

A collection of fresh fruits including grapes, tomatoes, and bananas. The background is a soft-focus image of various fruits, with a dark blue rectangular box containing white text in the center.

# **A LA RECERCA D'ALIMENTS AMB ANTIOXIDANTS.**

**AVALUACIÓ DE LA CAPACITAT  
ANTIOXIDANT DE DIFERENTS  
ALIMENTS MITJANÇANT LA  
REACCIÓ DE BRIGGS-RAUSCHER**



# Agraïments.

# 1.- Índex.

1.- Index.....	3
2.- Resum.....	5
2.1.-Resum.....	5
2.2.-Abstract.....	5
3.- Introducció.....	6
4.- Coneixements previs.....	9
4.1.- Reaccions oscil·lants. Reacció de Briggs Rauscher.....	9
4.1.1.- Introducció de les reaccions oscil·lants.....	9
4.1.2.- Primeres reaccions oscil·lants.....	10
4.1.3.- Descobrimet de la reacció de Briggs Rauscher.....	12
4.1.4.- Mecanisme de la reacció.....	13
4.1.5.- Aplicacions de les reaccions oscil·lants.....	15
4.2.- Radicals lliures.....	15
4.2.1.- Què són?.....	15
4.3.- Antioxidants i vitamines.....	16
4.3.1.- Què són?.....	16
4.3.2.- On es troben els antioxidants?.....	17
4.3.3.- Nutrients i substàncies no nutritives dels aliments que actuen com a antioxidants..	17
4.3.3.1.- Vitamines.....	18
4.3.3.2.- Minerals.....	20
4.3.3.3.- Aminoàcids (els components més simples de les proteïnes).....	21
4.3.3.4.- Colorants naturals o altres compostos de vegetals.....	21
4.3.3.5.- Substàncies pròpies de l'organisme, enzims antioxidants.....	22
4.3.4.- Antioxidants dels aliments.....	23
4.4.- Reaccions utilitzades per a determinar la capacitat antioxidant dels aliments.....	25
4.4.1.- Mètode ORAC.....	25
4.4.2.- Mètode DPPH.....	26
4.5.- Utilització de la reacció de Briggs Rauscher per a determinar la capacitat antioxidant dels aliments.....	27
5.- Objectius.....	28
6.- Disseny experimental.....	29
6.1.- Descripció general de l'experiment.....	29
6.2.- Material.....	29
6.3.- Reactius.....	30
6.4.- Muntatge experimental.....	30
6.5.- Preparació de les solucions.....	33
6.6.- Preparació de les mostres d'aliments.....	35
6.7.- Procediment experimental.....	35
6.8.- Obtenció de resultats.....	36
7.- Resultats i discussió.....	38
7.1.- Linealitat de la resposta.....	38

7.2.- Capacitat antioxidant de diferents verdures.....	39
7.3.- Capacitat antioxidant de diferents fruites dolces.....	42
7.4.- Capacitat antioxidant de diferents infusions.....	44
7.5.- Capacitat antioxidant al llarg del temps.....	45
8.- Conclusions.....	47
8.1.- Noves línies de Recerca.....	48
8.2.- Dificultats.....	49
8.3.- Valoració personal.....	50
9.- Bibliografia.....	51
9.1.- Pàgines web.....	51
9.2.- Articles de revistes.....	53
10.- Annexes.....	54
10.1.- Iodat potàssic.....	54
10.2.- Sulfat de manganès monohidratat.....	55
10.3.- Àcid malònic.....	56
10.4.- Peròxid d'hidrogen al 30%.....	57

## **2.- Resum.**

### **2.1.-Resum.**

Els antioxidants són unes molècules importants per la nostra salut. Son les encarregades de protegir-nos i controlar l'efecte que tenen els radicals lliures. Controlant-los, ens assegurem de tenir una bona salut, i prevenir malalties a les cèl·lules i danys al material genètic.

En aquest treball ens dedicarem a investigar quins són els aliments que tenen la major capacitat antioxidant. També intentarem saber d'on provenen i com actuen aquests antioxidants. Per fer tot el procés, utilitzarem la reacció de Briggs-Rauscher.

### **2.2.-Abstract.**

Antioxidants are a very important molecules for our health. They are responsible of protecting us and regulate the effect of free radicals. Controlling them, we get sure to have a good health, and prevent different kinds of the cells diseases and damages to genetic material.

In this work, we are going to investigate the antioxidant capacity of some vegetable food. To asses this activity we will use the Briggs-Rauscher reaction.

## 3.- Introducció.

Tothom ha sentit a parlar alguna vegada de productes alimentaris rics en antioxidants. El treball que es presenta a continuació és un estudi sobre la capacitat antioxidant de diferents aliments que podem tenir fàcilment al nostre abast .

Els antioxidants son molècules químiques que ajuden a reduir els radicals lliures. Els radicals lliures són compostos que tenen un electró desaparellat i això fa que siguin molt reactius i tinguin la capacitat d'atraure electrons d'altres molècules que al seu torn esdevenen radicals lliures que seguiran un procés similar. En el nostre cos, es formen alguns radicals lliures degut a certes circumstàncies, per exemple durant el metabolisme. A vegades el sistema cel·lular immunitari del cos crea radicals lliures per neutralitzar virus i bacteris. De totes maneres, diferents factors ambientals, com la contaminació, la radiació, el fum del tabac o inclús alguns herbicides, poden fer aparèixer radicals lliures. Normalment el cos pot suportar un cert nivell de radicals lliures, però, si no té prou antioxidants o la producció de radicals lliures és excessiva, llavors, poden aparèixer problemes, i danys en les cèl·lules. El dany dels radicals lliures, es pot acumular amb els anys, i al final pot ser problemàtic.

Així doncs, les reaccions de radicals lliures, es donen constantment a les cèl·lules del nostre cos, i són necessàries per la salut. Tot i això el procés ha de ésser controlat, amb la adequada protecció dels antioxidants.

Les ultimes investigacions sobre radicals lliures s'han centrat en patologies del cor, en nombrosos tipus de càncer, la sida i fins i tot en el procés d'envelliment i alguns problemes associats com les cataractes o alteracions del sistema nerviós. Els radicals lliures, però, no són sempre perjudicials. Es important saber que també són útils per al cos humà. Per exemple, els radicals lliures tenen un paper important en la destrucció o la disminució de microbis, especialment els que es torben a la sang, anomenats fagòcits.

El nostre cos té molts mecanismes de defensa contra els radicals lliures que són complementaris els uns amb els altres i que inclouen diferents antioxidants que actuen a nivell cel·lular.

La nutrició té un paper fonamental mantenint els enzims del cos que actuen com a defensa contra els radicals lliures. Minerals essencials com per exemple Seleni, Coure, Manganès i Zinc estan dins la estructura dels enzims facilitant la seva activitat catalitzadora. Si no se'ls subministra suficients minerals, les defenses es poden danyar.

També es poden trobar altres antioxidants en una dieta, com per exemple les vitamines E, A, C i els carotens. Alguns aliments contenen altres substàncies antioxidants. La majoria d'antioxidants trobats en aquests aliments són fenols o components de polifenols. Tot i que aquestes substàncies no tenen cap funció nutricional coneguda, són necessaris per a la salut humana, ja que presenten efectes antioxidants.

Portar una dieta saludable ajuda en molts aspectes de la vida quotidiana; no només a sentir-se millor físicament, sinó també mentalment, ja que seguir una dieta adequada, pot tenir efectes positius en la salut física i mental. Per tal que una dieta sigui beneficiosa per a un organisme, ha de complir els següents punts:

- Ha de ser variada, ja que la repetició d'un mateix aliment, tot i aportar les quantitats suficients de cada factor, mai és bo.
- Ha de contenir la suficient energia per tal de mantenir les funcions vitals i l'exercici que fem diàriament. Ha d'estar adaptada a cada situació personal, ja que no tothom té les mateixes característiques físiques i psíquiques.

Els antioxidants tenen un paper secundari a l'hora de formular una dieta, tot i que no s'han de deixar mai de banda. El consum dels diferents tipus d'antioxidant que existeixen, prevé l'aparició de moltes malalties, com per exemple algunes patologies del cor. Els antioxidants, per altra banda, també ajuden a prevenir diferents tipus de càncer o, si més no, a fer que creixin més a poc a poc. Això es degut a la composició química dels diferents



antioxidants.

Per tenir una dieta rica en antioxidants, s'han de tenir en compte diferents punts, coses simples que milloren la dieta, i que tothom té a mà . Es coneix que la dieta mediterrània, és una de les que més antioxidants conté, ja que combina moltes fruites i verdures, i aquestes són les que més antioxidants contenen. És recomanable menjar tres peces de fruita al dia, que siguin riques en vitamina C. En aquest treball analitzarem la capacitat antioxidant de diferents fruites. També cal tenir en compte que, si s'ha d'utilitzar algun oli, és preferible l'ús d'oli d'oliva, abans que qualsevol altre oli que es pugui comprar actualment en el mercat ja que té propietats més interessants pel nostre cos.

Els principals antioxidants dels aliments que trobem en la dieta mediterrània, provenen de les fruites i els vegetals i, un dels més coneguts, és la Vitamina C. Als vegetals també s'hi troben la vitamina E i els carotenoides així com tot un seguit de compostos fenòlics que tenen també una funció antioxidant destacada.

En aquest treball s'avalua la capacitat antioxidant de diferents aliments utilitzant una reacció oscil·lant, que crea radicals lliures. Aquests seran bloquejats pels diferents aliments, dels quals en podrem obtenir la seva capacitat antioxidant.

## 4.- Coneixements previs.

### 4.1.- Reaccions oscil·lants. Reacció de Briggs Rauscher.

#### 4.1.1.- Introducció de les reaccions oscil·lants.

Les reaccions químiques que observem més freqüentment són de caràcter simple: uns reactius es converteixen en productes de manera que al cap d'un temps arriben a un estat final d'equilibri. Diem que aquestes reaccions són irreversibles si els productes no poden tornar als reactius originals. Això és fàcil d'entendre ja que en la vida quotidiana es donen en molts casos aquests fenòmens. Per exemple, la combustió d'un llumí o d'un material orgànic qualsevol.

Observant la realitat ens en adonem que també hi ha reaccions que són reversibles. En aquestes els productes poden tornar al seu estat original de reactius. Normalment les reaccions transformen uns reactius en productes ja que l'energia total d'aquests productes és menor que la energia total dels reactius.

També existeixen reaccions més complexes en que les concentracions dels reactius i els productes canvien amb el temps de manera periòdica, o gairebé periòdica. Aquestes reaccions s'anomenen reaccions oscil·lants. Aquestes reaccions tenen unes característiques especials; en aquestes, després de que la reacció s'hagi completat, el sistema torna al seu estat inicial, i la reacció comença una altra vegada. Una d'aquestes reaccions és la de Briggs-Rauscher, la que s'utilitzarà per a fer aquest treball.

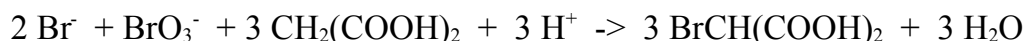
#### 4.1.2.- Primeres reaccions oscil·lants.

Aquestes reaccions varen ser descobertes per primer cop el segle XIX, tot i no saber-les reproduir, ni saber dir el perquè anaven oscil·lant, cosa que va fer que es pensessin que eren una anomalia o degut a una impureses dels productes.

Cap al 1920, la majoria dels químics creien que les oscil·lacions en un sistema tancat homogeni eren impossibles. La primera evidència científica de que les reaccions podien oscil·lar es va prendre amb escepticisme. Tot i que el començament de les discussions sobre les reaccions químiques oscil·lants data dels anys 1910, el seu estudi sistemàtic no va començar realment fins al 1970.

A l'any 1958 un científic, B.P. Belousov, va descobrir una reacció que anava canviant de color constantment, un comportament força peculiar, fins que assolía l'equilibri. En aquest cas reaccionen bromat de potassi, bromur de potassi, àcid sulfúric, àcid cítric, i una sal de ceri en l'aigua. La reacció canvia de color periòdicament entre el incolor i un groc pà·lid.

La reacció que té lloc és:



Utilitzant una sal de ceri com a indicador s'observa el canvi de la imatge 1.



*Imatge 1: Reacció BZ amb una sal de ceri com indicador.*

Anys més tard, un altre científic va voler repetir la experiència de Belousov per tal d'analitzar el motiu d'aquest fenomen. Durant el seu estudi, va decidir substituir la sal de ceri per una sal de ferro, per tal de que les oscil·lacions fossin més marcades i més visuals, ja que llavors el color canviava de groc i incolor a blau i vermell (imatge 2). Tot i així, aquesta última reacció s'atribueix als dos científics i es coneix amb el nom de reacció de Belousov-Zhabotinsky (BZ).



*Imatge 2: Reacció BZ amb una sal de ferro com indicador.*

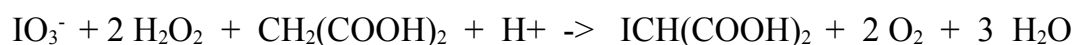
Thomas S. Briggs i Warren C. Rauscher, dos professors d'un institut de San Francisco van descobrir una variant molt interessant. El seu sistema, que utilitza peròxid d'hidrogen, iodat

potàssic, àcid perclòric, àcid malònic, sulfat de manganès i midó, canvia d'incolòr a daurat i blau, successivament, de forma periòdica.

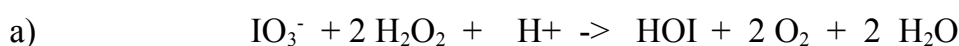
En l'actualitat, es coneixen dotzenes de processos oscil·lants, molts d'ells en sers vius. Estudiant i analitzant aquestes reaccions, els científics creuen que poden revelar claus importants de la química i la biologia, com ara els mecanismes que controlen la transcripció de l'ADN o les contraccions dels músculs.

#### 4.1.3.- Descobrimet de la reacció de Briggs Rauscher.

A l'any 1973, els científics Briggs i Rauscher, varen combinar el hidrogen peròxid i el iodat de la reacció de Bray-Liebhafsky (BL) amb el l'àcid malònic i ions de manganès de la reacció Belousov-Zhabotinsky (BZ), i varen descobrir la reacció oscil·lant que porta el seu nom.



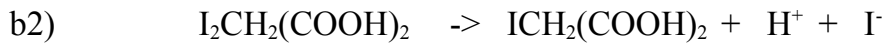
Aquesta reacció es pot dividir en dues reaccions:



Aquesta reacció pot tenir lloc per un mecanisme radicalari que té lloc quan la concentració de iodur es baixa, o per un mecanisme no radicalari quan la concentració de iodur és elevada.



Aquesta reacció també es pot descompondre en dues reaccions.



El color grogós correspon a la formació de iode ( $I_2$ ) que es forma a partir del HOI, que es forma ràpidament durant el procés radicalari. Mentre té lloc el procés radicalari, el HOI es forma més ràpidament que el seu consum, de manera que part d'aquest s'usa en la reacció mentre que l'excés es reduït a iodur per part del peròxid.

L'increment de la concentració de iodur arriba a un punt en que es passa a un procés no radicalari. Tanmateix, el procés no radicalari no dóna lloc a la formació de HOI de forma tan ràpida com el procés radicalari de manera que el color grogós es comença a perdre a mesura que el iode es va consumint a velocitat més ràpida que la seva formació. D'aquesta manera, la concentració de iodur disminueix fins un punt prou baix com perquè es torni a iniciar el procés radicalari. El color blau fosc es degut a la unió del iodur i el iode amb el midó present a la solució.

#### 4.1.4.- Mecanisme de la reacció.

La reacció de Briggs Rauscher és difícil d'explicar perquè en realitat hi han dues reaccions que tenen lloc al mateix temps. Els científics han intentat explicar la reacció de forma simplificada descrivint el seu mecanisme en diferents passos. S'han proposat tres models principals, un que té 22 passos, un altre mecanisme que en té 8 i un tercer mecanisme que en té 7.

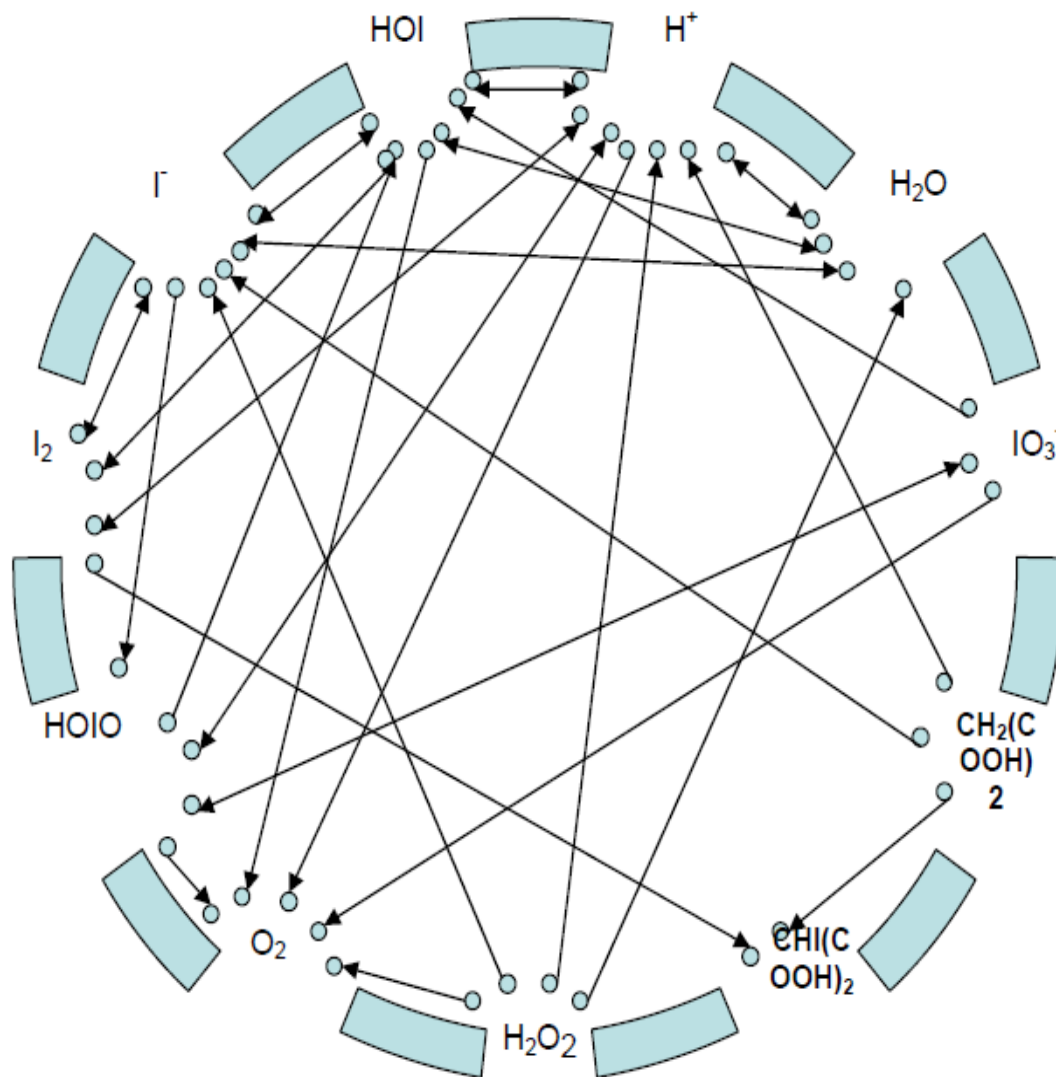


Figura 1: Model que descriu el comportament dels compostos que intervenen a la reacció de Briggs-Rauscher.

A la figura 1 es mostra el comportament dels diferents compostos del sistema de reacció.

Si ens fixem per exemple en el iode ( $I_2$ ), la direcció de les fletxes ens indica que el iode es reactiu per la reacció que dona lloc a la formació de  $CHI(COOH)_2$  i també en dues reaccions reversibles que donen lloc a la formació de iodur ( $I^-$ ) i protons ( $H^+$ ). Per altre costat, es pot veure com HOI, iodur i protons s'usen per a formar iode dins aquest sistema.

Examinant el diagrama en detall, es pot destacar alguns aspectes. Per una banda, el peròxid d'hidrogen ( $H_2O_2$ ) i l'àcid malònic ( $CH_2(COOH)_2$ ) no es produeixen en cap moment, sols es consumeixen. En canvi, oxigen ( $O_2$ ) i aigua ( $H_2O$ ) sols es produeixen.

#### 4.1.5.- Aplicacions de les reaccions oscil·lants.

Les reaccions oscil·lants no tenen una aplicació concreta sinó, més aviat, cadascuna en té una per separat. En general, com que són oscil·lants, i això succeeix poques vegades, les reaccions són molt investigades ja que es pretén conèixer el seu mecanisme. Un cop entès el mecanisme de cadascuna, els científics pretenen veure aplicacions que poden tenir. Per exemple, en el cas de la reacció de Briggs i Raucher, quan es van saber quins eren tots els processos pels quals passava la reacció, es van buscar diferents aplicacions a la reacció. En aquest treball s'usa aquesta reacció per a quantificar el temps de bloqueig que provoquen els antioxidants que de forma natural es troben als aliments.

## 4.2.- Radicals lliures.

### 4.2.1.- Què són?

Els radicals lliures són àtoms o grups d'àtoms que tenen un electró desaparellat amb capacitat d'aparellar-se, per la qual cosa solen ser extremadament inestables i són molt reactius. Es poden formar a l'atmosfera a causa de la radiació i també es formen als organismes vius, inclòs al cos humà, pel contacte amb l'oxigen. Els radicals lliures, actuen alterant les membranes cel·lulars i atacant el material genètic de les cèl·lules, com per exemple l'ADN.

Aquests radicals recorren el nostre organisme intentant robar un electró de les molècules estables, per tal d'assolir la seva estabilitat electroquímica. Una vegada que el radical lliure ha aconseguit robar l'electró que necessita per aparellar el seu electró lliure, la molècula estable que l'hi cedeix es converteix al seu torn en un radical lliure, per quedar amb un electró desaparellat, iniciant-se així una veritable reacció en cadena que destrueix les nostres cèl·lules.



Una vegada estan formats aquests radicals altament reactius, poden iniciar una cadena de reaccions, també anomenat efecte dominó. Aquest efecte perjudica els components cel·lulars, com per exemple el ADN, o la membrana cel·lular. Les cèl·lules afectades funcionen malament i fins i tot poden morir. Per prevenir la aparició dels radicals lliures dins d'un organisme, es recomanat el consum de antioxidants.

### **4.3.- Antioxidants i vitamines.**

#### **4.3.1.- Què són?**

Els antioxidants són molècules capaces de alentir o inhibir el procés d'oxidació d'altres molècules mitjançant l'estabilització o desactivació dels radicals lliures. Els antioxidants s'usen com a estabilitzadors de polímers i derivats petroquímics, aliments, cosmètics i productes de farmàcia i para-farmàcia.

Una de les seves aplicacions més conegudes però, és la protecció dels organismes vius. Controlant la reacció d'oxidació, els antioxidants protegeixen el cos humà de diferents patologies associades a l'atac de radicals lliures (càncer, Alzheimer, Parkinson, malalties vasculars,...). Els antioxidants són molècules que interactuen amb els radicals lliures de forma segura acabant amb l'efecte dominó que aquests generen interactuant amb les molècules del cos humà, abans de que es malmetin molècules vitals. Aquest procés es troba incorporat al funcionament del cos i és un dels millors sistemes de defensa de que disposa.

#### 4.3.2.- On es troben els antioxidants?

Actualment es coneix que els primers antioxidants van ser creats quan es van formar les primeres cèl·lules. En aquell moment, una de les maneres que aquestes tenien de protegir-se va ser que els antioxidants absorbissin els diferents radicals lliures que es poguessin formar en el brou primitiu. Les diferents vitamines, com la C, la A o la E, anul·laven els efectes dels radicals formats per la pèrdua d'electrons dels diferents components. D'aquesta manera, aquestes vitamines actuaven com a antioxidants.

Posteriorment, els antioxidants que es formaven en aquestes cèl·lules, van ser adoptats també per les plantes i les altres formes de vida que van anar apareixent. La flora i la fauna, es va aprofitar del mecanisme d'actuació dels antioxidants per tal de eliminar els radicals lliures de dins de l'organisme, tant perillosos per als éssers vius. Més endavant, quan van aparèixer els primers mamífers, s'alimentaven de fruits que contenien vitamines amb aquesta capacitat antioxidant, i amb el seu consum s'ajudaven a controlar les reaccions d'oxidació del cos.

Actualment sabem que els antioxidants són fonamentals per a l'organisme ja que ajuden a mantenir sa el cos i a més a mantenir-lo jove i ple d'energia. Sense la funció d'aquests, moltes malalties apareixerien, ja que el nostre sistema de defensa fallaria i aniria malament. A part de prevenir malalties, els antioxidants ajuden a curar-ne, tant si són de caràcter lleu, com per exemple un refredat, com més greus, en el cas de la cura parcial d'un càncer. Els antioxidants es poden sintetitzar en el cos o obtenir-los amb la dieta.

#### 4.3.3.- Nutrients i substàncies no nutritives dels aliments que actuen com a antioxidants.

En els aliments es troben diferents compostos que tenen capacitat antioxidant. Entre aquests es troben els que es descriuen a continuació.

#### 4.3.3.1.- Vitamines.

Una vitamina és un compost orgànic que l'organisme necessita com a nutrient en petites quantitats. Solament les sintetitzen els vegetals, i els animals han d'ingerir-les en la seua dieta alimentaria. Les principals vitamines antioxidants, són la vitamina E i la vitamina C. També es pot considerar, dins del grup de les vitamines amb capacitat antioxidant el  $\beta$ -carotè que es transforma en vitamina A

#### Vitamina C.

Es troba en fruites i verdures, fresques i crues, com la guaiaba, kiwi, mango, pinya, caqui, cítrics, meló, maduixes, baies, pebrots, tomàquet, brassicàcies (verdures de la família de la col), i en les hortalisses en general.

La vitamina C es presenta de diferents maneres: l'acid ascòrbic i deshidroascòrbic. A les figures que segueixen podem veure els dos tipus (figures 2 i 3).

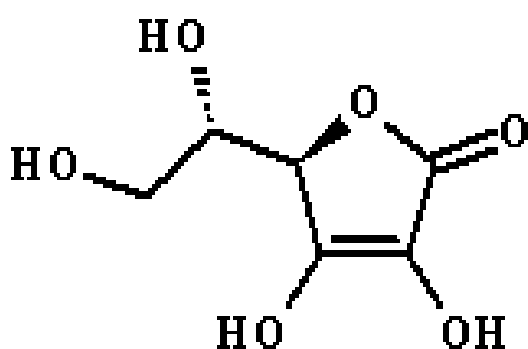


Figura 3: Àcid ascòrbic.

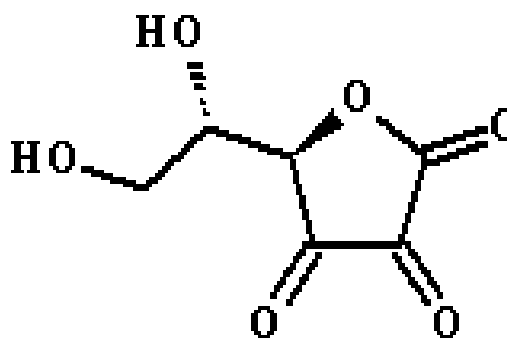


Figura 2: Àcid deshidroascòrbic.

L'àcid ascòrbic (la forma reduïda) i l'àcid deshidroascòrbic (forma oxidada), tenen tots dos una funció biològica i es mantenen en equilibri fisiològic.

### Vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol).

La vitamina E, principalment es pot trobar en el germen de blat, en l'oli de soja, el germen de cereals o en els cereals de gra sencer, l'oli d'oliva, els vegetals de fulla verda i en els fruits secs. A la figura 4 s'hi pot veure la seva estructura.

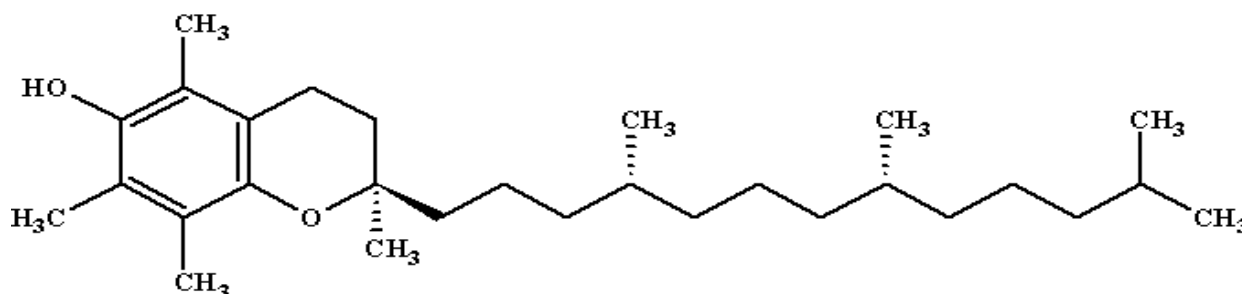


Figura 4: Vitamina E (*alfa-tocoferol*)

### $\beta$ -carotè o provitamina A.

El  $\beta$ -carotè pertany a la família dels carotenoides dels vegetals. L'organisme és capaç de transformar-lo en vitamina A. Té conjuntament les propietats de la vitamina A i les dels antioxidants que actuen sobre els radicals lliures. Recentment s'ha demostrat el seu paper en la prevenció de les cataractes i el seu efecte beneficiós en processos inflamatoris i en els relacionats amb l'envelliment. Entre els aliments rics en  $\beta$ -carotè hi ha les verdures de color verd o coloració vermella-ataronjada (pastanaga, espinacs, carbassa, etc.), i certes fruites (albercocs, cireres, meló i préssec). A les figures 5 i 6 s'hi poden veure les seves estructures.

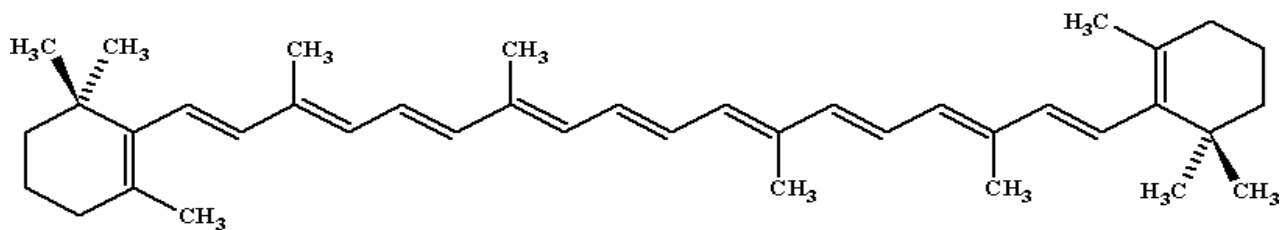


Figura 5:  $\beta$ -caroté.

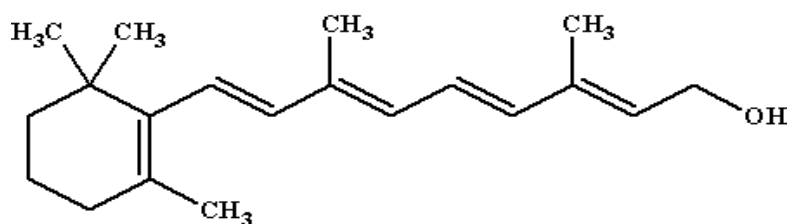


Figura 6: Vitamina A

#### 4.3.3.2.- Minerals.

##### Seleni.

S'ha relacionat amb un menor risc de tumors de pell, fetge, còlon i mama. Així mateix vinculat al funcionament de la glutatió peroxidasa (enzim antioxidant del nostre organisme). Es troba en carns, peixos, marisc, cereals, ous, fruites i verdures.

##### Zinc.

Afaveix la formació de noves proteïnes (renovació cel·lular), participa en la lluita contra els radicals lliures i en la síntesi d'enzims, intervé en el sistema immune o de defenses i afaveix el bon estat de pell i mucoses (tonicitat i elasticitat de la pell). Constitueixen bona font de zinc la carn i vísceres, els peixos, els ous, els cereals complets i els llegums.

## Coure.

Potencia el sistema immune, participa en la formació d'enzims, proteïnes i neurotransmissors cerebrals (renovació cel·lular i estimulador del sistema nerviós) i és un agent antiinflamatori i antiinfecció. Facilita la síntesi de col·lagen i elastina (necessaris per al bon estat dels vasos sanguinis, del cartílag, dels pulmons i de la pell), actua com a antioxidant protegint les cèl·lules dels efectes tòxics dels radicals lliures i facilita la fixació del calci i del fòsfor com aliments rics en coure: fetge, peix, marisc, cereals complets i vegetals verds.

### 4.3.3.3.- Aminoàcids (els components més simples de les proteïnes).

La cisteïna és un aminoàcid no essencial, el nostre cos pot fabricar-ne sense problemes. És important per a la producció de enzims que actuen contra els radicals lliures, com la glutatió peroxidasa. El fetge i les nostres defenses l'utilitzen per desintoxicar el cos de substàncies químiques i altres elements nocius. La cisteïna, que es troba en l'all, les cebes, el gingebre, els flocs de civada, la xocolata, els alcovats, les carns, els peixos, els ous i els lactis és un detoxificant potent contra els agents que deprimeixen el sistema immune, com l'alcohol, el tabac i la pol·lució ambiental.

### 4.3.3.4.- Colorants naturals o altres compostos de vegetals.

## Flavonoides.

Comprenen els flavonols, els antocianidols i les flavones, colorants naturals amb acció antioxidant que constitueixen el grup més important de la família dels polifenols, molt presents en el món vegetal. Protegeixen el sistema cardiovascular i activen els enzims

glutatió, peroxidasa i catalasa, que són antioxidants presents de forma natural en el nostre organisme. És troben a la família de les cols, les verdures de fulla verda, les fruites vermelles i morades i els cítrics. Segons l'American Cancer Society, redueixen el risc de càncer colorectal.

#### Isoflavones.

Es troben a la soja i en alguns dels seus derivats com el tofu (formatge de llet de soja) i el tempeh (llavors de soja a les quals s'afegeix un fong específic per a la seva fermentació). Alguns estudis científics han demostrat que les dones asiàtiques que consumeixen soja presenten una menor incidència de càncer de mama i matriu que les occidentals.

#### Àcid $\alpha$ -lipoic.

És un carotenoide d'algunes verdures i fruites, que ajuda a neutralitzar els efectes dels radicals lliures potenciant les funcions antioxidants de les vitamines C, E i de l'enzim glutatió peroxidasa. Abunda en el tomàquet.

#### 4.3.3.5.- Substàncies pròpies de l'organisme, enzims antioxidants.

A més dels enzims glutatió peroxidasa, catalasa i superòxid dismutasa, hi ha altres substàncies antioxidants com el coenzim Q-10.

### Coenzim Q-10.

Ajuda als enzims a realitzar la seva funció, i participa en nombrosos processos corporals. S'ha comprovat una gran similitud entre les propietats antioxidants de la vitamina E i les del coenzim Q-10, que juga un paper molt important en la generació d'energia cel·lular, i alhora és un estimulants immune, millora la circulació i ajuda a protegir el sistema cardiovascular.

#### 4.3.4.- Antioxidants dels aliments.

Consumir productes amb antioxidants, comporta beneficis per al cos i per aquest motiu és recomanat ingerir-los freqüentment.

La majoria dels antioxidants es troben en aliments d'origen vegetal, cosa que explica que incloure fruites, llegums, verdures, hortalisses i cereals a la nostra dieta sigui beneficiós. A la taula 1 es poden trobar diferents aliments vegetals junt amb algunes de les molècules que contenen i que es coneix que tenen activitat antioxidant



Nom comú	Nom científic	Principals substàncies probablement responsables de la activitat antioxidant.
Tomàquet	<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>trans</i> -licopè, fitofluè, fitoè, $\beta$ -carotè, àcid cafeïc i àcid clorogènic
Ceba	<i>Allium cepa</i>	Quercetina 4'-O- $\beta$ -glucòsid, Quercetina 3,4'-O- $\beta$ -glucòsids
Pebrot	<i>Capsicum</i>	Capsaicina, vitamines C, A, E i B
All	<i>Allium sativum</i>	Compostos organosofrats solubles en aigua (S-al·lilcisteïna i S-al·lilmercaptocisteïna) Compostos organosofrats solubles en lípids (dial·lil polisulfrs), flavonoides (quercetina), al·lixina i seleni.
Pastanaga	<i>Daucus carota</i>	Àcid clorogènic $\alpha$ i $\beta$ - caroté
Poma	<i>Malus domestica</i>	Antocianina, glucòsids de quercetina i isoharmetina i dihidrocalcones, tanins, floridzina, àcid clorogènic, proantocianidines
Kiwi	<i>Actinida chinensis</i>	Vitamines C i E, isoflavones, tanins i epitanins, serotonina
Raïm	<i>Citrus paradisi</i>	Vitamina C, licopè, naringenina , glicòsids flavonoides, aglicones de flavones, glicòsidos de flavones
Te Verd	<i>Camellia sinensis</i>	catequines
Café	<i>Coffea</i>	Metilpiridoni, melanoidina, àcid clorogènic

Taula 1: Principals antioxidants que es troben a les fruites, verdures i begudes.

Tot i que la ingesta d'aliments rics en antioxidants disminueix el risc de certes patologies, aquests no modifiquen el deteriorament normal que comporta la vellesa ni permeten que visquem més anys. A més s'ha demostrat que la inserció a altes dosis amb preparats d'antioxidants pot resultar contraproductiu. Tot i que sabem cada dia més coses sobre els beneficis dels antioxidants – s'ha de promocionar el seu consum mitjançant els aliments que en contenen de forma natural –, és aviat encara per assegurar si és convenient o no la seva suplementació diària, ja que s'en desconeixen les dosis adequades. Per això, el més correcte és seguir una alimentació variada i equilibrada, en què no faltin els vegetals crus junt amb les fruites i no abusar de suplementos ni d'aliments enriquits amb antioxidants.

## 4.4.- Reaccions utilitzades per a determinar la capacitat antioxidant dels aliments.

Es poden trobar diferents mètodes per a calcular l'activitat antioxidant dels aliments. Entre aquests es troben els mètodes de TRAP, ORAC, PSC, FRAP, TOSC, TEAC, DPPH, entre altres. D'entre aquests, a continuació es comentaran els mètodes ORAC i DPPH.

### 4.4.1.- Mètode ORAC.

El primer mètode, un dels més utilitzats, es el mètode de ORAC. Aquest mesura la capacitat antioxidant d'una mostra *in vitro*.

El mètode d'assaig d'ORAC (Capacitat d'Absorció Radicalaria d'Oxigen), mesura la activitat antioxidant envers el radical peròxid que produeixen les molècules APPH (figura 7). S'usa la fluoresceïna com a indicador fluorescent.

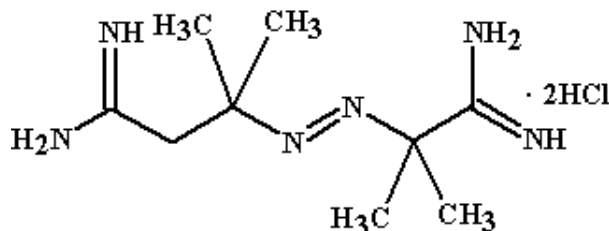


Figura 7: Molècula AAPH

La intensitat de fluorescència disminueix a mesura que avança la degeneració oxidativa. El grau de protecció antioxidant es quantifica utilitzant l'antioxidant trolox com a estàndard (un anàleg de la vitamina E). S'utilitzen concentracions de trolox per fer una corba estàndard, i les mostres d'assaig es comparen amb aquesta corba. Els resultats de les mostres d'assaig (aliments) es donen com "equivalents de trolox" o TE.

Un dels avantatges d'utilitzar el mètode de ORAC per avaluar la capacitat antioxidant de les substàncies és que té en compte les mostres amb i sense fases de retard en les capacitats dels

seus antioxidants. Això és especialment beneficiós quan es mesuren aliments i suplementes que contenen ingredients complexos amb diversos antioxidants d'acció lenta i ràpida, així com ingredients amb efectes combinats que no poden ser pre-calculats.

Els inconvenients d'aquest mètode són aquests tres:

1.- L'activitat antioxidant es mesura només contra radicals particulars (principalment peroxils) però la formació de radicals peroxil mai ha estat provada *in vivo*.

2.- La naturalesa de les reaccions perjudicials o nocives no es tenen en compte.

3.- No existeix evidència que els radicals lliures estiguin implicats en aquesta reacció i tampoc no hi ha evidència que els valors ORAC tinguin algun significat biològic després del consum de qualsevol aliment. D'altra banda, no ha estat establerta la relació entre els valors ORAC i un benefici per a la salut.

Un altre mètode de calcular la capacitat antioxidant, es el DPPH. Aquest mètode és tan o més utilitzat que l'anterior, ja que no son incompatibles entre ells i possiblement és més senzill d'utilitzar.

#### 4.4.2.- Mètode DPPH.

El mètode de DPPH, es un mètode que permet calcular la capacitat antioxidant de suc o extractes de fruita i verdura.

El DPPH es un radical lliure estable, i el seu assaig es basa en la mesura de la capacitat de l'aliment per atrapar aquest radical, l'electró desaparellat del àtom de nitrogen al DPPH, és reduït per l'àtom d'hidrogen de l'antioxidant. La molècula de DPPH, es la de la figura 8.

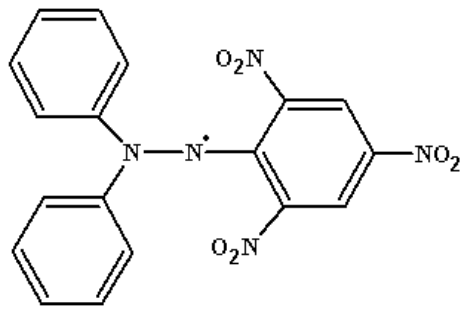


Figura 8: Molècula de DPPH.

El mètode de DPPH, és fàcil, acurat i, sobretot, econòmic, la qual cosa el converteix en un dels més usats a l'hora de calcular la capacitat antioxidant de diferents fruits, verdures i suc o extractes. Els resultats són comparables fàcilment amb els de altres mètodes i fàcils de reproduir.

Aquests 2 sistemes descrits són els que més s'usen ja que són fàcils d'aconseguir i no porten masses complicacions.

#### **4.5.- Utilització de la reacció de Briggs Rauscher per a determinar la capacitat antioxidant dels aliments.**

El motiu de la utilització de la reacció de Briggs Rauscher a l'hora de fer l'experiment, és que la reacció genera radicals lliures. El nostre principal objectiu, com s'ha dit anteriorment, és calcular la capacitat antioxidant de diferents aliments. En afegir els diferents antioxidants dins la reacció, aquesta es bloqueja temporalment de manera que es mesura el temps de bloqueig produït per cada aliment. Durant el bloqueig, els radicals lliures són atrapats pels antioxidant de l'aliment.

## 5.- Objectius.

L'objectiu d'aquest treball és avaluar la capacitat antioxidant de diferents aliments d'origen vegetal utilitzant la reacció de Briggs Rauscher

Per tal d'aconseguir aquest objectiu, es plantejaran els següents aspectes:

5.1.- Conèixer els factors dels quals depèn la reacció de Briggs-Rauscher.

5.2.- Avaluar la capacitat antioxidant de diferents aliments.

5.3.- Esbrinar si la capacitat antioxidant dels aliments disminueix amb el pas del temps.

5.4.- Comprovar si la capacitat antioxidant varia de forma lineal a la concentració de l'aliment.

## 6.-Disseny experimental.

### 6.1.- Descripció general de l'experiment.

A fi i efecte d'estudiar la capacitat antioxidant dels diferents aliments, s'utilitzarà la reacció oscil·lant de Briggs Rauscher en la que s'alternen dues fases, una en que la solució té color grogós i una altra en que presenta color blau. Per avaluar la capacitat antioxidant dels diferents aliments, es mesura el temps que es tarda en arribar a aquest punt en que s'alternen les dues fases en presència de cada aliment. Degut a que els aliments contenen antioxidants que inhibeixen els radicals lliures generats a la reacció, es bloqueja temporalment el procés en que s'alternen les dues fases. Mesurant el temps de inhibició, podem comparar la capacitat dels antioxidants que té cada aliment.

### 6.2.- Material.

L'utilitatge necessari per aquest experiment es el següent:

- Vas de precipitats de 100 mL.
- Imant.
- Agitador magnètic.
- Làser.
- Sensor de llum 0 – 130 kl.
- Sensor de temperatura ( $\pm 0.01$  °C).
- Pipetes de 10 mL.
- Peus, nous i pinces.
- Consola d'enregistrament multilog.
- Ordinador on rebre i interpretar les dades rebudes amb el programa Multilab.

### **6.3.- Reactius.**

Els reactius que s'han utilitzat per fer aquesta reacció han sigut els següents:

$\text{KIO}_3$  - 99,5% (dried) - Fisher Chemical.

$\text{MnSO}_4$  monohidratat – Scharlab.

$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$  – àcid malònic 99% - Sigma Aldrich.

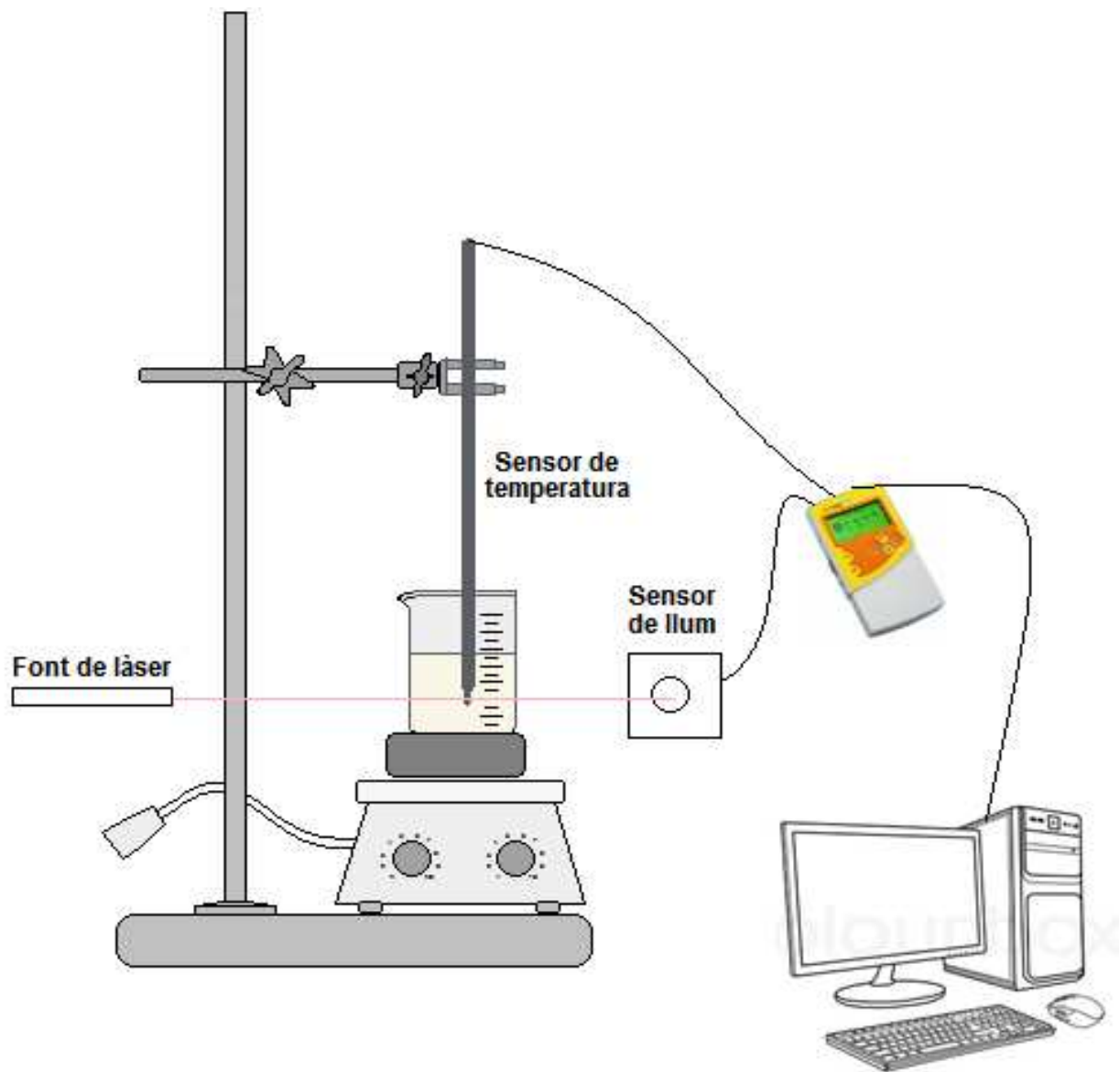
$\text{H}_2\text{O}_2$  – 30% en pes – Scharlab.

Midó de blat d'us alimentari, marca DANI.

A l'annex d'aquest treball es troben dades de les fitxes de seguretat de cada un d'aquests reactius.

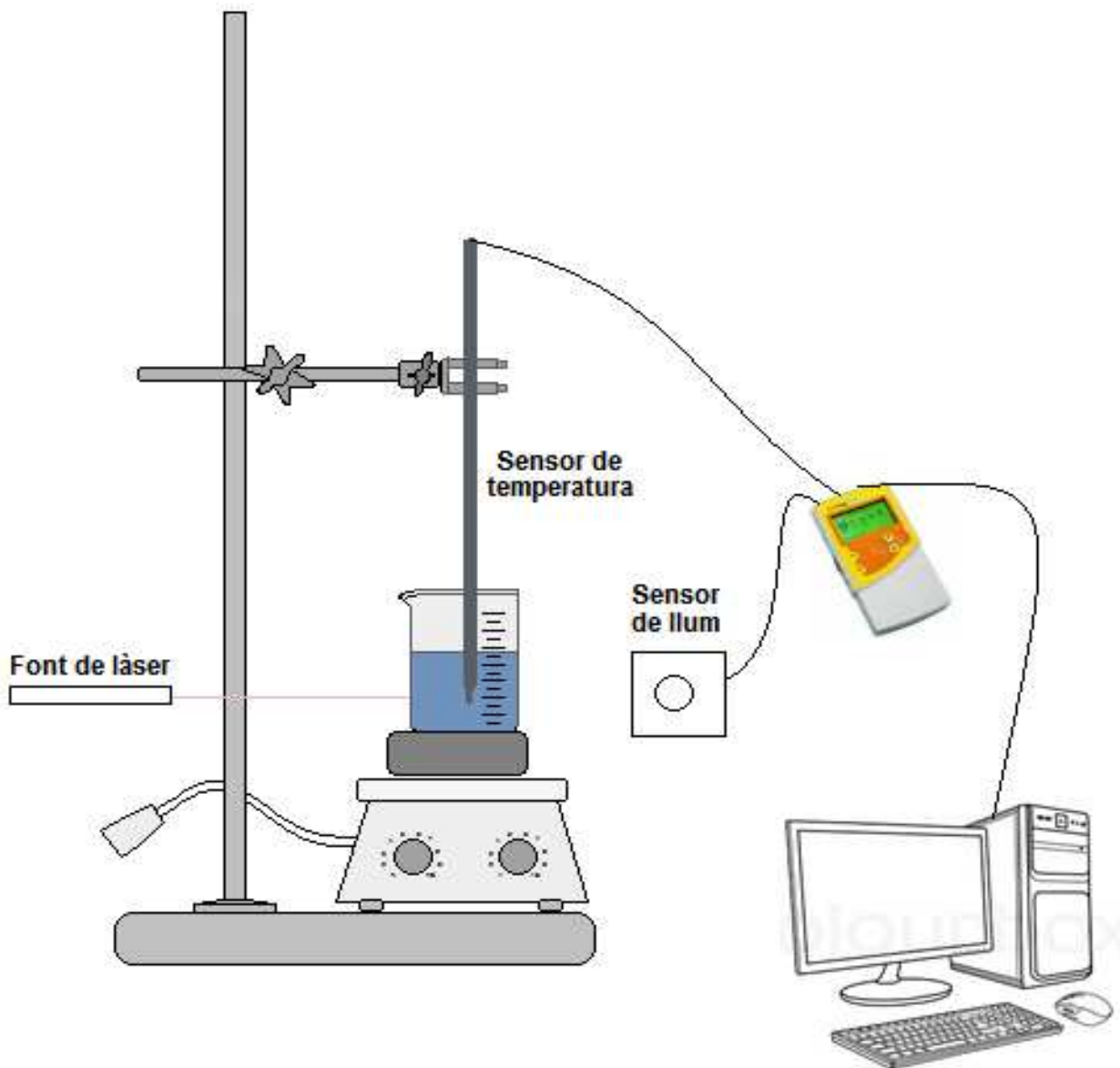
### **6.4.- Muntatge experimental.**

Per fer l'experiment cal agafar el material corresponent i muntar-lo de la manera següent. Per començar, es col·loca un vas de precipitats amb un agitador magnètic, sobre la placa agitadora. Després es col·loca un sensor de temperatura que estarà en contacte amb la solució que s'introduirà en el vas de precipitats. Es situa la font de làser horitzontalment, de manera que el raig que emet travessi el vas de precipitats on tindrà lloc la reacció i, després de travessar el vas de precipitats, arribi a un sensor que enregistrarà el senyal de llum gràcies a la consola Multilog que, al seu torn, passarà les dades a l'ordinador (veure figures 9 i 10).



*Figura 9: Dibuix esquemàtic del muntatge quan la trajectòria del raig làser arriba a al sensor de llum i es enregistrada per la consola Multilog que passa les dades a l'ordinador.*





*Figura 10: Dibuix esquemàtic del muntatge quan la trajectòria del raig làser es interrompuda pel color fosc de la solució.*

En les figures 9 i 10 s'explica el muntatge experimental i com s'han de col·locar tots els sensors per tal de que s'enregistrin totes les dades. El làser pot travessar sense problemes la dissolució quan el color de la dissolució és clar, i no el travessa quan el color és blau.

A la imatge 3 veiem el muntatge realitzat. Es pot apreciar la direcció del làser que travessa el got i va al sensor de llum. També hi ha el sensor de temperatura, que igual que el sensor de llum està connectat a la consola del Multilab. Aquesta consola està connectada a

l'ordinador, que no apareix a la fotografia, on es reben les dades. Els sensors estan aguantats per pinces així com també ho està el làser. El vas de precipitats es troba sobre el agitador magnètic.



*Imatge 3: Muntatge experimental utilitzat en aquest projecte.*

## **6.5.- Preparació de les solucions.**

Per fer la reacció es necessiten els següents reactius, que s'han de preparar de la següent manera:

### Solució de $\text{KIO}_3$ 0,025M.

Es posen 5,74 g de  $\text{KIO}_3$  en un matràs aforat de 100mL juntament amb una mica d'aigua i es barreja enèrgicament fins a dissoldre completament el producte. Finalment s'enrasa amb aigua destil·lada fins a contemplar els 100mL.

### Solució àcida de $\text{MnSO}_4$ 0,003M.

Es posen 2,25 g de  $\text{MnSO}_4$  dins d'un matràs aforat de 500 mL i s'afegeix 2,8mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i una part d'aigua. S'agita enèrgicament per tal d'aconseguir una bona dissolució del producte i finalment s'enrasa a 500mL amb aigua destil·lada.

### Solució de $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$ 0,018M.

Es pesen 2'08 g de acid malònic( $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$ ), i es fiquen dins d'un matràs aforat. S'enrasen fins als 100mL i posteriorment, s'agiten enèrgicament per aconseguir una barreja homogènia.

### Preparació del midó.

S'escalfa l'aigua destil·lada fins a una temperatura entre 65-70°C i s'hi afegeix el midó en excés mentre es barreja durant 5 minuts. Es deixa refredar i quan la preparació arriba a temperatura ambient, es filtra i es fica en recipient que tingui un comptagotes.

### Preparació de $\text{H}_2\text{O}_2$ en (0,013M) 100mL.

Es mesuren 50mL d'aigua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) del 30% i s'aboquen en un matràs aforat. S'enrasa fins als 100mL amb aigua destil·lada i s'agita.

## **6.6.- Preparació de les mostres d'aliments.**

Com que s'avalua la capacitat antioxidant de diferents aliments, se n'han de preparar les mostres corresponents. La reacció té lloc en un medi aquós, i per a preparar les mostres s'ha de seguir el procediment següent:

### Mostres de fruites o verdures.

Es mesuren 100mL d'aigua destil·lada en una proveta. Es pesen 20g de l'aliment que es tritura amb una batedora de cuina juntament amb els 100mL d'aigua. El líquid que en queda es cola i ja està a punt per poder ser utilitzat. Si la preparació de la mostra no es pot fer al mateix moment de fer la determinació de la capacitat antioxidant, un cop preparada la mostra es posa en un pot ben tancat i es guarda immediatament al congelador fins al moment de la seva utilització.

### Mostres d'infusions.

Es pesa 1,5g del material a infusionar (pot coincidir amb el contingut d'una bossa d'infusió). Tot seguit s'escalfa aigua fins a bullir i després se'n mesuren 100mL. Es posa el cafè o el té a dins de l'aigua bullent i es deixa fer la infusió durant dos minuts. Finalment es filtra per tal de que la mostra sigui homogènia. Si cal, es poden guardar les mostres en pots ben tancats en el congelador fins al moment de la seva utilització.

## **6.7.-Procediment experimental.**

Per fer la reacció s'ha de disposar de tot el material indicat muntat de la manera que s'ha explicat anteriorment, i disposar dels reactius indicats. Per a fer la reacció s'agafen les dissolucions de  $\text{KIO}_3$ ,  $\text{MnSO}_4$  i  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$  i se'n aboquen 10mL de cada una dins el vas de

precipitats. Després s'hi afegeixen 15 gotes de preparació de midó per tal de que doni coloració. S'ajusta el làser per tal de que el raig incideixi en el foto-detector. Es posa en marxa la obtenció de dades a la consola, i tot seguit s'afegeix la dissolució de  $H_2O_2$  al vas de precipitats. En aquest moment s'inicia la reacció de Briggs Rauscher amb oscil·lacions del color de la dissolució entre l'incolor i el blau. Per tal d'avaluar la capacitat antioxidant dels diferents aliments, quan la reacció ha fet un parell de oscil·lacions, s'afegeixen 4mL de la mostra de l'aliment preparat al vas de precipitats. Aquesta addició provoca que s'aturin les oscil·lacions durant un període de temps fins que tornen a aparèixer. Es pot disminuir la concentració de l'aliment en funció del temps que tarden les oscil·lacions a tornar a aparèixer.

En acabar tot el procés, es neteja el vas de precipitats i s'eliminen els residus de la reacció. Les dades obtingudes s'interpreten mitjançant el procés que explicarem a continuació.

## **6.8.- Obtenció de resultats.**

Les dades obtingudes de la reacció, s'agafen amb el programa Multilab i la seva consola. Aquestes dades queden enregistrades a l'ordinador. El mateix programa crea un gràfic amb els valors obtinguts. A la figura 11 es pot veure el tipus de gràfiques que s'obté a partir de la llum que arriba al sensor al llarg del temps.

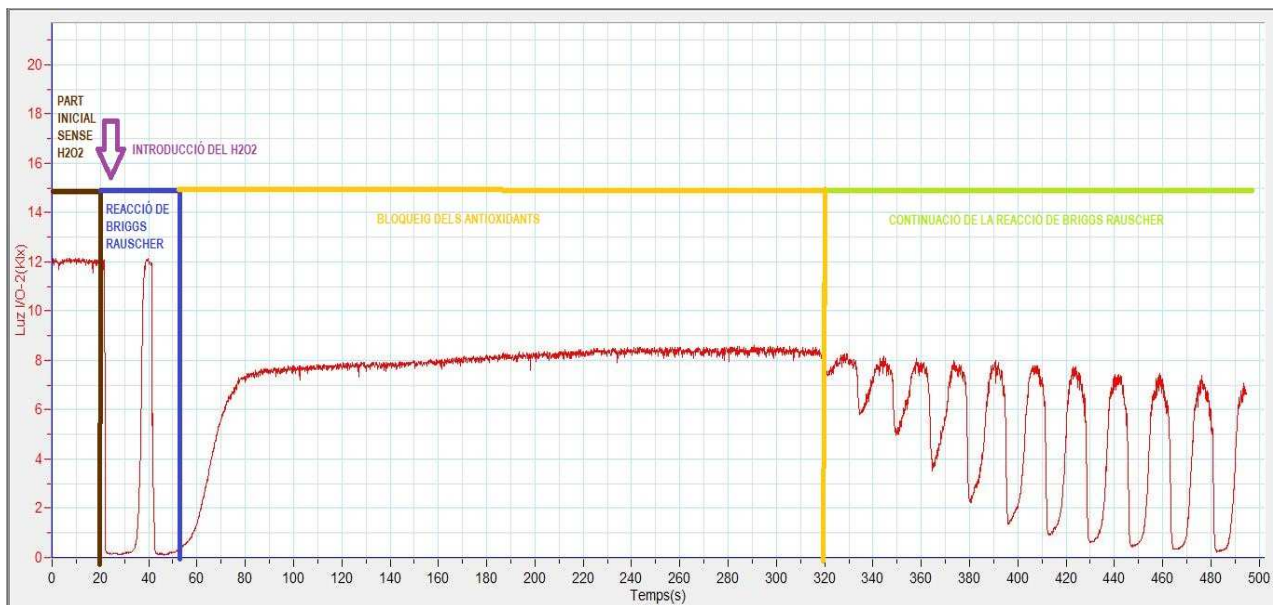


Figura 11: Gràfic que s'obté en avaluar la capacitat antioxidant d'un aliment.

A la figura 11 es pot veure veure les diferents parts que es poden distingir dins de la gràfica. A l'inici, indicat en color blau, es mostra el període en que s'inicia la reacció de Briggs-Rauscher. A partir del moment en que s'afegeix l'aliment, la capacitat antioxidant d'aquest fa que no hi hagi oscil·lacions durant un període de temps (color groc a la gràfica). Finalment, un cop esgotada la capacitat antioxidant de l'aliment, tornen a aparèixer les oscil·lacions (zona de color verd). Per a determinar la capacitat antioxidant, només ens interessa la part groga, que indica el temps de bloqueig de la reacció.

## 7.-Resultats i discussió.

### 7.1.-Linealitat de la resposta.

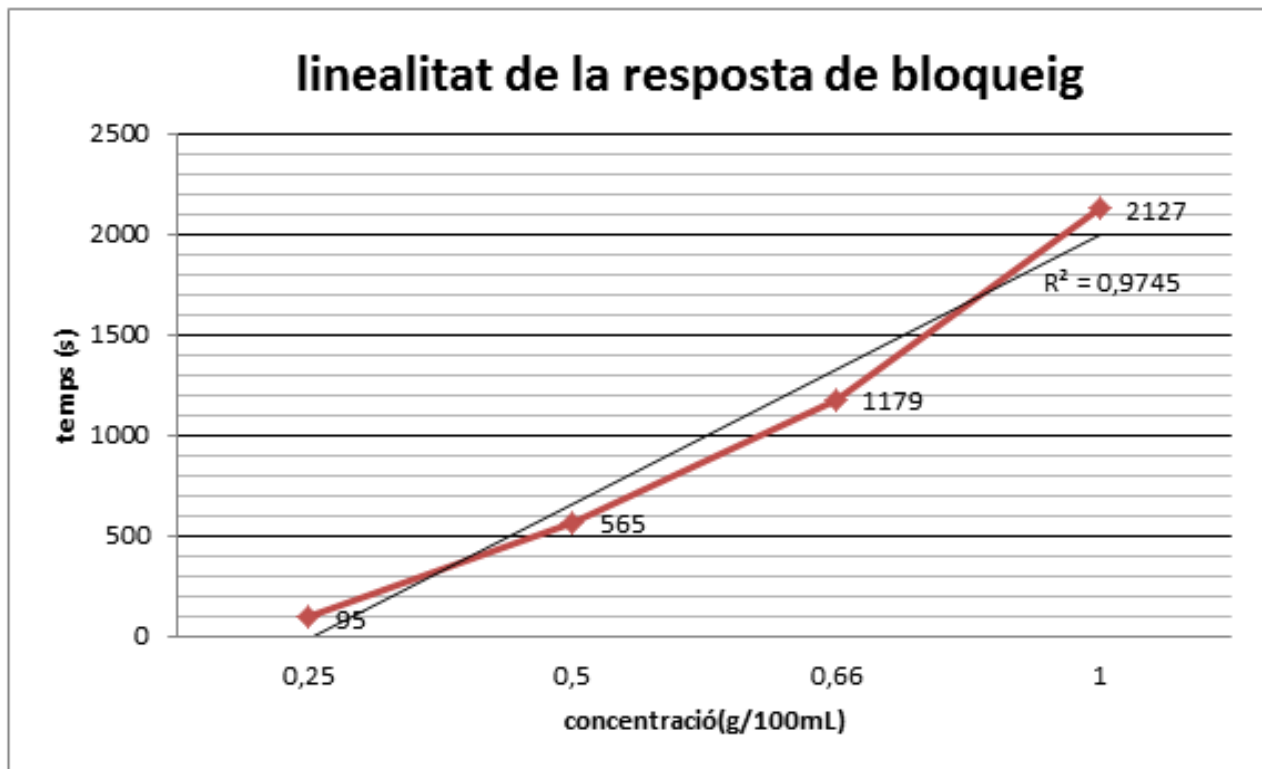
Quan es va començar a calcular el temps de bloqueig de diferents fruites, es va veure que moltes d'aquestes bloquejaven la reacció durant molt de temps i per tant s'havia de reduir la quantitat d'aliment que s'havia d'utilitzar per a fer l'assaig d'activitat antioxidant. Com que el volum de solució a avaluar que s'ha d'utilitzar ha de ser sempre el mateix, es va pensar en diluir la mostra, i fer-la menys concentrada. La dilució es fa amb aigua destil·lada.

Es va voler avaluar si l'activitat antioxidant mesurada en aquest experiment presenta una resposta lineal al variar la concentració. Per fer la comprovació, es va agafar una mostra de fruita i es va avaluar la seva activitat antioxidant a diferents concentracions. En concret es van agafar mostres de pruna que es van preparar seguint els passos descrits anteriorment. Els resultats obtinguts es mostren a la taula 2.

Concentració (g/100mL)	Temps de bloqueig (s)	Desviació estàndard (s)
0,25	95	4,24
0,50	565	35,35
0,66	1179	29,69
1,00	2127	2,82

Taula 2: Temps de bloqueig de la reacció a diferents concentracions de la mostra de pruna roja..

Amb les dades de la taula 2 s'obté la gràfica 1:



Gràfica 1: linealitat de la resposta de bloqueig

Les dades de la gràfica 1 s'han ajustat a una recta. Es pot veure com, en el cas de les mostres de pruna, les diferents concentracions assajades amb la reacció de Briggs Rauscher donen un comportament lineal ( $R^2 = 0,97$ ) en les condicions de l'experiment.

## 7.2.- Capacitat antioxidant de diferents verdures.

A la taula 3 s'hi poden veure els resultats obtinguts en avaluar la capacitat antioxidant de mostres de diferents verdures on s'indica la concentració utilitzada en cada cas. Les primeres determinacions es varen fer amb mostres de fruita diferents verdures preparades tal i com s'indica anteriorment. La concentració inicial es de 20g/100mL però en la major part dels casos va caler disminuir-la en la mostra.

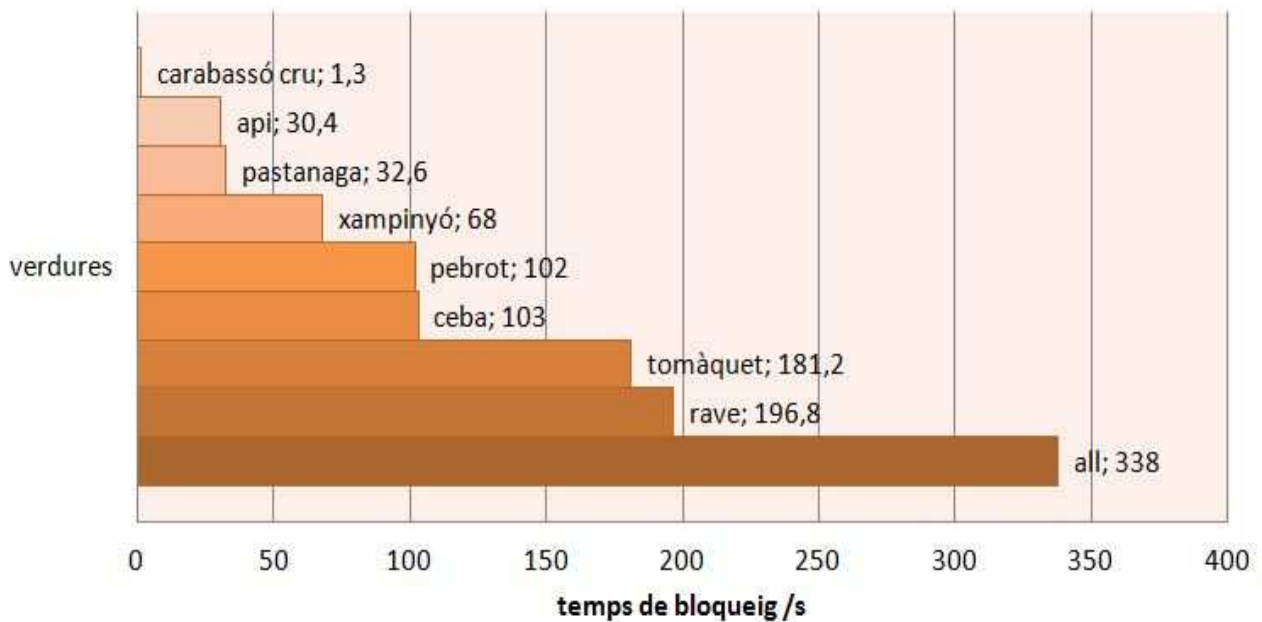


<b>Verdura</b>	<b>Concentració (g/100mL)</b>	<b>Temps de bloqueig (s) (desviació estàndard)</b>
<b>Tomàquet</b>	10	1812 (538,78)
<b>Rave</b>	2,5	492 (166,45)
<b>Api</b>	10	304 (3,53)
<b>Ceba</b>	2	206 (11,54)
<b>Pebrot</b>	2	204 (28,21)
<b>All</b>	0,5	169 (21,21)
<b>pastanaga</b>	5	163 (0)
<b>Xampinyó</b>	2	136 (70,72)
<b>Carabassó cru</b>	20	27 (14,14)

*Taula 3: Temps de bloqueig obtingut per a les mostres de verdures assajades. Els valors son mitjana de tres determinacions.*

A continuació, en la gràfica 2, es mostren els resultats corresponents al temps de bloqueig de les mostres de verdures de la taula anterior, transformades com si totes estiguessin avaluades a la mateixa concentració(1g/100mL) considerant una resposta lineal. El gràfic mostra de menys a més la capacitat antioxidant dels aliments que s'han provat i l'escala que representa la proporció d'uns respecte els altres.

## temps de bloqueig de les verdures



Gràfica 2: Temps de bloqueig relatiu de les diferents verdures considerant una mateixa concentració.

Es veu clarament, que el **carabassó cru**, és la verdura amb menys capacitat antioxidant de totes les avaluades. Per altra banda, **l'all**, és la verdura que presenta els valors més alts (>300 s). Amb un valor proper a 200 s, trobem el rave i el tomàquet. Després, trobem la ceba i el pebrot, amb valors al voltant de 100 s.

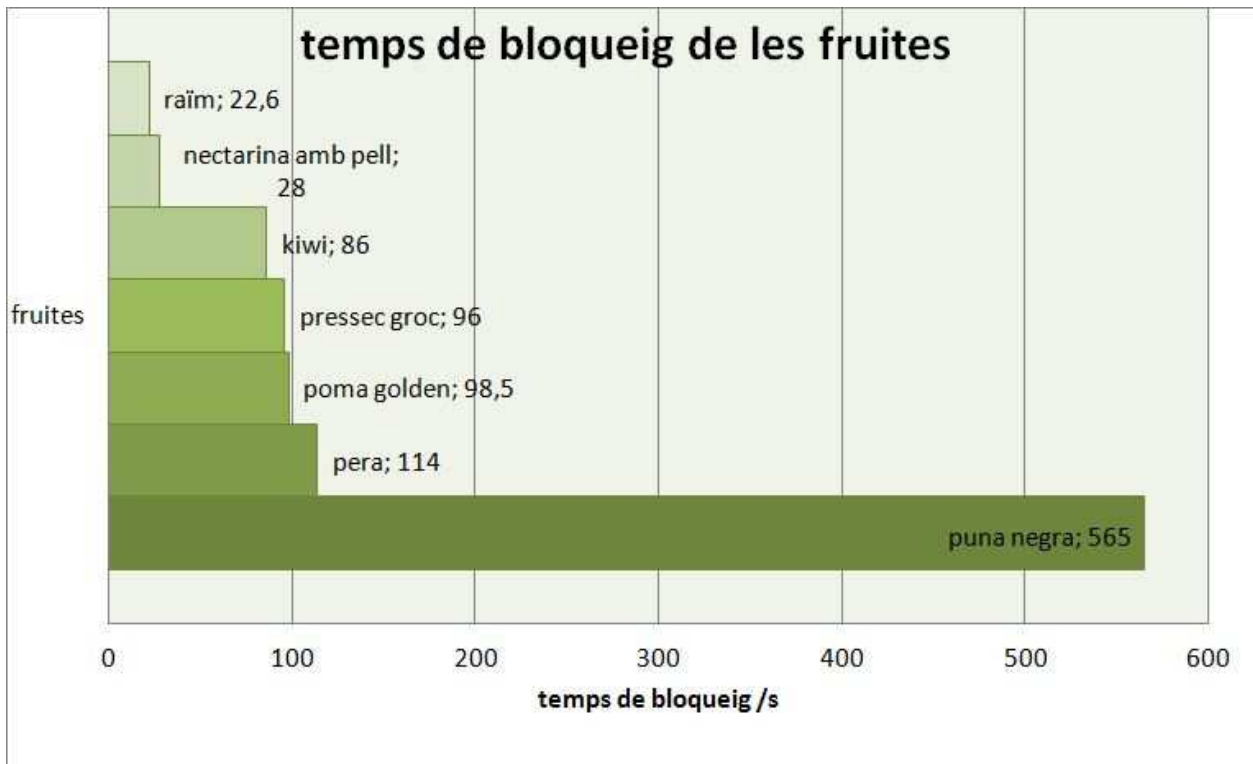
### 7.3.- Capacitat antioxidant de diferents fruites dolces.

També es va avaluar la capacitat antioxidant de diferents fruites dolces. El procediment per a preparar les mostres és el que s'ha descrit anteriorment i, al igual que en les verdures, les mostres es van preparar originalment amb una concentració de 20g/mL però en determinats casos es van diluir en funció dels resultats que s'observaven. A la taula 4 es mostren els resultats obtinguts.

<b>Fruita</b>	<b>Concentració (g/100mL)</b>	<b>Temps de bloqueig (s) (desviació estàndard)</b>
<b>Pruna negra</b>	1	565 (35,35)
<b>Poma Golden</b>	2	197 (38,18)
<b>Kiwi</b>	1	86 (13,43)
<b>Nectarina amb pell</b>	1	28 (2,82)
<b>pera</b>	2,5	362 (32,80)
<b>Raim</b>	5	113 (15,17)
<b>Préssec groc</b>	2,5	240 (48,79)

*Taula 4: Temps de bloqueig obtingut per a les mostres de fruita dolça assajades. Els valors son mitjana de tres determinacions.*

Els resultats de la taula 4 s'han igualat a una mateixa concentració (1g/100mL) considerant una resposta lineal, i es poden comparar els uns amb els altres a la gràfica 3.



Gràfica 3: Temps de bloqueig relatiu de les diferents fruites dolces considerant una mateixa concentració.

En la gràfica 3 es pot veure clarament que la **pruna roja és la fruita amb més capacitat antioxidant** de totes les que s'han estudiat ja que el temps de bloqueig que ha fet (>550s) ha sigut de l'ordre de 5 vegades el valor corresponent a la segona fruita de la llista, la pera (~100 s). Pera, poma préssec i kiwi tenen valors similars (propers als 100 s) mentre que **el raïm i la nectarina amb pell tenen una capacitat antioxidant menor** tot i haver-s'hi inclòs la pell, on es diu que es concentren més les propietats antioxidants de les fruites.

Si es compara les fruites amb les verdures, la pruna negra continua sent la que té major capacitat antioxidant seguida de l'all, i després el rave i tomàquet. Pera, poma, préssec i kiwi, presenten valors semblants als que donen el pebrot i la ceba.

## 7.4.- Capacitat antioxidant de diferents infusions.

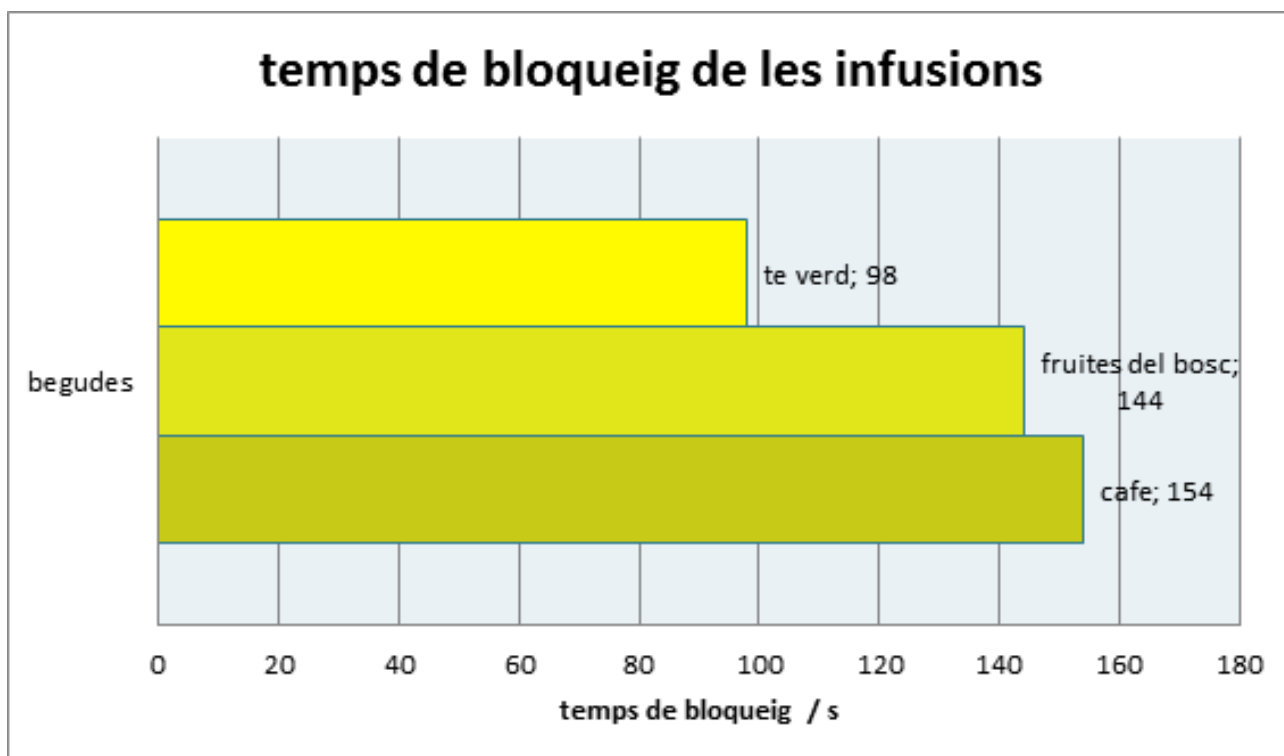
En l'estudi es van incloure també algunes infusions. Tal com s'ha explicat abans, aquestes són preparades amb una concentració inicial menor que les fruites i verdures (1,5g/100mL). Tanmateix ha calgut diluir molt les mostres abans d'avaluar l'activitat antioxidant de cadascuna. A continuació, a la taula 5, es poden veure els resultats obtinguts per al temps de bloqueig d'algunes infusions.

Beguda	Concentració (mg/L)	Temps de bloqueig (s) (desviació estàndard)
Té Verd	187,5	184 (24,63)
Infusió fruites del bosc	375	970 (35,35)
Cafè	75	116 (145,66)

Taula 5: Temps de bloqueig obtingut per a les mostres de infusions.

Es pot comprovar que les **infusions tenen una capacitat antioxidant elevada** ja que, a diferència del cas de fruites i verdures, les concentracions assajades en aquest cas s'han hagut de diluir força en treballar amb concentracions de l'ordre de mg/L mentre que en els casos anteriors eren concentracions de g/L.

A la gràfica 4 es compara, de menys a més capacitat antioxidant, les infusions que es van provar considerant una mateixa concentració.



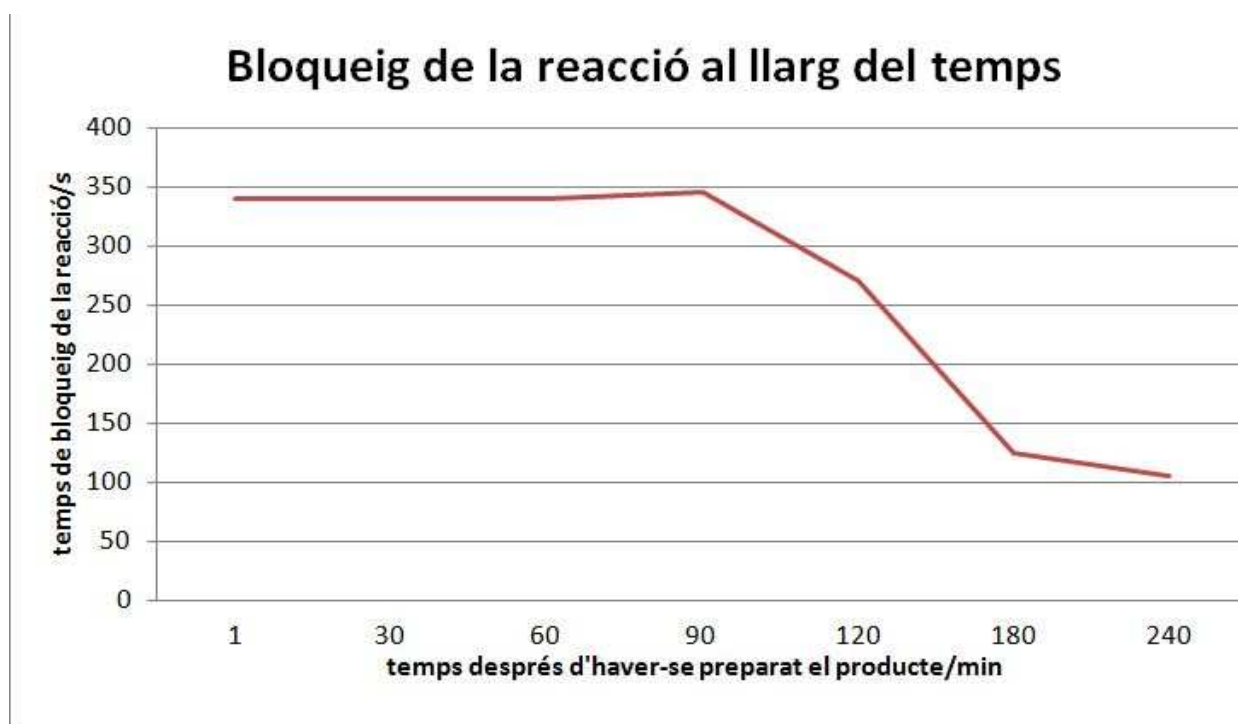
Gràfica 4: Temps de bloqueig relatiu de les diferents infusions considerant una mateixa concentració.

Es pot veure que el cafè i la infusió de fruites del bosc presenten una capacitat antioxidant similar i més elevada que el té verd. En aquest cas es més difícil comparar amb la resta d'aliments ja que les concentracions usades han estat molt menors (mg/L en aquest cas i g/100mL en fruites i verdures). En qualsevol cas però, l'activitat antioxidant més elevada es troba, de totes les mostres assajades en aquest treball, en el cas de les infusions.

## 7.5.- Capacitat antioxidant al llarg del temps.

Un altre aspecte que es va voler estudiar va ser veure si la capacitat antioxidant dels aliments disminuïa al llarg del temps degut a l'oxidació o qualsevol altre mecanisme de descomposició o degradació dels seus antioxidants (acid ascòrbic, polifenols ...). Per comprovar això, es va agafar una fruita, es va preparar la mostra corresponent tal i com s'ha

descriu anteriorment i, treballant sempre amb la mateixa concentració, es va determinar el temps de bloqueig de la reacció a diferents moments a partir del moment en que s'acabava de preparar la mostra. La fruita seleccionada va ser la pruna i es va avaluar la seva capacitat antioxidant al cap d'un minut, 30 , 60 , 90 , 120 , 180 i, finalment 240 minuts després d'haver preparat la mostra. Els resultats obtinguts es troben a la gràfica 5.



Gràfica 5: Variació del temps de bloqueig de la reacció amb el temps pel cas de la pruna roja.

A la gràfica 5 es pot veure que a **partir de l'hora i mitja, la capacitat antioxidant de la pruna comença a disminuir**. Per tant, el temps transcorregut des de que s'ha preparat la fruita fins que s'avalua la seva capacitat antioxidant és un valor a tenir en compte .

## 8.- Conclusions.

Com a conclusions d'aquest treball podem dir que, globalment, s'han complert els objectius marcats en un inici.

### **Objectiu 1: Conèixer els factors dels quals depèn la reacció de Briggs-Rauscher.**

Aquest objectiu s'ha complert suficientment, ja que s'ha pogut utilitzar aquesta reacció en la determinació de la capacitat antioxidant de diferents mostres vegetals. En concret s'han pogut determinar les condicions de treball que permeten establir el temps de bloqueig produït per cada aliment amb capacitat antioxidant.

### **Objectiu 2: Avaluar la capacitat antioxidant de diferents aliments.**

S'ha pogut determinar la capacitat antioxidant de diferents aliments utilitzant la reacció de Briggs- Rauscher. En el cas de les verdures assajades, l'all ha estat l'aliment que ha mostrat major temps de bloqueig. En el cas de les fruites, la pruna vermella ha estat la que ha donat valors més elevats de capacitat antioxidant. Les infusions són les que han presentat els valors més elevats de temps de bloqueig, especialment en el cas de la de fuites del bosc.

### **Objectiu 3: Esbrinar si la capacitat antioxidant dels aliments disminueix amb el pas del temps.**

S'ha vist que la capacitat antioxidant disminueix al cap d'un temps de preparada la mostra. En el cas concret de la pruna, l'activitat es manté durant una hora i mitja aproximadament i després comença a disminuir fins que, a les tres hores, l'activitat es de l'ordre de una tercera part del valor inicial.



#### **Objectiu 4: Comprovar si la capacitat antioxidant varia de forma lineal a la concentració de l'aliment.**

S'ha pogut comprovar que la capacitat antioxidant varia de forma lineal amb la concentració dins de l'interval assajat en el cas de les mostres de pruna.

#### **8.1.- Noves línies de Recerca.**

Després d'haver fet el treball, hi ha encara molts experiments que es poden fer utilitzant sempre la mateixa reacció de Briggs-Rauscher per determinar l'activitat antioxidant. Es pot repetir la experiència buscant altres resultats, com per exemple:

1. Veure la pèrdua dels antioxidants al llarg del temps de les mostres congelades . La determinació consistiria en utilitzar l'aliment preparat i congelat anteriorment i descongelat al cap de diferents intervals de temps. Anar repetint aquest procés unes 6 o 7 vegades, i així poder determinar les eventuais pèrdues de la capacitat antioxidant un cop congelat l'aliment i conservat durant diferents períodes de temps.

2. Avaluar contingut d'àcid ascòrbic de les mostres i a partir d'aquí estimar si la capacitat antioxidant es deguda solament a aquest o hi pot haver altres compostos amb aquesta activitat en cada aliment. Per dur a terme això, es faria una corba de temps de bloqueig amb la reacció de Briggs-Rauscher de diferents concentracions d'àcid ascòrbic. Després s'avaluaria per a una verdura, per un costat la el contingut d'àcid ascòrbic de la mostra d'aliment i per l'altre la seva capacitat antioxidant amb la reacció de Briggs-Rauscher; posteriorment es compararia aquest valor amb el valor de capacitat antioxidant que li correspondria a la mostra tenint en compte la quantitat

d'àcid ascòrbic present. Si l'activitat antioxidant fos superior a la corresponent a la quantitat d'àcid ascòrbic present, es podria suposar que hi ha altres components en la mostra de l'aliment que també tenen activitat antioxidant.

## **8.2.- Dificultats.**

En el procés d'execució d'aquest treball, van aparèixer certes dificultats.

1. La primera dificultat que ens va sorgir a l'inici dels experiments, va ser que en un principi no s'aconseguia que la reacció donés el resultat esperat. Com s'ha dit abans, la reacció oscil·la entre un color blau fosc, i l'incolor. Les primeres vegades que es va intentar fer la experiència, no es va aconseguir el color blau. Al principi, tot indicava que era qüestió de la preparació o la quantitat de midó que s'afegeix a la reacció. Per això en comptes de posar-n'hi 10 gotes vam decidir tirar-hi 15.

Tot i augmentar la quantitat de midó afegit, el color blau no va aparèixer. Llavors, per comprovar que el midó estigués ben preparat, es va afegir midó a un vas de precipitats amb iode. Va ser en aquell moment que es va detectar que el midó era el problema. Es va preparar de nou tal i com deia la recepta recomanada, i l'intent va tornar a fallar.

Després es va buscar per Internet com preparar una dissolució de midó. En una pagina web, deia que cal escalfar l'aigua fins a una temperatura entre 65 i 70°, i després afegir el midó. Amb aquest procediment ens van donar els resultats més aproximats als esperats. Després es van fer més proves fins que, els resultats obtinguts eren els desitjats. Així es va determinar el percentatge que s'ha fet servir en els experiments.

2. En els primers assajos, a l'hora de mesurar els diferents paràmetres de la reacció, bàsicament la temperatura i la llum làser, es va fer evident hi havia un problema. Els resultats obtinguts de la llum no eren del tot fiables, ja que el rang de dades era molt petit. Per solucionar el problema es va enfocar millor el làser al foto-detector de manera que vam solucionar el problema.

### **8.3.- Valoració personal.**

En haver acabat el treball, crec que ha sigut una experiència satisfactòria a nivell personal, ja que he incrementat els meus coneixements sobre els antioxidants, i la importància de menjar sa i saludable. A més, gràcies a les pràctiques del laboratori, he après a utilitzar millor el material i organitzar-me la feina del laboratori de forma optimitzada, de manera gastar menys reactius, i optimitzar el temps i els recursos.

## 9.- Bibliografia.

### 9.1.- Pàgines web.

Reacció Briggs Rauscher:

- 1."BZ clock reaction" [http://www.syngenta.com/country/uk/en/learning-zone/KS345/chemistry/Pages/BZ\\_Clock.aspx](http://www.syngenta.com/country/uk/en/learning-zone/KS345/chemistry/Pages/BZ_Clock.aspx) - Consultat desembre 2.012.
- 2."Briggs-Rauscher Reaction" <http://prezi.com/vq7ucy2p4ewb/briggs-rauscher-reaction/> - Consultat desembre 2.012.
- 3.Helmenstine, A.M.; "Briggs-Rauscher Oscillating Color Change Reaction" <http://chemistry.about.com/cs/demonstrations/a/aa050204a.htm> - consultat desembre 2012
- 4."Reacción oscilante" [http://www10.uniovi.es/semanacyt2007/documentos/Reaccion\\_oscilante.pdf](http://www10.uniovi.es/semanacyt2007/documentos/Reaccion_oscilante.pdf) - Consultat novembre 2012
- 5."Reacción Oscilante - la reacción de Briggs-Rauscher " <http://www.kimico.info/leeds/reaccion%20oscilante.htm> - Consultat novembre 2012
- 6.Vivo, P. "Reacciones oscilantes" <http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CEIQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.pvivo.net%2Fquimica%2Flaboratorio%2FREACCION%2520OSCILANTE%252001%2520-%2520SM.pdf&ei=E26SUJS0EdGDhQe9sYDwDQ&usq=AFQjCNHLO7kxKTZzbBdhNfWuM39b85bmqa&sig2=hnfcFtjrMraNCLeJVzbP9w&cad=rja> - Consultat desembre 2012
- 7.Scott, E.S.; Schreiner, R.; Sharpe, L.R., Shakhshiri, B.Z.; Dirreen, G.E.; "Oscillating chemical reactions" <http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CFEQFjAD&url=http%3A%2F%2Finside.mines.edu%2F~dwu%2Fclasses%2FCH353%2Flabs%2FClockCKS%2FWet%2520Lab%25204%2FOscillating%2520Reactions.pdf&ei=xU6uUIPoJ8KAhQeO4ID4Dw&usq=AFQjCNHvsugDXh32Qo1kxC6WONLL3D1UYw&sig2=3UFAS5KZU6a1MxCwAFFufw&cad=rja> - Consultat novembre 2012
- 8."Briggs–Rauscher reaction" [http://en.wikipedia.org/wiki/Briggs%E2%80%93Rauscher\\_reaction](http://en.wikipedia.org/wiki/Briggs%E2%80%93Rauscher_reaction) - Consultat novembre 2012
- 9.Cifuentes, X.; "Reproducció de la reacció oscil.lant de Briggs-Rauscher." <http://www.xtec.cat/~xcifuent/> - Consultat desembre 2012
- 10."Briggs-Rauscher Oscillating Reaction" <http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=19&ved=0CIUBEBYwCDgK&url=http%3A%2F%2Fweb.chem.ucsb.edu%2F~feldwinn%2FDemoLibrary%2FDemoPDFs%2FDemo005.pdf&ei=mU-uUKW->

Bsa2hAef\_oCQDw&usg=AFQjCNGfFn2G4L7UCjtxGS466v6PtzO60g&sig2=-8Lpzv4eiuWZJG2GYA6RJA&cad=rja - Consultat desembre 2012

11."Oscillating reactions" <http://science.jrank.org/pages/4923/Oscillating-Reactions.html> - Consultat desembre 2012

12."Briggs-Rauscher Reaction – Yellow to Blue Switcheroo"  
[http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0CGsQFjAI&url=http%3A%2F%2Fncsu.edu%2Fproject%2Fchemistrydemos%2FKinetics%2FBriggsRauscher.pdf&ei=4m-uUOPNNoyFhQeuj4GICQ&usg=AFQjCNHNS8SH6Bki3Ixcx-rJTPseNBxmMQ&sig2=JQ-\\_N\\_tmJN-LmdRPDM8mdA&cad=rja](http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0CGsQFjAI&url=http%3A%2F%2Fncsu.edu%2Fproject%2Fchemistrydemos%2FKinetics%2FBriggsRauscher.pdf&ei=4m-uUOPNNoyFhQeuj4GICQ&usg=AFQjCNHNS8SH6Bki3Ixcx-rJTPseNBxmMQ&sig2=JQ-_N_tmJN-LmdRPDM8mdA&cad=rja) - Consultat novembre 2012

13.<http://www.google.es/url>  
[sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CE8QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.math.udel.edu%2F~rossi%2FMath512%2F2003%2Fbr5.pdf&ei=4m-uUOPNNoyFhQeuj4GICQ&usg=AFQjCNG\\_5Rc0jImvV8puZB0ZllpkcjxQ&sig2=SQ2WXuRZN BqbGcWa\\_3Xz1Q&cad=rja](http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CE8QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.math.udel.edu%2F~rossi%2FMath512%2F2003%2Fbr5.pdf&ei=4m-uUOPNNoyFhQeuj4GICQ&usg=AFQjCNG_5Rc0jImvV8puZB0ZllpkcjxQ&sig2=SQ2WXuRZN BqbGcWa_3Xz1Q&cad=rja) - Consultat novembre 2012

Antioxidants:

14."L'Estrès Oxidatiu i els Radicals Lliures" <http://www.menjasa.es/blog/?p=2199> - Consultat desembre 2012

15."Antioxidants" [www.botanical-online.com/medicinalsantioxidantescatala.htm](http://www.botanical-online.com/medicinalsantioxidantescatala.htm) - Consultat desembre 2012

16."Radical lliure" [http://ca.wikipedia.org/wiki/Radical\\_lliure](http://ca.wikipedia.org/wiki/Radical_lliure) - Consultat novembre 2012

17."Radical (chemistry)" [http://en.wikipedia.org/wiki/Radical\\_%28chemistry%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Radical_%28chemistry%29) - Consultat desembre 2012

18."Free-radical theory of aging" [http://en.wikipedia.org/wiki/Free-radical\\_theory\\_of\\_aging](http://en.wikipedia.org/wiki/Free-radical_theory_of_aging) - Consultat desembre 2012

19."Antioxidants and free radicals" <http://www.rice.edu/~jenky/sports/antiox.html> - Consultat desembre 2012

20."Understanding free radicals and antioxidants"  
<http://www.healthchecksyste.ms.com/antioxid.htm> - Consultat desembre 2012

21."Free radicals and reactive oxygen"  
[http://www.vivo.colostate.edu/hbooks/pathphys/misc\\_topics/radicals.html](http://www.vivo.colostate.edu/hbooks/pathphys/misc_topics/radicals.html) - Consultat novembre 2012

22."Free radical introduction" <http://www.exrx.net/Nutrition/Antioxidants/Introduction.html> - Consultat novembre 2012

23."Antioxidants and free radicals" <http://www.rice.edu/~jenky/sports/antiox.html> - Consultat desembre 2012

24."Antioxidant and cancer prevention: Fact sheet"

<http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/prevention/antioxidants/print> - Consultat novembre 2012

## 9.2.- Articles de revistes.

Farusi, G.; "Looking for antioxidant food" *Science in school*, **13**, 39-43 (2009).

Hoener, K.; Cervellati, R.; "Measurements of the antioxidant capacity of fruits and vegetables using the BR reaction method" *Eur. Food Res. and Technol.* **215**, 437-442 (2002).


## 10.- Annexes.

En aquests annexes s'inclouen dades obtingudes de les fitxes de dades de seguretat dels productes químics utilitzats en el projecte. Per tal de tenir les dades en un mateix format, s'han agafat les fitxes d'una sola casa comercial que es la que ha subministrat part dels productes. Les fitxes s'han obtingut de la web de Scharlau.

### 10.1.- Iodat potàssic.

#### 2 Identificación de los peligros


- **Clasificación de la sustancia o de la mezcla**
- **Clasificación con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**

 GHS03 llama sobre un círculo

Ox. Sol. 2 H272 Puede agravar un incendio; comburente.

---

- **Clasificación con arreglo a la Directiva 67/548/CEE o Directiva 1999/45/CE**

 O; Comburente

R8: Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.


- **Indicaciones adicionales sobre los riesgos para personas y el medio ambiente: Nulo**

---

- **Elementos de la etiqueta**
- **Etiquetado con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**

La sustancia se ha clasificado y etiquetado de conformidad con el reglamento CLP.

- **Pictogramas de peligro**

 GHS03

- **Palabra de advertencia** Peligro

( continúa en la página 2 )

( viene de la página 1 )

- **Indicaciones de peligro**

H272 Puede agravar un incendio; comburente.

- **Consejos de prudencia**

P221 Tomar todas las precauciones necesarias para no mezclar con materias combustibles.

P210 Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. - No fumar.

P220 Mantener o almacenar alejado de la ropa/materiales combustibles.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P370+P378 En caso de incendio: Utilizar para apagarlo: CO2, polvo extintor o chorro de agua rociada.

P501 Eliminar el contenido o el recipiente conforme a la reglamentación local/regional/nacional/internacional.

- **Otros peligros**
- **Resultados de la valoración PBT y mPmB**
- **PBT:** No aplicable.
- **mPmB:** No aplicable.

## 10.2.- Sulfat de manganès monohidratat.

**2 Identificación de los peligros**

- **Clasificación de la sustancia o de la mezcla**
- **Clasificación con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**

 GHS08 peligro para la salud

STOT RE 2      H373 Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

 GHS09 medio ambiente

Aquatic Chronic 2 H411 Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

---

- **Clasificación con arreglo a la Directiva 67/548/CEE o Directiva 1999/45/CE**

 Xn; Nocivo

R48/20/22: Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.

( continúa en la página 2 )

( viene de la página 1 )

 N; Peligroso para el medio ambiente

R51/53: Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.


- **Indicaciones adicionales sobre los riesgos para personas y el medio ambiente:** Nulo

---

- **Elementos de la etiqueta**
- **Etiquetado con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**

La sustancia se ha clasificado y etiquetado de conformidad con el reglamento CLP.

- **Pictogramas de peligro**

GHS08    GHS09

- **Palabra de advertencia** Atención
- **Indicaciones de peligro**

H373 Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.  
H411 Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

- **Consejos de prudencia**

P260 No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol.  
P273 Evitar su liberación al medio ambiente.  
P314 Consultar a un médico en caso de malestar.  
P391 Recoger el vertido.  
P501 Eliminar el contenido o el recipiente conforme a la reglamentación local/regional/nacional/internacional.

- **Otros peligros**
- **Resultados de la valoración PBT y mPmB**
- **PBT:** No aplicable.
- **mPmB:** No aplicable.



### 10.3.- Àcid malònic.

#### 2 Identificación de los peligros

· **Descripción del riesgo:**



Xn Nocivo

· **Indicaciones adicionales sobre los riesgos para personas y el medio ambiente:**

R 22 Nocivo por ingestión.

R 36 Irrita los ojos.

· **Elementos de las etiquetas del SAM**



Atención

H302 - Nocivo en caso de ingestión.

H319 - Provoca irritación ocular grave.

· **Prevención:**

P264 Lavarse concienzudamente tras la manipulación.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

· **Respuesta:**

P301+P312 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico si se encuentra mal.

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P337+P313 Si persiste la irritación ocular: Consultar a un médico.

( continúa en la página 2 )

( viene de la página 1 )


· **Eliminación:**

P501 Eliminar el contenido o el recipiente conforme a la reglamentación local/regional/nacional/internacional.


## 10.4.- Peròxid d'hidrogen al 30%.

### 2 Identificación de los peligros

- **Clasificación de la sustancia o de la mezcla**
- **Clasificación con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**

 GHS05 corrosión

Eye Dam. 1 H318 Provoca lesiones oculares graves.

 GHS07


Acute Tox. 4 H302 Nocivo en caso de ingestión.

---

- **Clasificación con arreglo a la Directiva 67/548/CEE o Directiva 1999/45/CE**

 Xn; Nocivo

R22: Nocivo por ingestión.

 Xi; Irritante



R41: Riesgo de lesiones oculares graves.

- **Indicaciones adicionales sobre los riesgos para personas y el medio ambiente:**  
Es obligatorio identificar el producto según el procedimiento de cálculo de la última versión válida de la "Directiva general de clasificación de preparaciones de la UE".
- **Sistema de clasificación:**  
La clasificación corresponde a las listas actuales de la CE, pero siempre completada por la literatura especializada y los informes de las empresas.

( continúa en la página 2 )

( viene de la página 1 )

- **Elementos de la etiqueta**
- **Etiquetado con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**  
El producto se ha clasificado y etiquetado de conformidad con el reglamento CLP.
- **Pictogramas de peligro**

   
GHS05 GHS07

- **Palabra de advertencia** Peligro
- **Componentes peligrosos a indicar en el etiquetaje:**  
peróxido de hidrógeno en disolución
- **Indicaciones de peligro**  
H302 Nocivo en caso de ingestión.  
H318 Provoca lesiones oculares graves.
- **Consejos de prudencia**  
P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.  
P264 Lavarse concienzudamente tras la manipulación.  
P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.  
P310 Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.  
P301+P312 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico si se encuentra mal.  
P501 Eliminar el contenido o el recipiente conforme a la reglamentación local/regional/nacional/internacional.
- **Otros peligros**
- **Resultados de la valoración PBT y mPmB**
- **PBT:** No aplicable.
- **mPmB:** No aplicable.

