Treball de recerca

QUÍMICA A LA CUINA

Agraïments

Al meu tutor de treball de recerca, per ajudar-me en molts aspectes del treball i estar sempre tant atent.

A la UdG per proporcionar-me la beca Botet i Sisó per poder realitzar la part pràctica del meu treball.

A l'Elena Saguer, professora de la UdG, pels seus consells en la realització del treball experimental i la discussió dels resultats, així com per haver posat a la meva disposició les instal·lacions de la universitat.

A l'Anna Maria Aymerich, tècnic de la UdG, que em va ensenyar com dur a terme les diverses pràctiques que havia de realitzar.

A l'Albert Sastregener, propietari del restaurant Bo.Tic, per la seva amabilitat durant l'entrevista i per ensenyar-me el funcionament del restaurant.

Als meus oncles, Robert i Irene, per portar-me a fins la fundació Alicia i per proporcionar-me la seva ajuda.

Als meus pares per ajudar-me i portar-me a qualsevol lloc.

Moltes gràcies a tots perquè això fos possible!

Índex

1. Introducció 5
2. Els nutrients 7
2.1. Els nutrients inorgànics 7
2.1.1. L'aigua 7
2.1.2. Les sals minerals 8
2.2. Els nutrients orgànics 9
2.2.1. Els glúcids 9
2.2.2. Els lípids 11
2.2.3. Les proteïnes 12
2.2.4. Les vitamines 14
3. Processos fisicoquímics a la cuina 15
3.1. Reaccions d'enfosquiment enzimàtic 15
3.2. Reaccions d'enfosquiment no enzimàtic 16
3.2.1. Reacció de Maillard 16
3.2.2. La caramel·lització 20
3.2.3. Semblances i diferencies entre reacció de Maillard i Caramel·lització 22
3.3. La desnaturalització de proteïnes 22
3.4. L'osmosi 24
3.4.1. Osmosi normal 24
4. Tècniques de conservació dels aliments a la cuina 26
5. Aplicacions dels processos fisicoquímics a la cuina 31
6. Gastronomia molecular 35
6.1. Història de la gastronomia molecular 35
6.2. Esferificacions 36
6.2.1. Esferificació bàsica 36
6.2.2. Esferificació inversa 37
6.3. Nitrogen líquid 38
6.4. Sifó d'escumes 39

6.5. Gelificacions 41
6.6. Espessidors 42
6.6.1. Xantana (E-415) 42
6.7. Emulsions 43
6.8. Cocció al buit 45
7. Estudi d'alguns aspectes experimentals de la reacció de Maillard 47
7.1. Dissolucions tampó 48
7.2. Efecte de la combinació glicina-sucre sobre la reacció de Maillard a diferents pH 51
8. Visita al restaurant Bo.Tic 62
8.1. Entrevista a Albert Sastregener 63
8.2. Imatges i explicació de les diferents màquines 65
9. Conclusions 69
10. Bibliografia i Webgrafia 71
11. Annexos 74
11.1. Annex nº 1: Taula utilitzada pels volums de la solució tampó per un determinat pH 74
11.2. Annex nº 2: Procés químic de la reacció de Maillard 76
11.3. Annex nº 3: Visita a la fundació Alícia 77

1. Introducció

Aquest treball es titula *Química a la cuina* perquè parlaré dels processos químics que podem trobar en les diferents elaboracions culinàries.

La veritat és que no vaig ser d'aquelles persones que tenien clar des del principi amb quin tema volien treballar. Sóc una persona bastant indecisa i no sabia el que realment m'agradava i amb quin treball de recerca podria estar còmode durant un any sencer. Finalment, un dia abans de triar definitivament el tema, vaig veure casualment un documental de cuiners famosos que aplicaven tècniques molt modernes a la seva cuina. Això em va agradar bastant i vaig pensar que seria un treball de recerca interessant. El que més em cridava l'atenció era saber realment el que passa en els processos culinaris estudiats des d'un punt de vista més químic, és a dir, entendre i resoldre moltes preguntes que et fas freqüentment a la cuina i que tenen una explicació científica. També m'agradava aquest tema perquè no en coneixia pràcticament res i amb el treball volia aprofitar per aprendre coses noves. Una altra cosa que em cridava l'atenció era la possible part pràctica d'aquest treball. Se m'acudien moltes idees com a part pràctica i això era el que realment em motivava, la investigació.

Un cop ja ho tenia tot decidit, va ser el moment de dissenyar un pla de treball amb els diferents aspectes dels quals parlaria. Això em va costar una mica, ja que el tema de la química a la cuina és bastant extens i m'havia de centrar en uns aspectes determinats.

En aquest treball, un dels meus objectius principals és conèixer els processos fisicoquímics que tenen lloc en la cuina i adonar-nos de l'estreta relació que hi ha entre la química i la cuina. Per mi això és sorprenent, descobrir el que realment s'amaga darrere d'uns aliments que s'estan cuinant i saber perquè canvien el color, el gust, l'olor... Un altre objectiu és arribar a conèixer totes les tècniques de la gastronomia molecular que s'estan desenvolupant actualment i poder veure com les utilitzen en un restaurant modern. Finalment, l'últim objectiu que m'he marcat és la realització d'una pràctica al laboratori d'una de les reaccions que té

lloc més sovint, l'anomenada reacció de Maillard i comprovar si realment es produeix seguint unes pautes determinades.

Per poder assolir els meus objectius, he estructurat el treball de manera que, en el primer apartat, explico les característiques principals dels nutrients per poder entendre diversos aspectes posteriors del treball. A continuació em centro en els processos físics i químics que tenen lloc a la cuina, és a dir, les reaccions químiques que es produeixen en les elaboracions culinàries. I com a última part teòrica, explico les tècniques de conservació dels aliments i les aplicacions dels diferents processos fisicoquímics, resolent algunes de les preguntes més freqüents que ens formulem. Finalment, explico la gastronomia molecular, la gran innovació en cuina que s'està vivint en aquest segle.

Per últim, la part pràctica del treball, l'he estructurat en dues parts. La primera és la visita a centres i restaurants on utilitzen o estudien la química en l'alimentació i la segona és la realització de la reacció de Maillard al laboratori.

Els dubtes o inseguretats que vaig tenir un cop escollit el tema, són que no sabia si realment entendria tots els processos fisicoquímics i el contingut bioquímic per mi mateixa ja que és un tema bastant complex i si podria dur a terme la pràctica de la reacció de Maillard ja que tot i que em feia molta il·lusió, necessitava un laboratori complet com el de la UdG per realitzar-la.

2. Els nutrients

Els nutrients són aquelles substàncies orgàniques o inorgàniques que trobem als aliments i que són absorbides per l'organisme per després ser utilitzades al metabolisme. Segons les funcions que tenen en el nostre organisme, podem classificar els nutrients en:

- Energètics: Aporten a l'organisme l'energia necessària per poder dur a terme les seves funcions vitals.
- Plàstics: Aporten a l'organisme materials per poder formar i renovar estructures del nostre cos.
- Reguladors: S'encarreguen de catalitzar[1] les reaccions químiques de l'organisme amb ajuda dels enzims[2].

En el nostre organisme podem trobar sis nutrients diferents que es classifiquen en orgànics i inorgànics. Dins dels inorgànics trobem l'aigua i les sals minerals i en els orgànics trobem els glúcids, els lípids, les proteïnes i les vitamines.

2.1. Els nutrients inorgànics

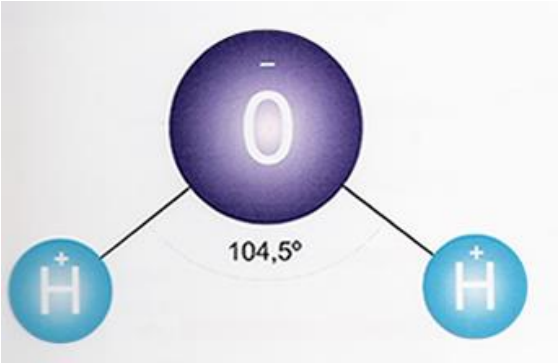
2.1.1. L'aigua

L'aigua és la biomolècula més abundant al nostre organisme ja que representa el 65-75% del nostre pes corporal i que forma part de tots els nostres teixits. És un nutrient molt important perquè sense ell no es pot desenvolupar la vida.

L'estructura de la molècula d'aigua és polar *(Imatge 1),* això vol dir que en la molècula d'aigua hi ha una separació parcial de la càrrega, és a dir que hi ha unes zones positives i unes zones negatives. L'oxigen atreu amb més força els

[1] Procés que s'encarrega d'augmentar la velocitat de les reaccions químiques
[2] Substàncies que augmenten la velocitat de les reaccions químiques

electrons de l'enllaç O-H al ser molt més electronegatiu[3] que l'hidrogen. Per això els electrons tendeixen a anar amb l'oxigen.



Imatge 1. La molècula d'aigua formada pels hidrògens amb càrrega positiva i l'oxigen amb càrrega negativa.

L'aigua és un bon dissolvent de molts compostos de tipus iònic (aquelles molècules amb càrrega) i polar, però no pot dissoldre proteïnes i greixos. És el principal vehicle d'extracció de les substàncies del cos i actua també com a regulador. També té altres funcions com participar en reaccions metabòliques, mantenir la temperatura corporal, ajudar a mantenir l'estructura de les cèl·lules...

2.1.2. Les sals minerals

Les sals minerals estan constituïdes per anions (ions carregats negativament) com clorurs, sulfats, carbonats, fosfats... i cations (ions carregats positivament) com el potassi, el sodi...

Les seves funcions són molt variades i molt importants però no ens aporten energia. Tenen una funció formadora i mantenidora d'estructures i regulen i estabilitzen el pH. També regulen els processos osmòtics[4] i per últim també s'encarreguen del manteniment del sistema nerviós.

Les sals minerals es classifiquen en dos grans grups: els macrominerals i els oligoelements.

[3] És una mesura de la força d'atracció d'un àtom sobre els electrons d'un enllaç químic
[4] Veure en l'apartat *3.4.1. L'osmosi normal*

- Els macrominerals: "*Macro*" prové del grec i vol dir gran. És el grup de sals minerals més important pel nostre organisme. En aquest grup trobem el calci, el magnesi, el fòsfor, el potassi, el clor, el sodi i el sofre.
- Els oligoelements: "*Oligo*" prové del grec i vol dir poc. Aquest grup el formen les sals minerals i que el nostre organisme necessita en poques quantitats com poden ser el seleni, el fluor, el ferro...

Trobem gran quantitat de sals minerals en la fruita i verdura fresca. També en podem trobar a la llet, a la carn, a les llegums, a la sal...

2.2. Els nutrients orgànics

2.2.1. Els glúcids

Els glúcids, també anomenats hidrats de carboni, són biomolècules orgàniques que contenen carboni, oxigen, hidrogen i a vegades fòsfor i sofre. El seu nom en grec vol dir dolç ja que les molècules d'aquest tipus solen tenir un gust dolç.

Són solubles en aigua a causa dels grups alcohol que tenen i dels enllaços d'hidrogen que hi ha entre les seves molècules. Presenten enllaços de tipus covalent que són difícils de trencar i són grans fonts d'energia ja que quan es trenca l'enllaç s'allibera una gran quantitat d'energia.

Es troben principalment en aliments com el pa, els cereals, l'arròs, la pasta, les patates, les galetes i els dolços.

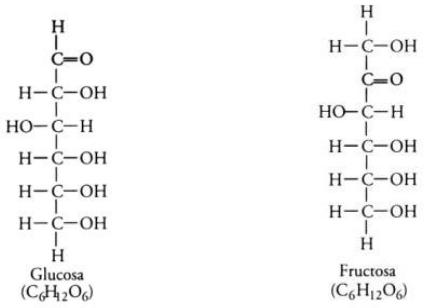
Els glúcids tenen tres funcions importants:

1) Són una gran font energètica de les cèl·lules. 1g de glúcid aporta 4.1kcal. La glucosa és el glúcid que utilitzen els organismes per obtenir energia de manera ràpida.
2) Tenen una funció estructural en molts organismes com per exemple les cèl·lules vegetals que tenen una paret cel·lular formada per cel·lulosa que és un glúcid.

3) També poden constituir altres biomolècules com la ribosa o desoxiribosa dels àcids nucleics (ADN i ARN).

Els glúcids es poden dividir en diferents grups:

- **Els monosacàrids** són els glúcids més senzills. Poden estar formats de tres a vuit àtoms de carboni. Són sòlids blancs, solubles en aigua i de gust dolç. Aquest tipus de glúcid no es pot descompondre en altres glúcids. Es divideixen en aldoses si contenen un grup aldehid (-CHO) o en cetoses si tenen un grup cetona (-CO-) *(Imatge 2)*.

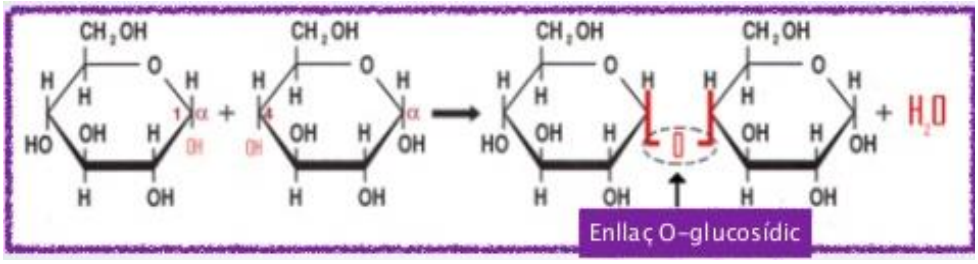


Imatge 2. La glucosa, a l'esquerra, pertany al grup aldosa mentre que la fructosa pertany al grup cetona.

En aquest grup es troben les pentoses, formades per cadenes de cinc àtoms de carboni, són exemples la ribosa o desoxiribosa que formen ARN i ADN respectivament. Un altre grup són les hexoses, formades per cadenes de sis àtoms de carboni. En són exemples la glucosa i fructosa.

- **Els oligosacàrids o disacàrids** són glúcids formats per la unió de poques molècules de monosacàrids (de 2 a 10) units mitjançant enllaços o-glicosídics. Es classifiquen en disacàrids com la maltosa, la lactosa i sacarosa i en trisacàrids com la trehalosa.

La sacarosa és la unió d'una molècula de fructosa i una de glucosa, que són monosacàrids. Quan s'uneixen es desprèn una molècula d'aigua i els dos monosacàrids queden units mitjançant l'enllaç o-glicosídic *(Imatge 3).*



Imatge 3. Formació de la sacarosa a partir de la fructosa i la glucosa per enllaç o-glicosídic.

- **Els polisacàrids** són unions de moltes molècules de monosacàrids per enllaços o-glicosídics. Tenen un gran pes molecular i són insolubles en aigua. Es poden dividir en polisacàrids de reserva (amb funció energètica) com el midó o glicogen, i en polisacàrids estructurals que formen les estructures extracel·lulars com poden ser la cel·lulosa i quitina.
- **Els heteròsids** són unions de monosacàrids amb altres molècules no glúciques com per exemple els lípids per formar glucolípids o amb proteïnes per formar glicoproteïnes.

2.2.2. Els lípids

Els lípids, també anomenats greixos, són biomolècules formades per carboni, hidrogen i oxigen que a vegades contenen fòsfor, nitrogen o sofre. Són d'un pes molecular elevat i insolubles en aigua però solubles en dissolvents orgànics com benzè, cloroform o èter. Els lípids són reconeguts per ser untosos al tacte.

Els lípids tenen tres funcions bàsiques:

1) Fan de reserva energètica acumulant-se en el teixit adipós de la pell dels animals i a les llavors dels vegetals.
2) Estructural, ja que formen, per exemple, la bicapa lipídica de les cèl·lules. També donen consistència i protecció a òrgans vegetals i animals.
3) Tenen una funció reguladora perquè actuen en processos fisiològics com pot ser a les hormones.

Es poden classificar en dos grans grups:

- **Lípids saponificables:** Són lípids que contenen àcids grassos[5] o derivats. Alguns exemples són els glucolípids, els acil glicèrids, les ceres, els fosfoglicèrids i els esfingolípids *(Imatge 4).*

[5] És un tipus de molècula lipídica formada per una llarga cadena d'hidrocarburs en l'extrem de la qual hi ha un grup carboxil (-COOH)

- **Lípids insaponificables:** Són lípids que no contenen àcids grassos. Alguns exemples són els esteroides, els terpens i les prostaglandines *(Imatge 5)*.

Imatge 4. La mantega pertany al grup dels lípids saponificables perquè conté triglicèrids que són un tipus d'acil glicèrids.

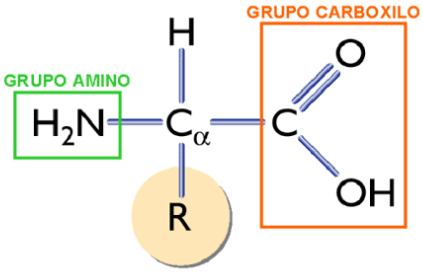
Imatge 5. L'injectable de testosterona pertany al grup dels lípids insaponificables, perquè conté esteroides.

Els lípids són necessaris per mantenir els nostres teixits en bon estat, produir hormones o com a portadors d'algunes vitamines però poden ser molt perjudicials si es consumeixen en excés ja que poden provocar acumulacions a les artèries i problemes circulatoris i cardíacs. Aquest tipus de nutrients ens proporcionen més energia que els glúcids però a diferència, la seva energia queda en reserva.

En podem trobar principalment a l'oli, la mantega, els greixos de la carn i del peix, el rovell de l'ou i la nata de la llet.

2.2.3. Les proteïnes

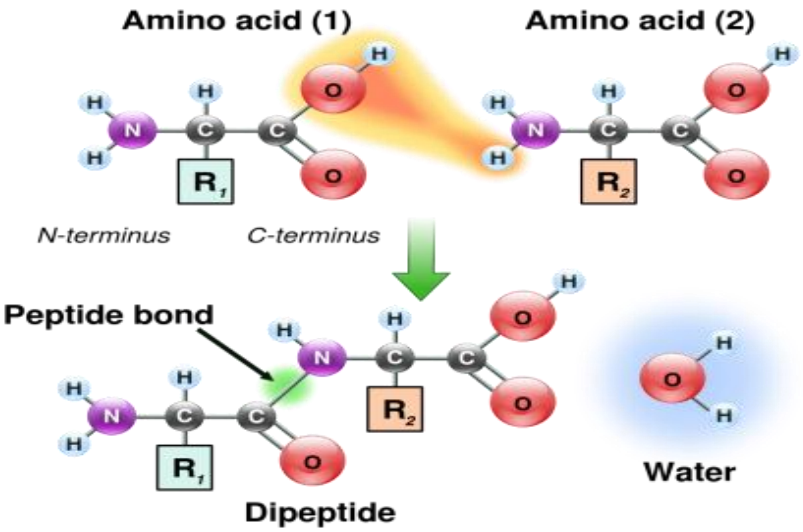
Les proteïnes són molècules formades per cadenes d'aminoàcids. Aquests, estan formats per carboni, hidrogen, oxigen i nitrogen.



Imatge 6. Estructura d'un aminoàcid.

Si un compost consta de menys de 100 aminoàcids, s'anomena pèptid. Quan consta de més de 100 aminoàcids, s'anomena proteïna. Aquests aminoàcids tenen una estructura general: hi ha un carboni amb 4 enllaços, en un d'ells trobem un grup amino ($-NH_2$), en l'altre un hidrogen (H), en l'altre hi trobem un grup carboxil (-COOH) i en l'últim poden unir-se fins a 20 grups diferents, per això s'anomena radical (R) *(Imatge 6).*

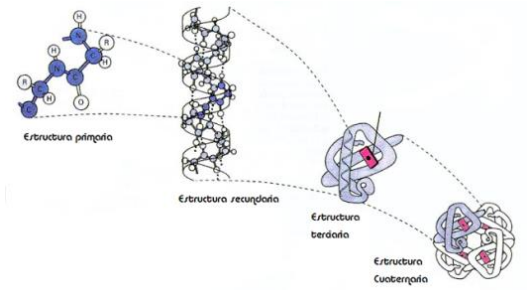
La unió d'aminoàcids es produeix mitjançant l'enllaç peptídic. Quan es forma aquest enllaç, s'allibera una molècula d'aigua, de manera que queden el carboni i el nitrogen units *(Imatge 7).*



Imatge 7. Formació de l'enllaç peptídic entre aminoàcids.

Les proteïnes tenen 4 estructures diferents *(Imatge 8):*

1. **L'estructura primària** consisteix en una cadena lineal d'aminoàcids units mitjançant l'enllaç peptídic.
2. **L'estructura secundària** consisteix en el plegament en l'espai d'aquesta cadena d'aminoàcids.



Imatge 8. Les quatre estructures de les proteïnes.

3. **L'estructura terciària** és la forma en què s'organitza en l'espai la cadena polipeptídica.

4. **L'estructura quaternària** es tracta de la unió mitjançant uns enllaços de dues cadenes polipeptídiques amb estructura terciària.

Les funcions de les proteïnes són molt variades però les principals són: la formació d'estructures i protecció, subministrament d'energia en casos d'emergència i una funció enzimàtica.

Es poden trobar proteïnes principalment a la carn tan de xai com de vedella, de pollastre, de conill, de porc, al peix, a la clara d'ou, a la llet i als llegums.

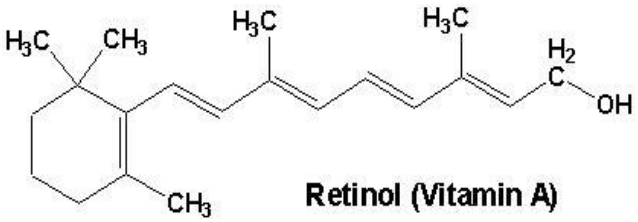
2.2.4. Les vitamines

Les vitamines són una família de nutrients que regulen molts processos a l'interior del cos però que no aporten energia, igual que les sals minerals.

La mancança de vitamines és perjudicial pel nostre cos per això es recomana prendre'n una petita quantitat per estar sa i fort i lluitar contra les malalties.

Una de les funcions que tenen és de catalitzador d'algunes reaccions bioquímiques. També ajuden a la formació de teixits i a protegir els sistema immunològic.

Es divideixen en dos grups: les vitamines hidrosolubles, que es caracteritzen perquè es dissolen en l'aigua i el nostre cos no les pot emmagatzemar, i les vitamines liposolubles *(Imatge 9 i 10)* que es dissolen en el greix i les podem emmagatzemar al nostre cos.



Imatge 9. Estructura de la vitamina A, que és de tipus liposoluble.

Imatge 10. La pastanaga és un dels aliments que conté vitamina A.

3. Processos fisicoquímics a la cuina

A la cuina es produeixen canvis físics i químics als aliments. Alguns exemples de fenòmens físics, que són aquells en els que canvia d'aspecte l'aliment però no la seva fórmula química en són exemples la fusió dels greixos de la carn i l'evaporació de l'aigua. També hi ha fenòmens químics, que són aquells en els que canvia la fórmula química. Alguns exemples són la reacció de Maillard i la caramel·lització.

A continuació, explicaré quines són les reaccions a la cuina que donen lloc a compostos amb color. Aquestes es divideixen en reaccions d'enfosquiment enzimàtic, com per exemple l'oxidació de la fruita, o les reaccions d'enfosquiment no enzimàtic com les reaccions de Maillard i la caramel·lització. A part, també explicaré dos processos més que no pertanyen a les reaccions d'enfosquiment, que són la desnaturalització de proteïnes i l'osmosi.

3.1. Reaccions d'enfosquiment enzimàtic

Aquest tipus d'enfosquiment es produeix quan es tallen diferents fruites o verdures com les pomes, els plàtans, els alvocats, les patates... El tall que es produeix allibera uns enzims que hi ha dins l'aliment i aquests reaccionen amb uns components antioxidants, encarregats d'evitar l'oxidació de les molècules. En conseqüència les molècules s'oxiden i es formen uns compostos que tenen color fosc.

Aquest enfosquiment es pot evitar destruint l'enzim que fa que s'oxidi, com per exemple, es pot cuinar l'aliment. També es pot cobrir la fruita o verdura amb film impermeable per reduir la quantitat d'oxigen o fins i tot es pot posar algun antioxidant com l'àcid cítric.

3.2. Reaccions d'enfosquiment no enzimàtic

3.2.1. Reacció de Maillard

Què fa que el pa canviï de color al posar-lo al forn? Perquè els bistecs adquireix un color marró? Això és el que es va preguntar Louis Camille Maillard *(Imatge 11)* quan va començar a mostrar un gran interès per la química. El seu treball va ser investigar com els aminoàcids reaccionaven amb els glúcids i finalment al 1912 va anunciar a l'Acadèmia de Ciències de Paris aquesta reacció. Gràcies a aquest descobriment, es va veure que tots els sabors resultats de la cocció de la carn sorgien de les reaccions entre aminoàcids i glúcids.

Imatge 11. Louis Camille Maillard.

La reacció de Maillard és un tipus de reacció que té lloc a la cuina i que és la responsable de donar color i aroma durant la cocció dels aliments que contenen glúcids i aminoàcids sotmesos a temperatures elevades. És un enfosquiment no enzimàtic perquè no intervenen els enzims.

Aquesta reacció és molt complexa i encara avui dia no s'ha establert el mecanisme complert *(Annex nº 2)*, però si que es coneixen les fases més importants, que són les següents:

- **Fase inicial:** En aquesta primera fase no hi ha producció de color. Es produeix una condensació entre els sucres i els aminoàcids i més endavant l'anomenat reordenament d'Amadori, que consisteix en un canvi en l'estructura de les molècules sense que n'intervinguin de noves. En aquest moment s'estableix el punt de partida perquè es torrin o daurin els aliments.
- **Fase intermèdia:** Es formen colors groguencs molt lleugers. Es produeix la deshidratació dels sucres formant altres compostos que s'acaben fragmentant. A continuació es produeix la degradació d'Strecker que provoca la formació de pigments que donen color a l'aliment.

- **Fase final:** En l'últim pas es formen moltes substàncies diferents que tenen un aroma detectable i s'acaben de daurar els aliments.

Podem trobar efectes favorables i efectes desfavorables quan portem a terme aquesta reacció:

- **Favorables:** Produeix aromes i colors característics de productes com la carn *(Imatge 12)* , les galetes o la crosta del pa.
- **Desfavorables**: Si s'excedeix la temperatura i el temps de cocció produeix colors i olors desagradables. També disminueixen les seves propietats organolèptiques. Aquesta reacció, en la llet o els sucs de fruita produeix efectes desagradables.

Imatge 12. En la part externa de la carn es produeix la reacció de Maillard.

Els factors que influeixen en la reacció de Maillard són els següents:

1. **Tipus de glúcid :** Depenent del tipus d'hidrat de carboni que actuï, la reacció serà més o menys intensa. Els monosacàrids donen una reacció més intensa que no pas els disacàrids. Dins del grup dels monosacàrids, les pentoses intervenen amb més intensitat que no pas les hexoses. Disminuint el grau de intensitat els disacàrids són els que tenen una

reacció menys intensa, a més es classifiquen en reductors i no reductors. Els sucres reductors[6] donen més intensitat que no pas els no reductors.

Per tant, de més a menys intensitat en aquesta reacció seria:

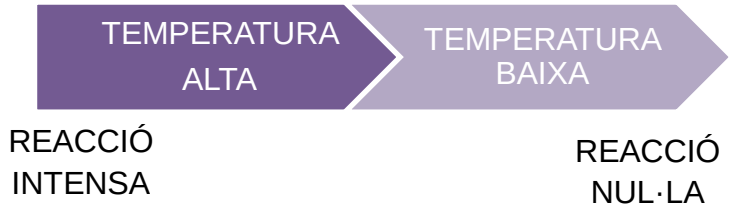
2. **Tipus d'aminoàcid o proteïna:** L'aroma i el color final de la reacció de Maillard depèn de l'aminoàcid que hi ha en una proteïna. Els aminoàcids més bàsics[7] són els mes reactius.

3. **Concentració de glúcids i de proteïnes:** Perquè aquesta reacció es dugui a terme és necessari tenir glúcids i aminoàcids o proteïnes. Si s'augmenta la seva concentració, la reacció tindrà molta més intensitat que no pas amb poca concentració.

[6] Són aquells que s'oxiden amb facilitat per la conversió del grup carbonil de l'aldehid a grup carboxil (és a dir, es transformen en àcids carboxílics).

[7] Són aminoàcids on els seus radicals tenen afinitat per l'aigua I posseeixen un grup amino (NH_2) que fa que siguin de tipus bàsic (pH>7).

4. **Temps i temperatura de cocció:** La reacció pot produir-se a temperatura ambient però no té resultats apreciables. Ara bé, si s'augmenta la temperatura a uns 120-140ºC es pot desenvolupar amb facilitat. També quan s'augmenta el temps de cocció, s'augmenta la intensitat de la reacció. S'ha d'anar amb compte amb passar-se de la temperatura i del temps de cocció, ja que es podrien formar compostos desagradables.



5. **pH:** Aquesta reacció es desenvolupa amb major intensitat a pH bàsics (pH>7) que no pas en medis amb pH àcid (pH<7) que s'encarrega d'inhibir la reacció.

6. **Activitat de l'aigua:** Els productes que afavoreixen la reacció de Maillard han de tenir una humitat intermèdia perquè si tenen poca quantitat d'aigua els reactius no tenen la mobilitat suficient per donar lloc al producte final. Per contra, si hi ha molta quantitat l'aigua dilueix els reactius i inhibeix la reacció.

7. **Presència d'inhibidors:** Alguns inhibidors actuen per retardar l'aparició de productes acolorits en l'aliment. Alguns exemples d'inhibidors poden ser els sulfits o metabisulfits. S'utilitzen poc perquè poden tenir conseqüències perjudicials en la salut.

REACCIÓ INTENSA

REACCIÓ NUL·LA

Per minimitzar els efectes desfavorables de la reacció de Maillard, s'ha de controlar tots els factors esmentats anteriorment.

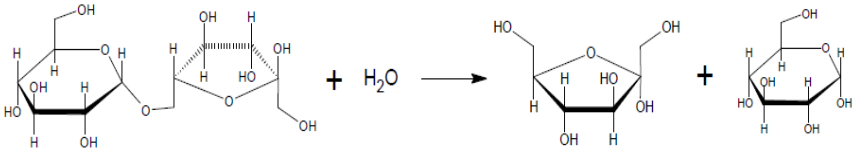
3.2.2. La caramel·lització

Imatge 13. Caramels masticables.

La caramel·lització, també anomenada pirròlisi, és un tipus de reacció no enzimàtica, igual que la reacció de Maillard. Una solució concentrada de sucre és tractada a altes temperatures, aproximadament uns 150ºC. A mida que el sucre es fon apareix el color marró i es generen compostos que donen aroma i gust al producte final. Aquesta reacció s'utilitza per la producció de caramels *(Imatge 13),* l' elaboració de llet condensada o natilles...

Els factors que influeixen en la reacció són:

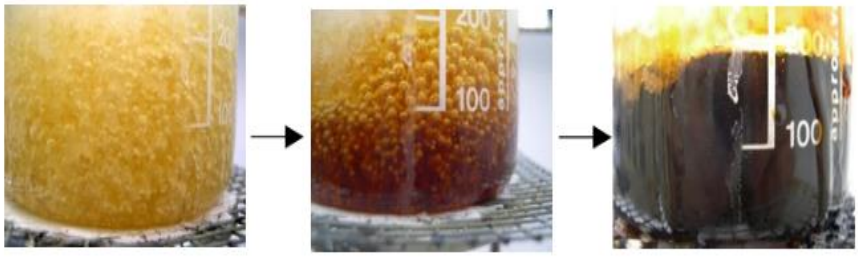
1. **El tipus de sucre:** es poden utilitzar diferents tipus de sucre com la fructosa, sacarosa, glucosa... La sacarosa, per l'acció del calor s'hidrolitza[8] *(Imatge 14)* i es descompon en glucosa i fructosa, els productes inicials per formar la sacarosa.



Imatge 14. Hidròlisi de la sacarosa en glucosa i fructosa.

[8] Consisteix en la separació de molècules quan intervé l'aigua.

2. **La temperatura:** A temperatura més elevada la velocitat de la reacció augmenta notablement. És necessari no passar-se dels 165-170 ºC ja que es produeix la carbonització del sucre i s'altera l'aroma i el sabor provocant un gust amarg. La temperatura de caramel·lització òptima canvia en els diferents sucres: en la fructosa és de 110ºC, en la glucosa *(Imatge 15)* i sacarosa a 160ºC i en la maltosa a 180ºC.



Imatge 15. Procés de caramel·lització en la glucosa. Pas de 145ºC a 165ºC fins a la carbonització a 175ºC.

3. **El temps d'escalfament:** Si el temps d'escalfament és massa llarg, els productes es carbonitzen, però si és massa curt no es pot desenvolupar gaire la reacció.
4. **El pH:** el pH es un factor molt important en la reacció ja que en pH àcids no es desenvolupa igual que ens pH de tipus bàsics.

   A pH àcids, la caramel·lització té lloc més ràpidament, per això és necessari vigilar la reacció perquè pot arribar a carbonitzar-se. També fa més lenta la solidificació i disminueix la viscositat del producte. El caramel obtingut és fosc i amb poc aroma.

   En canvi a pH de caràcter bàsic es fragmenten les cadenes de sucres. El caramel obtingut és més clar que l'anterior però amb més aroma.

3.2.3. Semblances i diferencies entre reacció de Maillard i Caramel·lització

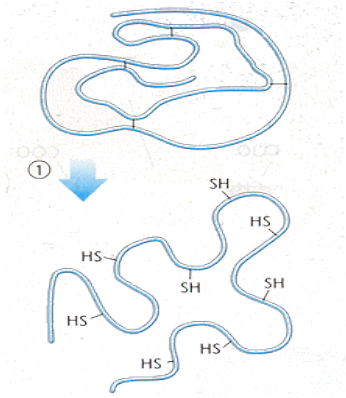
	REACCIÓ DE MAILLARD	CARAMELITZACIÓ
SEMBLANCES	Produeixen compostos que s'encarreguen de donar color i aroma als aliments que s'estan cuinant.	
	Són reaccions d'enfosquiment no enzimàtiques perquè no actuen els enzims.	
	Es produeixen durant la cocció de l'aliment.	
DIFERÈNCIES	La intensitat de color augmenta en pH bàsics.	La intensitat del color augmenta en pH àcids.
	Es pot dur a terme a temperatura ambient, però amb poc èxit.	Només es duu a terme a temperatures molt elevades.
	Necessita glúcids i aminoàcids o proteïnes.	Només necessita glúcids.

3.3. La desnaturalització de proteïnes

Perquè la carn estofada és més tendra que la carn crua? Perquè la clara dels ous queda blanca quan es cuina? Aquestes preguntes les respon el procés de la desnaturalització que consisteix en el canvi estructural de les proteïnes, és a dir, canvien la seva estructura inicial (estructura secundaria, terciària o quaternària), per una cadena primària sense estructura tridimensional.

Alguns exemples de desnaturalització de proteïnes a la cuina es dóna en la clara dels ous. La clara dels ous frescos és transparent i líquida però quan aquesta es cuina es torna opaca i blanca. Això és produeix per la desnaturalització de les proteïnes com a conseqüència d'aplicar-li un augment de temperatura.

La desnaturalització es realitza trencant els enllaços que mantenen l'estructura original, com per exemple els ponts disulfur (S-S), però la seqüència d'aminoàcids queda intacta. Es com si agaféssim un cabdell de llana i l'estiréssim, la forma canvia però el fil de llana continua igual *(Imatge 16).* La major part de les proteïnes experimenten la desnaturalització al voltant dels 50-60ºC tot i que altres també es desnaturalitzen a temperatures baixes com poden ser a 10-15ºC.



Imatge 16. Desnaturalització d'una proteïna.

L'efecte més visible d'aquest fenomen és que les proteïnes es tornen insolubles en aigua i perden les seves característiques inicials.

La desnaturalització de proteïnes pot estar causada per diferents agents desnaturalitzants. Poden ser de tipus físic com els canvis de temperatura i fenòmens d'agitació, o de tipus químic com les variacions del pH. A continuació ampliaré cadascun d'ells:

a) **Augment de la temperatura:** Alguns enllaços que mantenen unides les diferents parts de l'estructura de les proteïnes són difícils de trencar, per això, s'ha d'aplicar una temperatura elevada perquè augmenti el moviment entre les molècules de la proteïna i es destrueixin les interaccions que tenen entre elles i es desorganitzi l'estructura provocant la seva desnaturalització.
b) **Fenòmens d'agitació:** S'utilitza l'energia mecànica per trencar els enllaços que es mantenen entre les cadenes i finalment aconseguir deixar la proteïna en una única cadena d'aminoàcids. Dos exemples són el batut i l'amasat dels aliments.
c) **Alteració del pH:** Els ions H^+ i OH^- de l'aigua afecten a la càrrega elèctrica dels grups àcids i bàsics dels aminoàcids. Això provoca l'eliminació de les interaccions elèctriques que estabilitzen l'estructura terciària i fa que finalment quedi la proteïna desnaturalitzada.

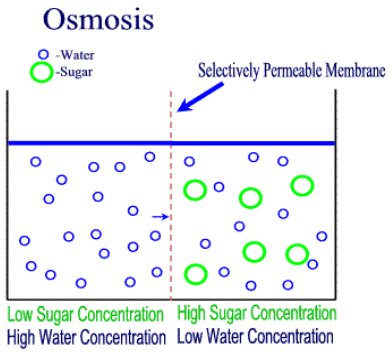
Un altre procés és la renaturalització de proteïnes. Aquest procés consisteix en la recuperació de la estructura inicial de la proteïna si es recuperen les seves condicions inicials. Els enllaços que estabilitzen la proteïna i que la uneixen, com els ponts disulfur, es tornen a unir entre ells formant un enllaç fort i una proteïna tridimensional. Gràcies a la renaturalització, és pot recuperar la funció de la proteïna que havia perdut durant la desnaturalització però no sempre és pot dur a terme.

3.4. L'osmosi

Perquè si posem sal a l'amanida l'enciam perd turgència i el plat queda ple d'aigua? Això és el que respon aquest procés físic anomenat osmosi. Aquest fenomen es pot produir en forma d'osmosi normal o inversa que explico a continuació.

3.4.1. Osmosi normal

L'osmosi és un fenomen físic que es produeix quan es separen dues solucions de diferent concentració amb una membrana semipermeable, (una membrana que només permet el pas de molècules de dissolvent i no les molècules de solut). L'aigua, que és el dissolvent, passa de la solució més diluïda a la més concentrada per igualar les concentracions dels dos costats de la membrana *(Imatge 17).*

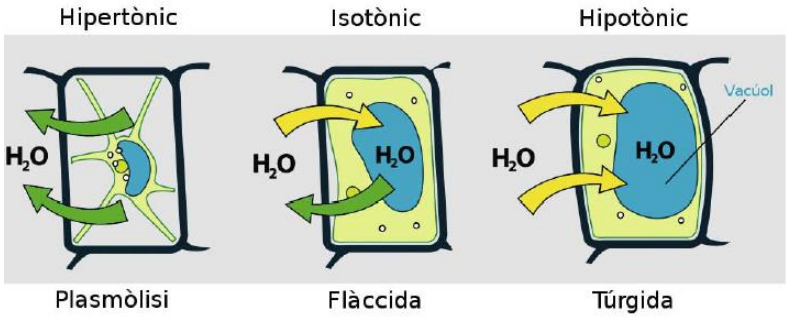


Imatge 17. Fenomen de la osmosi

Hi ha diferents medis on es pot produir aquest fenòmen *(Imatge 18):*

- **Medi hipotònic:** Això significa que un aliment té una concentració més alta de solut a l'interior que no pas en el medi exterior i per tant dins l'aliment hi ha menys quantitat d'aigua o de dissolvent. Per igualar els dos medis entra aigua del medi exterior a dins del producte. Com a conseqüència, queda en turgència o inflat.

- **Medi hipertònic:** Aquest cas és totalment el contrari que l'anterior. L'aliment té una concentració molt petita de solut i una concentració molt elevada de dissolvent respecte l'exterior. El producte allibera molècules d'aigua a l'exterior per igualar concentracions. Com a conseqüència, queda en estat de plasmòlisi.
- **Medi isotònic:** En aquest cas les dues concentracions estan igualades i no hi ha pas net de molècules d'un costat a l'altre.



Imatge 18. Els tres medis d'una cèl·lula en osmosi.

En la vida quotidiana el fenomen de l'osmosi s'utilitza per conservar aliments amb la tècnica del salaó. Si s'afegeix molta sal o sucre a un aliment, fa que les molècules d'aigua surtin de l'interior de les cèlules i l'aliment s'asseca. Per tant, l'aigua que hi ha a l'interior dels bacteris surt a través de la membrana i moren assecats. Gràcies a aquesta tècnica es pot duur a terme el procés de curació del pernils.

4. Tècniques de conservació dels aliments a la cuina

Les tècniques de conservació dels aliments són diversos mètodes que consisteixen en augmentar la durada dels aliments per als éssers humans. La principal raó d'utilitzar aquestes tècniques és dificultar el creixement de microorganismes perquè no es faci malbé l'aliment, però també n'hi ha d'altres que modifiquen les característiques organolèptiques[9]. Aquestes tècniques van aparèixer fa moltíssim temps, quan l'home va descobrir la necessitat de guardar aliments en èpoques d'escassetat.

Els procediments de conservació són molt variats i es classifiquen en procediments físics, aquells que no fan servir substàncies químiques i procediments químics, aquells que es basen en aplicar substàncies químiques al producte.

4.1. Procediments físics

1. **Conservació en fred:** El fred fa que els microorganismes no es desenvolupin amb tanta rapidesa com ho farien a temperatura ambient, però si el fred és molt intens pot arribar a parar de forma total la seva funció. Es divideix en tres tipus:

    - Refrigeració: Manté els aliments entre 0 i 8 ºC sense arribar a la congelació. Amb aquesta tècnica s'aconsegueix endarrerir el desenvolupament de microorganismes durant uns dies. Alguns aliments que poden ser refrigerats són la llet, les fruites, les verdures…

[9] Característiques físiques que té la matèria que es pot percebre pel sabor, olor, gust i textura.

- Congelació: Consisteix en baixar la temperatura d'un aliment a 10ºC sota zero o menys. Provoca canvis en l'estructura dels teixits perquè els cristalls de gel que es formen destrueixen les membranes cel·lulars i les fibres. Els microorganismes no poden desenvolupar la seva funció ja que la temperatura és molt baixa. Aquest mètode permet conservar els aliments molt més temps que la refrigeració però no indefinidament.
- Ultracongelació: L'aliment és sotmès a una temperatura d'uns -35 a -150 ºC que congela el producte ràpidament i els teixits no s'arriben a trencar perquè els cristalls de gel que es formen són molt petits. Aquesta tècnica permet conservar les propietats organolèptiques i nutricionals dels aliments.

2. **Conservació per calor:** Consisteix en aplicar altes temperatures als aliments. Modifiquen les seves característiques i s'encarreguen de la destrucció total dels gèrmens patògens. Hi ha tres tipus de conservació per calor:

    - Pasteurització: És un procés tèrmic creat per Louis Pasteur. Consisteix en escalfar un aliment a 65-90ºC durant uns 15 o 20 segons i refredar-lo posteriorment. Aquesta tècnica permet destruir els gèrmens però no les seves espores, per això els aliments pasteuritzats només es conserven uns dies. La pasteurització no altera el valor nutritiu del producte ni el seu sabor. És utilitzada principalment a la llet, productes lactis i els sucs de fruita.
    - Esterilització: S'escalfa un aliment a uns 120ºC durant 20 minuts a una atmosfera. Amb aquest mètode es destrueixen absolutament tots els microorganismes però hi ha un canvi important en les propietats del producte. Aquesta tècnica és utilitzada en aliments en llauna com poden ser conserves de peix, carn, verdures..

- Uperització (U.H.T): Consisteix en fer passar un corrent de vapor d'aigua a temperatura de 150ºC entre 1 o 2 segons *(Imatge 19)*. Després passa per un procés de refredament a una temperatura de 4ºC. Aquesta tècnica conserva més propietats que l'esterilització i aconsegueix un període de conservació major que en la pasteurització. Aquest mètode és utilitzat principalment en la llet.

Imatge 19. Màquina que s'encarrega de fer la uperització.

3. **Conservació per radiació:** És un mètode que consisteix en aplicar raigs ionitzants de tipus gamma sobre l'aliment i aquests són capaços d'eliminar qualsevol microorganisme. Aquest mètode és molt eficaç perquè millora les qualitats sanitàries del producte. Algun dels problemes de l'ús d'aquest mètode és que poden haver-hi canvis en les característiques del producte i la pèrdua de vitamines.

   S'aplica aquest mètode són en mol·luscos, carn, fruites i verdures fresques, condiments...

4. **Conservació per deshidratació**

- Assecat: Elimina l'aigua dels teixits dels aliments frescos perquè els microorganismes no es puguin desenvolupar, ja que no tenen suficient humitat. Es pot assecar el producte exposant-lo al sol o en un forn deshidratador. S'utilitza en herbes aromàtiques, fruits secs, verdures, peixos o bolets *(Imatge 20).*

Imatge 20. En les fruites, una tècnica molta comuna és la del assecat.

- Liofilització: És un mètode de deshidratació en què s'elimina tota l'aigua dels aliments. Abans, s'ha de congelar l'aliment i posteriorment posar-lo en una cambra de buit. És una tècnica bastant cara que només s'aplica a productes alimentaris d'alta gamma.

5. **Enllaunat:** Consisteix en posar en llaunes els aliments. Primer es posen els aliments en la llauna i es fa el buit perquè l'aliment no entri en contacte amb l'aire i seguidament són escalfats per evitar el desenvolupament de microorganismes i assegurar que es moren.
6. **Conservació al buit:** És un dels mètodes més eficaços que consisteix en l'eliminació d'aire dels aliments fent el buit. Amb aquest mètode els aliments es poden conservar fins a un any.

4.2. Procediments químics

1. **Salaó:** Consisteix en l'aplicació de sal o un bany de sal que inhibeix el creixement dels microorganismes perquè es redueix la quantitat d'aigua per osmosi fent així que els microorganismes es quedin sense aigua i acabin morint. L'aliment obtingut té modificacions de color, aroma, sabor i consistència. El salaó s'utilitza en les carns com poden ser els embotits i els pernils *(Imatge 21)* i també en el peix com poden ser el bacallà i les anxoves.

Imatge 21. Al pernil salat se l'aplica la tècnica del salaó.

2. **Fumatge:** És un mètode que consisteix en la utilització del fum sobre un aliment. El fum modifica l'aroma i el sabor del producte donant com a resultat un producte fumat. Aquest procediment allarga la vida del producte i és utilitzat en carns i peixos.

3. **Concentrat en sucre:** Consisteix en fer un almívar de diferents aliments, normalment fruita. És molt semblant al del salaó perquè els dos utilitzen el fenomen de la osmosi fent que l'alta concentració externa de sucre i la sal obligui a les molècules d'aigua a sortir a l'exterior de l'aliment i fent morir els microorganismes que es troben a dins per la inexistència d'aigua. Aquest mètode és utilitzat per fer melmelades i confitures.
4. **Acidificació:** És un mètode que consisteix en afegir vinagre en determinats aliments. Amb aquesta tècnica es baixa el pH de l'aliment i impedeix que es desenvolupin microorganismes.
5. **Additius:** Són substàncies d'origen natural o artificial que s'afegeixen als aliments i begudes per millorar les característiques que s'han perdut en el moment d'elaboració i per proporcionar un aspecte i consistència adequats. Poden ser conservants, colorants, antioxidants, estabilitzadors, antiaglomerants, aromatitzants i edulcorants.

Finalment, el gran avantatge d'aquestes tècniques és que es poden conservar els aliments durant un llarg període de temps sense que això afecti a la nostra salut. Però el gran inconvenient és que algunes tècniques alteren la composició inicial dels aliments.

5. Aplicacions dels processos fisicoquímics a la cuina

En aquest següent apartat, donaré resposta a algunes preguntes que tenen lloc a la cuina quan es produeixen alguns dels processos fisicoquímics explicats anteriorment com per exemple la reacció de Maillard, l'osmosi o la desnaturalització de proteïnes.

1. **Perquè es marca la carn o el peix a la paella abans de cuinar-la per un altre mètode?**

   Una peça de carn que després serà cuinada per un altre mètode, com pot ser per posar-la en un brou, es marca una mica a la paella perquè adquireixi unes olors i gustos característics de la reacció de Maillard (*Imatge 22).* Com he explicat en pàgines anteriors, la reacció de Maillard succeeix a altes temperatures i intervé en l'enrossiment de la carn. En el brou, el gran inconvenient és que com conté aigua, la temperatura màxima que assoleix és 100 ºC i per tant les peces de carn no poden desenvolupar les seves característiques organolèptiques mitjançant la reacció de Maillard. Per tant, s'intenta fer aquest pas previ per aconseguir les característiques favorables d'aquesta reacció.

Imatge 22. Carn marcada a la paella.

2. **Quan s'ha de posar la sal a la carn d'un brou abans o després de cuinar-la?**

   Aquest és un tema molt discutit ja que cada cuiner decideix quan ha de posar la sal i no hi ha acord respecte a quin és el millor moment. Posar la sal abans o després de cuinar té els seus inconvenients i les seves avantatges.

Els partidaris de salar la carn una vegada estigui cuinada ho fan perquè la carn quedi menys dura i seca. Per un altre costat, els defensors de salar la carn abans de cuinar-la afirmen que d'aquesta manera la carn queda més saborosa perquè té més temps per absorbir millor la sal.

Un dels processos fisicoquímics que es duen a terme en aquesta situació és l'osmosi. Si es decideix posar la sal al final del procés la carn conservarà els seus sucs essencials, ja que la concentració de sal serà major en el brou que no pas en el propi tros de carn. En canvi, si es posa la sal al principi del procés, les sals minerals de la carn es transportaran al brou per igualar les concentracions salines. Com a conseqüència el brou quedarà molt gustós.

3. Perquè la carn és menys dura quan es cuina?

Quan s'elabora un brou on hi introduïm carn, aquesta ha d'aconseguir posar-se tova. La carn té una proteïna que s'anomena col·lagen i que es troba en peces amb gran teixit conjuntiu, com pot ser, el cartílag, els tendons...

Un dels processos que tenen lloc en aquest cas, és la desnaturalització del col·lagen per acabar formant gelatina. El col·lagen és una proteïna fibrosa de gran resistència i que fa que sigui molt difícil de trencar, per això la carn és extremadament dura. Però la cosa canvia quan s'aplica temperatura per sobre de 62ºC: el col·lagen es comença a desnaturalitzar i dóna lloc a la gelatina, que a diferència del col·lagen és molt més tova i perd considerablement la duresa. Un cop s'ha començat a formar la gelatina, aquesta dóna més sabor i consistència al brou final.

Un factor que s'ha de tenir en compte i s'ha d'intentar evitar és la retracció de las proteïnes miofibrilars de la carn. Aquestes proteïnes són les responsables de que el múscul es pugui contraure i que la carn, com a resultat, quedi bastant dura. Si es supera els 90ºC, les proteïnes coagulen i augmenten la seva duresa. Això sol passar quan es cuina en una l'olla, ja

que és molt fàcil arribar a aquestes temperatures amb el brou. Però si la carn és cuina al buit durant temps prolongats i una temperatura al voltant de 60ºC, s'aconsegueix una amplia desnaturalització del col·lagen per formar gelatina i com a conseqüència la carn queda més tova.

4. Perquè es cou abans el peix que no pas altres tipus de carn?

La carn del peix és molt diferent de la carn d'altres animals. Per començar, les fibres musculars (les agrupacions de fibres formen el múscul) del peix són més curtes i més fàcils de separar a l'hora de mastegar o de cuinar-les. Per això es pot menjar el peix cru en forma de sushi o sashimi, perquè com les fibres musculars són més curtes que les d'altres animals resulta bastant tou per la nostra dentadura. Per contra, per menjar el bistec tàrtar es necessita picar la seva carn abans de menjar-la, ja que resulta molt dura per a nosaltres.

El peix, a diferencia d'altres animals, viu en un medi on té poca necessitat de tenir teixits conjuntius (cartílags, tendons, lligaments…) per això els peixos estan formats principalment per múscul i no per cartílag. Com que té poc cartílag, té poc col·lagen i això fa que s'hagi de cuinar ràpid perquè sinó provocaria que s'endurís la carn. Una altra raó per la qual s'ha de cuinar poc temps, és perquè el peix té poca grassa protectora, per tant, tendeix a quedar més sec.

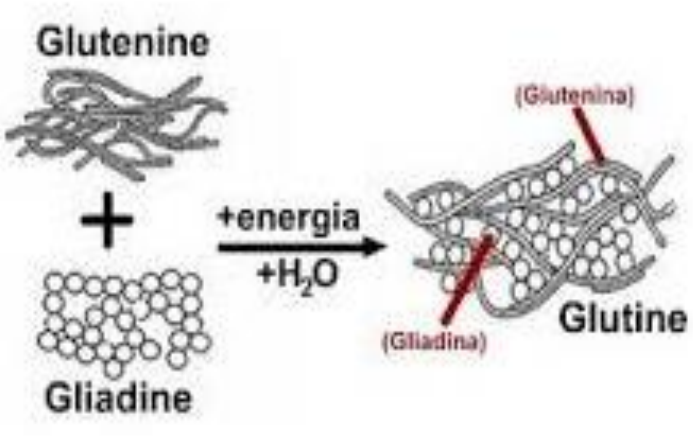
5. Com es forma el gluten quan s'amassa el pa?

Les proteïnes del blat que es troben en el pa s'anomenen gliadina i glutenina. Aquestes mantenen uns enllaços que es poden trencar mitjançant l'amasat i finalment originar el gluten. L'amasat és un exemple de la desnaturalització de proteïnes on s'hi aplica energia mecànica per trencar els enllaços.

El gra de midó de blat del pa està recobert per una xarxa de les proteïnes gliadina i glutenina. Quant més gran sigui el contingut d'aquestes proteïnes

i major sigui l'amasat, la xarxa adquirirà molta més força i tindrà molta més capacitat de retenir CO_2 quan es posi al forn, això causarà molta més esponjositat en el pa. Com a conseqüència de l'amassat del pa, es forma una gran proteïna a partir de les dues proteïnes inicials (gliadina i glutenina) quan entra en contacte amb l'aigua que s'anomena gluten *(Imatge 23).*

Una de les proteïnes és la glutenina, aquesta proporciona la força i elasticitat a la massa. L'altra és la gliadina, que proporciona suavitat i gomositat. Durant el procés d'hidratació, les dues proteïnes inicials es descomponen: les molècules de glutenina es despleguen i les de gliadina són alliberades i poc a poc es va formant el gluten. Perquè es desenvolupi correctament el gluten, l'exposició de la massa a l'oxigen de l'aire ha de ser la correcta. Això s'aconsegueix amb la velocitat de la pastadora.



Imatge 23. Procés de formació del gluten.

6. Gastronomia molecular

6.1. Història de la gastronomia molecular

La gastronomia molecular és l'aplicació de la ciència a la cuina que busca investigar, explicar i crear plats nous utilitzant les transformacions físiques i químiques que tenen lloc al cuinar.

La gastronomia molecular va començar amb un físic anglès anomenat Nicholas Kurti (1908-1998) quan va fer una conferència anomenada "el físic a la cuina". En aquesta conferencia, ell mostrava la seva tristesa perquè s'ignorava tot dels processos que hi havien en la cuina. Després de molts anys d'experiments juntament amb el químic francès Hervé This, van donar origen a una nova especialitat anomenada gastronomia molecular.

La idea principal d'aquests dos científics va ser investigar que és el que passa realment quan cuinem diferents aliments i descobrir les reaccions físiques i químiques que tenen lloc durant les diferents coccions.

Gràcies a això, avui en dia es poden comprendre millor les reaccions químiques en els aliments. S'han pogut desenvolupar noves eines per treure el millor partit als productes o obtenir diferents textures i consistències que no tindrien en el seu estat natural.

Però no només es tracta d'això. La gastronomia molecular el que busca és conservar el sabor original de l'aliment preservant tots els seus nutrients.

A continuació, explicaré les set tècniques més revolucionàries i importants del moment en la cuina actual.

6.2. Esferificacions

L'esferificació és una tècnica culinària molt moderna, utilitzada des del 2003 a El Bulli per Ferran Adrià. Aquesta paraula prové dels mots *esfera*, que en grec vol dir bola, i el sufix *–ció* que vol dir transformació. L'objectiu d'aquesta tècnica és crear una esfera líquida amb una coberta gelatinosa que a l'hora de mossegar-la faci explotar tot el líquid dins la boca.

La primera referència sobre esferificacions es troba el 1946 en l'article *"Manufacture of artificial edible cherries"* de Peschardt, W.J.M que parlava de l'elaboració d'alguns plats imitant la textura dels ous de peix. Parla de fer suc de fruites amb alginat sòdic i deixar caure unes gotes en un bany de clorur de calci.

Aquesta tècnica consisteix en aplicar alginat sòdic (E-401) que és un espessidor natural, i també clorur de calci (E-509). Això provoca la gelificació parcial del líquid i la creació d'una capa d'alginat de calci (CaAlg) que fa que no surti el líquid de l'interior de l'esfera. L'esfera resultant serà estable exposada a l'aire o submergida en un altre líquid, només s'ha d'anar amb compte de no trencar-la. És utilitzada en aliments generalment líquids com poden ser els sucs de fruites o verdures, els vins...

Existeixen dues tècniques d'esferificació: la esferificació bàsica i l'esferificació inversa.

6.2.1. Esferificació bàsica

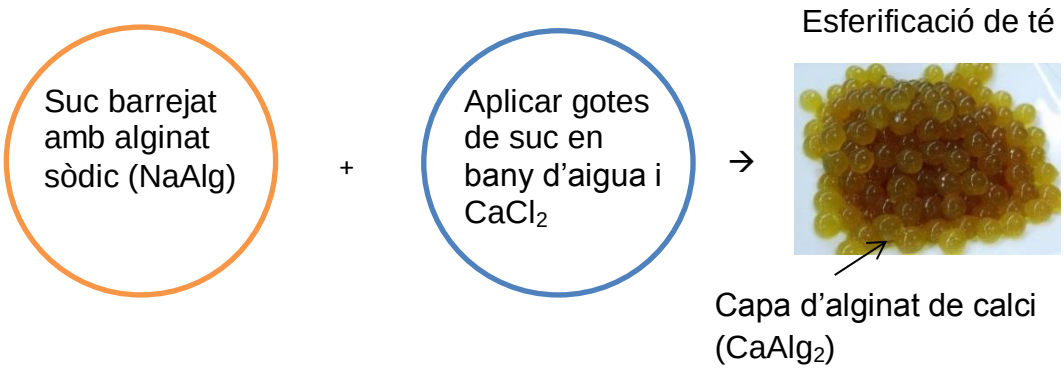
Per aquest tipus d'esferificació, cal que l'alginat sòdic es trobi en l'aliment o suc que s'ha de esferificar i el clorur de calci s'ha de trobar en un bany d'aigua. D'aquesta manera, es forma un gel entre els dos líquids que estan en contacte, formant una membrana d'alginat de calci i contenint el líquid a l'interior *(Imatge 24).*

Des d'un punt de vista químic, la reacció que es dóna és la següent:

$$2\ NaAlg(aq) + CaCl_2(aq) \rightarrow CaAlg_2(s) + 2\ NaCl(aq)$$

En aquest tipus d'esferificació hi ha tres problemes principals:

1. L'esfera no es pot deixar molta estona en el bany de clorur de calci perquè pot arribar a gelificar-la totalment i pot perdre el seu gust i la sensació d'explosió al mossegar-la. Tot i que es reculli ràpidament l'esfera resultant del bany de clorur de calci, aquest producte segueix actuant i per molt que s'esbandeixi en aigua normal, segueix gelificant. Per això es recomana menjar-la immediatament.
2. No es pot produir una esferificació a un pH àcid o menor de 4 perquè provoca la destrucció de les cadenes de l'alginat. Per aconseguir un pH superior a 4 en alguns aliments s'utilitza citrat sòdic.
3. Els aliments que contenen calci de forma natural no poden desenvolupar aquesta tècnica ja que suposa un gran problema amb l'alginat. La solució a aquest problema es va trobar amb l'esferificació inversa.



Imatge 24. Formació d'esferificacions bàsiques.

6.2.2. Esferificació inversa

El segon tipus d'esferificació, és l'esferificació inversa. Tal i com diu el seu nom, en aquest cas consisteix en fer-ho tot a l'inrevés de l'esferificació bàsica. Consisteix en donar solució a tots aquells aliments que contenen calci de manera natural, com per exemple els làctics, que no poden utilitzar la tècnica anterior *(Imatge 25).*

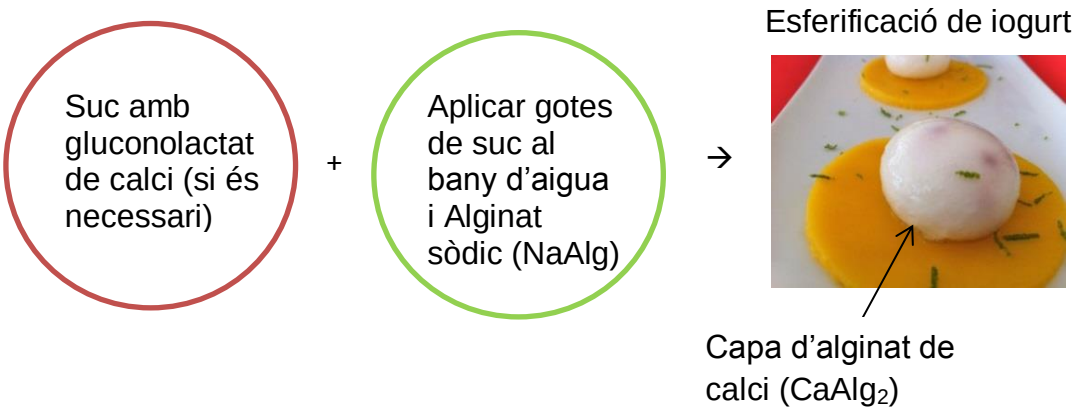
Primer de tot es barreja l'alginat sòdic en aigua tot ben homogeni utilitzant la batedora. Seguidament s'introdueix el suc de l'aliment amb una cullera en l'aigua

amb alginat. Si aquest aliment no té suficient quantitat de calci es pot reforçar utilitzant gluconolactat de calci.

La reacció química que té lloc és la següent:

$2\ NaAlg(aq) + CaGluc(aq) \rightarrow CaAlg_2(s) + 2\ NaGluc(aq)$

Però aquesta segona tècnica també presenta un inconvenient: la solució d'alginat és més densa que la de gluconolactat de calci i això dificulta la immersió de l'esfera. Per solucionar aquest problema s'utilitza un espessidor que augmenta la densitat del gluconolactat de calci i permet que es submergeixi totalment.



Imatge 25. Formació d'esferificacions inversa.

6.3. Nitrogen líquid

Imatge 26. Plat en el qual s'ha empleat la tècnica del nitrogen.

El nitrogen líquid és una tècnica utilitzada per molts cuiners d'avantguarda que consisteix en aplicar nitrogen en estat líquid sobre aliments *(Imatge 26)*. Aquest nitrogen es troba a una temperatura de -195'8 ºC i a una pressió d'una atmosfera. És incolor i inodor i el seu ús no implica cap risc per la salut humana. A més, quan s'aplica, en realitat no s'afegeix cap ingredient, únicament s'aporta molta fred perquè l'aigua que contenen els diferents aliments es congeli totalment.

El nitrogen (N) és un element químic amb número atòmic 7 i una densitat de 0.81g/mL. El seu estat natural més habitual és en forma de gas i de molècules diatòmiques (N_2). Per obtenir el nitrogen líquid es destil·la l'aire perquè s'evapori l'oxigen, que té un punt d'ebullició major que el del nitrogen.

Entre els productes en els quals s'utilitza més aquesta tècnica hi ha els gelats on s'aplica el nitrogen líquid a la crema base. Per evitar que es formi un excés de cristalls, es remou la crema mentre s'aplica aquest producte.

AVANTATGES	INCONVENIENTS
• Permet que els aliments es refredin amb gran rapidesa. • Conserva el sabor, color y olor del producte, és a dir, conserven el producte en un bon estat. • Amb aquesta tècnica es poden eliminar els bacteris.	• El nitrogen líquid no es pot ni reutilitzar ni reciclar ja que s'evapora al moment. • La seva manipulació és molt perillosa ja que pot produir cremades i pot causar la congelació total dels dits i la pèrdua d'aquests.

6.4. Sifó d'escumes

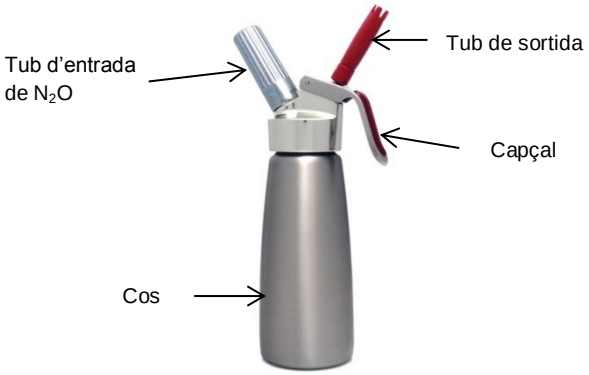
El sifó d'escumes és un utensili creat per Ferran Adrià que permet introduir aire a una preparació líquida, creant una suspensió col·loïdal d'un gas en un líquid, que s'anomena escuma.

El sifó està compost per diverses parts *(Imatge 27)*: la primera s'anomena *dipòsit o cos* on es posa el líquid per fer l'escuma. Aquest cos pot tenir una capacitat de mig litre o d'un litre. El material del qual està fet és d'acer inoxidable, per tant es pot utilitzar tant en preparacions calentes o com fredes.

La següent part s'anomena *capçal* on hi ha una anella de silicona resistent a la calor que permet que no s'escapi la mescla de gas que s'introdueix per les

preparacions. També hi trobem dos tubs: un tub de sortida de la preparació i l'altre el tub d'entrada del gas.

El tub de sortida, com indica el nom, és el lloc per on surt l'escuma. S'introdueixen diferents tipus de filtre amb diferents formes depenent de la finalitat del producte i de com es vol decorar. L'altre tub és el d'entrada de gas on s'introdueixen càrregues de cas N_2O comprimit (òxid de nitrogen (I)) que permeten preparar les escumes perquè s'encarreguen d'aportar gas a la preparació líquida.



Imatge 27. Parts d'un sifó d'escumes.

Imatge 28. Realització d'escumes.

Un gran avantatge de la utilització del sifó és que no necessita productes addicionals (com ous, nata, greixos...) que aportin aire ja que la cremositat del producte es pot obtenir amb la gran quantitat de N_2O que es subministra. Per tant, amb el sifó d'escumes s'obté un producte sense que hi hagi ingredients externs que modifiquin o amaguin el sabor original.

Es pot utilitzar una gran varietat d'aliments per fer escumes com poden ser fruites, verdures, purés...*(Imatge 28)*

6.5. Gelificacions

Les gelificacions són unes de les elaboracions més característiques de la cuina clàssica que actualment experimenten una gran evolució en la cuina moderna.

Les gelificacions consisteixen en la formació de gels *(Imatge 29).* Aquests són sistemes dispersos amb una fase sòlida i una fase líquida. La fase sòlida s'encarrega de donar la estructura tridimensional que suportarà el gel i la fase líquida quedarà atrapada en una xarxa tridimensional. Tot i que els gels mostren característiques sòlides tenen una gran proporció de líquid. Per tant, és pot dir que el gel està entre un estat sòlid i líquid.

Aquestes elaboracions es poden obtenir de diverses maneres utilitzant una amplia gama de substàncies especifiques per la formació de gels. El primer que es va començar a utilitzar va ser les fulles de gelatina conegudes com "cues de peix" i posteriorment es va introduir l'Agar-Agar. També hi ha substàncies com el Metil, Kappa, Gellan i Iota.

Imatge 29. Gelatina.

Tipus de gelificants:

1. **Les fulles de gelatina "cues de peix".** És una proteïna complexa que s'obté a partir del col·lagen del teixit animal. La gelatina gelifica a temperatura ambient però si s'escalfa es converteix en una mescla aquosa. S'utilitza en la fabricació d'aliments làctics i postres perquè s'enriqueixin de proteïnes i redueixin els hidrats de carboni.
2. **L'Agar-agar** és un polisacàrid obtingut de la paret cel·lular d'unes algues vermelles dels gèneres *Gelidium i Gracilaria*. Permet l'elaboració de gelatines calentes ja que suporta temperatures del voltant de 80ºC. El gran inconvenient és que perd la capacitat gelificant en medis àcids.

3. **Metil** té la característica de gelificar els productes quan se'ls aplica calor. Es dissol molt bé a temperatures baixes però quan comença a escalfar-se s'endureix i gelifica. Quan el producte es torna a refredar perd la forma de gel i es torna líquid.
4. **Kappa** s'obté d'algues vermelles igual que l'Agar-agar. Proporciona un gel amb una textura ferma que suporta els 60ºC.
5. **Gellan** s'obté a partir de la fermentació de la bactèria *Sphingomonas elodea*. Proporciona una gel ferm que suporta els 90 ºC. Un inconvenient és que perd la capacitat de gelificació en solucions salines.
6. **Iota** s'extreu d'un tipus d'algues vermelles. S'obté un gel de consistència tova i elàstica. La gran característica és que si es trenca el gel, es reconstrueix quan es deixa reposar.

6.6. Espessidors

Els espessidors són substàncies que s'afegeixen als aliments en estat líquid per augmentar la seva viscositat. Els utilitzats tradicionalment són polisacàrids com els midons, les fècules, la farina… però aquests productes tenen el gran inconvenient que s'han d'aplicar en grans quantitats, cosa que modifica el sabor final del producte.

6.6.1. Xantana (E-415)

Un dels espessidors que s'utilitza actualment des dels anys 60 és la goma xantana *(Imatge 30).* La xantana és una polisacàrid produït per la fermentació del midó de blat per la bactèria *Xanthomonas campestris*.

Imatge 30. La goma xantana.

Té unes característiques molt favorables per la seva utilització com a espessidor ja que té eficàcia en diferents concentracions, diferents pH i temperatures molt variades ja que pot resistir molt bé tant els processos de congelació i descongelació com els d'augment de

temperatura. Aquest producte té la capacitat d'espessir elaboracions utilitzant molt poca quantitat i sense modificar el sabor final del producte.

La seva forma externa és en pols refinat de color blanc que pot solubilitzar tant en fred com en calent. No té la capacitat de formar gels, només té la funció de donar més viscositat als aliments.

Aquest producte es pot trobar en la industria alimentària com a les salses, els productes làctics, en gelats per impedir la formació de cristalls...També es pot trobar en els productes per celíacs ja que és un espessidor que no conté gluten i pot donar la mateixa viscositat que la farina de blat.

6.7. Emulsions

Una emulsió és una mescla heterogènia de dos líquids immiscibles entre ells, com podria ser l'oli i l'aigua.

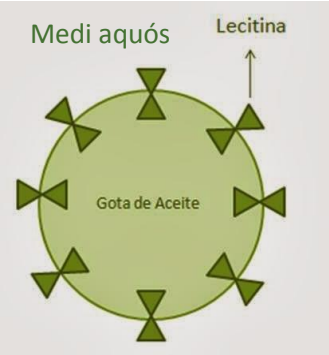
Una emulsió tendeix a ser inestable, ja que amb el temps les gotes de la fase dispersa tendeixen a reagrupar-se i s'acaben separant de l'altra fase. Això es pot veure clarament amb l'exemple de l'oli i l'aigua: quan es mesclen els dos líquids semblen estar units, però quan passa una estona es veu que s'agrupen les molècules d'oli i es separen de les molècules d'aigua. Per que això no succeeixi, s'utilitzen els emulsionants, que són additius alimentaris que s'encarreguen d'estabilitzar l'emulsió. Per tant, un emulsionant ha de ser soluble en els dos líquids que s'utilitzen perquè s'estabilitzi la mescla.

Un fenomen que té lloc en aquest procediment és el que s'anomena "aireació". Aquest fenomen s'encarrega d'introduir molècules d'aire en les emulsions mitjançant l'ús dels emulsionants i de l'agitació que té lloc al barrejar el producte.

Aquesta tècnica s'utilitza a la gastronomia amb preparacions com maioneses, mousses, souflès, pastissos... On hi ha hagut la innovació d'aquesta tècnica és en l'ampli ventall de nous emulsionants que han generat noves versions d'emulsionants tradicionals. L'avantatge que es troba en els nous emulsionants és que tenen un sabor neutre i no afecten en el sabor original del producte.

Hi ha tres tipus d'emulsionants:

- **Lecitina:** És un additiu que s'obté del rovell de l'ou o d'algunes llavors de soja. També té una funció com a antioxidant, però la seva principal funció en l'alimentació és com a emulsionant. Aquest producte no presenta problemes ni en medis freds, ni en medis calents. La lectina que es troba en el rovell de l'ou és molt important en les maioneses perquè permet estabilitzar l'emulsió d'aigua en l'oli. S'utilitza com a emulsionant en la indústria de la xocolata, rebosteria, pastisseria, margarines... *(Imatge 31)*



Imatge 31. Partícules de lecitina ajuntant l'oli i l'aigua.

- **Monodiglicerids i diglicerids d'àcids grassos (E-471):** Són molècules compostes per un o dos àcids grassos (mono o diglicèrids) units a una molècula de glicerol. En gastronomia s'utilitza per augmentar el punt de fusió de les grasses i crear textures més o menys sòlides amb elles.
- **Sucroèsters (E-473) i sucroglicèrids (E-474):** Són compostos derivats de la sacarosa y els àcids grassos. La seva estructura consisteix en una part hidròfila i una altra part lipòfila que pot integrar un medi gras amb un medi aquós.

6.8. Cocció al buit

La cocció al buit és un mètode de cocció que consisteix en extreure l'aire d'un producte que s'envasa en una bossa de plàstic *(Imatge 32).* Aquest mètode és molt important perquè té molts avantatges: un d'ells és la incapacitat dels microorganismes a sobreviure en medis on no hi ha oxigen. Un altre avantatge el trobem a l'hora de la cocció: amb aquest mètode la cocció es dóna a temperatures més baixes de les habituals. Això és així perquè quan és fa el buit la pressió d'aquest producte serà inferior a la de l'atmosfera. Quan la pressió és menor a la atmosfèrica, la temperatura d'ebullició disminueix.

Aquesta tècnica requereix una gran higiene i precisió a l'hora de manipular els aliments. Si no es duu a terme la tècnica correctament, pot créixer el bacteri *clostridium botulinum*, un bacteri anaerobi que no requereix la necessitat d'oxigen per al seu desenvolupament i que pot produir la toxina botulínica que dóna lloc a intoxicacions alimentàries letals.

La conservació al buit pot ser de dues maneres: per un servei immediat de l'aliment o per un servei posterior. Quan el servei és immediat, els aliments es cuinen a una temperatura suau que no arriba als 65 ºC. La seva textura és entre crua i cuinada. L'altra manera és la de servei posterior, aquesta s'aplica el producte a temperatures que arribin als 80ºC per reduir el risc de proliferació de patògens.

Hi ha dues màquines que s'utilitzen per cuinar al buit:

1. **Màquina del buit:** És una màquina que s'encarrega d'extreure tot l'aire que es troba a la bossa de plàstic amb el producte a l'interior. També hi ha un sistema de parada quan la força de succió és molt gran per un determinat producte *(Imatge 33).*
2. **Abatidors:** És una màquina que s'utilitza per refredar ràpidament el producte que ha estat envasat al buit prèviament. S'utilitzen perquè el producte estigui el menor temps possible en la franja de temperatura de risc .

A continuació, quan s'han aplicat els processos de les dues màquines esmentades anteriorment, el producte envasat al buit es refrigera per sota dels 3ºC o es congela per sota dels -18ºC per mantenir-lo en bones condicions.

Imatge 32. .Peixos envasats al buit.

Imatge 33. La màquina que s'encarrega de fer buit.

7. Estudi d'alguns aspectes experimentals de la reacció de Maillard

Un dels diversos aspectes d'aquest treball que estic elaborant fa referència a la reacció de Maillard. Es tracta d'un seguit de reaccions entre aminoàcids i sucres reductors molt complexes en les quals influeixen diverses condicions, especialment la temperatura, el pH i la concentració d'aquestes dues substàncies esmentades. A partir d'aquesta reacció s'obtenen diferents compostos químics que produeixen l'enfosquiment, olors i sabors característics en aliments com el pa, les galetes... L'objectiu principal consisteix en comparar l'efecte de diferents sucres sobre la formació de compostos acolorits degut a la reacció de Maillard quan la glicina és l'aminoàcid implicat i a diferents tractaments de pH.

Concretament, en el meu estudi els sucres assajats van ser la glucosa, la sacarosa, la lactosa i la fructosa i com aminoàcid la glicina. A partir d'aquests reactius vaig preparar diferents solucions a una concentració 0.5 M:

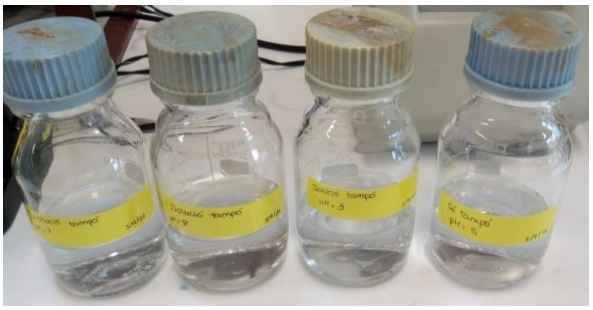
1. Solucions dels sucres sols i la glicina per separat. Aquestes solucions portaven com a dissolvent la dissolució del pH corresponent.

2. Solucions que contenien la barreja de glicina i un sucre determinat, és a dir, glicina-glucosa, glicina-fructosa, glicina-sacarosa i glicina-lactosa.

A part de la preparació d'aquestes solucions, vam haver de preparar prèviament dissolucions tampó a uns determinats pH (8, 7, 5 i 3) per estabilitzar el pH de les mostres.

Aquestes pràctiques les vaig realitzar al Laboratori de Recerca del grup de Tecnologia Alimentària de la UdG gràcies a la beca Botet i Sisó, que em donava la possibilitat de comptar amb l'ajuda d'una professora de la universitat i la utilització de les instal·lacions.

7.1. Dissolucions tampó



Imatge 34. Les 4 dissolucions tampó de pH 8, 7, 5 i 3.

El primer dia de pràctiques a la universitat, vaig preparar les dissolucions tampó. Aquestes dissolucions són fonamentals per mantenir el pH constant quan es realitzen diferents reaccions químiques. Donat que en aquestes pràctiques volia treballar amb diferents pH (uns més bàsics i altres àcids) necessitava preparar aquestes dissolucions tampó *(Imatge 34).*

A continuació explicaré com vaig preparar aquestes dissolucions tampó que més endavant necessitaria per mantenir un pH constant en les reaccions.

Material:

Reactius

- Àcid cítric. Grau Analític.- (Fisher Scientific. Leicestershine, UK).
- Fosfat diàcid de potassi (KH_2PO_4). Per anàlisis (PA). (Panreac. Barcelona, Espanya).
- Fosfat disòdic (Na_2HPO_4). Per anàlisis (PA). (Panreac. Barcelona, Espanya).

Agitador magnètic. Model Agimatic-E. (Selecta. Espanya).

pH-metre, model GLP 22.- (Crison. Alella, Barcelona), equipat amb un elèctrode de pH.- Foodtrode.- (Hamilton. Bonaduz, Suïssa).

Balança EMS 3000-2. (Kern Ems. Balingen, Alemanya).

Vasos de precipitats de 50 mL.

Matrassos aforats de 100 mL.

Aigua destil·lada.

Espàtula.

Proveta de 50 mL.

Procediment:

1. Primer de tot, vaig decidir els pH als quals m'agradaria treballar. Vaig decidir un pH de 3, 5, 7 i 8.
2. A continuació, vaig calcular els grams per la solució tampó d'àcid cítric i de Na_2HPO_4 de concentració 1 M.
3. Seguidament, vaig posar un vas de precipitats sobre la balança i la vaig tarar. Vaig posar els grams d'àcid cítric que em sortien als meus càlculs.
4. Vaig introduir aigua destil·lada al vas de precipitats i ho vaig posar a l'agitador per dissoldre la dissolució.
5. A continuació, vaig introduir la dissolució al matràs aforat i la vaig enrasar a 100 mL.
6. Després, vaig repetir el mateix procediment de l'àcid cítric per al Na_2HPO_4.
7. Vaig calcular els grams per al tampó de KH_2PO_4 i de Na_2HPO_4 de concentracions 1/15 M.
8. A continuació, vaig fer el mateix procediment de pesar i d'introduir l'aigua destil·lada que a l'àcid cítric. L'única diferència és que pels grams calculats de Na_2HPO_4 vam enrasar la dissolució en un matràs aforat de 200 mL perquè en necessitàvem més quantitat.
9. Vaig mesurar els pH de les diferents dissolucions al pH-metre per comprovar que tot estigués bé i que no ens equivoquéssim en els càlculs.
10. Vaig calcular els diferents volums que es necessiten de cada dissolució per a cada pH determinat.
11. Vaig mesurar els diferents volums amb una proveta.
12. Vaig agafar 4 pots de vidre (un per a cada pH) i hi vaig posar els volums mesurats en cada pot.
13. Finalment, amb el pH-metre vam mirar si el pH de cada pot era el desitjat i vam guardar a la nevera per conservar les dissolucions en bon estat.

Càlculs:

- Càlcul dels grams d'àcid cítric amb concentració 0.1 M.

$$100\ \text{mL}\ \frac{1\ \text{L}}{1000\ \text{mL}}\ \frac{0.1\ \text{mol}}{1\ \text{L}}\ \frac{210.1\ \text{g d'àcid cítric}}{1\ \text{mol}} = 2.10\ \text{g d'àcid cítric}$$

- Càlcul dels grams de Na_2HPO_4 de concentració 0.2 M.

$$100\ \text{mL}\ \frac{1\ \text{L}}{1000\ \text{mL}}\ \frac{0.2\ \text{mol}}{1\ \text{L}}\ \frac{141.96\ \text{g}\ Na_2HPO_4}{1\ \text{mol}}\ \frac{100\ \text{g total}}{99\ \text{g total}\ Na_2HPO_4} = 2.868\ \text{g}\ Na_2HPO_4$$

- Càlcul KH_2PO_4 de concentració 0.066 M

$$100\ \text{mL}\ \frac{1\ \text{L}}{1000\ \text{mL}}\ \frac{0.066\ \text{mol}}{1\ \text{L}}\ \frac{141.96\ \text{g}\ KH_2PO_4}{1\ \text{mol}}\ \frac{100\ \text{g total}}{99\ \text{g total}\ KH_2PO_4} = 0.91\ \text{g}\ KH_2PO_4$$

- Càlcul Na_2HPO_4 de concentració 0.066 M

$$100\ \text{mL}\ \frac{1\ \text{L}}{1000\ \text{mL}}\ \frac{0.066\ \text{mol}}{1\ \text{L}}\ \frac{141.96\ \text{g}\ Na_2HPO_4}{1\ \text{mol}}\ \frac{100\ \text{g total}}{99\ \text{g total}\ Na_2HPO_4} = 0.9464\ \text{g}\ Na_2HPO_4$$

Com d'aquesta substància en necessitàvem més quantitat, fem el càlcul per a 200 mL.

$$\frac{0.9464\ \text{g}}{100\ \text{mL}} = \frac{x}{200\ \text{mL}}$$

X= 1.89 g de Na_2HPO_4 per a 200 mL de dissolució

- Volums de dissolucions per a cada pH

pH 3 = 39.8 mL cítric 0.1 M + 10.2 mL Na_2HPO_4 0.2 M → enrasat a 100 mL

pH 5 = 24.3 mL cítric + 25.7 mL Na_2HPO_4 0.2 M → enrasat a 100 mL

Per als pH 7 i 8, s'utilitza una taula *(Annex nº1)* per saber els mL que necessitàvem de cada substància.

X mL A + (100-x) mL B

A: KH_2PO_4

B: Na_2HPO_4

pH 7 = 41.3 mL KH_2PO_4 + 58.7 mL Na_2HPO_4 = 100 mL de tampó total

X= 41.3 mL

pH 8 = 3.7 mL KH_2PO_4+ 96.3 mL Na_2HPO_4 = 100 mL tampó total

x= 3.7

7.2. Efecte de la combinació glicina-sucre sobre la reacció de Maillard a diferents pH

Un altre dia de pràctiques vaig dur a terme pròpiament l'experiment de la reacció que volia fer. A continuació s'explica el procediment seguit per a la determinació de la reacció de Maillard en diferents condicions d'assaig.

Materials:

Reactius:

- D-Fructosa. Puríssim (PRS) - (Panreac. Barcelona, Espanya).
- Lactosa 1-hidrat. Puríssim (PRS) - (Panreac. Barcelona, Espanya).
- Sacarosa - (Acor. Valladolid, Espanya).
- D-Glucosa. Puríssim (PRS) - (Panreac. Barcelona, Espanya).
- Glicina. Grau Analític. (Labkem. Barcelona, Espanya).

Tubs d'assaig.

Balança analítica (precisió de 4 decimals) - A&D Instruments Limited (Abingdon, UK)

Espàtula.

Gradeta.

Sonda de temperatura. Thermometer 638Pt - (Crison. Alella, Espanya).

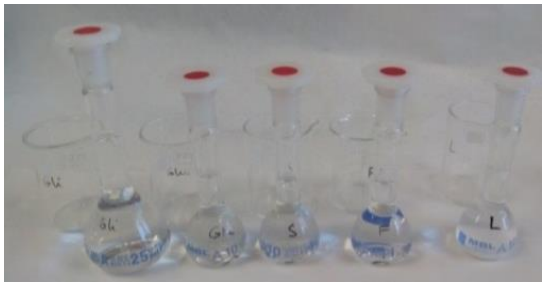
Pipeta electrònica Nichipet de 5 mL.
Agitador magnètic. Model Agimatic-E - (Selecta. Barcelona, Espanya).
Espectrofotòmetre de doble feix. CE 7400 sèrie 7000 – (Cecil Instruments Limited. Bath, UK).
Cubetes de plàstic. Capacitat 1 mL i 1 cm de pas de llum.
Barres magnètiques.
Dissolucions tampó.
1 matràs aforat de 25 mL i 4 matrassos aforats de 10 mL.
Aigua freda.
Gibrell.

Procediment:

1. Calcular els grams de cada sucre i glicina que es necessitaran per preparar solucions a una concentració de 0.5 M i un volum de 10 mL pels sucres i de 25 mL per la glicina.
2. A continuació es pesa a la balança analítica, prèviament tarada del vas de precipitats, cadascun dels sucres i la glicina fins obtenir els grams desitjats.
3. Introduir una mica de dissolució tampó del pH que escollim (primer vam començar amb el pH de 8) a cada vas de precipitats. Posem aproximadament la meitat de solució tampó que en necessitarem: pels sucres 5 mL, i per la glicina 12.5 mL.
4. A continuació s'introdueixen barres magnètiques a cada vas de precipitat i es posen en els agitadors perquè sigui més fàcil de dissoldre.
5. Quan s'hagin dissolt tots els sucres i la glicina, un a un es posen al seu matràs aforat corresponent. Els sucres tindran matrassos aforats de capacitat de 10 mL, mentre que el matràs aforat de la glicina serà de 25 mL *(Imatge 35).*
6. Enrasar les dissolucions amb la solució tampó de pH 8.
7. Posar a escalfar una olla amb aigua i controlar que la temperatura sigui constant a 100 ºC amb la sonda de temperatura.

8. Preparar una gradeta amb 18 tubs d'assaig i retolar el que es posarà a cadascun d'ells. En aquesta experiment es mirarà els efectes de la glicina, glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa, glucosa-glicina, fructosa-glicina, sacarosa-glicina, lactosa-glicina. Es farà la mostra per duplicat, per això hi ha 18 tubs.
9. Es torna a posar les dissolucions a cadascun dels seus vasos per poder agafar-les millor.
10. S'agafa la pipeta automàtica, graduada a 2.5 mL i s'introdueix cadascuna de les solucions que volem a cada tub d'assaig. Als tubs d'assaig on només s'hi afegeix un sucre sol o la glicina, com a complement, s'hi afegeixen 2.5 mL de solució tampó per tenir un total de 5 mL a cada tub.
11. A continuació es tapen tots els tubs d'assaig i s'introdueixen a l'olla bullint durant 30 minuts *(Imatges 36 i 37)*.
12. Refredar els tubs en un bany d'aigua freda dins d'un gibrell quan hagin passat els 30 minuts.
13. Finalment, es mesura l'absorbància de cadascuna de les mostres a una longitud d'ona de 430 nm amb un espectrofotòmetre *(Imatges 38 i 39)* i s'anoten els resultats. Aquest aparell s'utilitza per mesurar l'absorbància, en aquest cas era de doble feix de llum. Un dels feixos travessa una cubeta amb la mateixa solució tampó que s'ha utilitzat per preparar les mostres a analitzar. Això es fa per calibrar l'aparell i perquè quan es col·loqui la mostra a l'altre feix de llum només identifiqui els compostos que s'han format, i no el dissolvent que és el tampó.

Aquesta operació es repeteix 2 vegades més: una per a la solució tampó de pH 7 i una per a la solució tampó de pH 5. L'única diferència que es troba en el procediment és que en comptes d'utilitzar el tampó de pH 8 s'utilitzarà el de pH 7 o 5, respectivament.



Imatge 35. Matrassos aforats amb la seva respectiva dissolució i els vasos de precipitats.

Imatges 36 i 37. Manera en que es va dur a terme el tractament tèrmic de les mostres.

Imatges 38 i 39. Esquerra: Espectrofotòmetre utilitzat per a la mesura d'absorbàncies. Dreta: Visió interna de l'espectrofotòmetre; posicions de les dues cubetes per on travessen els feixos de llum.

Càlculs:

Càlculs per a saber els grams de cada reactiu en un volum determinat i en concentració 0.5 M.

$$25 \text{ mL glicina} \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \frac{0.5 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \frac{75.07 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 0.938 \text{ g glicina}$$

$$10 \text{ mL fructosa} \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \frac{0.5 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \frac{180.16 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 0.900 \text{ g fructosa}$$

$$10 \text{ mL sacarosa} \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \frac{0.5 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \frac{342.60 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 1.711 \text{ g sacarosa}$$

$$10 \text{ mL glucosa} \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \frac{0.5 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \frac{180.16 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 0.900 \text{ g glucosa}$$

$$10 \text{ mL lactosa} \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \frac{0.5 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \frac{360.32 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 1.801 \text{ g lactosa}$$

Resultats:

A la Taula 1 es mostren els valors d'absorbància obtinguts per a les diferents solucions preparades i en funció del pH.

	pH 8	pH 7	pH 5
Glicina	0.040	0.025	0.022
Glucosa	0.164	0.011	0.007
Sacarosa	0.020	0.007	0.020
Lactosa	0.228	0.042	0.020
Fructosa	0.638	0.105	0.030
Glicina+ Fructosa	2.245*	1.019	0.049
Glicina+ Sacarosa	0.043	0.035	0.025
Glicina+ Lactosa	0.645	0.356	0.028
Glicina+ Glucosa	1.579*	0.779	0.026

Taula 1. Mesures de les absorbàncies per les diferents dissolucions.

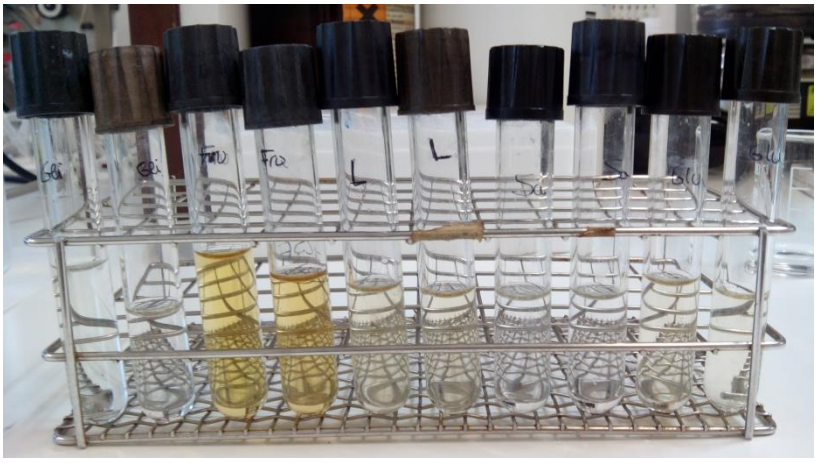
	pH 8
Glicina+ Fructosa	1.096
Glicina+ Glucosa	0.800

*En aquests casos es van fer dilucions perquè hi havia molta coloració, per tant, una gran absorció de llum. Les dilucions s'han fet a la meitat (1:2) i com ha resultat després de passar-ho per l'espectrofotòmetre han donat aquests resultats.

El primer pH que vaig estudiar va ser el de 8 per comprovar si realment és produïa la reacció de Maillard en un pH bàsic. Els valors d'absorbància en les solucions on només hi havia un compost van donar molt baixos (això vol dir que absorbeixen poca radiació a la longitud d'ona en la que s'han fet les mesures) excepte la fructosa. Ordenat de més a menys absorbància va sortir el següent: Fructosa>Lactosa>Glucosa>Glicina>Sacarosa.

En aquest cas, on només hi havia els compostos per separat, en principi no s'havia de donar la reacció de Maillard. En general, els tubs van sortir amb un cert acolorit *(Imatge 40)*. Alguns d'ells, com la lactosa i la glucosa, presentaven una mica de coloració. En canvi la sacarosa i la glicina, encara presentaven un color

més clar que els altres dos. Només va haver-hi força coloració a la fructosa, però això no era una reacció de Maillard, sinó el començament de la caramel·lització, ja que aquest producte té la temperatura de caramel·lització als 110 ºC. Els altres sucres, que són la lactosa, la glucosa i la sacarosa, tenen una temperatura de caramel·lització més alta que la de la fructosa. Aquestes començarien a mostrar l'efecte de la caramel·lització entre els 150-160 ºC. Per això, a la temperatura de 100 ºC no produeixen canvis en la coloració i, per tant, tampoc reacció de caramel·lització.

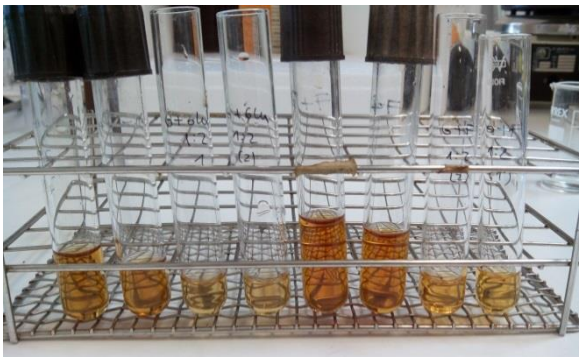


Imatge 40. D'esquerra a dreta: Glicina, Fructosa, Lactosa, Sacarosa i Glucosa.

Els valors d'absorbància en les dissolucions on hi havia l'aminoàcid i el sucre van ser bastant elevats tret de la combinació de glicina i sacarosa. En les mostres de glicina-fructosa i glicina-glucosa vam haver de fer dilucions a la meitat *(Imatge 41)* perquè a l'espectrofotòmetre donaven números bastant elevats de més de 1.500. Ordenats de més a menys els valors d'absorbància van quedar així:
Glicina-Fructosa>Glicina-Glucosa>Glicina-Lactosa>Glicina-Sacarosa

Per aquestes mostres on hi havia la glicina i el sucre corresponent els resultats van ser els següents *(Imatge 42)*: a la combinació de glicina-sacarosa no es va donar la reacció de Maillard, les dues mostres van quedar intactes i sense cap tipus de coloració; la combinació de glicina-lactosa va presentar més coloració que la de sacarosa; les mostres que contenien glicina-fructosa van tenir una coloració molt elevada, amb un color marró molt intens; i les mostres amb glucosa

i glicina tenien una coloració molt semblant a la de la mescla amb glicina i fructosa però amb un to una mica més clar.



Imatge 41. Dilucions de 1:2 de la glicina-glucosa i la glicina-fructosa. Comparació dels tubs originals amb les dilucions.

Imatge 42. D'esquerra a dreta: Glicina-Sacarosa, Glicina-Lactosa, Glicina-Fructosa i Glicina-Glucosa.

El següent pH estudiat va ser el pH de 7, seguint l'ordre de pH més bàsic a pH més àcid. Els valors de les absorbàncies de les solucions amb sucres i glicina per separat van ser molt baixos, més que al pH de 8. L'orde de més a menys coloració va ser el següent:
Fructosa>Lactosa>Glicina>Glucosa>Sacarosa.

En aquestes mostres de les dissolucions dels sucres o la glicina sols també van sortir gairebé igual que abans de posar-los a escalfar, excepte la fructosa que presentava una mica de color. Aquest cop la fructosa tenia fins i tot menys coloració que amb el pH 8 *(Imatge 43)*.

Imatge 43. D'esquerra a dreta: Sacarosa, Glucosa, Lactosa i Fructosa.

Les mesures a l'espectrofotòmetre en el cas de les combinacions d'un sucre i la glicina van donar valors no gaire alts; això volia dir que no s'havien format les molècules acolorides. Les úniques combinacions amb valors elevats d'absorbància van ser la glicina-fructosa i la glicina-glucosa. L'ordre de més a menys absorbàncies és el següent:

Glicina-Fructosa>Glicina-Glucosa>Glicina-Lactosa>Glicina-Sacarosa

Aquestes mostres presentaven una coloració, en general, menys intensa que a pH 8 *(Imatge 44)*. A la combinació de glucosa i sacarosa seguia sense haver-hi coloració i seguia completament igual que abans de posar-la a escalfar. La combinació de glicina i lactosa tenia una certa coloració però en comparació amb el pH anterior l'absorció de color havia disminuït. La següent era la combinació de glicina i fructosa: aquesta mostra van presentar colors foscos i una mica marronosos però comparat amb la mateixa mostra però a diferents pH també havia disminuït la foscor del color. I per últim la combinació de glicina i glucosa també tenia certa coloració marronosa però amb no gaire intensitat.

Imatge 44. D'esquerra a dreta: Glicina-Sacarosa, Glicina-lactosa, Glicina-Fructosa i Glicina-Glucosa.

L'últim pH estudiat va ser a 5. Les absorbàncies dels sucres i la glicina per separat van ser molt baixos *(Imatge 45).* Aquest cop ni la fructosa presentava una mica més de coloració que les altres. L'ordre de més a menys coloració va quedar així:

Fructosa>Glicina>Lactosa>Sacarosa>Glucosa

Les absorbàncies mesurades en les combinacions de sucre i aminoàcid van quedar tal que així ordenades de major a menor absorbància *(Imatge 46):*

Glicina-Fructosa> Glicina-Lactosa>Glicina-Glucosa>Glicina-Sacarosa

En aquest pH es van obtenir resultats completament diferents als dels pH anteriors, tant en les mostres que hi havia la combinació d'un sucre i la glicina com en les mostres que només hi havia els sucres i la glicina per separat.

Imatge 45. D'esquerra a dreta: Glicina, Lactosa, Sacarosa, Glucosa i Fructosa.

Imatge 46. D'esquerra a dreta: Glicina-Glucosa, Glicina-Lactosa, Glicina-Sacarosa, Glicina-Fructosa.

Conclusions:

D'aquesta pràctica he pogut treure moltes conclusions que concorden amb la teoria inicial explicada a l'apartat teòric de la reacció de Maillard. Primer de tot, vaig poder comprovar que era cert que aquesta reacció només es podia donar en productes on s'utilitzaven aminoàcids combinats amb un tipus de sucre reductor. En les pràctiques les mostres que contenien glicina i un sucre reductor patien reacció de Maillard.

Per comprovar que aquesta reacció només es dóna quan es combinen els dos productes vam decidir preparar mostres on només hi havia els sucres sols i la glicina. Puc afirmar que aquestes mostres no van experimentar cap tipus de reacció de Maillard, com era d'esperar. Només va haver-hi una mostra, que va ser la fructosa a pH 8 que experimentava algun tipus de reacció i coloració, però vam poder observar que segurament allò es tractava d'un principi de caramel·lització.

Una altra cosa que vaig poder constatar és que la reacció té més eficàcia a pHs més bàsics que no pas a pH àcids. Com es pot comprovar a pH 8, en les mostres que contenen glicina i un sucre, experimenten la reacció amb més intensitat i donant lloc als colors característics. En canvi, quan vam baixar al pH de 7 van experimentar una mica menys la reacció donant lloc a colors una mica més clars. Per últim, amb el pH de 5 no va haver-hi cap coloració ni reacció de Maillard. Això va ocórrer perquè l'últim pH era àcid. En un inici, abans de començar a fer cap pràctica també vam preparar una dissolució tampó de pH 3. Com que vam veure que a pH 5 no va experimentar cap canvi, vam decidir que a un pH de 3 encara seria més inapreciable cap reacció. I per això vam decidir no fer aquestes proves.

Un altre aspecte que vaig poder comprovar quan vaig redactar la teoria va ser que el tipus de glúcid que s'utilitza té diferents resultats. Alguns experimenten la reacció amb més intensitat que no pas altres. L'ordre de més a menys intensitat en la reacció seria el següent:

Pentoses> Hexoses> Disacàrids reductors> Disacàrids no reductors(reacció nul·la)

Els glúcids que vaig utilitzar, tots pertanyien a algun d'aquests grups. De monosacàrids reductors hi havia la glucosa i la fructosa, de disacàrids reductors la lactosa i de no reductors la sacarosa. Per tant per ordre de més a menys intensitat quedaria així:
Glucosa o Fructosa>Lactosa>Sacarosa.

En aquestes pràctiques vaig poder observar que això era cert i que es complia totalment. Com es pot veure en el pH 8 la glucosa i la fructosa tenen una coloració molt intensa que fins i tot s'han de fer dilucions. La lactosa té una coloració moderada i finalment la sacarosa no presenta cap tipus de coloració. En el pH 7 passa totalment el mateix: si es mira de més a menys intensitat de color tenen el mateix ordre esmentat anteriorment. Finalment en el pH 5 no s'ha pogut observar cap canvi en el color.

Algunes de les variables que no hem canviat per les diferents mostres han sigut el temps de reacció i la temperatura. Si s'haguessin augmentat aquestes dues variables segurament hi hagués hagut un augment d'intensitat en la reacció de Maillard.

8. Visita al restaurant Bo.Tic

Imatge 47. Logo del Bo. Tic

El Bo.Tic és un restaurant que es troba a Corçà i que a finals de l'any 2007 va obrir les seves portes de la mà dels seus propietaris, l'Albert Sastregener i la Cristina Torrent. Aquest petit restaurant constitueix un annex d'una masia catalana on es trobava un antic moli de blat. El Bo.Tic va ser reconegut amb una estrella Michelin en l'edició de la guia 2010.

Ens trobem davant d'una proposta gastronòmica creativa, d'autor, innovadora i compromesa. Està inspirada en la cuina tradicional empordanesa, on hi trobem una gran experiència i creativitat, la millor selecció de les matèries primeres, la seva bodega i el tracte al personal immillorables.

Imatge 48. Entrada del restaurant.

Com a part pràctica, vaig pensar que seria una bona idea fer una visita a un restaurant on fessin cuina innovadora perquè em podria ajudar a entendre millor el meu treball. D'aquesta manera, també veuria totes les tècniques que havia estat estudiant anteriorment aplicades a una cuina de veritat.

Em vaig posar en contacte amb ells i vaig decidir fer una visita. L'Albert, propietari del restaurant, em va concedir una entrevista molt amablement i em va ensenyar el restaurant i el funcionament de cada aparell a la cuina. A continuació, hi ha l'entrevista que li vaig poder realitzar.

8.1. Entrevista a Albert Sastregener

1. **Quin tipus de cuina feu al vostre restaurant?**

   Nosaltres fem un tipus de cuina que es tracta d'una barreja entre cuina moderna i tradicional. Intentem agafar aspectes tradicionals donant-li un toc modern al plat amb el sentit visual.

2. **Utilitzeu les ultimes tècniques de la gastronomia molecular als vostres plats?**

   Utilitzem les tècniques de la gastronomia molecular que creiem adients per als nostres plats. Si pensem que una tècnica millorarà i traurà el màxim partit a un plat la utilitzem, però si al contrari creiem que la tècnica altera el sabor que volem com a resultat no la utilitzem.

   Utilitzem les tècniques amb sentit comú, només quan creiem que donaran bon resultat al plat final.

3. **Quina és la vostra elaboració preferida?**

   La nostra elaboració preferida són els caldos i els sucs.

4. **Consideres important la relació que hi ha entre la química i la cuina a l'hora de la creació d'un plat?**

   Considero que tot és important per la creació d'un plat: des del moment en què es comença a plantejar i pensar una possible idea d'un plat i el desenvolupament d'aquest fins que s'acaba. El més important de tot és que hi hagi una idea clara i que es vulgui tirar endavant.

   En quant a la química, intervé quan ja tenim el plat pensat. No pensem primer en quina tècnica de gastronomia molecular utilitzarem i després el plat. És totalment al contrari.

5. **En què us inspireu per fer plats sofisticats?**

   Ens inspirem bàsicament en la cuina tradicional. Pensem que és molt important perquè és l'origen de la cuina i de la base de la que en partim. També ens inspirem en diferents plats segons l'estació de l'any: per exemple, a l'estiu realitzem més sorbets, en canvi a la tardor fem més elaboracions relacionades amb bolets.

6. **Els clients realment valoren la innovació a la cuina o prefereixen els plats tradicionals?**

   Hi ha gent de tot. A vegades et preguntes si realment la gent valora tota aquesta innovació culinària. Per això nosaltres agafem tècniques tradicionals i modernes i les combinem.

7. **Quin creus que serà el futur de la gastronomia: un aprofundiment en les noves tècniques, un retorn a la cuina tradicional o una altra tendència?**

   Jo crec que els restaurants de cuina tradicional sempre hi seran, perquè hi ha un seguit de clients fidels a aquest tipus de cuina des de fa molt de temps. En canvi, crec que els restaurants de cuina moderna s'hauran d'esforçar al màxim i només seguiran aquells que siguin millors i et facin viure una experiència única, és a dir, restaurants amb un local amb encant especial i amb cada detall ben cuidat: una bona música, plats que mostrin l'esforç i dedicació que s'hi posa, amabilitat, bon tracte amb els clients...

8. **Consideres que Ferran Adrià i el seu equip han estat determinats per el desenvolupament d'aquestes tècniques?**

   Òbviament Ferran Adrià ha estat determinant per l'ús d'aquestes tècniques. Ell s'ha encarregat de recopilar i ordenar tota la informació descoberta anys enrere perquè és puguin utilitzar actualment a la cuina.

9. **Repercuteix l'ús de les noves tècniques en el preu dels plats que en resulten o el cost és el mateix que en un plat tradicional? Perquè?**

   El preu no és el mateix que en un plat tradicional. L'ús de les noves tècniques té influència en el preu ja que es necessita més personal a cuina per elaborar-lo, més màquines i algunes substàncies químiques.

10. **Quina és la importància que assigna als premis culinaris (estrelles Michelin, rànquing de restaurants...)?**

    Jo crec que no se li ha d'assignar més importància de la que té perquè nosaltres no treballem per aconseguir el major número de premis, ho fem perquè ens agrada treballar en aquest sector.

    També és veritat que al aconseguir més premis, et dones més a conèixer i s'acaba tenint més clients.

11. **Creieu que els homes dominen en aquest món de l'alta cuina?**

    Si i no. Crec que molts homes cuiners provenen de l'hostaleria i per això aquest pot ser un motiu de que hi hagi més homes en l'alta cuina. Tot i així, moltes dones estan entrant en aquest món i cada vegada en són més.

8.2. Imatges i explicació de les diferents màquines

Després de l'entrevista, vaig poder fotografiar el menjador, la terrassa i la bodega.

Imatge 49. Fotografies del menjador del restaurant i de la terrassa. A baix a l'esquerra la bodega del restaurant.

A continuació, el primer que em va ensenyar va ser una màquina deshidratadora *(Imatge 50).* Aquestes màquines s'encarreguen d'eliminar la major part de concentració possible d'aigua que es troba en un producte. La deshidratació és una tècnica que té grans avantatges com allargar la vida dels aliments o a facilitar-ne la manipulació, tal i com he explicat a les tècniques de conservació dels aliments. Però també s'utilitza en la cuina perquè els productes deshidratats aporten textures i sabors diferents.

Imatge 50. Màquina deshidratadora.

Imatge 51. Crema de bolet deshidratada.

Imatge 52. El Roner.

El següent aparell que em va ensenyar va ser el Roner *(Imatge 52)*. Aquest aparell va ser inventat per Joan Roca i Narcís Caner. L'objectiu és crear un bany maria constant en tot el recipient amb una temperatura constant i amb coccions a baixa temperatura (de 5 a 100ºC) per sota de l'ebullició de l'aigua. S'utilitza en productes prèviament envasats al buit.

En el moment de la visita, el Roner estava sent utilitzat per cuinar carn envasada al buit.

Imatge 53. Maquina per fer gelats i sorbets instantanis.

Imatge 54. Aquesta, és una màquina del buit.

També vaig poder entrar a la cambra frigorífica on emmagatzemen part dels aliments. Em va ensenyar algunes de les coses que hi havia guardades, per exemple, uns trossos de carn amb el seu suc o una escalivada tots dos envasats al buit *(Imatge 55).*

Imatge 55.. Càmera frigorífica.

Aquí, vaig poder veure totes les substàncies químiques que tenen i utilitzen. Vaig poder identificar algunes d'elles que he esmentat a la part teòrica del treball com per exemple l'alginat sòdic *(Imatge 56).*

Imatge 56. Substàncies químiques utilitzades per les creacions d'alguns plats.

A continuació, va arribar el moment de dur a terme una de les tècniques de la gastronomia molecular. Vaig poder realitzar esferificacions inverses. Com es pot veure a la imatge 57 i 58. En la fotografia 57 es poden observar quatre recipients: en el vermell hi ha el suc per esferificar, on s'hi ha introduït una mica de gluconolactat de calci, en el segon un recipient on hi ha un bany d'aigua amb alginat sòdic, en el tercer un bany d'aigua per esbandir les esferificacions i el quart la pròpia substància original sense cap producte afegit.

Imatge 57. Jo realitzant unes esferificacions.

Imatge 58. El resultat de les esferificacions que vaig poder dur a terme.

També em va mostrar un aparell per fer moltes i petites esferificacions alhora *(Imatge 59 i 60).*

Imatge 59. Aparell d'esferificacions de mida petita.

Imatge 60. Resultat de unes esferificacions amb l'aparell anterior però diferent substància.

Fins aquí va arribar la meva visita a aquest restaurant. Vaig poder aprendre moltes de les coses que havia estat estudiant a la part teòrica al treball i poder posar-les en pràctica. Gràcies a aquesta visita, vaig poder veure com és el funcionament d'un restaurant que utilitza la gastronomia molecular.

9. Conclusions

Com en altres camps de l'activitat humana, la cuina, ha utilitzat anys enrere les tècniques de conservació i cocció dels aliments utilitzant l'enginy i, de vegades, l'atzar. Darrera de tots els processos i tècniques culinaris explicats en el treball, però, hi ha principis científics que s'han anant coneixent a mesura que les Ciències Experimentals han anat progressant en el segle passat. Avui podem explicar la raó científica de processos de conservació tan antics com la salaó o l'escabetx que antigament no es podien conèixer a causa del poc desenvolupament científic. També, actualment es pot explicar la raó de l'aparició de colors, sabors i olors en la cocció de la carn, com he tractat d'exposar en aquest treball de recerca amb la reacció de Maillard. De fet, l'estat actual del coneixement científic ens permet proporcionar una explicació de tots i cada un dels diversos processos i accions que s'utilitzen en l'elaboració de qualsevol plat. Els processos fisicoquímics en els aliments són molt importants per entendre com han anat evolucionant en diferents etapes les elaboracions culinàries i per entendre el resultat final.

Tot i que en aquest segle hi ha hagut grans avenços en el camp científic, encara hi ha aspectes que no es coneixen amb una total precisió. Un exemple que es pot trobar a nivell del meu treball, és la reacció de Maillard, que com hem pogut observar consisteix en un conjunt de reaccions químiques molt complexes que encara avui dia no es coneix amb total certesa. Com hem posat de manifest en la part pràctica del treball, la reacció de Maillard es pot modelitzar a nivell de laboratori analitzant aminoàcids i sucres, dels quals es pot obtenir informació sobre les condicions que influeixen en la reacció i comprovar si realment en el treball experimental donen els resultats esperats que s'expliquen a la teoria.

Els fonaments científics, han estat sempre presents en la cuina, encara que sovint l'explicació científica hagi estat molt posterior a la tècnica emprada. En els darrers anys, però, una gran nombre de cuiners ha utilitzat els coneixements científics per crear noves tècniques culinàries. D'aquest resultat va néixer el que s'anomena

gastronomia molecular. La gastronomia molecular en poc temps ha avançat moltíssim i actualment molts dels restaurants utilitzen aquestes tècniques per poder realitzar plats que arribin per tots els sentits però utilitzant formes diferents a les tradicionals, és a dir, innovar en la base dels processos utilitzats a la cuina. Tot i que la creativitat i la innovació han estat sempre presents en la cuina, la novetat de la gastronomia molecular és l'aplicació directe de processos científics en l'elaboració dels plats i la conservació dels sabors originals. En el present treball he exposat els fonaments de diverses tècniques de la gastronomia molecular que s'estan duent a terme actualment i hem pogut presenciar la seva utilització en restaurants coneguts del nostre entorn, com el restaurant Bo.Tic.

De totes maneres, és molt difícil poder dur a terme totes les tècniques de la gastronomia molecular a una cuina de casa perquè es requereixen molts aparells que són de cost molt elevat i es necessita una certa habilitat per poder controlar-ho tot, ja que utilitzant certes substàncies químiques o aparells inadequadament pot fer-se malbé l'aliment o que no s'apliqui correctament la tècnica desitjada.

En qualsevol cas, el que és cert és que hi ha hagut en els darrers anys un interès des de diversos àmbits per connectar la cuina amb la Ciència, procés en el qual han intervingut cuiners i científics. L'esforç per divulgar aquesta associació de Química i Cuina es pot presenciar, per exemple, en les activitat que es desenvolupen a la Fundació Alicia.

Finalment, puc afirmar que tots els objectius inicials que tenia per portar a terme aquest treball s'han realitzat i he pogut aprendre moltíssimes coses d'un tema que no en sabia pràcticament res.

10. Bibliografia i Webgrafia

BOIXADERAS, Núria; IBAR, Maria Jesús; LLADÓ, Núria; VIDAL, Maria del Carmen. *Química 1 batxillerat.* Barcelona: Editorial Santillana, 2008.

BOLAÑOS, Núria; LUTZ, Giselle; HERRERA, Carlos H. *Química de los alimentos: manual de laboratorio.* Editorial de la Universidad de Costa Rica, 2003.

CAMBÓN, Carmen; MARTÍN, Soledad; RODRÍGUEZ, Eduardo. *Ciencia a la cazuela*. Madrid: Alianza editorial, 2007.

CUELLO, Josep; DOMÍNGUEZ, Antoni; PONS, Jordi. Biologia 1. Barcelona: Editorial Barcanova. 2º edició, 2003.

CUELLO, Josep; DOMÍNGUEZ, Antoni; PONS, Jordi. *Biologia 1r batxillerat.* Barcelona: Editorial Barcanova. 2º edició, 2010.

MILLER, Dennis D. *Química de alimentos: manual de laboratorio*. Editorial Limusa, 2001.

ADRIÀ, Ferran; ADRIÀ, Albert. *Texturas* [Consulta: 28-7-2014]. Disponible a: *http://www.albertyferranadria.com/esp/texturas.html*

AGUIRRE, Irma Rumela. *Tecnicas de conservación de los alimentos*. 2008. [Consulta: 16-4-2014]. Disponible a: http://www.monografias.com/trabajos59/conservacion-alimentos/conservacion-alimentos2.shtml

Arte y ciencia del buen comer. *Historia de la gastronomía molecular*. [Consulta: 19-6-2014]. Disponible a: http://www.delbuencomer.com.ar/index_archivos/historia_de_gastrnomia_molecular.htm

ARZAK, Juan Mari. *Sifón de espuma.* [Consulta: 26-5-2014]. Disponible a: http://www.hogarutil.com/cocina/programas-television/karlos-arguinano-en-tu-cocina/los-secretos-de-arzak/200809/sifon-espuma-5976.html

CASTELLS, Pere. *Processos fisicoquímics a la cuina*. [Consulta 2-4-2014]. Disponible a: http://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000124%5C00000088.pdf

CASTELLS, Pere; MANS, Claudi. *La nueva cocina científica*.[Consulta 27-5-2014]. Disponible a: http://www.slideshare.net/mchalsband2/la-nueva-cocina-cientifica

CIBRIÁN, Elena. Sales minerales y oligoelementos. [Consulta 30-7-2014]. Disponible a: http://www.elherbolario.com/noticia/1173/DIETA-SANA/Sales-minerales-y-oligoelementos.html

El laboratorio gastronómico. *Esferificación.* [Consulta: 28-7-2014]. Disponible a: http://www.ellaboratoriogastronomico.com/2008/10/24/esferificacion/

ESPINOSA, Rosa Maria. *La cocció al buit.* 2009. [Consulta: 16-9-2014]. Disponible a: http://www.menjasa.es/blog/la-coccio-al-buit/

Gastronomia Molecular*. Cuando la ciencia y la cocina se funden*. [Consulta: del 11-8-2014 al 15-8-2014]. Disponible a: http://gastromolecular.wordpress.com/category/tecnicas/

LUCIO, J.Luis. *Gelificaciones.* [Consulta: 2-8-2014]. Disponible a: http://luciojoseluis.blogspot.com.es/2013/09/gelificaciones.html

MANS, Claudi. *Lliçons d'estar per casa.* Mai llard, Maillard? [Consulta: 15-5-2014]. Disponible a: http://www.angel.qui.ub.es/mans/Documents/Textos/Mai%20llard%20Maillard.pdf

MUÑÍZ, Ana. *Goma Xantana E-415, extraños en tu dieta e intestino*. [Consulta:26-8-2014]. Disponible a: http://megustaestarbien.com/2012/01/25/goma-xantana-e-415-extranos-en-tu-dieta-e-intestino/

PÉREZ, Pilar. *Publicacions i experiencies al voltant de la cuina i la ciencia: una proposta coeducativa per a la química de batxillerat.* [Consulta: 6-4-2014]. Disponible a: http://www.xtec.cat/sgfp/llicencies/200607/memories/1707m.pdf

ROBLES, José Luis; LOWY, Ernesto. La corrala de la ciencia. El nitrógeno liquido en la cocina. [Consulta: 26-5-2014]. Disponible a: http://www.familymuseo.com/museo/nitrogeno.html

SALDAÑA, Ernesto.R. Cocina científica. *Reacción de Maillard.* [Consulta: 20-3-2014]. Disponible a: https://sites.google.com/site/cocina4ingenieros/ciencia-y-tecnologia/conceptos-basicos/Alimentacion/reaccion-de-maillard#TOC-Fases-de-la-reacci-n

SCENI, Paula; BAILAN, Maribela; REMBADO, Mabel. *Aplicaciones de la reacción de Maillard en productos panificados.* [Consulta: 28-3-2014]. Disponible a: http://www.grupoqda.org.ar/documentos/mayo_2010/Presentacion_reaccion_de_maillard.pdf

11. Annexos

11.1. Annex nº 1: Taula utilitzada pels volums de la solució tampó per un determinat pH.

146 APÉNDICE III

Tabla III.4 Algunos *buffers* estándar, intervalos de pH en los que son eficaces y efectos de la temperatura sobre el pH.[a]

Número	Nombre del *buffer*	Intervalo de pH	Temperatura	Δph/K
1	Glicina-HCl	1.2–3.4	Ambiente	0
2	Citrato de Na-HCl	1.2–5.0	Ambiente	0
3	Citrato de Na-NaOH	5.2–6.6	20°C	+0.004
4	Fosfato	5.0–8.0	20°C	–0.003
5	Ácido cítrico-fosfato	2.2–7.8	21°C	
6	Acetato	3.5–5.6	25°C	
7	Maleato de tris	5.2–8.6	23°C	
8	Tris-HCl	7.2–9.0	23°C	

[a] Modificado de la referencia 5.

amortiguadoras, que todavía no se han considerado, pueden modificar el pH del *buffer* y su capacidad de amortiguamiento. Estas son la concentración (la adición de un ácido o una base diluidos aumentará considerablemente el volumen total y cambiará el grado de disociación del *buffer*), la fuerza iónica y la temperatura. Asimismo, si el *buffer* que se utiliza es poliprótico, como el fosfato o el citrato, entonces tendrá más de un valor pK y ejercerá su función amortiguadora en más de una región.

Tabla III.5 Soluciones base y fórmulas para la preparación de *buffers*.

	Soluciones base para la preparación de *buffers*[b]		
Número[a]	A	B	Fórmulas para la preparación de *buffers*[c]
1	Glicina 0.1 M + HCl 0.1 M	HCl 0.1 M	x ml A + (100 – x) ml B
2	Citrato disódico 0.1 M (21.01 g de ácido cítrico monohidratado + 200 ml de NaOH 1 M diluidos a 1.0 l)	HCl 0.1 M	x ml A + (100 – x) ml B
3	Citrato disódico 0.1 M (21.01 g de ácido cítrico monohidratado + 200 ml de NaOH 1 M diluidos a 1.0 l)	NaOH 0.1 M	x ml A + (100 – x) ml B
4	Fosfato diácido de potasio 1/15 M	Fosfato disódico 1/15 M	x ml A + (100 – x) ml B
5	Ácido cítrico 0.1 M	Fosfato disódico 0.2 M	x ml A + (100 – x) ml B
6	Acetato de sodio 0.1 M	Ácido acético 0.1 M	x ml A + (100 – x) ml B
7	Maleato ácido de tris 0.2 M (24.23 g de tris + 23.21 g de ácido maleico diluidos a 1.0 l)	NaOH 0.2 M	25 ml A + x ml B diluidos a 100 ml
8	Tris 0.2 M (24.23 g de tris diluidos a 1.0 l)	HCl 0.1 M	25 ml A + x ml B diluidos a 100 ml

[a] Para identificar el *buffer* ver la tabla III.4.
[b] La solución base debe prepararse con agua destilada libre de CO_2 y productos químicos grado reactivo.
[c] Los valores de x se dan en la tabla III.6.

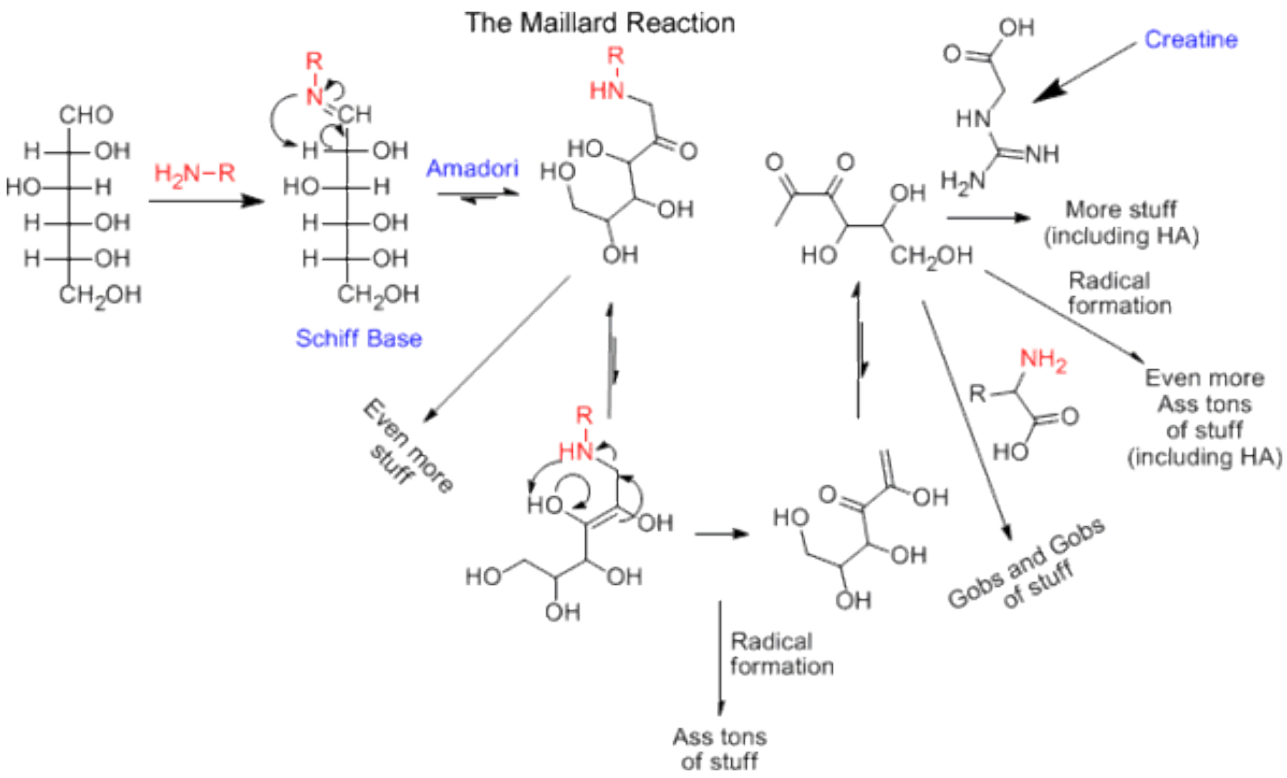
Tabla III.6 Valores de *x*.

	Número[a]							
pH	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1.2	11.1	9.0						
1.4	26.4	17.9						
1.6	36.2	23.6						
1.8	43.9	27.6						
2.0	50.7	30.2						
2.2	56.5	32.2			98.8			
2.4	62.3	34.1			94.5			
2.6	68.4	36.0			90.0			
2.8	74.4	37.9			85.1			
3.0	81.0	39.9			80.3			
3.2	86.2	42.1			76.0			
3.4	90.3	44.8			72.0			
3.6		47.8			68.4			
3.8		51.2			65.1	10.9		
4.0		55.1			62.0	16.6		
4.2		60.0			59.1	23.9		
4.4		66.4			56.4	33.5		
4.6		74.9			53.7	44.9		
4.8		85.6			51.2	56.6		
5.0		100.0		99.2	49.0	67.8		
5.2			87.1	98.4	46.9	76.8	3.2	
5.4			78.0	97.3	44.7	84.0	5.0	
5.6			70.3	95.5	42.4	89.3	7.3	
5.8			64.5	92.8	40.0		9.7	
6.0			60.3	88.9	37.4		12.4	
6.2			57.2	83.0	34.5		15.2	
6.4			54.8	75.4	31.4		17.9	
6.6			53.2	65.3	27.9		20.8	
6.8				53.4	23.5		22.2	
7.0				41.3	19.0		23.7	
7.2				29.6	13.8		25.2	44.7
7.4				19.7	9.8		26.7	42.0
7.6				12.8	6.8		28.6	39.3
7.8				7.4	4.6		31.2	33.7
8.0				3.7			33.9	27.9

[a] Para identificar el *buffer*, véase la tabla III.4.

Para comprender estos factores, es necesario repasar los conceptos de actividad y fuerza iónica. A medida que las soluciones se hacen más concentradas, los solutos empiezan a interactuar en formas que reducen sus concentraciones eficaces. Cuando esto sucede, la participación de un soluto en una reacción de equilibrio será inferior a la predicha a partir

11.2. Annex nº 2: Procés químic de la reacció de Maillard



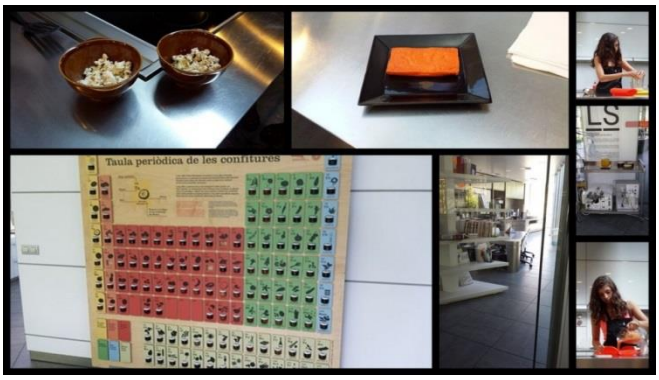
11.3. Annex nº 3: Visita a la fundació Alícia

La Fundació Alícia és un centre de recerca creat a l'any 2003 per Ferran Adrià però que no va obrir les seves portes fins al 2007. Es troba en el poble de Sant Frutiós del Bagès, concretament al monestir de Sant Benet del Bagès.

La seva funció és innovar en la cuina, millorar els hàbits alimentaris i realitzar estudis per entendre millor la historia de la alimentació i de la gastronomia. El gran objectiu de la fundació és no només realitzar un treball purament científic sinó també arribar als camps socials i culturals. El seu nom prové de les paraules Alimentació i Ciència i com diu el seu nom és un gran referent mundial per la síntesi que hi ha entre la ciència i la cuina.

Un dia em vaig decidir visitar la Fundació Alícia perquè vaig veure que per el meu treball de recerca seria interessant conèixer aquest espai dedicat a l'alimentació i la ciència, els dos temes que tracto en aquest treball.

Em van recomanar que fes la visita guiada dels caps de setmana i així ho vaig fer. Va consistir en una visita ràpida de les cuines (als laboratoris on es treballa no vam poder entrar) i una explicació en una altra sala. En aquest espai al voltant de les cuines vam veure una taula de confitures de les melmelades, on es relacionen els conceptes de química i cuina, i finalment vam poder veure la cuina on es duen a terme altres tallers. Seguidament vam seure en una sala on ens van explicar que és la fundació i en què consisteix. La part gastronòmica va arribar a continuació, on ens van ensenyar a fer tres receptes de cuina i poder sortir de voluntaris per dur-les a terme. Jo vaig sortit com a voluntària a la primera recepta, on hi ha fotografies a continuació.



Imatge 61. A dalt d'esquerra a dreta: unes crispetes, un pudin i jo realitzant un plat.

A baix de esquerra a dreta: un taula periòdica de melmelades, els laboratoris, una màquina i jo cuinant.

Finalment, ens van deixar tastar les nostres creacions.

Com a valoració em vaig sorprendre bastant perquè no era realment el què m'interessava pel treball. Vaig pensar que com és un centre de recerca relacionat amb alimentació i ciència ens ensenyarien alguna cosa de gastronomia molecular (alguna recepta on hi hagués una esferificació o alguna cosa semblant) o coses d'un nivell més avançat. Tot i així, va ser una gran experiència visitar un lloc on hi ha tant interès amb ciència i cuina i que es vulgui donar a saber al món.