·lules del cos, on són metabolitzades i utilitzades per obtenir energia, o bé, on es queden emmagatzemades en forma de glicogen . Aquest glicogen que queda emmagatzemat al fetge és utilitzat com a reserva d'energia, la qual és guardada per ser utilitzada en els períodes en els quals no arriba glucosa al nostre organisme, és a dir, entre àpats.



(4)

La insulina controla els nivells de glucosa a la sang permetent el pas d'aquest monosacàrid dins les cèl·lules i estimulant la seva conversió en glicogen al fetge.

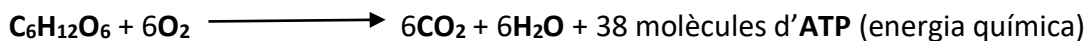


8.2. PROCÉS D'OBTENCIÓ D'ENERGIA

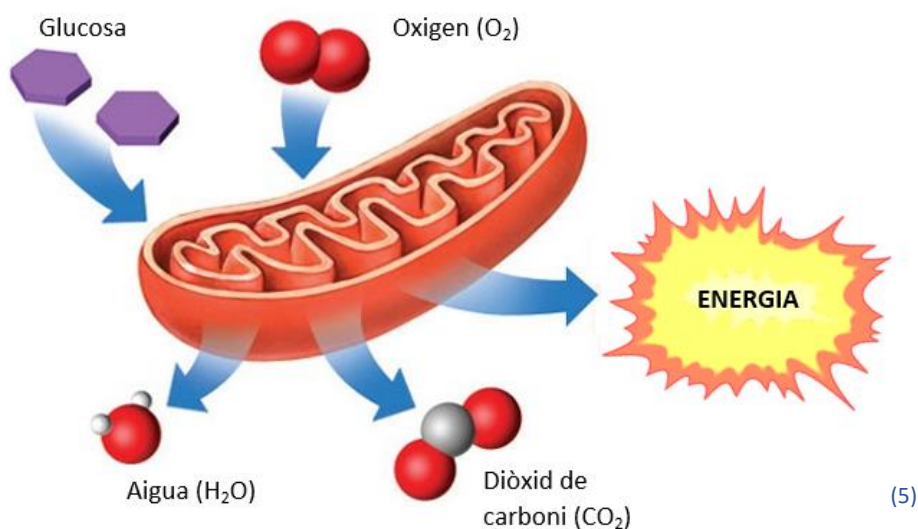
Les cèl·lules obtenen energia a partir de la respiració cel·lular, la qual requereix necessàriament la presència de la glucosa. Aquest procés té lloc als mitocondris, uns orgànuls cel·lulars que es troben al citoplasma de totes les cèl·lules eucariotes i que estan constituïts per una membrana mitocondrial externa llisa i uniforme, una membrana mitocondrial interna plegada, la qual forma les crestes mitocondrials, lloc on es troben els enzims ATP-sintetasa (proteïnes transmembranoses que tenen la funció de sintetitzar ATP), un espai intermembranós, encarregat de separar les dues membranes i la matriu mitocondrial, que és el medi delimitat per la membrana interna que conté DNA mitocondrial, mitoribosomes i enzims.

La funció més important d'aquests orgànuls doncs, és la respiració cel·lular, la qual consisteix en un procés d'oxidació que permet principalment l'obtenció d'energia química en forma d'ATP. Com ja he dit anteriorment, la glucosa és utilitzada i té un important paper en aquest procés, ja que aquest, consisteix en l'oxidació d'una molècula, precisament, de glucosa.

El procés d'oxidació i d'obtenció d'energia química té lloc de la següent manera:



A partir de l'oxidació d'una molècula de glucosa (gràcies a l'acció de 6 molècules d'oxigen), s'obté energia química en forma de 38 molècules d'ATP, 6 molècules d'aigua i 6 de diòxid de carboni.





Així doncs, sense la glucosa, la qual s'obté a partir de la descomposició dels glúcids que consumim, les nostres cèl·lules (i en conseqüència, tot el nostre organisme) no podrien realitzar les seves funcions vitals, ja que aquest procés d'oxidació i d'obtenció d'energia química, la qual és imprescindible pel funcionament de les cèl·lules, no podria dur-se a terme.

L'EFICIÈNCIA METABÒLICA DE LA RESPIRACIÓ CEL·LULAR

L'energia lliure, la qual es simbolitza amb la lletra G, és l'energia que contenen les molècules que intervenen en una reacció química, pel simple fet de ruptura i formació d'enllaços entre àtoms.

En totes les reaccions químiques hi ha una variació d'energia lliure (ΔG). Les reaccions que produeixen una disminució d'energia lliure (ΔG negatiu), és a dir, que alliberen energia (reaccions exotèrmiques), es produeixen amb més facilitat que les reaccions que requereixen energia.

Un bon exemple de reacció exotèrmica, és la hidròlisi de l'ATP ($\Delta G = -7,3 \text{ kcal/mol}$). S'ha calculat que la caiguda d'energia lliure que es produeix durant l'oxidació d'una molècula de glucosa (durant la respiració cel·lular), és de 686 kcal/mol. Durant la respiració s'obtenen 38 molècules de glucosa, i com que l'ATP conté 7,3 kcal/mol, sabem que la glucosa ha generat 277,4 kcal/mol ($38 \times 7,3 = 277,4$). Així doncs, l'eficiència de la respiració cel·lular és d'aproximadament un 40% ($277 \times 100/686 = 40,38$), valor el qual, és molt alt si es compara amb el de qualsevol aparell construït, com ara un motor elèctric o la gasolina, els quals solen tenir una eficiència d'entre un 10 i un 20%.

Si les cèl·lules només tinguessin aquesta eficiència metabòlica, els animals haurien d'estar menjant durant tot el dia per poder sobreviure, ja que aquestes cèl·lules necessitarien molta més energia per poder dur a terme les funcions vitals.



9. PAPER DELS GLÚCIDS EN LA DIETA HUMANA

Com acabo d'explicar a l'apartat anterior, la glucosa, la qual s'obté a partir de la descomposició dels glúcids que consumim, és imprescindible pel funcionament del nostre organisme.

És per aquest motiu, que la incorporació dels glúcids en la nostra dieta, perquè aquesta sigui equilibrada i pugui complir les necessitats del nostre cos, és totalment imprescindible. Ara bé, això no vol dir que hàgim d'afegir encara més sucre als aliments, perquè, com bé he dit abans, molts d'ells ja en contenen. Per tant, és molt important



(6)

vigilar no fer un excés del seu consum, ja que pot ser perjudicial per a la nostra salut. Un clar exemple de la perillositat del seu alt consum és la hiperglucèmia, és a dir, l'excés de glucosa a la sang.

Quan augmenta bruscament el nivell de glucosa a la sang, situació la qual es dona quan un individu menja molts dolços en un curt període de temps, és a dir, ingereix una gran quantitat de glúcids, el cos automàticament segrega més insulina, la qual s'encarrega de regular i intentar baixar aquests alts nivells de glucosa a la sang. Però a vegades, tot i així les cèl·lules no poden metabolitzar adequadament tota la glucosa, per la qual cosa aquesta es comença a transformar en lípids (concretament triacilglicèrids), és a dir, en grassa, la qual s'emmagatzema a les cèl·lules del teixit adipós. És per això, que l'elevat consum de glúcids moltes vegades es pot traduir en sobrepès i, fins i tot, obesitat, d'entre molts altres problemes que pot aportar la hiperglucèmia a la salut humana.

És a dir, el consum de glúcids és necessari per al nostre organisme, però un excés del seu consum, pot ser molt perjudicial per ell. És per això, que actualment hi ha un debat obert a nivell mundial sobre com i en quina quantitat els glúcids han d'estar incorporats en la dieta diària d'una persona.



9.1. L'ARTICLE I L'OPINIÓ DE L'OMS

Al voltant de l'any 2003, l'organització mundial de la salut (OMS), la qual té un paper i opinió importants en aquest debat, va publicar un article on proposava uns paràmetres que marcaven el límit de la quantitat de **sucres lliures** que hauria de consumir una persona diàriament al llarg de la seva vida per mantenir-se saludable.



(7)

Així doncs, aquest article no es refereix a qualsevol tipus de sucres, sinó que ens parla específicament d'un tipus en concret; els sucres lliures.

El concepte de *sucres lliures*, no és ben bé un sinònim de *sucres afegits*, ja que no només es refereix als sucres afegits, sinó que també n'inclou d'altres. L'OMS considera sucres lliures:

- Tots els sucres afegits als aliments pels fabricants, els cuiners i els consumidors.
- Els sucres presents de forma natural als suc de fruita (l'explicació de per què el sucre que conté una mateixa fruita pot ser considerat natural, si aquesta està sencera, o afegit, si aquesta està espresmada en forma de suc, es troba a l'apartat 13 (pàg. 46)), als xarops i a la mel.



(8)



(9)



(10)

Segons aquest article, cal reduir el consum de sucres lliures (sense posar límits als que es troben de manera natural en les fruites senceres, verdures fresques...) a, com a mínim, menys del 10% de la ingesta calòrica diària total. És més, per obtenir beneficis per a la nostra salut, l'article recomana que aquest consum es redueixi a només el 5%.



És a dir, per una dieta de, per exemple, 2000kcal diàries (una quantitat més o menys normal i comuna), seguint les recomanacions de l'OMS, només 100 d'aquestes 2000kcal (el 5%) haurien d'estar aportades per sucres lliures. El sucre aporta aproximadament 4kcal/g, per tant, el consum diari de sucres afegits hauria d'estar reduït a només 25g, els quals equivaldrien, per representar-ho gràficament, a 5 terrossos de sucre (1 terrós=5g), o a 2 sobres i mig de sucre (1sobre=10g). Com ja he dit, segons l'article, l'ideal seria que no més d'un 5% de la ingesta calòrica diària fossin sucres lliures. Ara bé, si això no s'aconsegueix, almenys no ha de superar el 10%, el qual equivaldria a 50g diaris.

Encara que no sembli una quantitat estrictament petita, si ens fixem en els sucres que contenen els productes envasats que comprem al supermercat, els quals són tots afegits, sense afegir nosaltres manualment sucre a cap aliment abans de consumir-lo, ja arribem a aquesta quantitat diària (25-50g). Per tant, tot el sucre que afegim manualment nosaltres (al cafè amb llet, al iogurt,...), és sucre extra, sobrant, el qual no és necessari dins la nostra dieta i el qual quan consumim en un petit excés diari ja és perjudicial per a la salut.

Segons un càlcul fet per experts, la quantitat mitjana de sucres lliures consumits pels habitants d'Europa occidental és aproximadament d'uns quasi 100g diaris, quantitat la qual duplica la quantitat màxima establerta per l'article de l'OMS i deixa en evidència l'excés que actualment s'està fent del consum d'aquest producte. Així doncs, la població en general hauria de reduir a la meitat la quantitat de sucres afegits que consumeix diàriament, la qual cosa aportaria, segons l'OMS, molts beneficis per a la seva salut. De fet, segons el director del departament de Nutrició de l'OMS per la Salut i el Desenvolupament, existeix la certesa que la ingesta de sucres lliures per sota del 10% de la ingesta calòrica diària, redueix molt notablement el risc de sobrepès, obesitat i càries dentals.

El fet que el consum diari d'aquest producte s'hagi de reduir fins a la meitat, pot semblar un repte molt gran i gairebé inassolible. Tot i així, amb força de voluntat és totalment possible, asseguren els experts. Només cal proposar-se fer un canvi d'hàbits i parar més atenció en els aliments que consumim.



10. PAPER DELS SUCRES EN ELS ALIMENTS

Els sucres poden pertànyer de manera natural o no a un aliment, és per això que cal distingir entre dues classes de sucres; els naturals i els afegits.

10.1. ELS SUCRES NATURALS

També anomenats sucres intrínsecs, són tots aquells que pertanyen de manera natural a un aliment o una beguda, és a dir, que no han estat afegits.

Aquests sucres els trobem presents als aliments juntament amb molts altres nutrients necessaris per al nostre organisme, com per exemple, vitamines, minerals, fibra i aigua.

Els exemples més comuns i destacables de sucres que es troben de manera natural en els aliments són la fructosa (monosacàrid), la qual es troba a la fruita, la mel i alguns vegetals, i la lactosa (disacàrid format per una molècula de galactosa i una de glucosa), que és el sucre que es troba a la llet dels mamífers. Aquests dos glúcids són digerits i passen al torrent sanguini en forma de molècules de fructosa, glucosa i galactosa (la lactosa és hidrolitzada per l'acció d'enzims salivals i pancreàtics), les quals arriben fins al fetge. Al fetge, les molècules



(11)



(12)

de fructosa i galactosa es transformen en glucosa, i, des del fetge, les molècules de glucosa viatgen a totes les cèl·lules del cos, on tindran la important funció de proporcionar energia a través de la respiració cel·lular.



Ara bé, no només els aliments dolços, com ara les fruites, contenen sucres, ja que, com he mencionat anteriorment (*apartat 6.4.3, pàg. 23*), els polisacàrids no tenen un gust dolç, i aquests, es troben presents de manera natural en més d'un aliment, principalment el **midó**, el qual trobem sobretot en cereals, llegums i algun vegetal com ara la patata, el blat i la mongeta blanca, i la **cel·lulosa**, la qual trobem a molts aliments que contenen fibra (ja que és el principal component d'aquesta), com per exemple els llegums, els cereals integrals, els fruits secs, alguns vegetals, com ara l'escarxofa, algunes hortalisses, com ara el bròquil, i la patata, i algunes fruites, com ara el coco, l'avocat i el kiwi.

És important destacar però, que la cel·lulosa no té el mateix paper dins el nostre organisme que la resta de glúcids, ja que aquesta no pot ser digerida pel nostre organisme i, per tant, no pot ser metabolitzada i utilitzada per les nostres cèl·lules per obtenir energia.

La cel·lulosa, està formada per una llarga cadena de glucoses unides entre si a través d'uns enllaços molt forts i resistents (enllaços *O*-glicosídics $\beta(1\rightarrow4)$), els quals no poden ser trencats pels enzims de l'aparell digestiu humà. Així doncs, la cel·lulosa és altament resistent a la hidròlisi dels enzims digestius, per tant, aquesta no es descompon en glucosa i no pot ser utilitzada com a font d'energia.

No obstant això, la cel·lulosa segueix essent molt important per al nostre organisme, ja que té un paper fonamental per a la defecació (eliminació de la femta) i per al manteniment de la flora intestinal. Això és degut al fet que aquest polisacàrid afavoreix el trànsit intestinal i ajuda a prevenir l'estrenyiment.

El midó en canvi, sí que és digerit pel nostre organisme, i per tant, sí que és utilitzat com a font d'energia. És descompost, gràcies a l'acció dels enzims salivals i pancreàtics del nostre aparell digestiu, en molècules de maltosa (disacàrid format per dues molècules de glucosa unides mitjançant un enllaç $\alpha(1\rightarrow4)$). Llavors, la maltasa, enzim digestiu encarregat d'hidrolitzar la maltosa que es troba a la mucosa de l'intestí prim, divideix la maltosa en dues molècules de glucosa, les quals són transferides a la sang i utilitzades per les cèl·lules per obtenir energia.

Tot i que he destacat la importància del midó i la cel·lulosa, per la seva abundant presència dins la dieta humana, no són els únics polisacàrids que podem trobar als aliments. N'hi ha d'altres que també podem trobar presents de manera natural en els aliments, com per exemple, el glicogen, el qual es troba present en algunes fruites, en l'arròs i la patata, la



quitina, la qual podem trobar en alguns bolets, la pectina, present en moltes fruites, com ara les pomes, les peres, les figues i el raïm, i l'agar, el qual es troba a la majoria d'algues (típiques de la gastronomia asiàtica).

10.2. ELS SUCRES AFEGITS

Parlem de sucres afegits, o extrínsecs, per fer referència a tots aquells sucres que, de manera natural, no formen part d'un aliment o d'una beguda, sinó que són afegits per la indústria alimentària mentre el producte és fabricat o processat, pels cuiners, o bé, manualment per nosaltres, els consumidors.

Un dels grans problemes dels sucres afegits, és que moltes vegades es troben ocults als aliments industrials. Si mirem les etiquetes nutricionals dels productes que hi ha al supermercat, veurem que majoritàriament, tant dolços com salats, contenen sucres afegits (la quantitat de sucres que ens mostra l'etiqueta d'un producte sol fer referència als sucres afegits), els quals, passen desapercebuts per la majoria de consumidors. De fet, segons un càlcul teòric realitzat per l'especialista en nutrició Josefina Llargués, la qual va dedicar un capítol del seu llibre "Slow Fast Food" als sucres ocults, **el 80% dels sucres que ingerim ens arriben sense adonar-nos-en.**

Per exemple, contradictòriament, productes com ara el bacó, el pa de motlle, el salmó i el pollastre que comprem envasats al supermercat, els quals mai diríem que porten ni un gram de sucre, ja que tenen un gust salat, si llegim la seva etiqueta ens adonarem que sí que en solen contenir.

Així doncs, una anàlisi de les etiquetes dels productes que comprem, podria contribuir molt en una millora de la nostra dieta i en una aproximació a les recomanacions de l'OMS (25g de sucres lliures diaris), ja que molts de nosaltres no som conscients dels sucres afegits que realment consumim.



El fet que l'OMS proposi un consum tan baix de sucres afegits, és perquè tan sols consumint aliments que contenen sucres naturals, com ara són les fruites i la llet, el nostre organisme ja obté la quantitat necessària de glucosa que necessita per aportar energia a les cèl·lules.

Així doncs, gairebé tots els sucres afegits que consumim, els quals aporten més perjudicis que beneficis a la salut humana, són extres i sobrants.

10.2.1. QUINA DIFERÈNCIA HI HA ENTRE ELS SUCRES AFEGITS I ELS NATURALS?

Quin sentit té que els sucres naturals siguin considerats bons per la salut i els afegits no, si químicament, naturalment i a nivell nutricional són el mateix? Aquesta és una interessant pregunta que molta gent es fa, ja que els dos tipus de sucres tenen la mateixa composició, aporten el mateix valor energètic i el nostre organisme, ja que no és capaç de diferenciar-los, els digereix de la mateixa manera.

Doncs bé, la gran diferència que hi ha entre aquests dos tipus de sucres, és de quins nutrients van acompanyats (si és que van acompanyats de nutrients), els quals contribueixen en la resposta metabòlica que el nostre organisme donarà a l'arribada d'aquests sucres a la sang. És a dir, depenent de quins nutrients es trobin juntament amb ells dins l'aliment, aquests sucres seran absorbits pel nostre cos d'una manera o d'una altra.

Mentre que els sucres naturals o intrínsecs van acompanyats principalment de fibra, vitamines i minerals, substàncies les quals aporten un elevat valor nutricional al nostre cos i contribueixen en una assimilació més lenta d'aquests sucres (la qual cosa evita alts nivells de glucosa a la sang), els sucres afegits no solen anar acompanyats per nutrients i, per tant, no ens nodreixen, és a dir la majoria de calories que ens aporten no tenen cap valor nutricional.



A més, la majoria de productes que en contenen, solen tenir un excés de sodi i greixos, els quals precisament no contribueixen en un manteniment saludable del nostre organisme, sinó més aviat al contrari.

El fet que els sucres afegits no vagin acompanyats de nutrients que alenteixen la seva assimilació, com ara la fibra i les vitamines, fa que passin de manera ràpida a la sang, provocant que els nivells de glucosa d'aquesta pugin ràpidament. Automàticament el nostre cos fabrica més insulina, però com ja he explicat abans (pàg. 31), tot i així moltes vegades les



(13)

cèl·lules no són capaces de metabolitzar tota la glucosa per obtenir-ne energia, i una part d'aquesta queda sobrant, la qual s'acumula a les cèl·lules del teixit adipós en forma de lípids (grassa), concretament triacilglicèrids.

Així doncs, el consum de sucres naturals és saludable i convenient, mentre que el consum de sucres afegits està directament relacionat amb el sobrepès, ja que, a part d'incrementar el nostre índex de grassa corporal, és poc nutritiu, és a dir, que n'hem de menjar més per satisfer les nostres necessitats, la qual cosa es tradueix també en un augment de pes.



11. PAPER DELS SUCRES EN LA SALUT HUMANA

Dins la dieta humana és imprescindible la presència del sucre per mantenir satisfetes les necessitats de l'organisme. Ara bé, com bé sap molta gent, les dietes riques en sucres són poc saludables, però, quins són realment els efectes que tenen sobre la salut humana?

L'excés del consum de sucre afecta de manera directa al funcionament del nostre organisme, i en els casos més extrems, pot ser la causa de problemes de salut i patologies, de les quals, en podem destacar l'**obesitat**, la qual està lligada a una altra sèrie de malalties, i les malalties **buco-dentals**.

A més, també pot causar impactes en el funcionament dels aparells i sistemes del cos, com ara l'aparell digestiu i els sistemes ossi i immunitari.

11.1. OBESITAT

L'obesitat és una malaltia crònica molt present en la societat actual, i el nombre de persones que la pateixen està augmentant a un ritme alarmant a la majoria de països desenvolupats d'arreu del món. Aquesta patologia sorgeix quan es consumeix més energia (calories), procedent d'aliments i begudes, que la requerida per satisfer les necessitats biològiques i físiques del nostre cos, la qual cosa es tradueix en una acumulació excessiva de greix.

En primer lloc però, i abans de buscar la relació que té aquesta patologia amb el consum de sucre, cal tenir present que l'obesitat és una malaltia multifactorial, és a dir, no té un únic origen, sinó que pot ser causada per diferents factors, com ara la predisposició genètica, una alimentació inadequada, el sedentarisme, causes hormonals...

Tot i això, el sucre juga un paper molt important en l'aparició d'aquesta malaltia crònica, ja que, tot i no ser l'única causa que pot provocar-la, sí que n'és una de les més destacables. Això és degut principalment a l'abús que se'n fa del seu consum, el qual es sol traduir en l'aparició d'hiperglucèmia, la qual, com ja he explicat anteriorment (*apartat 9, pàg.31*), molts cops dona lloc a la generació de lípids (greixos), i per tant, a l'augment de pes.



L'obesitat a més, està també correlacionada amb una gran varietat d'altres complicacions, com ara problemes cardiovasculars, endocrins, gastrointestinals, renals, neurològics, respiratoris i psicològics.

De totes aquestes complicacions associades a l'obesitat, n'hi ha varies que també tenen una relació directa amb l'alt consum de sucres, les quals són: fetge gras, diabetis mellitus tipus 2, hipertensió arterial i malalties cardiovasculars.

11.1.1. FETGE GRAS

Consisteix en l'emmagatzematge excessiu de triacilglicèrids dins els vacúols del citoplasma de les cèl·lules del fetge, és a dir, en l'acumulació de grassa en el fetge. Com és lògic, un alt consum de sucres, el qual està directament relacionat amb la producció de grassa, és una de les principals causes de l'aparició d'aquesta patologia.

11.1.2. DIABETIS MELLITUS TIPUS 2

La diabetis mellitus tipus 2 és un trastorn metabòlic que es caracteritza per un defecte progressiu de la producció d'insulina i un augment de la resistència que presenta l'organisme a l'acció d'aquesta hormona.

Tot i que diversos estudis demostren que el sucre en si no té efectes negatius sobre la sensibilitat de la insulina, l'excés del seu consum, el qual porta uns alts nivells de glucosa a la sang i requereix una sobreproducció d'insulina, sol alterar i perjudicar la seva fabricació.

Les elevades concentracions de glucosa en sang, fan que automàticament el pàncrees produeixi insulina en excés. El fet que aquest òrgan hagi de treballar tant per crear grans quantitats d'aquesta hormona, fa que moltes vegades quedi "col·lapsat" i deixi de ser capaç de produir la insulina suficient per regular i baixar les altes quantitats de glucosa que hi ha la sang, la qual cosa dona lloc a la hiperglucèmia (la qual contribueix en l'aparició de l'obesitat).

11.1.3. HIPERTENSIÓ ARTERIAL I MALALTIES CARDIOVASCULARS

Diverses proves demostren que la hipertensió arterial, o pressió arterial alta, està relacionada amb un alt consum de sucre, ja que aquest produeix un augment de la



frequència cardíaca i disminueix la concentració d'òxid nítric, el qual ajuda a dilatar les venes i artèries. Aquestes proves a més, presenten molts indicis que senyalen que les persones que tenen un consum excessiu de sucres diari, poden arribar a tenir el triple de possibilitats de morir per malalties cardiovasculars.

Les malalties cardiovasculars constitueixen la principal causa de mort de la població espanyola, i durant aquests últims anys, diversos experts han realitzat estudis per buscar-ne les principals causes. Tot i que no tots ells, la majoria apunten que un dels principals motius és el sobrepès, el qual està relacionat amb l'abús del consum de sucres.

Les persones obeses acostumen a tenir hipertensió i, a més, facilitat per adoptar una elevada freqüència cardíaca. Això és degut al fet que, generalment, tenen una baixa resistència física, i per tant, al mínim esforç que fan, el seu cor augmenta ràpidament el ritme de les seves pulsacions. És per aquests motius, hipertensió i elevada freqüència cardíaca, que aquestes persones solen desenvolupar una dilatació i hipertròfia del cor, concretament del ventricle esquerre, augmentant doncs, les probabilitats que aquest òrgan adopti comportaments anòmals i sigui més propens a desenvolupar malalties.

11.2. MALALTIES BUCO-DENTALS

L'elevat consum de sucres està directament relacionat amb la destrucció de l'esmalt dental i les càries.

A la superfície de les dents, hi ha uns bacteris que reaccionen amb els sucres produint àcids. Aquests àcids desmineralitzen i destrueixen l'esmalt dental, el qual pot ser reparat per l'acció de la saliva. La saliva conté uns minerals protectors que actuen d'esmoreïdors d'aquests àcids bacterians, contribuint així, en la renovació i mineralització de l'esmalt dental. Ara bé, quan a la nostra boca hi arriben sucres de manera continuada, moltes vegades la saliva no té temps de parar l'acció dels àcids que es produeixen, per la qual cosa augmenta el risc que aquest destrueixi l'esmalt dental, provocant l'aparició de càries.

Amb una bona higiene bucal però, tot i consumir aliments ensucrats constantment, aquest problema es pot prevenir, ja que amb el raspall de dents eliminem la majoria de sucres que tenim a la boca.



11.3. IMPACTE SOBRE ELS SISTEMES I APARELLS DEL COS HUMÀ

El consum abusiu de sucres, a part de contribuir en l'aparició de l'obesitat, i tots els seus derivats, i en l'aparició de malalties buco-dentals (sobretot càries), també pot afectar de manera perjudicial al funcionament dels diferents aparells i sistemes del nostre cos:

Aparell digestiu: el consum de sucre augmenta l'acidesa gàstrica i contribueix en l'arribada de bacteris perjudicials a l'intestí, els quals poden produir un estancament de la matèria fecal, és a dir, estrenyiment.

Sistema ossi: l'elevat consum de sucre acidifica la sang. Per compensar aquesta acidificació, l'organisme extreu minerals emmagatzemats al nostre cos (produint una pèrdua de minerals general del cos), com ara el calci dels nostres ossos, debilitant aquests últims i contribuint en l'aparició d'osteoporosi (reducció de la massa òssia).

Sistema immunitari: segons un estudi realitzat per un equip d'investigadors de la Universitat de Case Western Reserve (Estats Units), la glucosa interfereix en el nostre sistema immunològic, ja que després de la ingesta de sucres, algunes de les nostres cèl·lules disminueixen dràsticament la seva capacitat defensiva, augmentant els riscos d'infecció.

A més, de manera hipotètica, ja que encara no existeixen les suficients proves que ho demostrin, el consum de sucre també podria estar relacionat amb l'aparició de:

Problemes psicològics: com ara ansietat, incapacitat de concentració, depressió, dèficit d'atenció i hiperactivitat.

Refredats: una constant ingesta de sucres podria ser una de les causes de l'augment de la producció de mocs.

Acne: els alts nivells de glucosa a la sang podrien estar relacionats amb un desequilibri del manteniment de la pell, fent aquesta més propensa a l'aparició d'erupcions cutànies.

Càncer de pàncrees: aquest, és un dels càncers més mortífers d'arreu del món, i podria estar lligat al consum excessiu de sucres.



Insuficiència renal crònica: un estudi realitzat per David A. Sopa'm, de la Universitat Loyola de Chicago (Estats Units), revela que el consum de refrescos industrials ensucrats podria estar relacionat amb l'aparició de l'albuminúria, un trastorn patològic caracteritzat per un defecte del funcionament dels ronyons, el qual es tradueix en la presència d'albumina a l'orina, unes macromolècules que, en condicions normals, haurien d'haver estat filtrades pels ronyons i no estar presents a l'orina.

Gota: uns estudis realitzats l'any 2008 pel doctor estatunidenc Hyon K. Choi, van demostrar que el consum de refrescos ensucrats podria tenir una relació amb l'aparició de gota, una malaltia molt dolorosa produïda per l'acumulació d'àcid úric en diverses parts del cos, principalment en les articulacions.

Així doncs, després de veure els devastadors efectes que pot tenir sobre la salut humana, queda demostrat que, encara que sigui necessari incorporar-lo a la nostra dieta i per a molta gent sigui difícil resistir-se al seu desitjable sabor, no podem fer un abús del consum de sucre, ja que aquest pot arribar a desencadenar patologies com l'obesitat i la diabetis, i causar greus problemes a la salut buco-dental (aparició de càries).



12. PAPER DELS SUCRES AFEGITS EN LA INDÚSTRIA ALIMENTÀRIA

Actualment, el sucre és un dels principals aliats de les indústries alimentàries, ja que aquest es troba present en la majoria de productes que aquestes fabriquen o processen.

12.1. ETIQUETATGE

Des del 2014, aquestes indústries estan obligades a adjuntar amb tots els seus productes una etiqueta que ofereixi als consumidors informació sobre l'origen, els ingredients, la composició i els nutrients que conté l'aliment o beguda.

La fiabilitat d'aquestes etiquetes però, ha estat en punt de mira per diverses organitzacions de consumidors, les quals asseguren que no tota la informació que aquestes ofereixen és sempre certa.

En qualsevol dels casos, el consumidor té accés a saber tota la informació nutricional, en principi certa, d'un producte abans de comprar-lo.

12.2. FUNCIÓ DELS SUCRES AFEGITS EN ELS ALIMENTS INDUSTRIALS

Els motius que expliquen aquest abundant ús del sucre en la fabricació i el processament dels aliments industrials són variats, però principalment són utilitzats per endolcir i aconseguir una millora del sabor d'aquests productes, la qual està directament relacionada amb l'augment del seu consum.

Molts indicis assenyalen que el sucre estimula els centres de plaer que tenim al cervell, és a dir, qualsevol petita ingesta de sucre estimula la producció de neurotransmissors relacionats amb la sensació de plaer, de benestar i, fins i tot, d'eufòria, especialment endorfines i dopamina, la qual cosa porta al consumidor una gran sensació de satisfacció que el pot conduir de manera molt fàcil a una mena de petita "addicció".

Molts asseguren que parlar d'addicció és una exageració, però cada cop són més les proves que demostren que el sucre afecta el sistema nerviós, i és evident que els productes dolços són una temptació per a la majoria de la població, la qual cosa empeny a les grans indústries alimentàries a endolcir els seus productes per incrementar les seves vendes.



Ara bé, els sucres afegits no només són utilitzats per endolcir, sinó que en molts productes a més a més hi tenen altres funcions, les quals principalment són: **conservar**, ja que tenen la capacitat reduir l'aigua sobrant dels aliments, i per tant, de mantenir-los en bon estat durant més temps i **donar color**. Un exemple bastant comú de l'acció dels sucres com a colorant, és en els productes de pastisseria, com ara les confitures.

13. PAPER DELS SUCRES EN ELS SUCS DE FRUITA ENVASATS

Els suc de fruita industrials, una beguda refrescant i aparentment saludable, són un dels productes més consumits per la població actual.

Podem definir el suc de fruita com un líquid sense fermentar, però fermentable, que s'obté de la part comestible de fruites madures i en bon estat, ja sigui perquè són fresques o perquè s'han mantingut en bon estat per processos i tractaments de conservació. Aquest líquid normalment s'obté del fruit mitjançant processos físics, com ara pressionar-lo o espremer-lo. Actualment és un producte amb un alt interès econòmic, ja que, com ja he mencionat, és molt consumit per la població.

Moltes vegades, els consumidors en solen prendre com una mena d'opció més sana i alternativa als refrescos, els quals són molt ensucrats i calòrics, mentre que els suc són sans, ja que estan obtinguts a partir de fruita, la qual conté fibra, vitamines i minerals.





La realitat però, és que aquestes begudes no són tan saludables com pensem, i gairebé ens aporten més perjudicis que beneficis. En primer lloc, desplacen el consum de fruites, ja (14) que molta gent que en pren ho compta com menjar-se una peça de fruita sencera, la qual cosa no és certa. A l'hora d'esprémer la fruita, els principals components saludables i nutritius d'aquesta, com ara la fibra, desapareixen quasi totalment, ja que gran part d'ells es queden a la pell de la fruita o a l'espremedora.

Com abans he explicat (*apartat 10.2.1., pàg. 37*), allò que diferencia els sucres naturals dels afegits, no és el sucre en si, ja que la seva composició és la mateixa i el nostre cos no els sap diferenciar. Allò que realment els distingeix són els nutrients que els acompanyen (si és que estan acompanyats per nutrients), ja que aquests contribueixen de manera directa en la resposta metabòlica que donarà el nostre organisme a l'arribada d'aquests sucres a la sang.

En el cas dels sucres de fruita doncs, tenim un petit problema, i és que aquests contenen sucre natural, la fructosa (la qual procedeix de les fruites), que no està acompanyada per tots aquells nutrients que aporten beneficis en la seva assimilació pel nostre cos.

El fet que quan la fruita està en estat líquid (suc) no contingui la major part de la fibra, les vitamines i els minerals que contenia originàriament, és degut al fet que la majoria d'aquestes substàncies es perden quan la fruita és espremuda.

Com he dit anteriorment (*apartat 10.1, pàg.34*), precisament aquestes són les substàncies de la fruita que, a part d'aportar la major part del valor nutricional, són les encarregades de contribuir en una assimilació més lenta dels sucres. Així doncs, els sucres que contenen els sucres de fruita, tot i ser naturals, passen a ser assimilats pel nostre cos com si fossin sucres afegits, ja que, com que no contenen fibra i altres substàncies que alenteixen el procés, passen directament a la sang, fent augmentar de manera ràpida els nivells de glucosa a la sang i contribuint, per tant, en l'acumulació de lípids en les cèl·lules del teixit adipós.

A més, els sucres industrials contenen sucres afegits. És a dir, tot i ja contenir sucres de manera natural, generalment, les indústries encara afegeixen més sucres per endolcir i, per tant, per fer més atractiu el seu producte, la qual cosa sol estar relacionada directament amb un increment de les seves vendes (en el cas dels sucres de fruita, els sucres afegits no tenen un paper conservant).



Així doncs, podríem dir que aquests sucS contenen una quantitat doble de sucres, ja que, per una banda, contenen sucres naturals, com ara la fructosa, la glucosa i la sacarosa que contenen les fruites, i per l'altra, sucres afegits, els quals poden ser qualsevol tipus de glúcid.

És per aquesta raó que, moltes vegades, sorprenentment poden arribar a contenir la mateixa quantitat, i fins i tot més, de sucres que, per exemple, els refrescos industrials.

És a dir, els sucS de fruita, els quals són vistos com a begudes saludables i nutritives, estan al mateix nivell de sucres que les begudes refrescants industrials, com ara la Coca-cola o la *Fanta*, les quals són temudes per les elevades quantitats de sucres i calories que contenen. Així doncs, hauríem de ser conscients que l'associació que hem fet sempre de suc de fruita i beguda sana és, en la gran majoria dels casos, errònia.

Això no vol dir que la població hagi de deixar de consumir aquest producte, ja que no és tòxic ni nociu per la salut. Simplement vol dir que, una reducció del seu consum, la qual cosa no suposaria un gran esforç, seria molt convenient, ja que contribuiria de forma directa en una reducció de la quantitat de sucres que prenem diàriament.



14. NORMATIVA ESPANYOLA PER A L'ANÀLISI DE SUCRES

Actualment, no hi ha un mètode concret considerat com a oficial per a l'anàlisi de sucres, sinó que n'hi ha varis que estan aprovats i acceptats com a vàlids per la normativa espanyola.

Per saber quins són aquests mètodes i de quina manera s'han de dur a terme, hem de recórrer als documents legislatius de l'estat, als quals podem arribar a través del BOE i els documents normatius UNE.

El BOE (Butlletí Oficial de l'Estat) és el diari oficial de l'estat espanyol on es publiquen les lleis, disposicions i actes d'inserció obligatòria. Tots els articles i documents que publica aquest diari estan a l'abast de tothom qui els vulgui consultar, és a dir, són públics.

Els documents normatius UNE (Una Normativa Espanyola) són un conjunt de normes i informes creats pels Comitès Tècnics de Normalització (CTN) de l'Associació Espanyola de Normalització i Certificació (AENOR), una associació privada, reconeguda legalment a Espanya i Europa, com un organisme de normalització. Aquestes normes doncs, són privades i tenen un cost. És per això, que són d'ús exclusiu pel propietari que les adquireix.

Tant els documents del BOE com els de les UNE es van actualitzant periòdicament, ja que constantment són revisats en cerca de possibles errors, els quals són corregits. Quan un d'aquests documents acumula molts errors, ja que s'està quedant antic i obsolet, és substituït per un nou document.

El mètode de Luff-Schoorl, el qual jo vaig escollir per a dur a terme l'anàlisi de sucres, és un dels mètodes validats per la normativa espanyola.

Afortunadament, al laboratori que jo vaig anar a visitar tenien accés als documents privats de la UNE que parlaven sobre aquest mètode d'anàlisi. Com que aquests documents legislatius i normes són molt densos i cal parar molta atenció per entendre'ls, ja que estan escrits amb un llenguatge d'un registre molt elevat, és poc pràctic per als membres del laboratori haver de llegir-los tots cada vegada que volen dur a terme el mètode. És per



això, que al laboratori tenien una carpeta classificadora amb els resums de tots aquests documents.

Tot i que no em van deixar fer fotos d'aquests resums, ja que són privats i no poden sortir del laboratori, em van deixar llegir el resum que explicava el mètode de Luff-Schoorl i reescriure, tota la informació que necessités per a dur a terme el meu treball. Aquest resum explicava pas per pas el procediment que cal seguir per dur a terme aquest mètode, d'entre altres coses, com ara el material que es necessita, les mesures de seguretat, els càlculs i les referències bibliogràfiques.

A l'apartat de referències bibliogràfiques, estaven mencionats els documents del BOE i la UNE, els quals, segons em vaig apuntar, concretament són:

- BOE 29/08/79
- UNE 34-199-84 *Mayo 1984 Azúcar. Determinación de azúcares reductores expresados en azúcar invertido o en D-glucosa (Método de Luff-Schoorl)*

Si ens fixem en les dates de publicació d'aquests documents, veurem que són bastant antics. Això és degut, segons em va explicar una de les químiques del laboratori, al fet que poques vegades es modifiquen aquests mètodes, sempre que aquests siguin efectius, pràctics i tots els productes químics que requereixen siguin legals.

Moltes vegades, es prohibeix l'ús de determinats reactius i productes per la seva elevada nocivitat i toxicitat, i deixen de ser considerats legals, per la qual cosa els laboratoris han de deixar d'utilitzar-los. Quan això passa, tots els mètodes que requereixen l'ús d'aquest reactiu o producte han de ser modificats.

Com que aquest cas no ha sigut, fins al moment, el cas del mètode de Luff-Schoorl, el procediment d'aquest s'ha mantingut intacte des de ja fa gairebé 40 anys.



15. MÈTODE DE LUFF-SCHOORL

Definició

Mètode que ens permet determinar la quantitat de sucres reductors (glúcids amb un carboni carbonílic lliure) que conté una mostra.

Principi

La mostra on es troben els sucres reductors es porta a ebullició en presència d'una solució de coure (II). Aquesta última solució es redueix parcialment a coure (I). L'excés de coure (II) es determina per iodometria.

Introducció

En el meu cas, la mostra de la qual en volia determinar la quantitat de sucres era un suc, concretament, un suc envasat industrial. És cert que aquesta informació, quantitat de sucres, la puc trobar en totes les etiquetes nutricionals que hi ha sempre a qualsevol envàs que conté un suc, però com que en un principi dubtava que la informació que contenen aquestes fos verdadera, vaig pensar que seria una bona idea analitzar i intentar determinar la quantitat de sucres real que contenen diferents tipus de suc (de diferents marques i composicions) i qüestionar-me si el que deia l'etiqueta d'aquests era falç o verdader, i llavors, fer una mena de classificació de les diferents marques de suc que hagués analitzat segons si aquests contenen més o menys sucres, i per tant, eren més o menys saludables.

Però quan vaig començar a endinsar-me en el món de les etiquetes nutricionals, em vaig adonar que aquestes no menteixen al client, o més ben dit, no del tot.

A més, a mesura que vaig anar avançant amb el treball, vaig veure que el mètode era bastant complicat de dur a terme i requeria un llarg procediment. És per això que vaig pensar que, en comptes d'analitzar els sucres de diferents tipus de suc, la qual cosa no tenia molta lògica, ja que requeria un llarg procediment i realment per fer una comparació i classificació d'aquests suc era tan fàcil com llegir les seves etiquetes, seria més pràctic analitzar un mateix suc diverses vegades i assegurar-me que estava fent el mètode de manera correcta. D'aquesta manera, comparant els resultats de les diferents anàlisis del mateix suc, podria saber si estava fent el mètode correctament, en el cas que aquests



resultats coincidissin (la qual cosa no assegura que el mètode estigui ben fet, però és un indicador bastant fiable), o si estava fent errors, en el cas que em sortissin diferents.

És en aquest punt quan vaig decidir deixar de banda la idea de fer una comparació i classificació de diferents suc, i em vaig començar a centrar més en com s'havia de dur a terme el mètode, perquè aquest fos precís, i sobretot, en si realment era possible reproduir un mètode proposat per la normativa espanyola en un laboratori d'institut.

Així doncs, finalment vaig prendre com a objectiu principal intentar reproduir, de manera correcta i exacte, un mètode oficial proposat per la normativa espanyola en el laboratori del meu institut.

La manera a través de la qual vaig saber si estava duent a terme el mètode de manera correcta o no, va ser la següent: primer, vaig realitzar jo sola el mètode al laboratori de l'institut, sense comprar cap reactiu específic, és a dir, preparant manualment tots els reactius. Degut al fet que el material que té el laboratori de l'institut no és gaire precís (comparat amb el material que utilitzen els laboratoris professionals on duen aquest mètode oficial), la qual cosa requereix més atenció i fa alentir el procediment, i que vaig haver de preparar manualment una per una totes les solucions i reactius que necessitava per dur a terme el mètode (ja que, com he dit recentment, no havia comprat cap dels reactius específics del mètode), vaig estar tres matins al laboratori de l'institut per dur a terme el mètode. Tot i la quantitat d'hores que hi vaig dedicar, només vaig poder reproduir-lo un cop.

Llavors, per saber si havia fet tots els passos del mètode correctament i, per tant, el resultat final era el correcte, em vaig posar en contacte amb la Mariona Sala, la qual em va convidar a passar un matí als seus laboratoris, on vam fer el mateix procediment que jo havia fet a l'institut, però amb tots els reactius comprats i un material molt més adequat i precís pel mètode. Com que al laboratori LAG tenien totes les facilitats que acabo de mencionar, amb un sol matí vam poder reproduir el mètode 2 vegades.

Com ja explicaré més endavant (*pàg. 91*), quan vaig fer el mètode a l'institut, em vaig saltar un important pas, la hidròlisi de la mostra de suc. Això va fer que, tot i que el resultat no fos incorrecte, no trobés el que buscava des d'un principi, que és la quantitat de sucres totals que conté el suc, sinó que en trobés només una quantitat parcial.



És per això que quan vaig anar al laboratori oficial, vam dur a terme el mètode dues vegades, una, de manera idèntica a com ho havia fet jo a l'institut, és a dir, saltant-nos un pas, i l'altra, amb tot el procediment complet, la qual, finalment ens va revelar la quantitat total de sucres que realment contenia el suc.

El suc que vaig escollir per a fer les anàlisis és el suc de taronja natural de la marca Don Simón.

Concretament aquest:



(15)

Així doncs, la meua part pràctica consisteix en 3 anàlisis del suc de taronja Don Simón: una reproduïda al laboratori de l'institut, i les altres dos al Laboratori Agroalimentari i Ambiental Girona S.L., el procediment de les quals, explicaré a continuació, als apartats 16 i 17 respectivament.

Abans de començar amb l'explicació del procediment, m'agradaria mencionar que aquest va acompanyat de fotos, les quals vaig fer jo mateixa. Com que les vaig fer amb una càmera de qualitat mitjana (la càmera del meu mòbil), alguns petits matisos es poden arribar a no apreciar del tot bé, sobretot les tonalitats i colors determinats que prenen les solucions abans i després de fer una valoració. És per aquesta raó que en algun cas pot arribar a semblar que el color que jo dic que té una determinada substància no coincideix amb el de la foto, tot i que verdaderament, si ens hi fixem bé, podem observar la correspondència del color que jo dic amb el de la foto.



16. MÈTODE DE LUFF-SCHOORL AL LABORATORI DE L'INSTITUT

Durant 3 dies del mes de juliol, vaig anar cada matí al laboratori de l'institut des de les vuit fins a gairebé la una del migdia, és a dir quasi 15 hores de laboratori en total, per poder reproduir tot el mètode.

Tota la informació sobre com dur a terme al mètode que vaig obtenir, com ara el material necessari, totes les solucions i reactius que s'utilitzen, les normes de seguretat i el procediment, la vaig recollir de diferents documents legislatius que em va facilitar el meu tutor.

Abans d'iniciar el mètode, vaig anar un matí (aquest no el compto dins els 3 matins que he mencionat al paràgraf anterior, ja que només vaig anar-hi un parell d'hores) a l'institut a preparar i etiquetar tot el material i tots els reactius que necessitava. Al principi, pensava que em faltarien alguns reactius, i els hauria de comprar jo, ja que se'n necessiten molts, però afortunadament, els vaig trobar tots al laboratori de l'institut.



(16)



(17)

Un cop tot preparat, el procediment que vaig seguir per reproduir el mètode es pot dividir en tres parts: en primer lloc, vaig dur a terme la preparació de solucions i del reactiu de Luff-Schoorl, en segon lloc, vaig fer un control del reactiu de Luff-Schoorl, per comprovar si l'havia preparat correctament, i en tercer i últim lloc, vaig dur a terme les proves analítiques, és a dir, l'anàlisi de la mostra de suc i de la mostra en blanc (de la qual ja en parlaré més endavant) amb el reactiu de Luff-Schoorl.



16.1. PREPARCIÓ DE SOLUCIONS I DEL REACTIU DE LUFF-SCHOORL

Com bé he dit anteriorment, vaig haver de preparar manualment la majoria de solucions i reactius que es necessiten per fer el mètode, ja que al laboratori de l'institut no els teníem i tampoc els podia ni volia comprar, ja que la majoria d'ells tenen un preu molt elevat, i a més, es venen en determinades quantitats, de les quals probablement no n'hagués gastat ni la meitat.

Inicialment, vaig haver de preparar 6 solucions, les quals són utilitzades al llarg del mètode, i 1 reactiu, el reactiu de Luff-Schoorl, el qual serveix per a la valoració final. El procediment que vaig seguir per preparar-ho el vaig dur a terme seguint els passos indicats al document de la norma espanyola que descriu el mètode (com que aquest document és privat, no l'he pogut adjuntar al treball).

16.1.1. PREPARACIÓ DE SOLUCIONS

Solució de tiosulfat de sodi 0,1mol/l

Inicialment en vaig preparar 100ml:

$$100\text{ml solució de tiosulfat sòdic} \cdot \frac{0,1\text{mol tiosulfat sòdic}}{1000\text{ml solució de tiosulfat sòdic}} \cdot \frac{248,18\text{g tiosulfat sòdic}}{1\text{mol tiosulfat sòdic}}$$

$$= 2,4818\text{g tiosulfat}$$

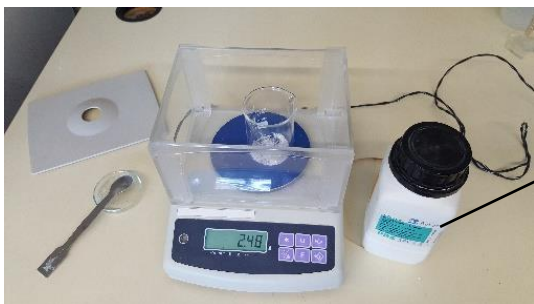
(*la massa molecular del tiosulfat la vaig trobar indicada a l'etiqueta del recipient que el contenia)

- A través dels càlculs, vaig saber que per preparar 100ml de solució, necessitava 2,4818g de tiosulfat.

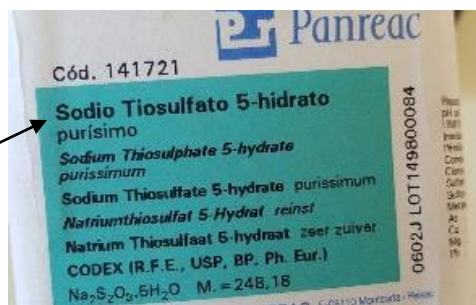


PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Peso, dins un vas de precipitats, 2,48g de tiosulfat amb una balança.



(17)



(18)

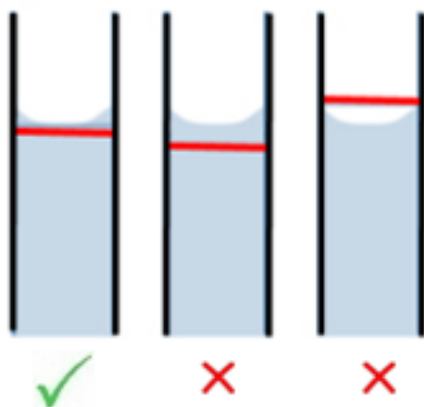
2. Dissolc, amb l'ajuda d'una vareta de vidre, el tiosulfat afegint aigua destil·lada dins el vas de precipitats.

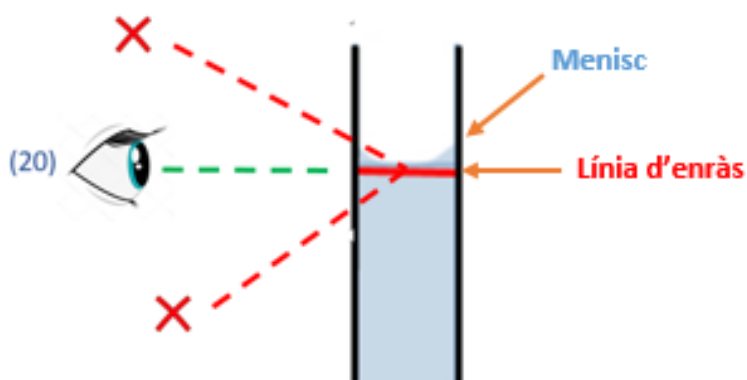


(19)

3. Ho aboco tot dins un matràs aforat de 100ml, juntament amb les aigües de rentat.

4. Acabo d'omplir el matràs amb aigua destil·lada. Les últimes gotes amb comptagotes, per enrasar correctament.





5. Tapo el matràs i l'agito, per tal que la solució sigui homogènia.

6. Etiqueto amb un retolador permanent el matràs. Etiqueta: “*Tiosulfat de sodi*”.

Més endavant, se'm va acabar la solució de tiosulfat i en necessitava més. En vaig preparar 250ml més:

$$250\text{ml solució tiosulfat} \cdot \frac{0,1\text{mol tiosulfat}}{1000\text{ml solució de tiosulfat}} \cdot \frac{248,18\text{g tiosulfat}}{1\text{mol tiosulfat}} = 6,2045\text{g tiosulfat}$$

- A través dels càlculs, vaig saber que per 250ml de solució, necessitava 6,2045g de tiosulfat.

Per preparar aquesta nova solució, vaig seguir el mateix procediment que per preparar l'anterior, amb l'única variació que en comptes de pesar 2,48g de tiosulfat, en vaig pesar 6,20g.



Solució de midó

Seguint les instruccions del mètode, vaig preparar la solució de midó de la següent manera:

PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Peso, dins un vas de precipitats, 5g de midó soluble amb una balança.



(21)

2. Hi afegeixo, amb pipeta i pera, 30ml d'aigua destil·lada.

3. Ho mesclo tot amb l'ajuda d'una vareta de vidre.

4. Bullo 1l d'aigua destil·lada.

5. Hi afegeixo la mescla preparada anteriorment.

6. Ho torno a bullir tot junt, i deixo refredar.

7. Un cop refredat, aboco la solució de midó dins una ampolleta de vidre, la tapo i l'etiqueto. Etiqueta: "Solució de midó".



Solució d'àcid sulfúric (H₂SO₄) 3mol/l

Inicialment en vaig preparar 100ml:

$$100\text{ml solució àcid sulfúric } 3\text{M} \cdot \frac{3\text{mols àcid sulfúric}}{1000\text{ml solució àcid sulfúric } 3\text{M}} \cdot \frac{98,08\text{g àcid sulfúric}}{1\text{mol àcid sulfúric}}$$

$$\frac{100\text{g àcid sulfúric concentrat}}{96\text{g àcid sulfúric}} \cdot \frac{0,54\text{l àcid sulfúric concentrat}}{1000\text{g àcid sulfúric concentrat}} \cdot \frac{1000\text{ml}}{1} =$$

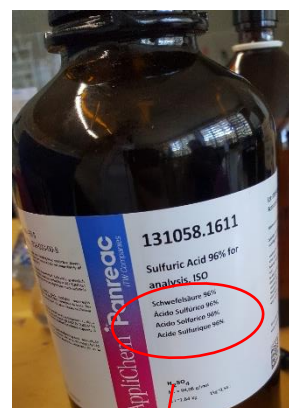
16,551ml d'àcid sulfúric concentrat

(*el tant per cent en massa d'àcid sulfúric que hi ha en l'àcid sulfúric concentrat (96%) el vaig trobar indicat a l'etiqueta del recipient que el contenia)

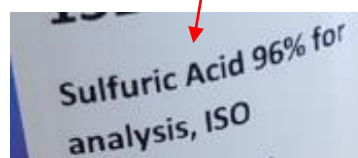
(*la densitat de l'àcid sulfúric (1000g /0,54L) la vaig trobar indicada a l'etiqueta del recipient)

PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Aboco, amb pipeta i pera, 16,551ml d'àcid sulfúric concentrat dins un vas de precipitats.
2. Afegeixo aigua destil·lada al vas de precipitats i ho mesclo tot amb l'ajuda d'una vareta de vidre.
3. Aboco el contingut del vas de precipitats dins un matràs aforat de 100ml, juntament amb les aigües de rentat.
4. Acabo d'omplir el matràs amb aigua destil·lada. Les últimes gotes amb comptagotes, per enrasar correctament.
5. Tapo el matràs i l'agito, per tal que la solució sigui homogènia.
6. Etiqueto el matràs. Etiqueta: "Àcid sulfúric 3M".



(22)



(ampliació imatge 22)



- Solució de iodur potàssic (KI) al 30% (m/v)

Inicialment en vaig preparar 100ml:

30% → 30g de iodur potàssic/100ml de solució de iodur potàssic

PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Peso, dins un vas de precipitats, 30g de iodur potàssic amb una balança.



(23)

2. Dissolc, amb l'ajuda d'una vareta de vidre, el iodur potàssic afegint aigua destil·lada al vas de precipitats.

3. Ho aboco tot dins un matràs aforat de 100ml, juntament amb les aigües de rentat.

4. Acabo d'omplir el matràs amb aigua destil·lada. Les últimes gotes amb comptagotes, per enrasar correctament.

5. Tapo el matràs i l'agito, per tal que la solució sigui homogènia.

6. Etiqueto el matràs. Etiqueta: "Iodur potàssic 30%".

Solució hidròxid de sodi (NaOH) 0,1mol/l

Inicialment en vaig preparar 100ml, a partir d'hidròxid de sodi 1mol/l:

$$100\text{ml solució hidròxid de sodi } 0,1\text{M} \cdot \frac{0,1\text{mol hidròxid de sodi}}{1000\text{ml solució hidròxid de sodi } 0,1\text{M}}$$

$$\frac{1000\text{mL solució hidròxid de sodi } 1\text{M}}{1\text{mol hidròxid de sodi}} = 10\text{ml solució hidròxid de sodi } 1\text{M}$$



PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Aboco, amb pipeta i pera, 10ml d'hidròxid de sodi 1M dins un vas de precipitats.
2. Afegeixo aigua destil·lada al vas de precipitats i ho mesclo tot amb l'ajuda d'una vareta de vidre.
3. Aboco el contingut del vas de precipitats dins un matràs aforat de 100ml, juntament amb les aigües de rentat.
4. Acabo d'omplir el matràs amb aigua destil·lada. Les últimes gotes amb comptagotes, per enrasar correctament.
5. Tapo el matràs i l'agito, per tal que la solució sigui homogènia.
6. Etiqueto el matràs. Etiqueta: "*Hidròxid de sodi 0,1M*".

Solució àcid clorhídric (HCl) 0,1mol/l

Inicialment en vaig preparar 100ml, a partir d'àcid clorhídric 1mol/l:

$$100\text{ml àcid clorhídric } 0,1\text{M} \cdot \frac{0,1\text{mol àcid clorhídric}}{1000\text{ml solució hidròxid de sodi } 0,1\text{M}}$$

$$\frac{1000\text{mL solució àcid clorhídric } 1\text{M}}{1\text{mol àcid clorhídric}} = 10\text{ml solució àcid clorhídric } 1\text{M}$$

PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Afegeixo, amb pipeta i pera, 10ml d'àcid clorhídric 0,1M dins un vas de precipitats.
2. Afegeixo aigua destil·lada al vas de precipitats i ho mesclo tot amb l'ajuda d'una vareta de vidre. Aboco el contingut del vas de precipitats dins un matràs aforat de 100ml, juntament amb les aigües de rentat.
3. Acabo d'omplir el matràs amb aigua destil·lada. Les últimes gotes amb comptagotes, per enrasar correctament.
4. Tapo el matràs i l'agito, per tal que la solució sigui homogènia.
5. Etiqueto el matràs. Etiqueta: "*Àcid clorhídric 0,1M*".



16.1.2. PREPARACIÓ DEL REACTIU DE LUFF-SCHOORL

Per obtenir el reactiu de Luff-Schoorl, prèviament vaig haver de preparar 3 solucions:

1. Solució de sulfat de coure (II) pentahidratat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) exempt de ferro

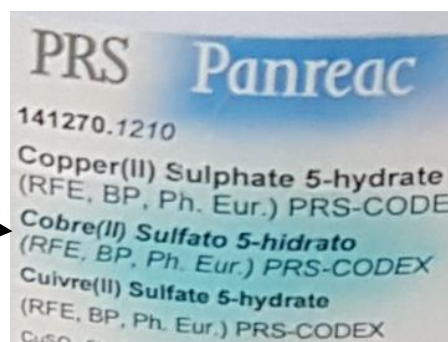
Seguint les instruccions del mètode, vaig preparar la solució de sulfat de coure (II) pentahidratat exempt de ferro de la següent manera:

PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Peso, dins un vas de precipitats, 25 g de sulfat de coure (II) pentahidratat exempt de ferro, amb una balança.



(24)



(ampliació imatge 24)

2. A part, ompló una bureta de 100ml amb aigua destil·lada, les últimes gotes amb comptagotes per enrasar correctament.

3. Afegeixo els 100ml d'aigua destil·lada al vas de precipitats per dissoldre el sulfat de coure i, amb l'ajuda d'una vareta de vidre, ho mesclo perquè la solució sigui homogènia.



(26)



(27)



6. Etiqueto el vas de precipitats. Etiqueta: “ $CuSO_4$ ”.



(28)

2. Solució d'àcid cítric monohidratat ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$)

Seguint les instruccions del mètode, vaig prepara la solució d'àcid cítric monohidratat de la següent manera:

PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Peso, dins un vas de precipitats, 50g d'àcid cítric monohidratat amb una balança.



(29)



(30)

2. Dissolc, amb l'ajuda d'una vareta de vidre, l'àcid cítric monohidratat afegint aigua destil·lada al vas de precipitats.

3. Aboco aquesta solució dins matràs aforat de 50ml.

4. Hi afegeixo les aigües de rentat del vas de precipitats, i l'acabo d'omplir fins a enrasar. Les últimes gotes amb comptagotes per fer-ho de manera precisa i exacte.

5. Tapo el matràs i l'agito per tal la solució sigui homogènia.

6. Etiqueto el matràs. Etiqueta: “Àcid cítric monohidratat”

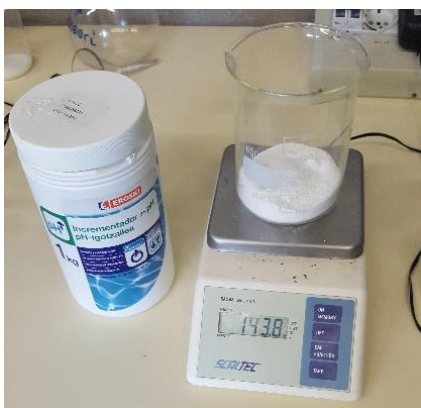


3. Solució de carbonat de sodi (Na_2CO_3)

Seguint les instruccions del mètode, vaig prepara la solució de carbonat de sodi de la següent manera:

PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Bullo aproximadament mig litre d'aigua destil·lada.
2. Peso, dins un vas de precipitats, 143,8g de carbonat de sodi amb una balança.



El carbonat de sodi, s'usa com a regulador de pH. Per exemple, és usat en piscines com a neutralitzador dels efectes àcids del clor. Com que al laboratori de l'institut no teníem carbonat de sodi, vaig utilitzar un *incrementador* de pH per piscines, el qual està constituït per, bàsicament, Na_2CO_3 .

(31)

3. Aboco els 143,8g de carbonat de sodi dins un matràs aforat d'1L, i ho dissolc amb 300ml (agafats emplenant 3 vasos de precipitats de 100ml) d'aigua destil·lada calenta (bullida anteriorment).



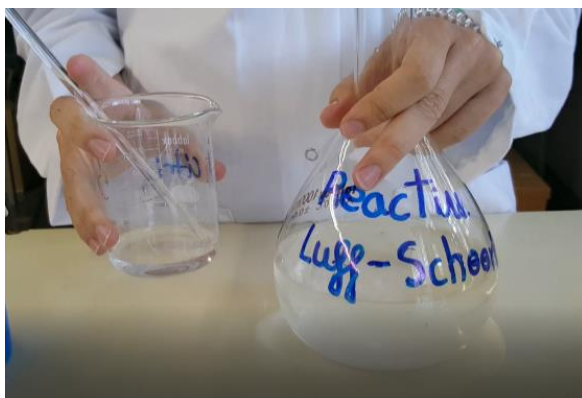
Preparació reactiu de Luff-Schoorl

Un cop preparades aquestes tres solucions, vaig abocar-les dins el matràs aforat d'1L a on es trobava la tercera solució:

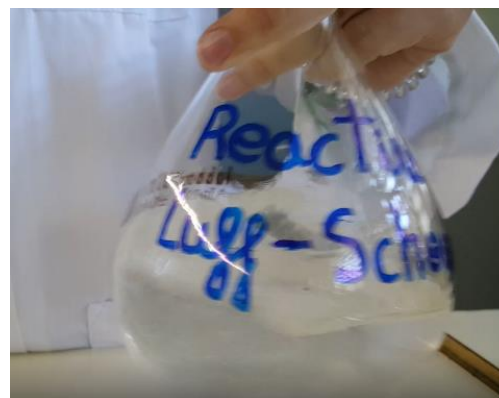
PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Etiqueto el matràs d'1L on es troba la tercera solució (la de carbonat de sodi). Etiqueta: "Reactiu de Luff-Schoorl".

2. Hi aboco la segona solució (la d'àcid cítric monohidratat, la qual he abocat prèviament dins un vas de precipitats) i agito el matràs fins a la desaparició del despreniment gasós.



(32)



(33)

3. A continuació, hi afegeixo la primera solució (solució de sulfat de coure (II) pentahidratat exempt de ferro) i agito la solució per homogeneïtzar-la.



(34)



(35)



(36)



(37)

4. Acabo d'omplir el matràs amb aigua destil·lada fins als 1000ml. Les últimes gotes amb comptagotes, per enrasar correctament.

5. Deixo reposar el reactiu durant una nit, ben tapat, a temperatura ambient i a recés de la llum solar.



(38)



16.2. CONTROL DEL REACTIU DE LUFF-SCHOORL

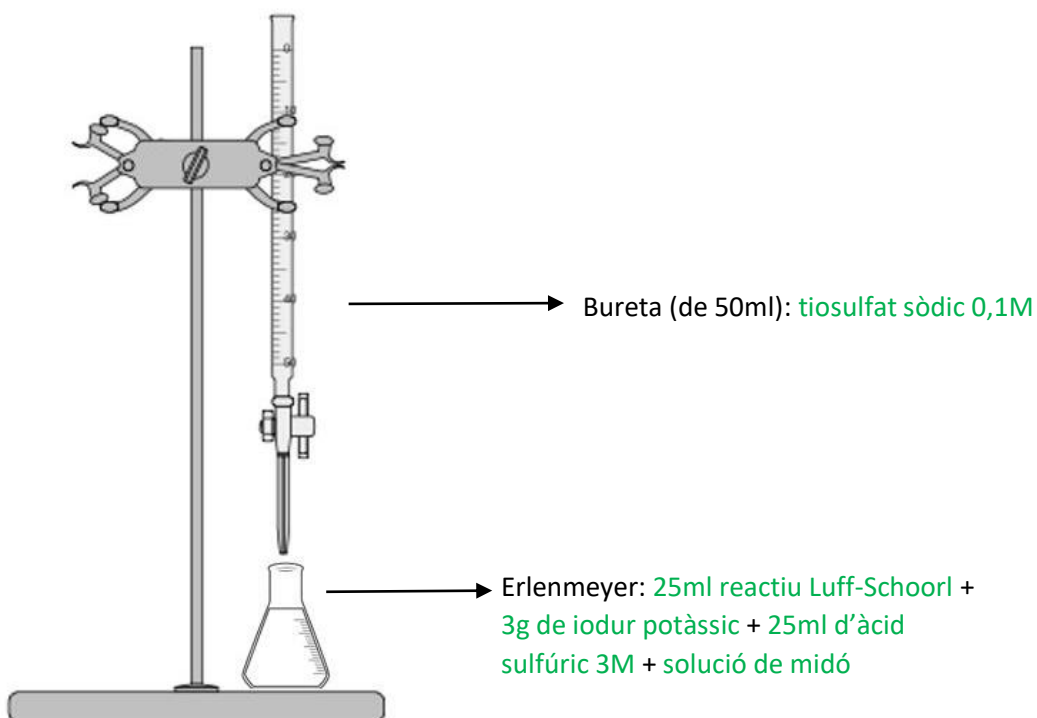
Per comprovar si havia preparat correctament el reactiu de Luff-Schoorl, vaig dur a terme les següents valoracions:

VALORACIÓ 1: VALORACIÓ AMB TIOSULFAT SÒDIC 0,1M

Segons els paràmetres establerts pel mètode en el qual em vaig basar, en aquesta valoració teòricament la quantitat gastada de tiosulfat s'ha d'aproximar als 25ml.

PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Preparo el següent muntatge:



2. Peso dins l'Erlenmeyer 3g de iodur potàssic amb una balança.

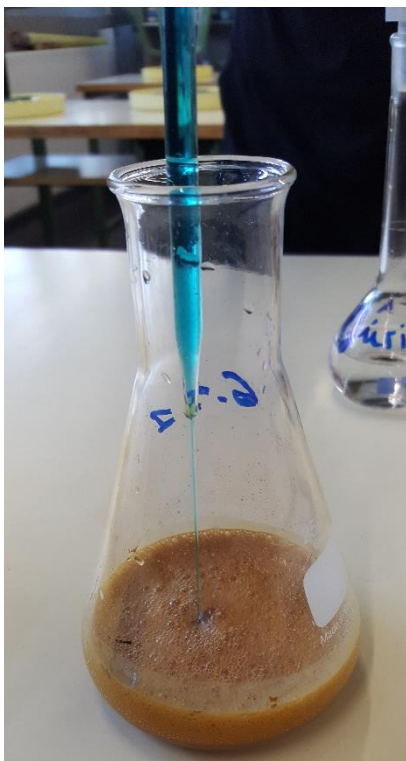


(39)



3. A continuació, afegeixo dins l'Erlenmeyer, amb l'ajuda de pipeta i pera, 25ml d'àcid sulfúric 3M.

4. Dins l'Erlenmeyer, afegeixo per últim 25ml del reactiu de Luff-Schoorl preparat per mi.

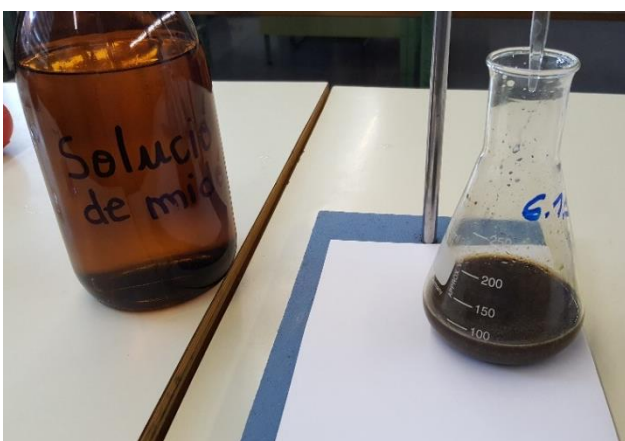


En aquest moment, la solució té un color marró clar, semblant al color del fang.

(40)

5. Omple amb tiosulfat la bureta fins a un volum conegut.

6. Aboco dins l'Erlenmeyer una petita quantitat de la solució de midó (16.1.1).



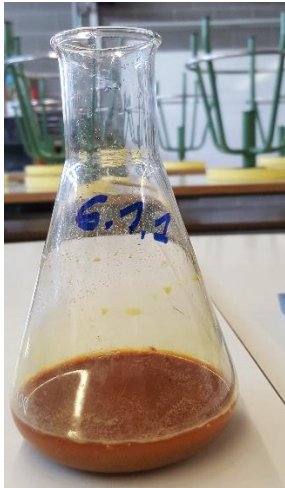
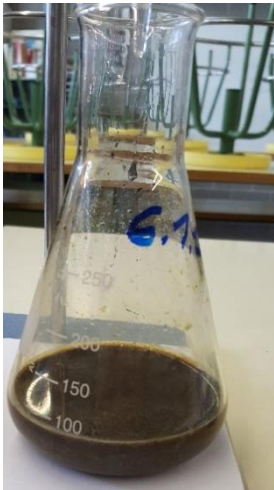
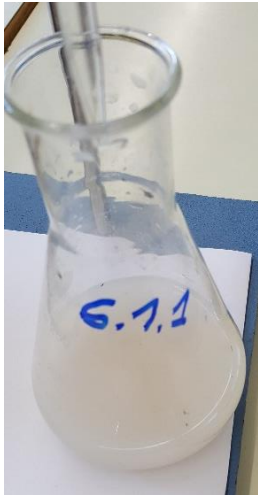
Amb la presència del midó, la solució pren un color blau molt fosc, tirant cap a negre.

(41)



7. Obro l'aixeta de la bureta, deixant caure el tiosulfat gota a gota, fins a observar el viratge (canvi de color) de la solució de l'Erlenmeyer. Tot seguit tanco l'aixeta i anoto el volum de tiosulfat gastat.

VIRATGE DE LA SOLUCIÓ: el viratge està marcat per la desaparició del color negre blavós i l'aparició d'una coloració blanquinosa, tirant cap a un groc pà·lid.

COLOR INICIAL	COLOR QUAN HI AFEGIM EL MIDÓ	COLOR FINAL
Marró, semblant al color del fang	Blau molt fosc	Groc molt pà·lid, quasi blanc
(42) 	(43) 	(44) 

(*els números que es veuen escrits amb permanent als matrassos, són el número del pas al qual corresponen segons el document d'on jo seguia el procediment. És a dir, aquest document separava tots els passos i estaven tots numerats, i aquest "6.1.1" fa referència al pas del procediment).



RESULTATS

Vaig dur a terme aquesta valoració 2 cops:

	Volum de tiosulfat inicial (ml)	Volum de tiosulfat final (ml)	Volum de tiosulfat gastat (diferència entre el volum inicial i el final) (ml)
1	37	4,8	27,2
2	44	18	26

Segons el mètode, la quantitat gastada de tiosulfat havia de ser aproximadament d'uns 25ml. Així doncs, la valoració 1 em va demostrar que, de moment, semblava que havia preparat el reactiu de Luff-Schoorl de manera correcta.

**VALORACIÓ 2: VALORACIÓ AMB HIDRÒXID DE SODI 0,1 mol/l**

Segons els paràmetres establerts pel mètode, en aquesta valoració teòricament la quantitat gastada d'hidròxid de sodi ha d'estar aproximadament entre 5,5 i 6,5 ml.

PROCEDIMENT AL LABORATORI**1. Preparo el següent muntatge: (VALORACIÓ ÀCID-BASE)**

Bureta (de 50ml): **hidròxid de sodi 0,1M**

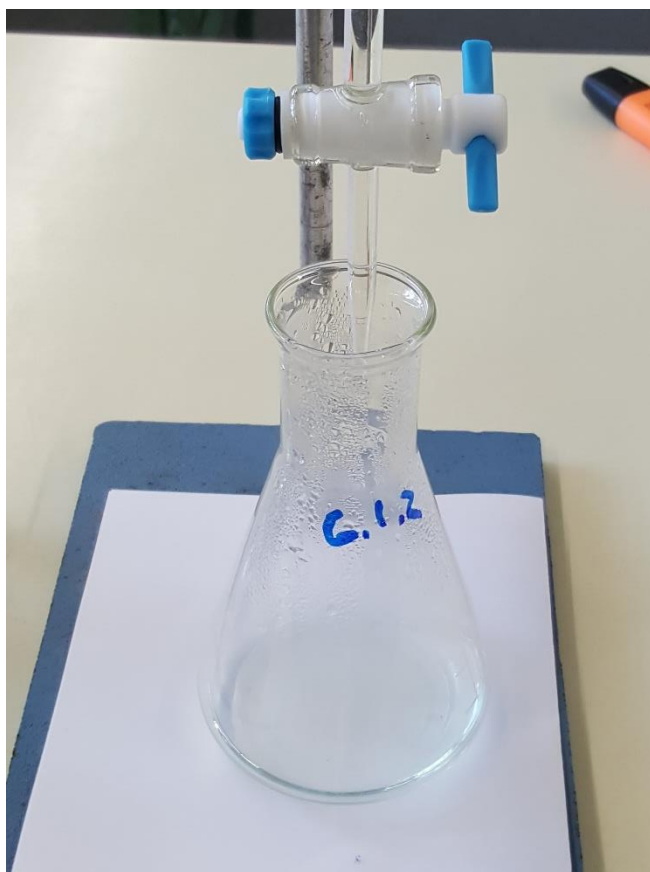
Una part s'evapora

Erlenmeyer: **10ml reactiu Luff-Schoorl diluït + 25ml solució àcid clorhídric 0,1M + H₂O destil·lada + gotes indicador (fenolftaleïna)**

(45)



2. Aboco, amb pipeta i pera, 10ml del reactiu de Luff-Schoorl, dins un matràs aforat de 100ml, i l'enraso amb aigua destil·lada. Les últimes gotes amb comptagotes per enrasar correctament.
3. Dins l'Erlenmeyer aboco, amb pipeta i pera, 10ml del reactiu diluït (solució preparada anteriorment) i 25ml de la solució d'àcid clorhídric 0,1mol/l.
4. Deixo l'Erlenmeyer escalfant-se durant una hora en un bany d'aigua bullent.
5. Mentrestant, bullo aigua destil·lada (aproximadament uns 100ml).
6. Un cop ha passat una hora sencera, retiro l'Erlenmeyer del bany d'aigua bullent i el deixo refredar. Tot seguit, torno a omplir l'Erlenmeyer fins al volum inicial (ja que una part s'ha evaporat mentre estava en el bany d'aigua bullent) amb l'aigua destil·lada bullida recentment.



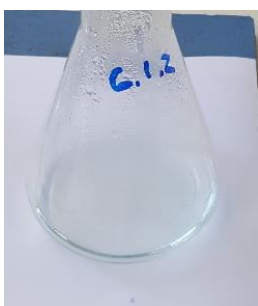
(46)



7. Omple la bureta amb hidròxid de sodi 0,1M fins a un volum conegut.
8. Aboco unes gotes de fenolftaleïna dins l'Erlenmeyer, i el col·loco sota la bureta per començar la valoració.
9. Obro l'aixeta de la bureta, deixant caure l'hidròxid de sodi gota a gota, fins a observar l'aparició del color fúcsia, el qual indica que la solució de l'Erlenmeyer ha passat a tenir un medi bàsic (la fenolftaleïna presenta un color fúcsia en medis bàsics), i per tant, indica la fi de la valoració àcid-base. Tot seguit tanco l'aixeta de la bureta i anoto el volum de base gastada.

VIRATGE DE LA SOLUCIÓ: està marcat per l'aparició del color fúcsia.

Color inicial



(47)

Color final



(48)

RESULTATS

Aquesta valoració només la vaig dur a terme una vegada:

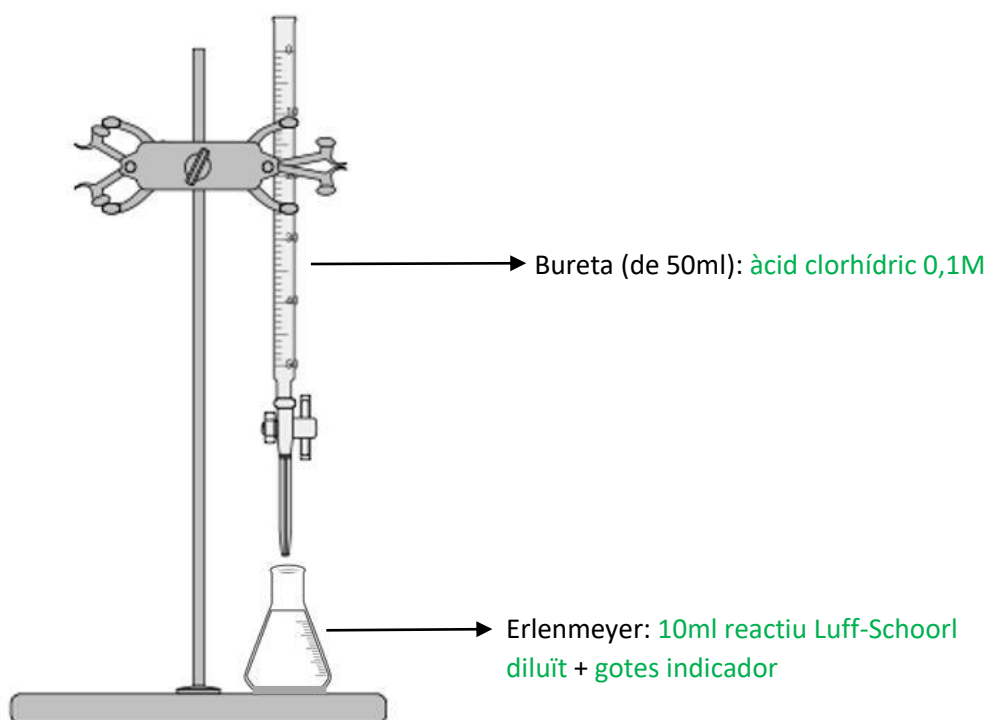
Volum d'hidròxid de sodi inicial (ml)	Volum d'hidròxid de sodi final (ml)	Volum d'hidròxid de sodi gastat (diferència entre el volum inicial i el final) (ml)
14	8,3	5,7

**VALORACIÓ 3: VALORACIÓ AMB ÀCID CLORHÍDRIC 0,1 mol/l**

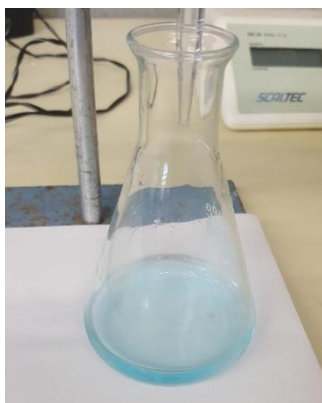
Segons els paràmetres establerts pel mètode en el qual em vaig basar, en aquesta valoració teòricament la quantitat gastada d'àcid clorhídric ha d'estar entre 6 i 7,5 ml.

PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Preparo el següent muntatge: (VALORACIÓ ÀCID-BASE)



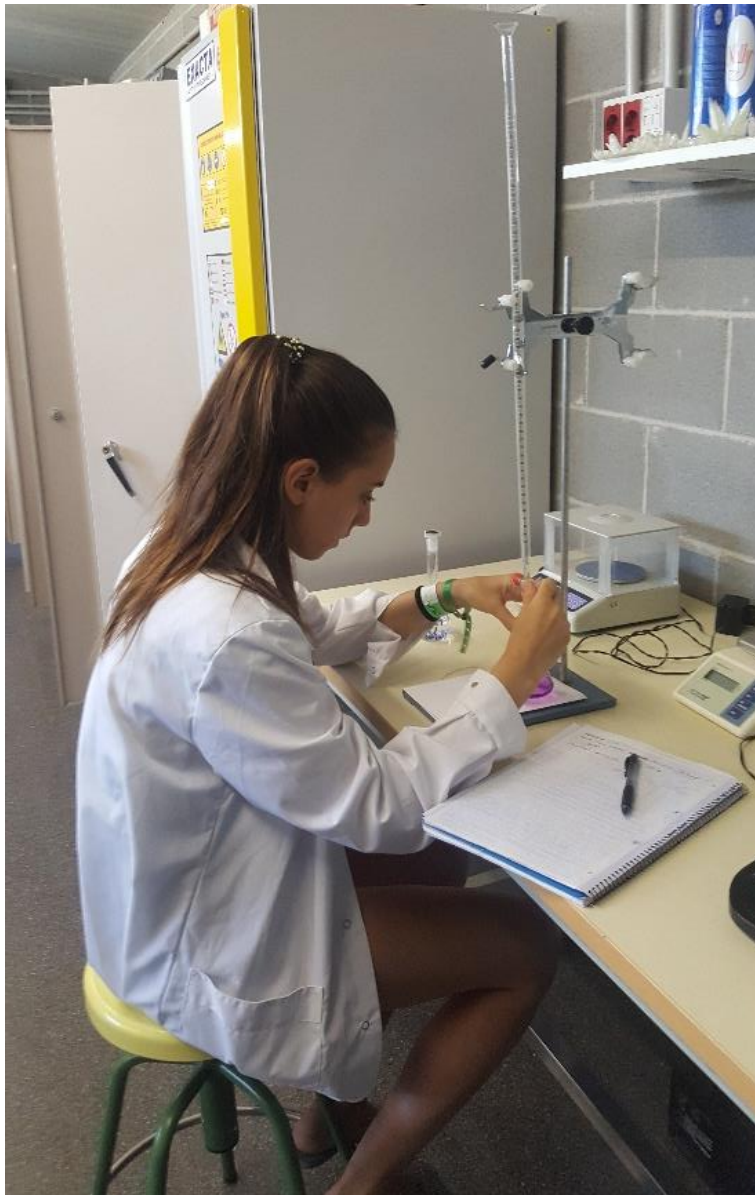
2. Aboco dins l'Erlenmeyer, amb l'ajuda de pipeta i pera, 10ml del reactiu de Luff-Schoorl diluït que he preparat anteriorment per fer la valoració 2 (amb hidròxid de sodi), juntament amb unes gotes de fenolftaleïna (l'indicador).



(49)



3. Ompliu la bureta amb àcid clorhídric 0,1M fins a un volum conegut.
4. Obriu l'aixeta de la bureta, deixant caure l'àcid clorhídric gota a gota fins a observar el canvi de color. El viratge està marcat per la desaparició del color fúcsia, la qual indica que el medi de la solució de dins l'Erlenmeyer ha passat a ser àcid i, per tant, que s'ha assolit el punt final de la valoració àcid-base. Tot seguit, tanco l'aixeta i anoto el volum d'àcid gastat.



(50)



VIRATGE DE LA SOLUCIÓ: està marcat per l'aparició del color fúcsia.



(51)

Color inicial - color final

RESULTATS

Vaig dur a terme aquesta valoració 3 cops:

	Volum d'àcid clorhídric inicial (ml)	Volum d'àcid clorhídric final (ml)	Volum d'àcid clorhídric gastat (diferència entre el volum inicial i el final) (ml)
1	40	32,6	7,4
2	35	27,5	7,5
3	30	23,4	6,6



NIVELL D'ACIDESA DEL REACTIU

A part de les 3 valoracions explicades anteriorment, per comprovar la validesa del reactiu de Luff-Schoorl, també vaig mesurar el seu nivell d'acidesa (pH), el qual, segons els paràmetres establerts pel mètode, havia d'estar entre 9,3 i 9,4 a 20°C.

PROCEDIMENT AL LABORATORI

Per mesurar el pH del reactiu, vaig utilitzar el pH-metre, o més comunament dit, el *phímetre*, un aparell electrònic que s'utilitza per mesurar el nivell d'acidesa d'un medi.

1. Abans d'utilitzar aquest aparell sempre s'ha de calibrar, la qual cosa vaig fer de la següent manera:

1.1. Primer de tot, vaig agafar les dues solucions amortidores, o també anomenades tampó, de pH 4 i pH 7.

1.2. A continuació vaig engegar el pH-metre, vaig netejar l'elèctrode (part del pH-metre encarregada de la lectura del pH) amb aigua destil·lada i el vaig eixugar amb un paper.

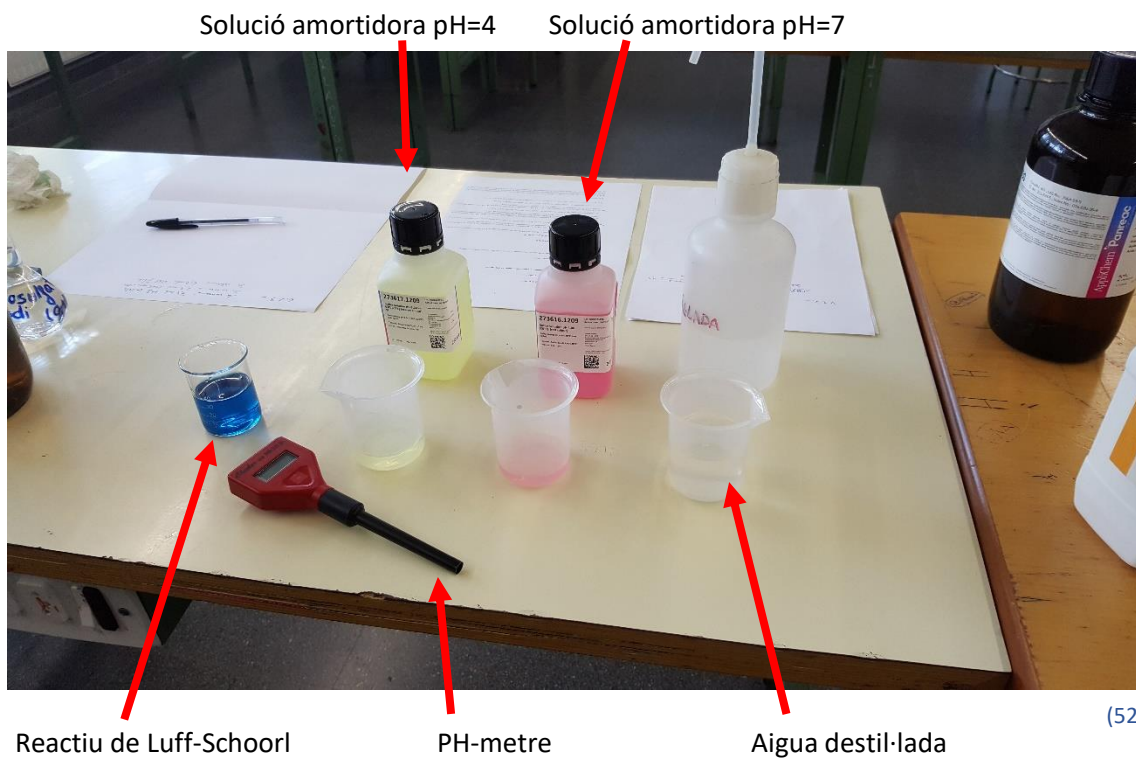
1.3. Vaig posar el pH-metre dins la solució tampó de pH 4, i com que no donava el valor de 4 exacte, amb un tornavís, vaig ajustar el cargol del pH-metre fins que em va donar el valor de 4.

1.4. Vaig treure el pH-metre de la solució de pH 4, el vaig tornar a netejar amb aigua destil·lada i el vaig tornar a eixugar amb paper.

1.5. Tot seguit, vaig posar el pH-metre dins la solució de pH 7. Igualment a l'anterior vegada, vaig ajustar el pH-metre fins que em va donar el valor de 7.

1.6. Vaig repetir aquest procediment de calibrar el pH-metre amb les dues solucions tampons una altra vegada.

2. Un cop vaig tenir el pH-metre ajustat, el vaig fer servir per mesurar el pH del reactiu de Luff-Schoorl, el qual em va sortir que era 9,2, valor el qual, s'aproxima molt al valor indicat pel mètode.



Després que tots els controls de comprovació del bon estat del reactiu m'indiquessin que havia preparat de manera correcta el reactiu de Luff-Schoorl, ja que els valors que hem van sortir a les valoracions s'aproximaven o estaven dins dels paràmetres establerts pel mètode, vaig procedir al següent i últim pas: a les proves analítiques amb el reactiu.



16.3. PROVES ANALÍTIQUES AMB EL REACTIU DE LUFF-SCHOORL

Un cop preparat el reactiu de Luff-Schoorl, vaig preparar la mostra que volia analitzar, (suc de taronja de la marca Don Simon). Abans però, vaig efectuar la mostra en blanc, la qual serveix com a base per comparar i obtenir els resultats de les altres mostres (que en el meu cas només va ser una).

16.3.1. LA MOSTRA EN BLANC

La mostra en blanc, consisteix en una mostra d'aigua destil·lada, la qual vaig analitzar amb el reactiu de Luff-Schoorl.

Els resultats d'aquesta anàlisi serveixen de base per a la interpretació i obtenció dels resultats de la resta de mostres que s'analitzen amb el mateix mètode, ja que, gràcies a la comparació del resultat de l'anàlisi de la mostra en blanc amb el d'una mostra en concret, podem obtenir, mitjançant una taula de valors, la quantitat de sucres reductors que conté aquesta mostra.

L'explicació més detallada d'aquesta obtenció de resultats a partir de la mostra en blanc i una taula de valors, està més endavant (pàg. 89).

PREPARACIÓ DE LA MOSTRA

Per preparar la mostra en blanc no vaig seguir un procediment gaire complicat, senzillament vaig abocar, dins un matràs aforat d'1L, aigua destil·lada fins a enrasar.

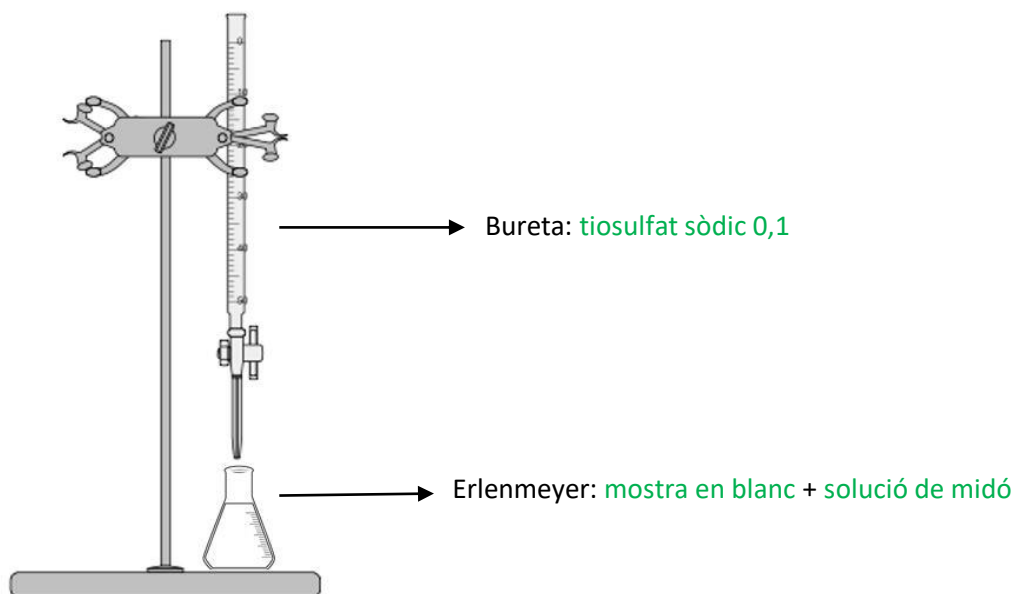
VALORACIÓ DE LA MOSTRA SEGONS EL MÈTODE DE LUFF-SCHOORL

Per dur a terme l'anàlisi, amb el reactiu de Luff-Schoorl, de la mostra en blanc, vaig seguir els següents passos:



PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Preparo el següent muntatge



2. Aboco dins l'Erlenmeyer, amb l'ajuda de pipeta i pera, 25ml del reactiu de Luff-Schoorl.

(Tant la pipeta com la pera, les vaig guardar exclusivament per agafar reactiu de Luff-Schoorl durant la següent valoració (la del suc), ja que el procediment es repeteix).

- Per tant, etiqueto la pipeta.

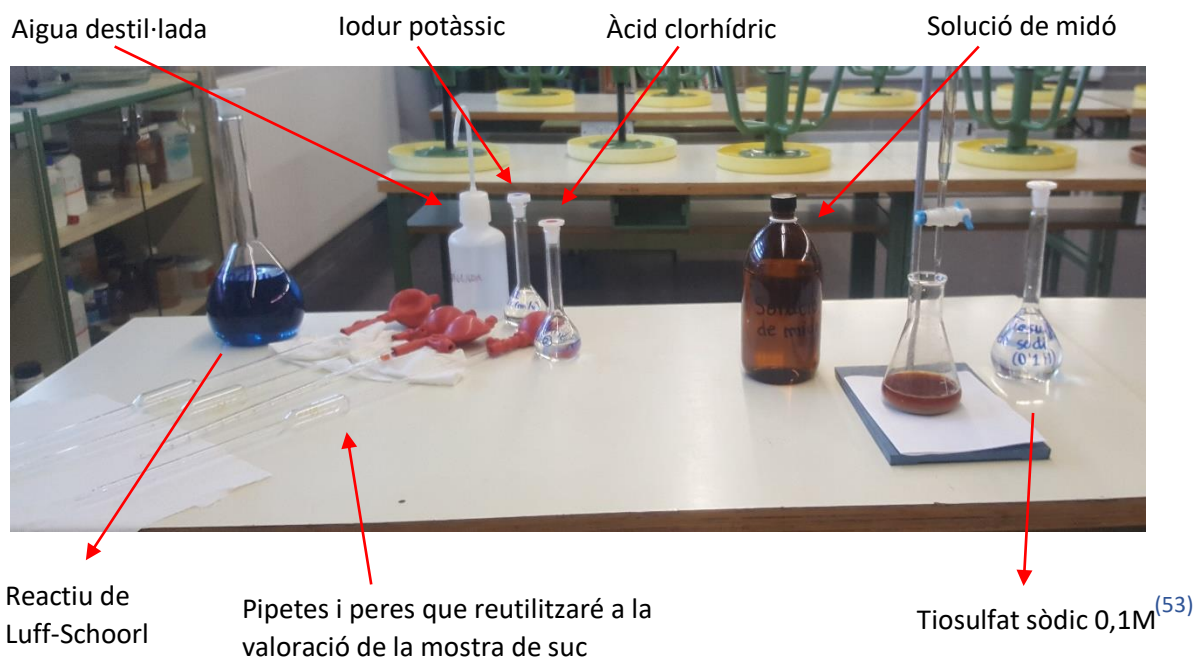
3. Amb una pipeta i una pera diferents, afegeixo 25ml d'aigua destil·lada a l'Erlenmeyer, juntament amb els 25ml del reactiu de Luff-Schoorl.

(En aquest cas, també vaig guardar la pipeta i la pera exclusivament per agafar aigua destil·lada a la següent valoració, per tant, vaig etiquetar la pipeta).

4. Afegeixo a l'Erlenmeyer 10ml de iodur potàssic al 30% . Inmediatament després, i amb molta precaució (a causa del risc de formació excessiva d'espuma), afegeixo 25ml d'àcid sulfúric 3mol/l. De nou, etiqueto la pipeta amb la qual he agafat el iodur i la pipeta amb la qual he agafat l'àcid sulfúric, ja que les reutilitzaré a la següent valoració.




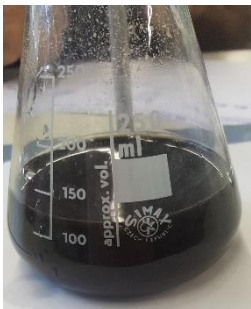
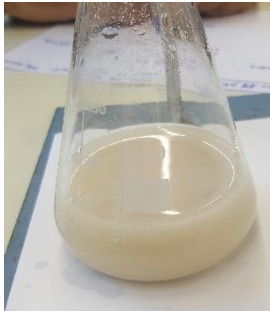
5. Omple la bureta amb tiosulfat sòdic 0,1M fins a un volum conegut.



6. Just abans d'iniciar la valoració, aboco una petita quantitat de la solució de midó dins l'Erlenmeyer, la qual cosa fa canviar la coloració de la solució, la qual pren un color negre amb un to blavós. Tot seguit, inicio la valoració.

7. Obro l'aixeta de la bureta, deixant caure el tiosulfat gota a gota fins a observar el canvi de color. El viratge està marcat per la desaparició del color negre blavós i l'aparició d'una coloració blanquinosa, tirant cap a un groc pàl·lid. Un cop produït el canvi de color, immediatament tanco l'aixeta i anoto el volum de tiosulfat gastat.



COLOR INICIAL	COLOR QUAN HI AFEGIM EL MIDÓ	COLOR FINAL
Marró clar, semblant al color del fang	Negre amb un to blavós	Groc molt pàl·lid, quasi blanc
 (54)	 (55)	 (56)

RESULTATS

Volum de tiosulfat sòdic inicial (ml)	Volum de tiosulfat sòdic final (ml)	Volum de tiosulfat sòdic gastat (diferència entre el volum inicial i el final) (ml)
30	4,9	25,1



16.3.2. LA MOSTRA DE SUC

Com ja he explicat a la introducció de l'apartat 15 (pàg. 52), el suc que vaig escollir per a analitzar-ne la quantitat de sucres, és un suc de taronja de la marca Don Simon.



PREPARACIÓ DE LA MOSTRA

Segons el mètode de Luff-Schoorl, s'ha de preparar la mostra de suc de manera que 25ml d'aquesta continguin entre 15 i 60mg de sucres reductors.

(57)

Segons l'etiqueta de l'envàs d'aquest suc, en 100ml de suc hi ha 10g de sucre:

10g sucres

100ml suc

IMATGE ETIQUETA VALORS NUTRICIONALS MITJANS PER 100mL:

INFORMACION NUTRICIONAL	POR 100 ML
NUTRITIONAL INFORMATION	PER 100 ML
Valor energético / Energy	183 kJ / 43 kcal
Grasas / Fat	0 g
De las cuales / of which:	
saturadas / saturated fat	0 g
Hidratos de Carbono / Carbohydrates	10,0 g
de los cuales azúcares / of which sugars	10,0 g
Proteínas / Proteins	0,6 g
Sal / Salt	0,01 g

(58)

Per aconseguir que la mostra tingui la quantitat de sucres que demana el mètode (15-60mg en 25ml), vaig diluir 10ml de suc amb aigua destil·lada en un matràs d'1L (10 ml suc/1L solució).



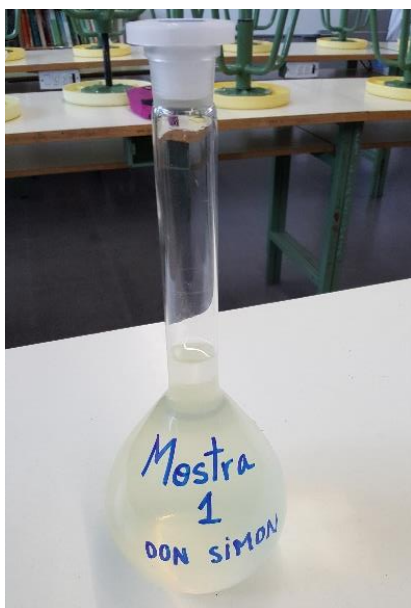
Efectuant els següents càlculs, vaig saber que diluint el suc d'aquesta manera (10ml suc/1L solució), la quantitat de sucres en 25ml de mostra es trobava dins els paràmetres:

$$25\text{ml solució suc} \cdot \frac{10\text{ml suc}}{1000\text{ml solució suc}} \cdot \frac{10\text{g sucres}}{100\text{ml suc}} \cdot \frac{1000\text{mg sucre}}{1\text{g sucre}} = 25\text{mg sucre}$$

Així doncs, vaig preparar 1L de mostra de la següent manera:

PROCEDIMENT AL LABORATORI

1. Amb pipeta i pera, agafo 10ml de suc Don Simon i els aboco dins un matràs aforat d'1L.
2. Acabo d'omplir el matràs amb aigua destil·lada. Les últimes gotes amb comptagotes, per enrasar correctament.
3. Tapo el matràs i l'agito, per tal que la solució sigui homogènia.
4. Etiqueto el matràs. Etiqueta: “Mostra 1 Don Simon” (vaig anomenar aquesta mostra “mostra 1”, perquè inicialment pensava que faria més mostres. És per això, que al llarg de l'explicació del procediment, l'anomeno i em refereixo a ella com a “mostra 1”).



(59)



VALORACIÓ DE LA MOSTRA SEGONS EL MÈTODE DE LUFF-SCHOORL

Per dur a terme l'anàlisi de la mostra 1 amb el reactiu de Luff-Schoorl, vaig seguir els següents passos.

PROCEDIMENT AL LABORATORI

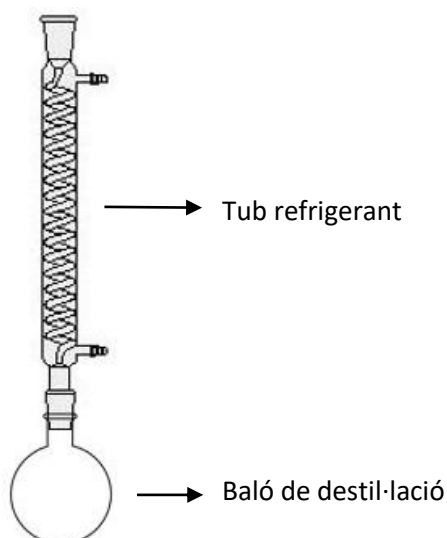
1. Agafo, amb l'ajuda de pipeta i pera, 25ml del reactiu de Luff-Schoorl i els aboco dins un baló de destil·lació (matràs de fons rodó). Tot seguit, hi afegeixo 25ml de la mostra recentment preparada (mostra 1), amb l'ajuda de pipeta i pera.

2. A continuació, bullo la solució de dins el baló de destil·lació.

Per fer-ho segueixo els següents passos:

- Afegeixo dins el baló petits trossos de porcellana, els quals serveixen per regular l'ebullició.
- Col·loco un tub refrigerant a la boca del baló de destil·lació, prèviament untat amb silicona (perquè un cop tingui la mostra bullida i vulgui desmuntar-ho, és a dir, vulgui separar el tub del baló, sigui més senzill)

MUNTATGE





- Col·loco el muntatge mostrat anteriorment dins una manta calefactors (la qual situo sota la campana de gasos).



(60)

- (Com que el muntatge per si sol no s'aguantava, vaig col·locar un suport amb una pinça a la vora de la manta calefactors, amb la qual vaig sostenir el tub refrigerant).



Pinça doble

(61)

- Connecto amb un tub de goma el tub refrigerant a una aixeta d'aigua.
- Connecto un altre tub de goma al tub refrigerant, pel qual surt l'aigua provinent de l'aixeta, després de passar pel tub refrigerant.



(62)



- Engego la manta calefactora per tal que el líquid de l'interior del baló bulli. Al mateix temps, obro l'aixeta a la qual està connectat el tub refrigerant.
- Un cop el líquid de l'interior del baló arriba a l'ebullició, baixo lleugerament la temperatura de la manta, sense que la solució de l'interior deixi de bullir, i ho mantinc així, bullint suaument, durant exactament 10 minuts.

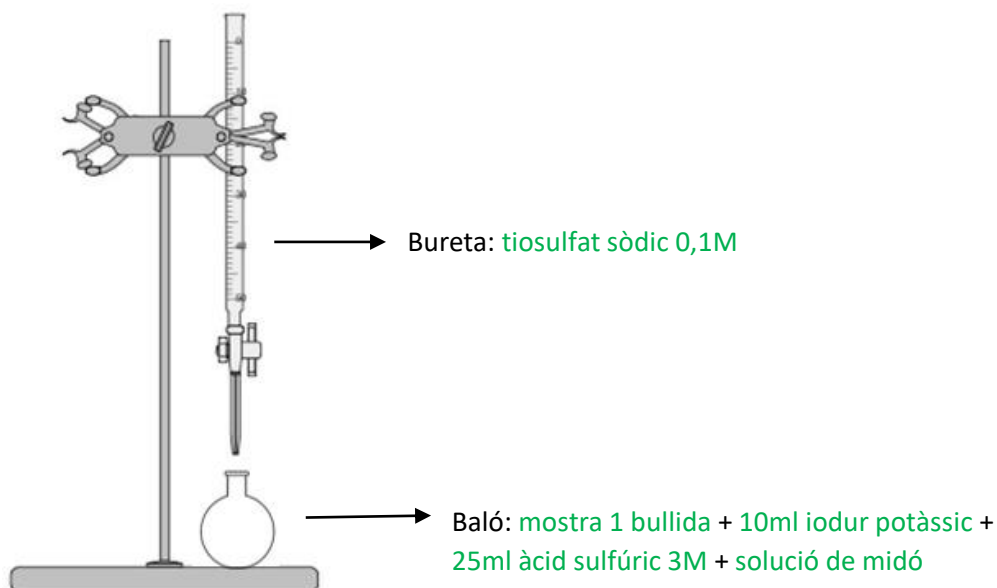


(63)

3. Un cop han passat els 10 minuts, refredo immediatament la solució, col·locant el baló dins un recipient amb aigua freda durant 5 minuts.



4. Al cap de 5 minuts, retiro el baló de l'aigua freda, eixugo la seva part externa amb un paper, i el col·loco en el següent muntatge.



5. Afegeixo dins el baló 10ml de iodur potàssic al 30% 6. Immediatament després, i amb molta precaució (a causa del risc de formació excessiva d'espuma), afegeixo 25ml d'àcid sulfúric 3mol/l.



(64)

Abans d'abocar l'àcid sulfúric.



(65)


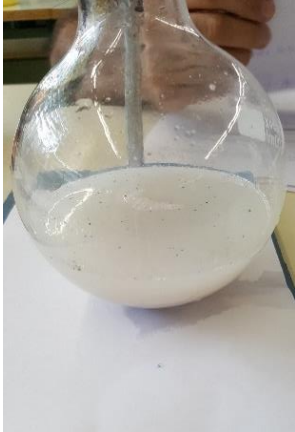
Reacció de la solució quan hi aboquem l'àcid sulfúric (efervescència).

7. Ompló la bureta amb tiosulfat sòdic 0,1M fins a un volum conegut.



8. Just abans d'iniciar la valoració, aboco una petita quantitat de la solució de midó dins el baló, la qual cosa fa canviar la coloració de la solució, la qual pren un color negre amb un to blavós. Tot seguit, inicio la valoració.

9. Obro l'aixeta de la bureta, deixant caure el tiosulfat gota a gota fins a observar el canvi de color. El viratge està marcat per la desaparició del color negre blavós i l'aparició d'una coloració blanquinosa, tirant cap a un groc pàl·lid. Un cop produït el canvi de coloració, immediatament tanco l'aixeta i anoto el volum de tiosulfat gastat.

COLOR INICIAL	COLOR QUAN HI AFEGIM EL TIOSULFAT	COLOR FINAL
Marró ataronjat	Negre amb un to blavós	Groc molt pàl·lid, quasi blanc
 (66)	- (no tinc foto)	 (67)

(com que estava entretinguda duent a terme la valoració, me'n vaig oblidar de fer la foto a la solució un cop hi havia tirat el midó)

RESULTATS

Aquesta valoració només la vaig dur a terme una vegada:

Volum de tiosulfat sòdic inicial (ml)	Volum de tiosulfat sòdic final (ml)	Volum de tiosulfat sòdic gastat (diferència entre el volum inicial i el final) (ml)
30	10,6	19,4



16.4. CÀLCULS I OBTENCIÓ DE RESULTATS

Gràcies al coneixement del volum de tiosulfat sòdic gastat i la taula adjunta a continuació, vaig poder determinar els mg de sucre que contenia la mostra 1.

TAULA DE VALORS SEGONS LUFF-SCHOORL

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 mol/l	Glucosa, fructosa, azúcares invertidos $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$	
ml	mg	Diferencia
1	2,4	
2	4,8	2,4
3	7,2	2,4
4	9,7	2,5
5	12,2	2,5
6	14,7	2,5
7	17,2	2,5
8	19,8	2,6
9	22,4	2,6
10	25,0	2,6
11	27,6	2,6
12	30,3	2,7
13	33,0	2,7
14	35,7	2,7
15	38,5	2,8
16	41,3	2,8
17	44,2	2,9
18	47,1	2,9
19	50,0	2,9
20	53,0	3,0
21	56,0	3,0
22	59,1	3,1
23	62,2	3,1

(68)

Aquesta taula s'analitza de la següent manera:

- La primera columna correspon a la diferència entre els ml gastats de tiosulfat sòdic a la mostra en blanc i la mostra que estem analitzant.

En el cas de la mostra 1, la diferència entre el volum de tiosulfat sòdic gastat en aquesta i la mostra en blanc és la següent:

$$25,1\text{ml} - 19,4\text{ml} = \mathbf{5,7\text{ml}}$$

- La segona columna es correspon amb la primera, i mostra els mg de sucre que conté la mostra en funció dels ml de tiosulfat sòdic que acabem de calcular, que són els de la



diferència entre el volum de tiosulfat sòdic gastat en la mostra en blan i els gastats en la mostra que estem analitzant.

En el cas de la mostra 1, els ml de tiosulfat sòdic són 5,7, valor el qual no és exacte i no surt a la taula. Per tant, s'ha de calcular per interpolació quin valor es correspon amb el 5,5, el qual, segons la taula, es troba entre el 12,2 i el 14,7:

$$14,7 - 12,2 = 2,5$$

$$2,5 \div 10 = 0,25$$

$$0,25 \cdot 7 = 1,75$$

$$12,2 + 1,75 = \mathbf{13,95mg}$$
 de sucre.

Així doncs, sabem que la mostra 1 conté 13,95mg de sucre.

Per fer la valoració he agafat 25ml de mostra, per tant sé que 25ml d'aquesta mostra contenen 13,95mg de sucres.

$$\frac{13,95\text{mg de sucres}}{25\text{ml de solució}}$$

La mostra 1 està formada per 10ml de suc diluïts en un matràs aforat d'1L (1000ml) enrasat en aigua destil·lada, per tant:

$$\frac{13,95\text{mg de sucres}}{25\text{ml de solució}} \cdot \frac{1000\text{ml de solució}}{10\text{ml de suc}} = \frac{558\text{mg de sucres}}{10\text{ml de suc}} = \frac{0,558\text{g de sucres}}{10\text{ml de suc}}$$

L'etiqueta de valors nutricionals, la qual utilitzo per comparar els resultats obtinguts, mostra les quantitats per cada 100ml de suc, per tant, si en 10ml hi ha 0,558g, en 100ml:

$$\frac{0,558\text{g de sucres}}{10\text{ml de suc}} \cdot 100\text{ml} = 5,58\text{g de sucre}$$

Així doncs, segons els resultats de la valoració, en 100ml de suc, hi ha 5,58g de sucres **reductors**.



16.5. ANÀLSI I INTERPRETACIÓ DELS RESULTATS

Segons l'etiqueta de valors nutricionals que hi ha a l'envàs del suc, per cada 100ml hi ha 10g de sucres.

Quan vaig acabar els càlculs i em vaig adonar que la quantitat de sucres que havia trobat (5,58g) era gairebé la meitat que la quantitat indicada per l'etiqueta de l'envàs del suc (10g), vaig pensar que havia fet algun error a l'hora de dur a terme el mètode.

Llavors però, després d'estar uns dies buscant el possible error que havia fet realitzant el mètode i d'haver-me posat en contacte amb la Mariona Sala, em vaig adonar que el meu error havia estat que jo havia suposat que tots els sucres que contenia el suc eren reductors, i probablement, el suc en contenia d'altres que no ho eren i que per tant, jo no havia pogut detectar amb aquest mètode, el qual només serveix per analitzar la presència de sucres reductors.

La Mariona, la qual em va dir que aquest error era molt comú, em va explicar a què era degut: m'havia saltat un pas que no estava explicat en cap dels documents que jo tenia, el qual era totalment fonamental per a poder trobar tots els sucres que realment contenia un suc. Aquest pas és la hidròlisi de la mostra, la qual sí que vam dur a terme quan vaig visitar el seu laboratori. El procediment que s'ha de seguir i l'explicació de per què s'ha de fer aquesta hidròlisi, està a continuació.



17. MÈTODE DE LUFF-SCHOORL AL LABORATORI AGROALIMENTARI I AMBIENTAL GIRONA S.L.

El dijous 6 de juliol al matí, vaig anar a visitar el Laboratori Agroalimentari i Ambiental Girona S.L., on vaig veure com es reproduïa el mètode de Luff-Schoorl per experts. En aquest laboratori, s'encarreguen de dur a terme diverses anàlisis químiques i microbiològiques de, principalment, aliments i aigües.

Aquest laboratori va ser creat l'any 1992 per oferir un servei d'anàlisis i assessorament en el sector agroalimentari i ambiental de les comarques gironines. Està format per dos departaments, el de química, en el qual jo vaig passar tot el matí, i el de biologia.

INSTAL·LACIONS DEPARTAMENT DE QUÍMICA



(69)





(70)

(71)



(72)



(73)



17.1. VISITA AL LABORATORI

Vaig arribar al laboratori cap a les 8 del matí, ja que em van dir que fos molt puntual perquè a mesura que va avançant el dia se'ls hi acumula la feina. Tan bon punt vaig arribar al laboratori, em va venir a rebre la directora del departament de química, amb la qual havia estat en contacte durant l'estiu. Em va ensenyar les instal·lacions del laboratori del seu departament i em va presentar les dues professionals que hi treballaven, les quals van passar tot el matí amb mi.

Eren dues llicenciades en química. Tenien molta pràctica i coneixien tots els detalls del mètode de Luff-Schoorl, ja que estaven acostumades a dur-lo a terme molt sovint.



(74)

(*L'altra química que va dur el mètode no surt a la foto perquè quan ens la vam fer ja era fora)

Tot i que no em van deixar participar en el mètode (ja que no tenia assegurança i si hagués pres mal haguéssim tingut problemes) i només em van deixar mirar, l'experiència d'estar en un laboratori envoltada de professionals que estaven treballant, em va agradar molt, ja que vaig tenir l'oportunitat de veure com és la jornada laboral d'un químic que treballa en un laboratori.



(75)



(76)



Com he explicat a la introducció de l'apartat 15 (pàg.50), en aquest laboratori vam dur a terme dues anàlisis del suc: una amb el procediment complet del mètode (sense saltar-nos el pas d'hidrolitzar la mostra), la qual anomenaré anàlisi 1, i una amb el mateix procediment que vaig seguir a l'institut (el qual està incompleta, ja que falta la hidròlisi de la mostra), la qual anomenaré anàlisi 2.

17.2. ANÀLISI 1

17.2.1. PREPARACIÓ DE LA MOSTRA

Aquesta mostra, a diferència de la que vaig analitzar al laboratori de l'institut, la vam hidrolitzar.

Com ja he explicat anteriorment (pàg. 20), la hidròlisi dels glúcids és el trencament d'enllaços O-glicosídics, és a dir, la descomposició de tots els oligosacàrids i polisacàrids en molècules simples, és a dir, en monosacàrids. Hi ha diversos factors que afavoreixen aquest procés, com ara un medi àcid i una temperatura elevada, condicions les quals contribueixen directament en el trencament d'enllaços O-glicosídics. És per això que afegim àcid a la mostra i la portem a ebullició.

Dur a terme aquest trencament d'enllaços O-glicosídics ens interessa perquè tots els sucres que ens queden dins la mostra, són sucres reductors (tots els monosacàrids tenen poder reductor, ja que tenen el carboni carbonílic lliure), els quals són els que trobem quan analitzem la mostra amb el mètode de Luff-Schoorl. Per tant aquesta anàlisi, ens permetrà detectar tots els sucres del suc quan fem l'anàlisi.



PROCEDIMENT

1. Pesem amb la balança aproximadament 5g de suc (el qual, recordo, és el mateix que el que vaig analitzar al laboratori de l'institut: suc de taronja de la marca Don Simon), abocats dins un Erlenmeyer de 250ml amb pipeta i pera (nosaltres en vam pesar concretament 5,3124g).



(77)

2. Afegim 100ml d'aigua destil·lada dins l'Erlenmeyer i barregem per dissoldre el suc.

3. Aboquem el contingut de dins l'Erlenmeyer dins un matràs aforat de 250ml. Afegim les aigües de rentat de l'Erlenmeyer (sense arribar a enrasar).

4. Tot seguit, duem a terme la defecació de la mostra: aboquem dins el matràs 5ml de Carrez I i 5ml de Carrez II. Aquests reactius, els Carrez, serveixen per fer precipitar les macromolècules (molècules grans) que conté la mostra, les quals són principalment greixos i proteïnes.

Parlem de *defecació* de la mostra perquè fem precipitar totes les impureses que aquesta conté (quan parlo d'impureses, em refereixo a totes les molècules de la mostra que no ens interessin per a l'anàlisi que volem dur a terme), quedant-nos només amb les molècules que ens interessin, els sucres.



(78)



6. Tot seguit, aboquem dins el matràs de 250ml aigua destil·lada fins a enrasar.
7. Un cop hem enrasat amb aigua destil·lada, agitem el matràs per homogeneïtzar la mostra, i la deixem reposar durant 10 minuts.
8. Un cop han passat els 10 minuts, filtrem la mostra (dins d'un nou matràs aforat, també de 250ml) de la següent manera:
 - Col·loquem un paper de filtre dins l'embut i connectem aquest últim amb el coll del matràs aforat.
 - Aboquem de mica en mica la mostra dins l'embut, i, a mesura que aquesta es va filtrant, va entrant dins el matràs.

Quan filtrem la mostra, eliminem totes aquelles macromolècules que abans havíem fet precipitar amb els reactius Carrez, les quals es queden atrapades al paper de filtre.



(79)



(80)

Un cop tenim la mostra filtrada, ja tenim l'extracte que estàvem buscant, ja que la mostra que hem obtingut només conté sucres.



17.2.2. ANÀLISI DE LA MOSTRA

Al laboratori, separaven el procediment d'anàlisi de la mostra en dos passos: en el primer, es du a terme la hidròlisi (s'acidifica el medi de la mostra i es porta aquesta última a ebullició), i en el segon, finalment, s'analitza la mostra amb el reactiu de Luff-Schoorl.

PROCEDIMENT

PAS 1

1.1. Prenem amb pipeta i pera 50ml de la mostra preparada anteriorment i ho aboquem dins un matràs aforat de 100ml.

1.2. Hi afegim 4 gotes de taronja de metil 0,1%, el qual és un indicador àcid-base que ens ajudarà a determinar el pH del medi de la mostra, el qual volem que sigui àcid.

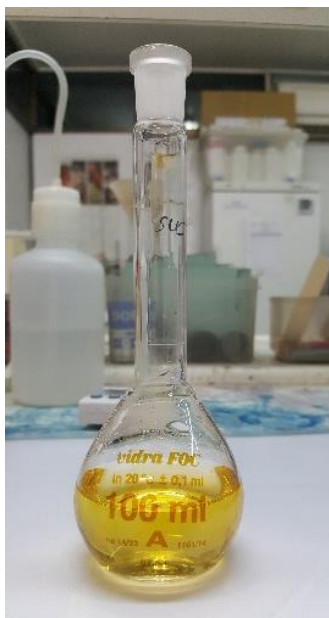
Viratge taronja de metil: el punt de viratge del taronja de metil es troba entre 3,1 i 4,1.

Presenta un color vermell amb un to rosat quan el pH del medi està per sota de 3,1-4,2 (medi àcid), i un color taronja-groguenc quan el pH està per sobre.

(Recordatori: $\text{pH} < 7$, medi àcid; $\text{pH} = 7$, medi neutre; $\text{pH} > 7$, medi bàsic)

Així doncs, per assegurar-nos que el pH de la mostra és àcid, la mostra haurà de tenir un color vermellós rosat.

Inicialment el color de la mostra era d'un groc ataronjat.



(81)



1.3. Volem que el medi de la mostra tingui un pH bàsic, la qual cosa sabrem del cert quan el color d'aquesta canviï i prengui un to vermellós rosat.

Per aconseguir-ho, fem caure gota a gota àcid clorhídric 3N dins el matràs fins a observar un canvi de color de la mostra, el qual indicarà que el pH del medi d'aquesta és àcid.

Un cop hem observat el viratge, deixem d'abocar àcid clorhídric.

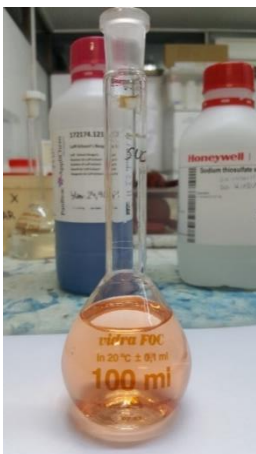


(82)

1.4. Un cop hem canviat el pH de la mostra i aquesta ja té un medi àcid, la portem a ebullició en un bany d'aigua bullent. Mantenim la mostra en ebullició durant 1 hora. És en aquest moment quan es produeix la hidròlisi de tots els glúcids que conté la mostra, la qual es troba en una temperatura (elevada) i un medi (àcid) ideals perquè es produeixi el trencament de tots els enllaços O-glicosídics.

1.5. Un cop ha passat l'hora, refredem la mostra sota un corrent d'aigua freda.

1.6. A continuació, afegim dins el matràs recentment refredat 15ml d'hidròxid sòdic 0,125N, o una mica més si cal, fins a observar el canvi de color de nou a taronja-groguenc.



(83)

Afegint aquesta base, el que aconseguim és tornar a portar el pH del medi de la mostra a un pH més neutre, ja que, fins ara, la mostra tenia un pH àcid, el qual havíem utilitzat per a fer la hidròlisi.



1.7. Finalment, enrasem el matràs (el qual és de 100ml) amb aigua destil·lada.

Aquí finalitza el pas 1. Un cop arribem a aquest punt, ja hem obtingut el que buscàvem: tots els sucres que conté la mostra són reductors, per tant, els podem identificar tots quan fem l'anàlisi amb el reactiu de Luff-Schoorl, ja que aquest només ens serveix per analitzar de sucres reductors.

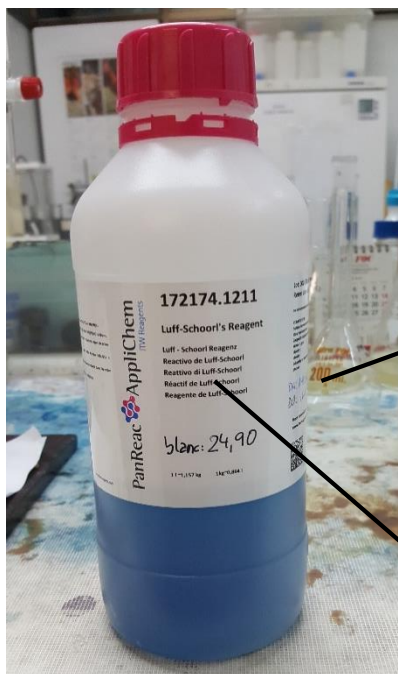
PAS 2

2.1. Aboquem, amb pipeta i pera, 25ml de l'extracte preparat al pas 1 dins un baló de 500ml.

2.2. Hi afegim, amb l'ajuda de pipeta i pera, 25ml del reactiu de Luff-Schoorl. A diferència del que jo vaig fer a l'institut però, al laboratori de Girona compraven aquest reactiu ja preparat.



(84)



(85)

Data de caducitat: 04/2021

Lot: 0001386308
Retest date: 04/2021

(86)

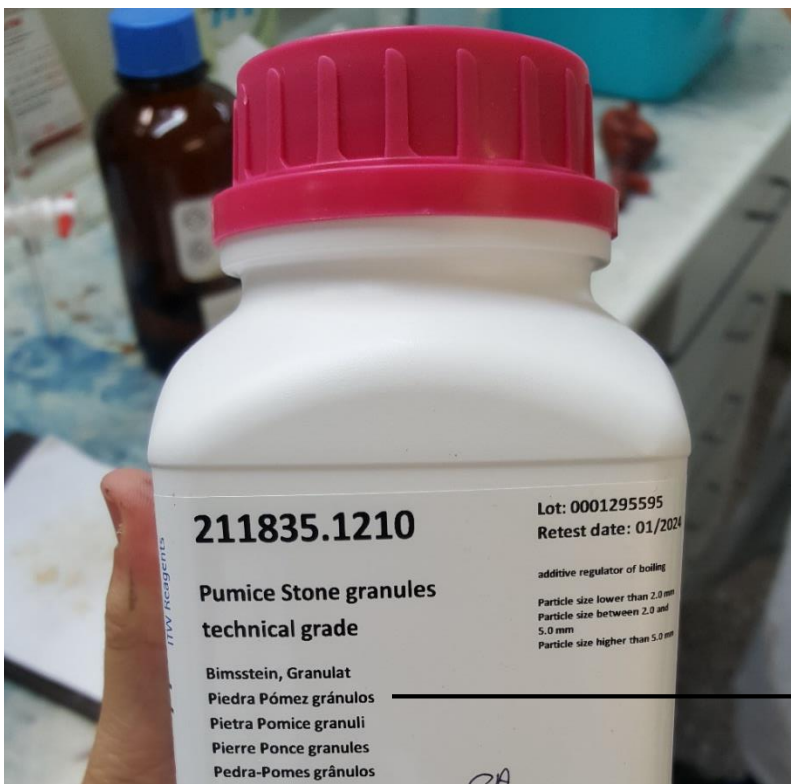
Luff-Schoorl's Reagent

Luff - Schoorl Reagenz
Reactivo de Luff-Schoorl
Reattivo di Luff-Schoorl
Réactif de Luff-Schoorl
Reagente de Luff-Schoorl

(ampliació imatge 85)



2.3. Agafem 3 o 4 grànuls de pedra *pómez*, els quals serveixen per a regular l'ebullició (tenen la mateixa funció que la porcellana, la qual vaig utilitzar jo quan vaig dur a terme el mètode al laboratori de l'institut).

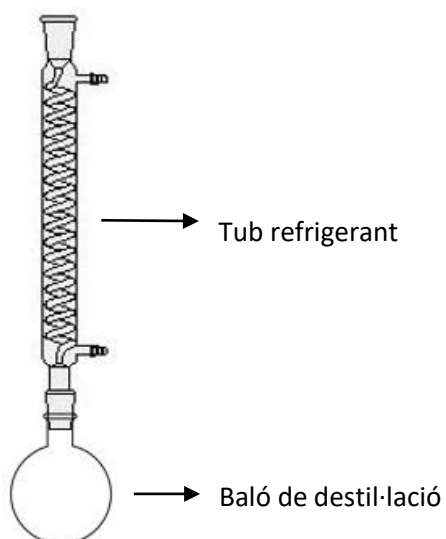


(87)

“Piedra Pómez gránulos”

2.4. Posem el baló a la manta calefactora fins que comenci a bullir. Ho mantenim bullint durant 1 minut.

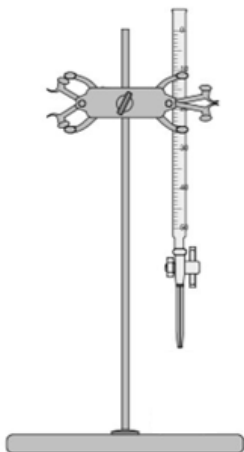
2.5. Tot seguit preparem el següent muntatge:





Connectem un tub refrigerant, prèviament untat amb oli de vaselina (perquè quan vulguem desmuntar-ho i separar-lo del baló sigui més fàcil. Al laboratori de l'institut hi vaig posar silicona, la qual fa el mateix servei) i mantenim el reflux durant 10 minuts.

2.6. Mentrestant, preparem el següent muntatge:



- Omplim la bureta amb tiosulfat sòdic 0,1M fins a un volum conegut.

2.7. Pesem 3g de iodur potàssic dins un pesa substàncies.

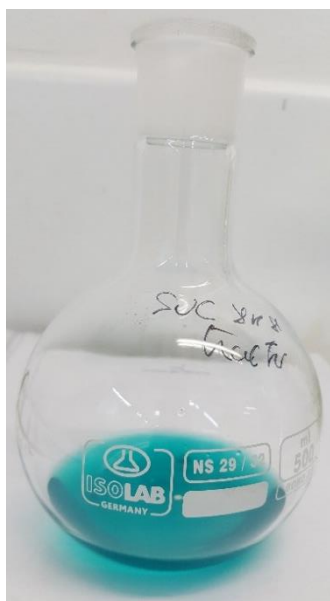


(88)

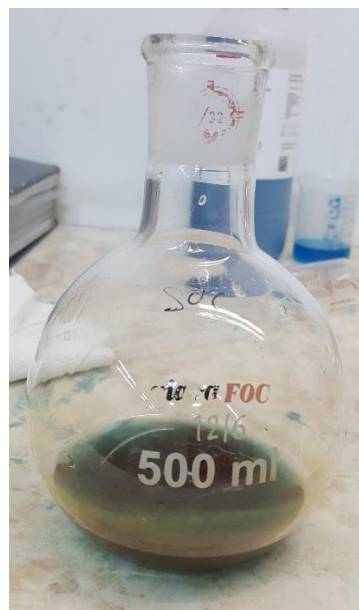
- Ho dissolem amb 2ml d'aigua destil·lada dins un vas de precipitats. Ho escalfem tot junt per una dissolució total.



2.8. Un cop han passat els 10 minuts, retirem el baló de la manta calefactorsa (desmuntant el tub) i el portem ràpidament sota un corrent d'aigua freda.



(89)



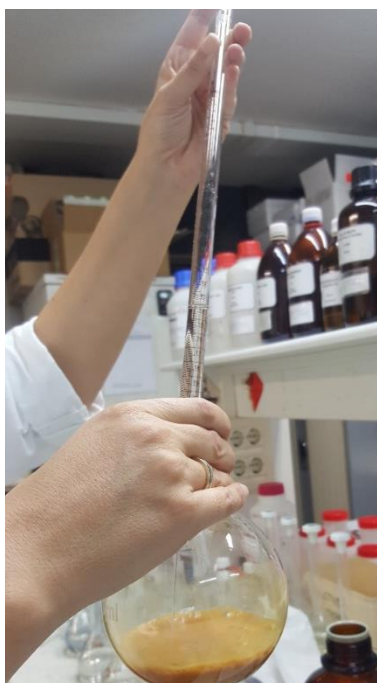
(90)

Abans dels 10 minuts de reflux

Després

2.9. Addicionem dins el baló la solució de iodur potàssic preparada recentment.

2.10. Com que per fer la valoració volem que la solució que es troba dins el baló, és a dir, la solució que és valorada, tingui un medi àcid, afegim, amb l'ajuda de pipeta i pera, 25ml d'àcid sulfúric 6N.



(91)



(92)



2.11. A continuació, col·loquem el baló sota la bureta i comencem la valoració amb tiosulfat.

2.12. Poc després de començar la valoració, afegim 4 gotes de midó soluble dins el baló. No és recomanable que el midó s'afegeixi abans de començar la valoració, ja que pot portar errors, és per això que l'afegim al mig del procés.



(93)

El midó actua com a indicador, el qual vira d'un color negra-blavós a un groc molt pàl·lid, gairebé blanc.

2.13. Obrim l'aixeta de la bureta, deixant caure gota a gota el tiosulfat fins a observar el canvi de color, el qual indica el punt final de la valoració. Un cop produït el viratge, immediatament vam tancar l'aixeta i vam anotar el volum de tiosulfat gastat.

Volum de tiosulfat gastat: 15,65ml



(94)

Color de la solució al final de la valoració



17.2.3. OBTENCIÓ DE RESULTATS

En aquest laboratori, tenien una fórmula matemàtica que els permetia calcular directament la quantitat de sucres que conté un suc, a partir de la quantitat dels mg de sucres que conté la mostra analitzada (valor el qual s'obté en funció els ml de tiosulfat gastat). És per aquest motiu, que un cop vam saber els ml de tiosulfat gastats, va ser molt ràpid trobar la quantitat de sucres que tenia el suc, ja que, gràcies a aquesta fórmula, ens vam estalviar tots els càlculs que jo vaig haver de fer quan vaig reproduir el mètode a l'institut.

Per trobar la relació dels ml de tiosulfat gastats i els mg de sucres que conté la mostra, vam utilitzar la mateixa taula de valors que jo vaig fer servir quan vaig dur a terme l'obtenció de resultats al laboratori de l'institut, ja que aquesta taula està proposada pel mètode, és a dir, que tothom que el du a terme calcula els resultats amb l'ajuda de la mateixa taula.

TAULA DE VALORS SEGONS LUFF-SCHOORL

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 mol/l	Glucosa, fructosa, azúcares invertidos $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	
ml	mg	Diferencia
1	2,4	
2	4,8	2,4
3	7,2	2,4
4	9,7	2,5
5	12,2	2,5
6	14,7	2,5
7	17,2	2,5
8	19,8	2,6
9	22,4	2,6
10	25,0	2,6
11	27,6	2,6
12	30,3	2,7
13	33,0	2,7
14	35,7	2,7
15	38,5	2,8
16	41,3	2,8
17	44,2	2,9
18	47,1	2,9
19	50,0	2,9
20	53,0	3,0
21	56,0	3,0
22	59,1	3,1
23	62,2	3,1

(95)



Com ja he explicat anteriorment (pàg. 89), els mg de sucre de la mostra es corresponen amb la diferència entre els ml de tiosulfat sòdic 0,1M gastats en la valoració del blanc i de la mostra. Si aquest valor no és exacte, s'han de calcular els mg de sucre per interpolació en la taula.

Així doncs, per saber els mg de sucre s'ha de calcular la diferència entre els ml de tiosulfat sòdic gastats en el blanc i els gastats en la mostra. La mostra en blanc, la qual els membres del laboratori estan obligats a fer cada vegada que obren una nova ampolla de reactiu de Luff-Schoorl, la van fer un dia que jo no hi era present. Em van dir que havien gastat 24,90ml de tiosulfat sòdic 0,1M.

Per tant, la diferència entre la mostra en blanc i la mostra analitzada és la següent:

$$24,90 - 15,65 = 9,25$$

Valor el qual, si ens fixem en la taula, es troba situat entre els valors 22,4 i 25:

$$25 - 22,4 = 2,6$$

$$2,6 \div 4 = 0,65$$

$$22,4 + 0,65 = \mathbf{23,05mg}$$
 de sucre a la mostra analitzada

Així doncs, la diferència entre el volum gastat a la mostra en blanc i de la mostra analitzada és de 9,25, valor el qual es correspon amb 23,05mg de sucre.

Com bé he dit anteriorment, un cop sabem els mg de sucre que conté la mostra, mitjançant una fórmula matemàtica (la qual em van ensenyar les químiques del laboratori), puc saber directament i sense haver de fer tots els càlculs que vaig fer a l'institut, els mg de sucres que conté el suc.

La fórmula és la següent:

$$\% \text{ sucres} = \frac{25 \times a}{P \times 12,5}$$

On, a són els mg de sucres trobats a la taula (en el nostre cas $a = 23,05\text{mg}$) i P el pes en grams de la mostra inicial de la qual s'ha obtingut l'extracte (en el nostre cas $P = 5,3124$).

El factor 12,5 s'ha pres tenint en compte la dilució de la mostra.



Per tant:

$$\% \text{ sucres} = \frac{25 \times 23,05}{5,3124 \times 12,5} = 8,68\%, \text{ és a dir, } 8,68\text{g de sucres en } 100\text{ml de suc}$$

Així doncs, segons el mètode hi ha un 8,68% de sucres al suc, que seria el mateix que dir que hi ha 8,68g de sucres cada 100ml de suc.

17.2.4. INTERPRETACIÓ I ANÀLISI DELS RESULTATS

Segons l'etiqueta de valors nutricionals del suc, la qual he adjuntat a la pàgina 92, el suc conté 10,0g de sucre per cada 100ml de suc, valor el qual, malauradament no coincideix amb el que vam trobar nosaltres (8,68g de sucres/100ml de suc).

En veure que, tot i dur a terme el mètode en un laboratori oficial, la qual cosa, a part d'oferir-me la genial oportunitat de treballar amb professionals i especialistes, amb un bon material de laboratori i amb tots els reactius comprats (és a dir sense possibles defectes en la seva composició), m'havia permès fer la hidròlisi de la mostra (la qual cosa m'assegurava poder trobar tots els sucres que contenia el suc), el resultat obtingut seguia sense coincidir amb el de l'etiqueta, em vaig desanimar una mica, perquè temia que el mètode no estigués funcionant.

Les professionals del laboratori que havien estat fent l'experiment però, em van dir que el mètode i el procediment que havíem seguit estava bé, i em van assegurar de seguida que el resultat que ens havia sortit (8,68g/100ml) era el correcte, és a dir, que tot i que l'etiqueta no s'ajustés al resultat que nosaltres havíem trobat, el suc que havíem analitzat realment contenia aquella quantitat de sucres. El fet que no coincidís amb el valor de l'etiqueta és degut al fet que aquesta pot tenir fins a un màxim d'un 20% d'error, és a dir, que tot i que l'etiqueta digués que el suc contenia 10g de sucre per cada 100ml de suc, realment, estant dins els paràmetres legals, en podia contenir des de 8 fins a 12g.

Em van explicar també que, moltes vegades, no tots els productes d'un mateix tipus i una mateixa marca tenen exactament les mateixes quantitats de sucres, grasses, proteïnes, sal... sinó que, encara que siguin exactament iguals, depenent del lot de fabricació



(conjunt d'exemplars d'un mateix procés de fabricació) al qual pertanyin, poden presentar petites variacions en la seva composició, per exemple, poden presentar una petita diferència en la quantitat de sucres que contenen. I com que no tots els lots de fabricació són analitzats, sinó que l'anàlisi d'un ja s'utilitza per tots, és possible que a vegades ens trobem en casos com aquest, que el valor de l'etiqueta no coincideix amb el real.

És per això que, si hipotèticament haguéssim analitzat exactament el mateix suc, però aquest hagués estat, per casualitat, d'un lot de fabricació diferent, potser l'etiqueta s'hagués acostat més a la quantitat de sucres que realment conté el suc. Però com bé he dit abans, l'etiqueta té un marge d'error d'un 20%, per tant, la informació que l'etiqueta de l'envàs ofereix al client, no està fora dels límits legals. Ara bé, també és cert que la informació que arriba al client no és verdadera del tot, ja que, per exemple, la quantitat de sucres que el client llegeix a l'etiqueta, en molts casos (com per exemple, el cas del suc que vaig analitzar jo), presenta una petita diferència amb la quantitat de sucres real.

Així doncs, el suc de taronja de la marca Don Simon que vam analitzar, contenia 8,68g de sucre/100ml de suc. Les químiques que havien reproduït el mètode davant meu, em van dir que segur que no ens havíem equivocat, que el suc contenia exactament aquesta quantitat de sucres, ja que havíem dut a terme de manera acurada la hidròlisi, i que per tant, tots els sucres presents en el suc s'havien convertit en reductors, i els havíem pogut detectar a l'hora de fer la valoració.

Si retrocedim i recordem quin resultat em va donar la valoració que vaig fer a l'institut, 5,38g de sucre/100ml de suc, veurem que, tot i que segueix estant bastant lluny del valor real, no ho està tant com pensava inicialment, ja que ara sé del cert que el suc no conté 10g de sucres/100ml de suc, sinó que en conté 8,68g, valor al qual s'acosta una mica més el 5,58g que havia trobat inicialment. Tot i això, la diferència entre la quantitat de sucres que jo vaig trobar i la quantitat real, segueix essent bastant considerable.

El motiu pel qual al laboratori de l'institut no em va sortir del tot bé l'anàlisi, va quedar demostrat després de dur a terme l'anàlisi 1.

Com ja havia sospitat anteriorment, l'únic pas que em vaig deixar, la hidròlisi de la mostra, era el punt clau perquè el resultat fos realment la quantitat de sucres totals. Sense fer la hidròlisi, només vaig poder detectar els sucres reductors, ja que se m'escapaven tots aquells que no ho eren.



El motiu pel qual no vaig hidrolitzar la mostra al laboratori de l'institut, és degut al fet que en cap de tots els documents que explicaven el procediment del mètode de Luff-Schoorl que vaig poder aconseguir, parlava d'hidrolitzar la mostra.

Calculant la diferència entre 8,68g de sucres/100ml de suc, quantitat de sucres real, i 5,58g/100ml, quantitat de sucres que vaig trobar quan vaig dur a terme el mètode a l'institut, veig que 3,1g de sucres/100ml de suc no eren reductors, per tant no els vaig poder detectar, la qual cosa significa que el 35'71% ($3,1 \times 100 \div 8,68 = 35,71$) del total dels sucres presents en el suc em van passar per alt, ja que no eren reductors, i aquests, passen desapercibuts pel mètode.

Això no vol dir que el procediment que vaig seguir a l'institut fos erroni, sinó que simplement no em va servir per detectar tots els sucres del suc, que era el que jo necessitava saber.

Tot i així, tot i que el procediment estigués incomplet, era probable que la part de procediment que havia fet, l'hagués fet de manera correcta. Per comprovar-ho, vaig dur a terme l'anàlisi 2.



17.3. ANÀLISI 2

Com que m'interessava saber si la part del mètode que havia dut a terme al laboratori de l'institut l'havia fet bé, les professionals van reproduir tot el que jo havia fet a l'institut, per veure si els donava el mateix resultat que a mi, o, si per altra banda, jo m'havia equivocat.

És a dir, van tornar a fer el mètode amb els mateixos passos que l'anterior, però saltant-nos la part d'hidrolitzar la mostra, que és el que jo havia fet al laboratori de l'institut.

17.3.1. PREPARACIÓ DE LA MOSTRA

Van fer una dilució del suc 1 a 100, igual com ho havia fet jo al laboratori de l'institut. Amb una pipeta automàtica, van agafar 1ml de suc i el van abocar dins un matràs aforat de 100ml (jo a l'institut havia hagut de fer-ho agafant 10ml de suc i abocant-los en un matràs aforat d'1L, ja que no tenia pipeta automàtica, la qual permet agafar 1ml amb exactitud. Tot i així, és igual de correcte com ho vaig fer jo que com ho van fer al laboratori de Girona, amb l'única diferència que jo vaig gastar més suc i més aigua destil·lada). Per últim, van afegir aigua destil·lada fins a enrasar, van tancar el matràs i el van agitar perquè la mostra fos homogènia.



(96)

17.3.2. ANÀLISI DE LA MOSTRA

Vam seguir exactament els mateixos passos que a l'anàlisi 1 (*apartat 17.2.2*)

17.3.3. OBTENCIÓ DE RESULTATS

Per calcular els resultats, vam utilitzar la mateixa taula i els mateixos càlculs matemàtics que a l'anàlisi 1 (*apartat 17.2.3*).



17.3.4. ANÀLISI I INTERPRETACIÓ DE RESULTATS

Sorprenentment, a la valoració amb tiosulfat sòdic 0'1M, vam gastar exactament els mateixos ml que jo havia gastat quan havia fet la valoració al laboratori de l'institut: 19,4.

Aquest fet doncs, demostrava que tot el procediment que jo havia dut a terme a l'institut, era correcte: no hi havia cap error en la composició de cap dels reactius que havia preparat jo manualment, les dilucions estaven ben fetes, les valoracions eren precises...

Aquí em vaig adonar que, tot i no tenir el sofisticat material que tenien al laboratori que vaig visitar, com ara pipetes automàtiques, ni utilitzar els reactius comprats, la qual cosa t'assegura que estan en bon estat i t'estalvia totes les hores que es tarda a preparar-los, és possible dur a terme un mètode oficial proposat per la normativa espanyola en un laboratori d'institut i sense haver de comprar cap reactiu.

Tot i que el procediment és molt més complicat, ja que tens molt més marge d'error i el material del qual disposes no et permet ser tan precís, llarg, ja que vaig passar-me tres matins sencers (gairebé 15 hores) en el laboratori de l'institut preparant reactius i solucions, cansat i menys còmode, ja que no és tan fàcil com comprar els reactius i fer una valoració, sinó que has de preparar tots i cada un dels reactius un per un, amb dedicació i esforç es pot aconseguir.



18. REACCIONS QUE S'ESDEVENEN EN EL MÈTODE DE LUFF-SCHOORL

Al llarg del mètode, s'esdevenen, principalment, les següents reaccions químiques:

1) La primera i la segona reacció es donen durant la preparació del reactiu de Luff-Schoorl, i és la següent:

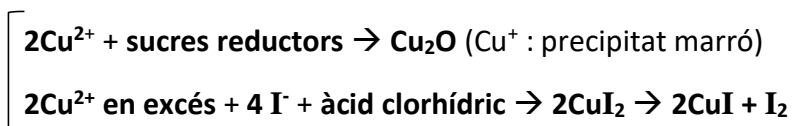


ÀCID CÍTRIC + CARBONAT DE SODI → CITRAT DE SODI + DIÒXID DE CARBONI + AIGUA

2) CuSO_4 + citrat de sodi → complex de Cu^{2+} (el qual proporciona el color blau intens que té el reactiu).
 ÀCID CÍTRIC + CITRAT DE SODI → COMPLEX DE COURE (II)

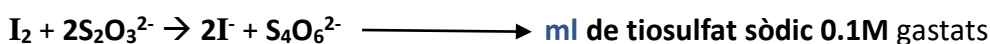
3) La tercera reacció química del mètode té lloc quan mesquem la mostra de suc, la qual conté els sucres reductors, amb el reactiu de Luff-Schoorl.

Sucres reductors + solució de Cu^{2+} en excés → Cu^+



4) VALORACIÓ DEL IODUR AMB TIOSULFAT SÒDIC 0,1M

Aquesta, és una valoració per retrocés, ja que el que estem fent és determinar la quantitat de coure en excés que conté la solució. Durant la valoració, s'esdevé la següent reacció:



L'indicador d'aquesta valoració és el **midó**. És molt important afegir-lo un cop ja ha començat la valoració, ja que afegir-lo a l'inici ens podria portar errors.

Així doncs, seguint l'estequiometria d'aquestes reaccions, finalment podem arribar a la quantitat de ml de tiosulfat sòdic gastat, els quals estan correlacionats, segons uns càlculs que van fer els dissenyadors del mètode, amb els mg de sucres que conté la mostra que analitzem.



19. DIFICULTATS

Abans d'arribar a les conclusions, m'agradaria fer un petit esment de les dificultats que se m'han presentat durant el projecte de recerca:

Al llarg del treball, no tot ha sortit com jo esperava, sinó que m'he anat trobant amb diferents problemes i dificultats que m'han obligat a aturar la recerca i reorientar el treball.

Una de les dificultats més grans ha estat el conjunt d'impediments que em vaig trobar a l'hora de fer el mètode al laboratori de l'institut. El principal impediment era la incertesa de si estava reproduint el mètode de forma correcta o no, i per tant, no sabia fins a quin punt em podia fiar dels resultats obtinguts. Aquest problema però, el vaig poder resoldre gràcies a la visita que vaig fer al laboratori professional.

Tot i que a l'explicació de la reproducció del mètode que vaig dur a terme al laboratori de l'institut només he mencionat l'anàlisi d'un suc, en realitat en vaig analitzar dos. Un d'aquests dos però (el que no he explicat), estava caducat i els resultats em van sortir incoherents, motiu pel qual, l'anàlisi d'aquest suc encara no l'havia mencionat cap vegada anteriorment.

Els resultats d'aquesta anàlisi van ser incoherents perquè, tot i no haver hidrolitzat la mostra (recordo que a l'institut no vaig dur a terme la hidròlisi de la mostra), la quantitat de sucres que vaig trobar es corresponia directament amb el de l'etiqueta del suc, la qual cosa m'anunciava que, segons l'anàlisi, aquest suc només contenia sucres reductors.

Quan li vaig comentar a la Mariona, em va afirmar que aquest resultat no era correcte, ja que tots els sucres de fruita industrials, contenen tant sucres reductors com no reductors. Per tant, no és possible que sense hidrolitzar la mostra, és a dir, només analitzant els sucres reductors, em surti la quantitat total de sucres que té el suc, ja que aquest també en conté d'altres, els quals sense hidrolitzar la mostra no els puc detectar amb el mètode de Luff-Schoorl.

Quan vaig veure que aquesta anàlisi no m'havia sortit correctament, vaig intentar buscar tots els possibles errors que havia pogut fer. Va ser llavors, quan vaig adonar-me'n que el suc que havia analitzat estava caducat, la qual cosa (segons em va dir la Mariona), amb tota probabilitat, havia estat el principal motiu pel qual el resultat de l'anàlisi no havia estat el de la quantitat de sucres real.



Tot i així, m'ha semblat oportú mencionar aquesta anàlisi en aquest apartat del treball, ja que, tot i que no em sortís bé, també vaig dedicar moltes hores a dur-lo a terme, i, encara que al final acabés essent un simple intent fallit, he pogut raonar el perquè ho va ser. És per això, que considero que no és menys important que l'anàlisi que em va sortir bé.



20. CONCLUSIONS

Un cop acabada la part teòrica (on explico detalladament la relació que hi ha entre els sucres, els sucres i la salut humana) i la part pràctica (on descriu els experiments que he dut a terme) del treball, he arribat a una sèrie de conclusions que m'han donat resposta a la majoria de preguntes que m'havien sorgit inicialment i, a més, m'han permès saber si les hipòtesis inicials eren verdaderes o falses.

Tot i que al final dels diferents apartats de la part teòrica i de la part pràctica, ja he anat introduint la majoria de les conclusions que he extret de la meua recerca, ara en faré una síntesi de totes elles, obtenint així, les conclusions finals del meu treball.

En primer lloc, i en relació a la primera hipòtesi que vaig fer (pàg. 9) després de llegir molta informació sobre el tema i dur a terme la part experimental del treball, puc concloure que un percentatge molt elevat dels sucres que comprem al supermercat, porten unes quantitats de sucres més grans que les necessàries i saludables pel cos humà.

A més, gràcies a l'anàlisi que vaig fer del suc Don Simon, vaig poder comprovar que el suc contenia sucres afegits, ja que, comparant els resultats de la mostra hidrolitzada i els de la no hidrolitzada, va quedar demostrat que una part dels seus sucres eren **no** reductors, i per tant, eren afegits.

M'explico; els sucres que es troben de manera natural en qualsevol fruita, són majoritàriament molècules de fructosa i glucosa, les quals pertanyen al grup dels monosacàrids i per tant tenen poder reductor (propietats dels monosacàrids: pàg. 19). Així doncs, els sucres que trobem de manera natural a la taronja són sucres reductors, per tant, si amb l'anàlisi vaig trobar que el suc contenia sucres **no** reductors, vaig demostrar que tenia sucres que no eren naturals, és a dir, que havien estat afegits.

En referència al tema del consum de sucre, després de la recerca d'informació realitzada a la part teòrica, he arribat a la conclusió que aquest, tot i ser necessari, pot ser molt perjudicial per a la salut si és en excés.



Anàlogament, he arribat a la conclusió que el consum de suc de fruita envasats, pot arribar a ser perjudicial si és diari. Per tant, tot i que aquestes begudes són etiquetades com a bones i saludables, no podem fer-ne un consum diari, ja que poden arribar a tenir efectes negatius sobre la salut.

Els motius pels quals el consum habitual d'aquests suc pot ser perjudicial per al nostre organisme, són deguts principalment al fet que aquestes begudes contenen uns alts nivells de sucre (ja que contenen sucre afegit, el qual les indústries alimentàries utilitzen, principalment, per fer més dolç i, per tant, més atractiu el seu producte), la qual cosa pot desencadenar una sèrie de problemes dins el nostre organisme, com ara l'aparició de determinades patologies, d'entre les quals en podem destacar l'obesitat.

A més, els suc tenen un altre gran punt negatiu, i és que són begudes, la qual cosa significa que el seu valor nutritiu és baix, i per tant, no ens alimenten ni atipen. Així doncs, després de beure'ns un suc, seguim tenint gana, per tant, hem ingerit una quantitat de sucres que no té valor nutritiu i que és extra. Aquest però, no és un problema únic dels suc, sinó que és un problema característic de les begudes ensucrades en general, les quals són un dels principals motius, juntament amb l'alt sedentarisme, del gran nombre de casos d'obesitat que hi ha entre la població mundial, principalment, entre la població dels Estats Units.

Així doncs, recomano deixar a un costat el consum diari de suc de fruita i substituir-lo pel consum de fruita sencera, la qual ens aporta vitamines i nutrients, els quals contribueixen en el bon funcionament del nostre organisme.

Arribats a aquest punt, una de les principals preguntes que es faria qualsevol lector d'aquest treball seria: Aleshores, són dolents els suc de fruita que comprem al supermercat? **No.**

És necessari remarcar que en cap moment he sentenciat que aquests suc siguin nocius i tòxics per la salut, sinó que simplement, un excés d'aquest producte pot portar-nos certs problemes. Així doncs, el que jo afirmo és que un consum més reduït del suc de fruita en general (fent especial èmfasi a l'industrial), contribuiria en una millora del nostre estil de vida i de la nostra salut.



Per tant, torno a formular la pregunta que he escrit anteriorment, fent-la més adequada i precisa: Pot ser dolent un excés del consum d'aquests suc? **Sí**.

L'última de les conclusions que extrec del meu treball, la qual corrobora la segona hipòtesi que vaig fer (pàg.9), és que, encara que no sigui senzill, és possible dur a terme un mètode oficial al laboratori de l'institut.

Amb paciència i moltes hores de treball, vaig aconseguir reproduir el mètode oficial d'anàlisi de sucres de Luff-Schoorl al laboratori de l'institut, sense comprar cap reactiu específic (és a dir, preparant-los tots manualment), i a més, sense cometre cap error significatiu que fes que els resultats obtinguts de les valoracions finals fossin incorrectes.

Tot i que en comparació dels laboratoris professionals on es dediquen a dur a terme el mètode que jo vaig reproduir (com ara el laboratori Agroalimentari i Ambiental de Girona), el laboratori del meu institut pot ser considerat un laboratori senzill, ja que té un material limitat i no disposa de la gran variabilitat de reactius que tenen aquests laboratoris professionals, he de dir que em va oferir totes les eines que necessitava per realitzar la part pràctica i que, per tant, em va ser de gran ajuda disposar d'ell. De fet, sense ell no hagués tingut l'oportunitat de realitzar la part pràctica i experimental que he pogut dur a terme.

A aquesta última conclusió, amb la qual he afirmat que és possible dur a terme un mètode oficial d'anàlisi de sucres tot i tenir les meves limitades condicions, hi he pogut arribar gràcies a la visita que vaig realitzar al laboratori Agroalimentari i Ambiental Girona S.L., ja que em va permetre veure que havia realitzat de manera correcta el mètode a l'institut. Tot i que inicialment no estava dins els meus objectius, ja que no tenia previst que tindria la sort que em convidessin a passar un matí en un laboratori professional i oficial, aquesta visita al laboratori de Girona va ser molt positiva i totalment necessària per a l'orientació que ha acabat prenent el meu treball. A més, em va permetre veure la jornada laboral d'un químic, la qual cosa em va semblar molt interessant, ja que la carrera de química és una de les que m'interessen, i aquesta visita em va permetre veure com podria ser un dels meus possibles futurs en el món laboral.



Per últim, mencionar també que aquesta darrera conclusió a la qual he arribat (“és possible dur a terme un mètode oficial d’anàlisi de sucres al laboratori de l’institut”), ha acabat essent l’eix principal entorn el qual ha acabat girant tot el meu treball de recerca, ja que, tot i que en un principi em va semblar que analitzar la quantitat de sucres que conté un suc seria una cosa senzilla, va resultar requerir un mètode complicat, el qual vaig haver d’estudiar i analitzar detalladament durant moltes hores per entendre’l i aconseguir reproduir-lo.

Per últim, comentar que, un cop acabat el treball, estic molt contenta de l’elecció feta del tema, ja que, tot i que en un principi no n’estava del tot convençuda, finalment m’ha agradat molt.

A més, la recerca que he dut a terme m’ha aportat un gran enriquiment personal, ja que m’ha aportat nous coneixements i m’ha obligat a trobar solucions per a superar els diferents obstacles i dificultats que se m’han anat presentant al llarg del treball.



21. ANNEXOS

21.1. LLISTA DE MATERIAL I REACTIUS NECESSÀRIS PER REPRODUIR EL MÈTODE DE LUFF-SCHOORL AL LABORATORI DE L'INSTITUT

REACTIUS

- Sulfat de coure (II) pentahidratat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- Àcid cítric monohidratat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- Carbonat de sodi (Na_2CO_3)
- Solució de tiosulfat de sodi ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 mol/l
- Midó soluble
- Àcid sulfúric 3 mol/l
- Iodur potàssic al 30% (m/v)
- Hidròxid de sodi 0,1 mol/l
- Àcid clorhídric 0,1 mol/l
- Solució de fenolftaleïna en alcohol etílic al 1% (m/v)

MATERIAL ESPECÍFIC

- Porcellana
- Matràs proveït d'un tub de reflux
- Manta calefactora

+ material habitual de laboratori (Erlenmeyer, bureta, vas de precipitats, balança, etc)



22. ÍNDEX D'IMATGES

Al llarg del treball he adjuntat 96 imatges. Algunes d'elles, concretament de la imatge 1 a la 14, i també la 20, són obtingudes d'Internet. La resta en canvi, són fotos pròpies.

Portada: <https://goo.gl/images/yww4Gj>

1. <https://goo.gl/images/pYj4QH>
 2. <https://goo.gl/images/26RtYp>
 3. <https://goo.gl/images/QpjLLx>
 4. <https://goo.gl/images/wGLAHg>
 5. <https://goo.gl/images/PPZY9Q>
 6. <https://goo.gl/images/JHT45b>
 7. <https://goo.gl/images/2oMskE>
 8. <https://goo.gl/images/v2xEbt>
 9. <https://goo.gl/images/vKLP1B>
 10. <https://goo.gl/images/6zy3tT>
 11. <https://goo.gl/images/BvMSTR>
 12. <https://goo.gl/images/FtHrr7>
 13. <https://goo.gl/images/AexXNx>
 14. <https://goo.gl/images/yBwJ5C>
- 15-96 (menys la 20): fotos fetes per mi (amb el meu mòbil)
20. <https://goo.gl/images/PD54rQ>

- Al llarg el treball, hi ha una sèrie de dibuixos (com per exemple els dibuixos de les diferents biomolècules que he explicat a l'apartat 6 o els dibuixos de muntatges amb el material de laboratori de la part pràctica) que són fets per mi (a mà i escanejats o bé amb programes informàtics), motiu pel qual, no els he comptat com a imatges i tampoc els he numerat amb elles.



23. BIBLIOGRAFIA

Per dur a terme el treball, he consultat diferents fonts d'informació, de les quals en puc destacar Internet (*webgrafia*), el llibre de biologia de primer de batxillerat de l'editorial *Santillana*, i documents legislatius privats (el BOE no és privat, la UNE sí):

- BOE 29/08/79
- UNE 34-199-84 *Mayo 1984 Azúcar. Determinación de azúcares reductores expresados en azúcar invertido o en D-glucosa (Método de Luff-Schoorl)*

23.1. WEBGRAFIA

Els portals d'Internet que he utilitzat per realitzar el treball són els següents:

<https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0144171.xml>

http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/nutricion/ampliacion/reduccion_azuc_ares_anadidos.htm

<https://es.slideshare.net/fiab/20141218-infografa-el-azcar-en-la-alimentacin>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Az%C3%BAcar>

<https://ca.wikipedia.org/wiki/Sucre>

<http://www.islabahia.com/artritisreumatoide/0515losazucars.asp>

<https://alianzasalud.org.mx/2018/05/conoce-la-diferencia-entre-azucars-naturales-y-azucars-anadidos/>

<https://www.lavanguardia.com/vivo/ecologia/20160615/402521331464/azucar-oculto-alimentos.html>

https://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-I/guia/guia_nutricion/compo_hidratos.htm

<https://www.liquats.com/ca/sucre-beneficios-perjudicial-per-la-salut-i-lactivitat-fisica/>

<https://www.primenature.com/magazine/azucar-en-alimentos>

<http://www.cnpa.com.ni/assets/archivos/alimentacion.pdf>

<http://dimetilsulfuro.es/2015/04/23/es-tan-malo-el-azucar/>



<http://www.rtve.es/alacarta/videos/para-todos-la-2/para-todos-2-nutricion-azucares/2992810/>

<http://www.cibr.es/salud-azucar-en-los-alimentos>

<https://www.foodinsight.org/articles/carbohidratos-y-azucares>

<https://isqch.wordpress.com/2012/07/13/los-azucares/>

<https://isqch.wordpress.com/2012/07/20/los-azucares-2/>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Organic/carb.html>

http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugar_intake_information_note_es.pdf

http://www.who.int/elena/titles/ssbs_childhood_obesity/es/

http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/154587/who_nmh_nhd_15.2_spa.pdf;jsessionid=5B73A6F11FD0A097F4631B247574A8AC?sequence=2

https://elpais.com/elpais/2015/03/04/ciencia/1425492900_302754.html