

# ANNEXOS

---





## 4. Procés d'elaboració de la xocolata (I)

**<sup>1</sup>Reacció de Maillard:** és una reacció de cabdal importància per la qualitat dels aliments en tota la indústria alimentària i confereix als productes el seu color i sabor quan es rosteixen o es torren. És una reacció molt complicada ja que hi participen molts compostos de baix pes molecular amb centenars de reaccions i productes intermedis diferents. Aquests intermediaris poden o no tenir olor en ells mateixos. Alguns actuen com a catalitzadors per altres reaccions mentre que d'altres poden detenir el desenvolupament de series concretes de reaccions.

En aquesta reacció és necessària la calor perquè assumeixi una velocitat destacada i també l'aigua juntament amb un sucre reductor, com ara la glucosa, i un aminoàcid, pèptid o proteïna.

En el cas del cacau, hi ha entre un 12-15% de proteïnes presents abans de l'etapa de fermentació, però la calor i les condicions àcides que tenen lloc durant aquest tractament, trenquen moltes proteïnes tot donant aminoàcids, que són els precursors del sabor de la xocolata.

Totes les reaccions que formen la reacció de Maillard, tenen lloc si el pH és superior a 3, però el pH que hi hagi, modificarà la probabilitat que tinguin lloc unes reaccions o unes altres.

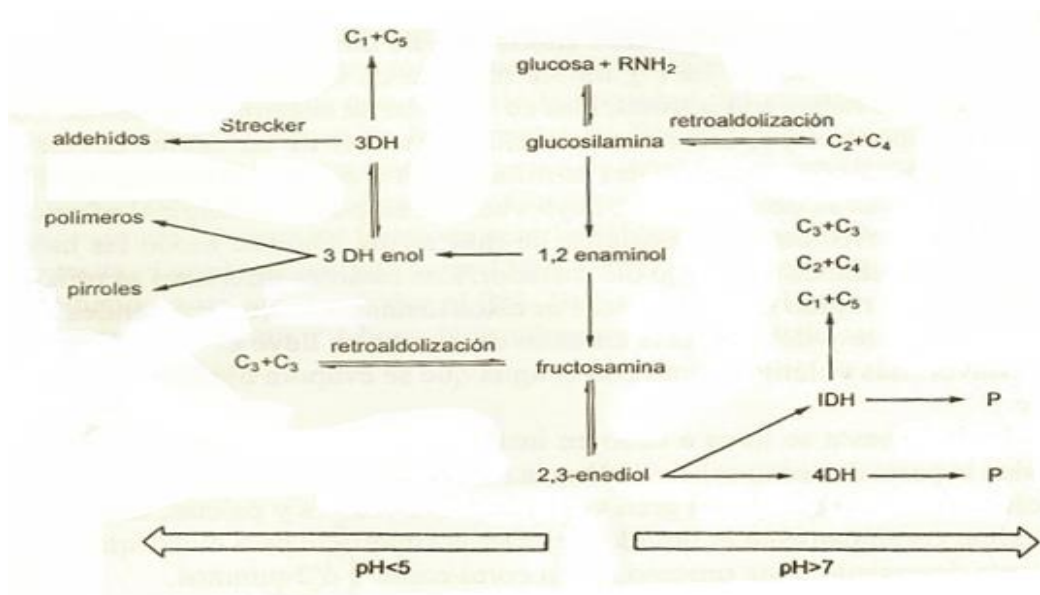


Figura 4. Aquest esquema mostra les principals rutes del model de la reacció de Maillard.

Les reaccions de la part esquerra de la Figura 4.1 són principalment rutes de la formació de compostos del sabor. Els sucres es trenquen donant cadenes de carboni més petites ( en l'esquema C1, C2, etc., que denoten la longitud de les cadenes. Els intermedis claus són 1DH, 3DH i 4DH (1-, 3- i 4-desoxihexuloses respectivament) i són compostos amb dos grups carbonils.

Les reaccions de la part dreta participen en la producció de color més que de sabor.

La reacció de Strecker (a la part superior a l'esquerra) implica la formació d'aldehids, alguns dels quals formen part del sabor de la xocolata, a partir d'aminoàcids que són compostos que bàsicament tenen manca de sabor i olor. Una d'aquestes reaccions implica la reacció d'un aminoàcid anomenat glicina amb el glioxal. Posteriorment, es formen les pirazines, que són heterocicles amb dos àtoms de nitrogen en un anell compost de sis elements. Les quantitats de les diferents pirazines formades són molt dependents de la temperatura i del temps dels procés de torrefacció.


L'aroma característic de la xocolata pot produir-se també per la reacció d'aminoàcids com la leucina, la treonina i la glutamina amb la glucosa quan s'escalfen al voltant dels 100°C.

<sup>2</sup>**Alcalinització:** durant el procés d'alcalinització, un alcalí (generalment carbonat de potassi o carbonat de sodi) suspès en aigua és utilitzat per neutralitzar els àcids i alterar el grau de pH de les ametlles de cacau. El resultat d'aquest procés és enfosquir el color del cacau així com suavitzar el seu sabor i incrementar la seva solubilitat, és per això que normalment el cacau en pols pateix aquest procés.

## **5. Cristal·lització de la grassa de la xocolata**

<sup>1</sup>**Els triacilglicèrids de la xocolata:** Els triglicèrids són lípids simples formats per l'esterificació del glicerol amb tres molècules d'àcids grassos. Altres molècules que componen la mantega de cacau són en un 1% els àcids grassos lliures, entre un 0,3 i un 3,5 els diglicèrids i en un 0,1% els monoglicèrids. També tenen quantitats molt baixes de esterols i de

Aquest triglicèrids tenen diferents punt de fusió, per tant solidifiquen també a temperatures diferents i amb unes velocitats diferents també. Els àcids grassos que formen el triglicèrid poden ser de varis tipus, però en el cas de la mantega de cacau hi ha tres àcids grassos principals que són els que componen prop del 95% del total d'àcids grassos presents. Aquests són l'àcid oleic, que es troba en la mantega de cacau en una proporció propera al 35%; l'àcid esteàric, que ho fa en una proporció del 34%, i l'àcid palmític, en una proporció aproximada del 26%. Al estar formada principalment per aquests tres àcids podem determinar que és una grassa simple amb pocs components i que és això el causant de que es pugui fondre a la temperatura de la boca.


$$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccc} & \text{O} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & \parallel & | & | & | & | & | & | & & | & | & | & | & | & | & | & | & | & | & | \\ \text{H}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & | & | & | & | & | & | & & | & | & | & | & | & | & | & | & | & | & | \\ & & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$$

**Oleic Acid- Monounsaturated Fatty Acid**

### Àcid palmític:

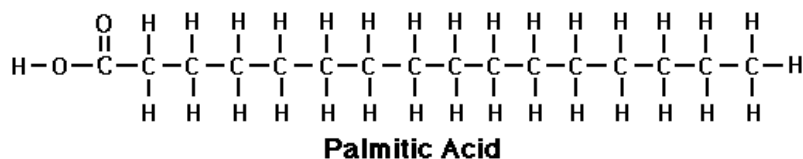


Figura 5. Representacions de la molècules del àcids grassos principals de la mantega de cacau

L'ordre en que es troben els àcids grassos formant el triglicèrid és també molt important. Prop del 80% de la mantega de cacau presenta sempre l'àcid oleic en la posició central. La primera posició i la tercera ja varien més i les combinacions possibles són en la primera posició l'àcid palmític (P) i en la tercera l'esteàric (St) formant així una molècula que se la coneix com a POST; en la primera i la tercera l'esteàric, formant una molècula coneguda com StOSt, o en la primera i la tercera el palmític, formant una molècula coneguda com POP. A totes aquestes formes en conjunt se les coneix també com a triglicèrid SOS ja que tant l'àcid palmític com l'esteàric són saturats, no tenen cap doble ni triple enllaç en la seva cadena, mentre que l'oleic sí que presenta insaturacions. Les dues S del SOS fan referència a qualsevol àcid gras saturat.

D'un 5% a gairebé un 20% de la mantega de cacau presenta una forma diferent formada per dues molècules d'àcid oleic, cosa que fa que se la conegui com SOO. Aquesta forma és principalment líquida a temperatura ambient. Finalment, entre un 1% i un 2% de la mantega de cacau es troba en una forma que presenta tots els àcids grassos saturats, per tant serà SSS. Això fa que fonguin a temperatures molt més elevades que la resta de formes de la mantega de cacau.

Així doncs, en la mantega de cacau es barregen totes aquestes formes i per això a temperatura ambient hi haurà part de grassa sòlida i altre part de

grassa líquida. Per saber el tant per cent de massa sòlida present en la mantega de cacau s'han d'utilitzar tècniques com ara la ressonància magnètica nuclear, que ens permetrà saber l'índex de grassa sòlida a varies temperatures. Amb això s'obtindrà un gràfic on quedarà plasmada la grassa sòlida que hi havia inicialment i com aquesta va disminuint al augmentar la temperatura ja que es va fonent. Un cop tota la mantega de cacau està fosa, quan després es refreda, els diferents tipus de triglicèrids que existeixen presenten comportaments molt diferents. Per exemple, els triglicèrids SSS degut a que tenen menys grassa líquida són els que cristal·litzen primer mentre que els triglicèrids SOS cristal·litzen més tard.

<sup>2</sup>**Cristall:** un cristall és el resultat de la repetició periòdica en les tres direccions de l'espai d'una agrupació d'àtoms o molècules, és a dir, és un sòlid ordenat. La ciència que estudia els cristalls és la cristal·lografia. És una ciència interdisciplinària, és a dir, existeix una certa correlació amb altres ciències com la mineralogia, ja que molt minerals són cristal·lins; la química, la biologia o la biomedicina ja que molts compostos químics, biològics, fàrmacs o biomèdics poden cristal·litzar; la física, que ens permet estudiar les propietats dels cristalls, i les matemàtiques, que ens donen les eines per poder treballar.

<sup>3</sup>**Cristal·lització:** procés extraordinari que permet ordenar aproximadament de  $10^{20}$  àtoms o molècules en una estructura periòdica que es tradueix en una forma polièdrica regular. És a dir, és la formació de cristalls. La cristal·lització es forma quan precipiten els components d'una solució, una substància fosa o més rarament, un gas. El procés de cristal·lització té dues etapes principals: la nucleació, en que les molècules del solut comencen a fer agregats a escala nanomètrica i a formar el nucli, i el creixement del cristall, en que el nucli continua creixent i els agregats arriben a la mida crítica.

Els cossos que poden cristal·litzar donant diferents estructures en l'estat sòlid s'anomenen polimorfes. Un exemple clàssic de polimorfisme és el cas del grafit i del diamant: tots dos són estructures de carboni els àtoms dels



qual estan col·locats de diferents maneres, cosa que fa que tinguin propietats físiques molt diferents.

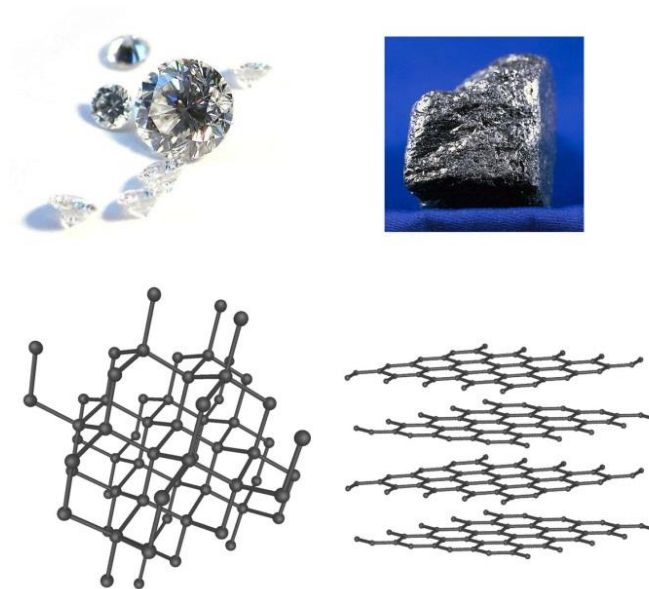


Figura 6. Estructura cristal·lina del diamant i del grafit, formes polimorfes del carboni

## **9. Propietats nutricionals de la xocolata blanca, la xocolata amb llet i la xocolata negra**

**<sup>1</sup>Proteïnes:** Les proteïnes són biomolècules formades per cadenes d'aminoàcids (compostos orgànics de baix pes molecular) caracteritzats pel fet de tenir un grup carboxil  $\text{-COOH}$  i un grup amino  $\text{-NH}_2$  enllaçats al carboni asimètric. Del total d'aminoàcids, que són 20, només 8 poden ser sintetitzats per l'home així que la resta han de constar en la dieta alimentícia. Els aminoàcids que s'obtenen amb els aliments s'incorporen als nostres teixits. A causa d'això, hi ha la necessitat de relacionar la proteïna dietètica amb la corporal, que determina el concepte de



Figura 7. Principals aliments subministradors de proteïnes



qualitat proteica. Aquesta qualitat serà major quan més semblant sigui la composició d'aminoàcids de la dieta a la de la proteïna corporal i, per tant, les millors proteïnes són aquelles que ens proporcionen els aliments d'origen animal, ja sigui la carn, la llet, els ous, etc. Tot i això, no s'ha de menysprear altres tipus de proteïnes com les d'origen vegetal o les lleguminoses.

<sup>2</sup>**Lípids:** (també anomenats grasses) són biomolècules molt heterogènies que tenen com a funció principal l'aportació d'energia a l'organisme, ja que és la biomolècula que quan s'oxida dona més energia, en concret 9kcal/g. A més els lípids són elements estructurals que formen part de les membranes cel·lulars; possibiliten el transport de vitamines liposolubles i l'absorció d'aquestes mateixes; contenen àcids grassos que els humans no poden sintetitzar i que tenen un paper essencial en certes estructures com ara el sistema nerviós; confereixen un millor gust als aliments i per tant influeixen en la seva acceptació i intervenen en la regulació de la concentració plasmàtica de lípids i lipoproteïnes.

Existeixen dos tipus de lípids, els saponificables (o amb àcids grassos) i els insaponificables (o sense àcids grassos). En la dieta, els que tenen més importància són els lípids amb àcids grassos, entre els quals hi ha els triglicèrids. Hi ha varis tipus de grasses: grasses saturades (només tenen enllaços simples entre els carbonis de les seves cadenes), monoinsaturades (tenen un doble enllaç o insaturació entre dos dels carbonis de les seves cadenes) o poliinsaturades (tenen varis dobles enllaços entre els carbonis de les seves cadenes). En els lípids que s'ingereixen, el grau de saturació és un aspecte important a tenir en compte per la seva relació amb les malalties cardiovasculars i amb el càncer. Els àcids grassos més favorables per la salut són els poliinsaturats i els més perjudicials, en grans quantitats, els saturats.

<sup>3</sup>**Colesterol:** el colesterol és una molècula lipídica que pertany al grup dels esteroides. L'excés de colesterol a la sang està molt lligat al infart de miocardi i a d'altres trastorns cardiovasculars que comporten un risc per la salut. El colesterol, però, és a l'hora fonamental per a la vida ja que

proporciona fluïdesa a les membranes cel·lulars, intervé en la síntesis d'hormones i és la precursora dels àcids biliars.

La presència de colesterol al cos humà té un doble origen: per una part, el colesterol és aportat pels aliments durant la digestió, i per l'altra, el sintetitzen algunes cèl·lules del fetge a partir de les grasses saturades.

Molts cops hem sentit a parlar de “colesterol bo” i “colesterol dolent”, però què es exactament això?

Per aclarir-ho, hem de saber que el colesterol mai viatja lliure per la sang, sinó que ho fa associat a lipoproteïnes plasmàtiques que permeten el transport dels lípids a través de la sang, cosa que per si mateixos seria impossible ja que són insolubles en aigua. Així doncs, el colesterol forma una macromolècula que té una part lipídica i una de proteica. I és en la part proteica la que ens serveix per diferenciar del concepte de “colesterol bo” i de “colesterol dolent”, ja que existeixen dos tipus de lipoproteïnes, les LDL (que són de baixa densitat i tenen més lípid que proteïna) i les HDL (d'alta densitat i amb més proteïna que lípid). Les LDL són les perjudicials per a la salut, les que anomenem “dolentes”, ja que si es troben en excés es depositen en les parets de les arteries cosa que comporta una possible obstrucció de la circulació sanguínia amb els seus possibles efectes adversos. Així doncs, és per això que convé no consumir grasses saturades ni grasses hidrogenades, que poden elevar la concentració de LDL.

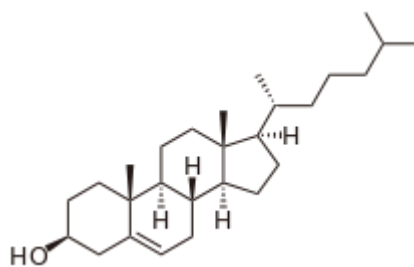


Figura 8. Molècula de colesterol

## **10. Propietats físiques de la xocolata blanca, la xocolata amb llet i la xocolata negra**

<sup>1</sup>Taula de Mohs: La taula de Mohs, creada per Friedrich Mohs el 1820 mesura la resistència dels materials a ser rallats amb valors de l'1 al 10 segons amb què poden ser rallats. És la següent:

Dureza	Mineral	Comentario
1	Talco	Se puede rayar fácilmente con la uña
2	Yeso	Se puede rayar con la uña con más dificultad
3	Calcita	Se puede rayar con una moneda de cobre
4	Fluorita	Se puede rayar con un cuchillo
5	Apatito	Se puede rayar difícilmente con un cuchillo
6	Ortoclasa	Se puede rayar con una lija de acero
7	Cuarzo	Raya el vidrio
8	Topacio	Raya a todos los anteriores. Esmeralda
9	Corindón	Zafiros y rubíes son formas de corindón
10	Diamante	Es el mineral natural más duro

Figura 9. Taula de Mohs