

Treball de recerca

Ciència al servei de la cuina

Tutor: _____
2n Batxillerat
Institut Miquel Martí i Pol

Roda de Ter, desembre 2012

“Uno de los principales descubrimientos que se han producido en mi carrera durante estos últimos años ha sido el de la importancia de la física y la química entre los conocimientos que debe poseer un cocinero creativo”

Ferran Adrià

Agraïments

En primer lloc he de dir que aquest treball sense el suport de la família no hagués estat possible. En especial vull agrair al meu pare tot l'esforç que ha fet i tot el temps que ha dedicat en ajudar-me, també vull recordar que va ser ell qui em va animar a fer el treball sobre ciència i cuina. També a la meva mare, qui sempre ha estat darrere donant-me suport, proposant idees per millorar-lo i acompanyant-me a tot arreu on ha fet falta. Agrair també a la meva germana Macarena per ajudar-me a fer les correccions del treball i al meu germà David per acompanyar-me a Alicia i a Can Jubany a fer una part del bloc pràctic.

Tampoc hagués estat possible l'elaboració del treball sense l'ajuda del meu tutor. Moltes gràcies ***** per tot el temps que has dedicat en fer-me correccions al treball, resolent-me dubtes o simplement ajudant-me a posar les coses en ordre.

Vull donar les gràcies també a en David del restaurant Sambucus de Manlleu per oferint-me la seva cuina per poder realitzar la major part d'experiments del treball i per tota la generositat i interès mostrat a l'hora de fer els experiments. Gràcies per fer-me sentir com a casa!

Agrair també tot el suport rebut per part d'en Salvador Brugués en la confecció del treball, sobretot en l'àmbit del buit. Gràcies per resoldre'm tots els dubtes i a per proporcionar-me mitjançant vídeos i llibres informació sobre el tema.

Gràcies a tot el personal de la Fundació Alicia per deixar-me utilitzar les instal·lacions, per acollir-me i ajudar-me sempre que hi he anat. Però vull fer un agraïment especial a en Pere Castells per tot el suport que m'ha donat ja sigui a l'hora d'enfocar el treball, de resoldre'm dubtes o d'ajudar-me a liofilitzar.

Ja per últim, agrair també la generositat per part d'en Nandu Jubany i el seu equip de treball a l'hora de realitzar les pràctiques de l'esferificació i el nitrogen líquid.

Índex

I. Introducció	4
II. Bloc teòric	7
1. Textures	8
1.1. Els estats de la matèria: un nou punt de vista	8
1.2. Els sistemes dispersos	10
1.2.1. Gelificants	11
1.2.2. Escumants	14
1.2.3. Emulsionants	15
1.2.4. Espessidors	17
2. Processos	19
2.1. Reaccions de Maillard	19
2.2. Caramelització	22
2.3. Esferificacions	23
2.4. Nitrogen líquid	27
2.5. Osmosi	28
2.6. Oxidació	30
2.7. El buit: cuina i destil·lació	32
2.8. Congelació	39
2.9. Liofilització	40
III. Bloc pràctic	42
1. Reaccions de Maillard	43
2. Caramelització	45
3. Esferificació	47
4. Nitrogen líquid	49
5. Osmosi	51
6. Oxidació	52
7. Cuina al buit	61
8. Impregnació al buit	67

9. Congelació-----	68
10. Liofilització -----	69
IV. Conclusions -----	71
V. Referències bibliogràfiques -----	76

I. Introducció

Podria descriure'm a mi mateixa com una persona curiosa; personalment sempre m'he interessat molt per les explicacions científiques dels fets que ens envolten en el dia a dia. Així doncs, des del primer moment vaig saber que el meu treball de recerca havia d'estar relacionat amb l'explicació científica d'algun àmbit quotidià.

D'altra banda, des de ben petita he viscut envoltada de cuiners i gastrònoms degut a la professió del meu pare. A casa sempre s'ha cuinat molt i s'ha acudit amb freqüència al restaurant. Per tant, sempre he tingut molt pròxim tot allò que envolta el món culinari. Però el que realment m'ha fet despertar interès per aquest món durant els darrers anys, és la posada en escena de la cuina avantguardista. Sempre m'ha meravellat poder menjar una oliva líquida, xocolata amb la forma i textura de la sorra, una ostra amb gust de terra o una escuma de truita de patates.

És per aquest interès, la proximitat del món culinari i les ganes de saber què hi passa científicament parlant, que vaig decidir enfocar el meu treball de recerca en els processos químics que tenen lloc a la cuina. Com que gairebé tot allò que té lloc a la cuina té una explicació científica, vaig haver de seleccionar uns quants processos. Vaig trobar interessant estudiar les noves aplicacions de la ciència en la cuina avantguardista, però com que també m'agrada saber què és el que passa a la cuina tradicional, vaig decidir escollir alguns processos avantguardistes i d'altres que tenen lloc a la cuina tradicional.

Tot i que, gairebé totes les operacions culinàries tenen una explicació científica, la cuina i la ciència sempre s'han considerat dos móns diferents, i històricament rarament s'han unit o ajudat. Segurament això és degut a que els objectius i mètodes de les dues disciplines són a priori completament diferents.

Durant els darrers anys, però, s'han produït un seguit de col·laboracions científiques en el món culinari. La ciència i la tecnologia s'han posat al servei de la cuina. La raó d'aquest canvi ha estat ben senzilla: el món gastronòmic ha vist que podia treure profit del coneixement dels processos científics que tenen lloc durant les operacions culinàries. Fins fa poc, els professionals del món de la cuina utilitzaven el mètode tradicional d'assaig-error; actualment la col·laboració científica en aquest àmbit els ha facilitat molt la feina.

En aquest treball de recerca, pretenc explorar la relació que mantenen aquestes dues disciplines i experimentar algunes de les múltiples aplicacions científiques a la cuina. Amb aquest objectiu, he escollit alguns processos culinaris ben diferents entre sí, que van des dels més tradicionals fins als més avantguardistes i n'he buscat la seva explicació científica. Mitjançant la recerca d'informació i l'experimentació científica, amb aquest treball vull demostrar com la relació entre ciència i cuina permet explicar processos culinaris quotidians, perfeccionar-los i crear noves tècniques.

El treball es troba dividit en dos grans blocs: el bloc teòric i el bloc pràctic. El bloc teòric inclou dos subapartats, el primer està dedicat als conceptes que fan referència a les textures dels aliments, i el segon està dedicat als processos culinaris. Per realitzar aquest primer bloc, m'he basat sobretot en la recerca d'informació en fonts escrites com articles de divulgació científica, llibres i internet. Tanmateix, sempre he pogut comptar amb l'ajuda de fonts orals, gràcies a les quals he aconseguit resoldre la majoria de dubtes. El segon bloc consisteix en la posada en pràctica dels processos culinaris explicats en el bloc teòric sobre una poma, i en l'observació dels processos químics que hi tenen lloc. Abans de començar a treballar, vaig decidir aplicar tots els processos sobre un únic aliment per tal de delimitar més el treball, i alhora veure l'àmplia gamma d'aplicacions culinàries que es poden emprar en un sol aliment. Així doncs, vaig buscar aliments en els quals fos possible aplicar-hi tots els

processos escollits, i el que em va semblar més adequat degut a les seves característiques va ser la poma.

Malgrat que en termes generals, ha estat molt satisfactòri, durant la seva elaboració m'han sorgit alguns problemes. En primer lloc, quan vaig voler començar a treballar-hi, em vaig adonar que el tema era massa ampli (al principi també volia incloure-hi algunes tècniques de conservació i descriure algunes propietats dels aliments), i que l'objectiu era poc concret. Així doncs, juntament amb el suport del meu tutor vaig decidir reduir el tema a l'estudi de processos i textures. En segon lloc, dir que les tècniques culinàries del nitrogen líquid i de les esferificacions, són dues aplicacions poc emprades; són processos cars que només poden dur-lo a terme grans restaurants per tal que siguin rendibles. Gràcies a la col·laboració d'en Nando Jubany, del restaurant Can Jubany de Calldetenes, i del seu equip de treball, he pogut realitzar una pràctica amb nitrogen líquid i una altra d'esferificació inversa i observar-ne els seus efectes sobre un producte alimentari. No obstant això, he hagut de fer una petita modificació en el plantejament inicial del bloc pràctic: en comptes de congelar amb nitrogen líquid i esferificar una poma, he hagut de fer-ho amb altres productes que utilitzen habitualment al restaurant.

Per elaborar aquest treball, vaig, en primer lloc elaborar un índex provisional en el qual sempre m'he basat a l'hora de redactar. En segon lloc vaig buscar, comprar i demanar llibres i articles de divulgació científica que parlessin del tema ciència i cuina. També vaig parlar amb gent especialitzada en el tema, com en Salvador Brugués, cuiner i professor de l'Escola d'Hostaleria de Girona i en Pere Castells, químic i responsable del Departament de Recerca de la Fundació Alícia, per tal d'aconseguir una millor orientació. Tot seguit vaig escriure la part teòrica i, una vegada informada de com tenen lloc els diversos processos, vaig dur a terme la part pràctica, que posteriorment vaig redactar.

BLOC TEÒRIC

II. Bloc teòric

1. Textures

El terme **textura dels aliments** s'utilitza per definir un conjunt de propietats molt diverses. És un concepte que inclou el comportament del producte sotmès a la trituració per les dents, la seva duresa, el seu pas per la boca, la granulometria, la variació de les propietats segons la temperatura, l'adhesió del producte a les mucoses bucals, així com molts d'altres aspectes encara no suficientment estudiats. La caracterització **reològica**¹ dels productes és una de les aproximacions més útils per a la comprensió del concepte de textura i és un camp de recerca aplicada molt important.

1.1. Els estats de la matèria: un nou punt de vista

Els aliments, com tot el què és matèria, poden trobar-se en diferents estats o fases, que varien segons el procés culinari que els apliquem. En física i en química, un estat de la matèria correspon a una sèrie d'estats macroscòpics que tenen un conjunt de propietats físiques i químiques relativament uniformes. Que la matèria es trobi en un estat o altre depèn de l'atracció entre les diferents partícules (àtoms, molècules) que la formen i, per tant, de la intensitat amb la que actuen aquestes forces.

L'esquema elemental dels estats de la matèria és el de sòlid, líquid i gas, en el qual es defineix que un sòlid té volum i forma propis, que un líquid pot canviar de forma però no de volum i s'adapta al recipient i que un gas no té ni forma ni volum propis i omple el recipient que el conté. Aquesta classificació es basa en dos criteris: el manteniment o no de volum i l'adaptabilitat al recipient, que depèn de la capacitat de fluir de la substància. Segons aquest esquema, els canvis d'estat relacionats amb el subministrament o pèrdua de calor són els de

¹ Reologia: ciència que mesura i caracteritza les propietats de deformació i flux de les substàncies.

fusió i solidificació, vaporització i condensació, i sublimació i sublimació inversa. També sabem, que les temperatures de canvi d'estat són pròpies de cada substància.

Aquest esquema conceptual de sòlid-líquid-gas amb els punts de fusió i ebullició ben definits no és aplicable a quasi cap de les substàncies quotidianes. De molts cossos –la major part d'aliments, per exemple- és impossible decidir si es tracta d'un sòlid o un líquid. La majoria d'aquestes substàncies de difícil classificació són barreges, normalment molt complexes. Com més elevat és el nivell de complexitat de la barreja, més complexes seran les seves propietats.

Veient que la classificació sòlid-líquid-gas és d'aplicabilitat molt reduïda, es fa necessari classificar les substàncies des del punt de vista de l'estructura atòmico-molecular. Podem utilitzar dos criteris:

El primer és el **grau d'ordenació de les seves partícules**. Segons això, trobem tres grans grups d'estats:

- Estats **desordenats**: no tenen ordre aparent a mitja i llarga distància.
- Estats **d'ordre intermedi**: tenen un cert ordre a mitja distància, formant-se agregats estructurats, però sense ordre entre ells.
- Estats **ordenats**: presenten regularitat a curta, mitja i llarga distància.

El segon criteri és el **grau de compactat de la matèria**, és a dir, fins a quin punt estan properes les partícules entre sí. Segons això, trobem matèria condensada i matèria no condensada.

		Grau de condensació	
		BAIX	ALT
Grau d'ordenació	BAIX	gas	líquids i sòlids amorfs
	MIG	–	mesofases
	ALT	–	sòlid cristal·lí

-Figura 1: taula dels diversos estats de la matèria segons els anteriors criteris. Claudi, M. Flams.

LLIÇONS d'estar per casa. -

1.2. Els sistemes dispersos

La gran majoria de les substàncies que tractem de manera quotidiana són barreges més o menys complexes. En aquest cas, el més senzill és classificar-les tenint en compte el seu grau d'heterogeneïtat. Segons aquest criteri, poden tenir mescles homogènies (dissolucions) i mescles heterogènies, passant per tot tipus de sistemes dispersos.

Un col·loide, sistema dispers o dispersió col·loïdal, és una barreja en què hi ha una fase contínua normalment líquida, aquosa o oliosa, i una altra fase, oliosa o aquosa, o sòlida o gasosa dispersa en la primera en forma de gotetes, de partícules o de bombolletes. Són sistemes dispersos les emulsions, suspensions, aerosols, fums, etc. Es tracta d'un entremig entre una dissolució² i una suspensió³, però, a diferència d'aquesta última, un col·loide és estable (les fases no es separen en reposar). De fet, els sistemes dispersos són les barreges més abundants.

En la següent taula es recullen els diferents tipus de col·loides segons l'estat físic de les seves fases contínua i dispersa:

		Fase dispersa		
		Gas	Líquid	Sòlid
Fase contínua	Gas	No és possible perquè tots els gasos són solubles entre ells	Aerosol líquid Ex: laca	Aerosol sòlid Ex: fum
	Líquid	Escuma	Emulsió	Sol

² Dissolució: formada per una fase dispersa anomenada solut i un medi dispersant denominat dissolvent.

³ Suspensió: mescla entre un líquid i partícules no solubles, que precipiten al fons.

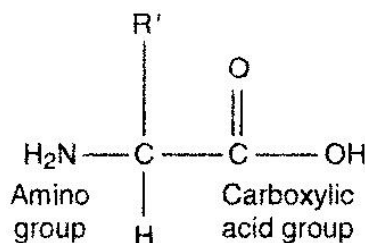
		Ex: nata muntada	Ex: maionesa	Ex: pintura
	Sòlid	Escuma sòlida Ex: pa de pessic	Gel Ex: gelatina	Sol sòlid Ex: vidre

- Figura 2: taula dels diferents tipus de col·loides segons l'estat físic de les seves fases contínua i dispersa -

1.2.1. Gelificants

Un gel és un sistema dispers bicontinu d'un líquid en un sòlid que es caracteritza per la creació d'una estructura de xarxa tridimensional similar a una esponja. A la cuina, els gels són formats per gelificants que provenen de:

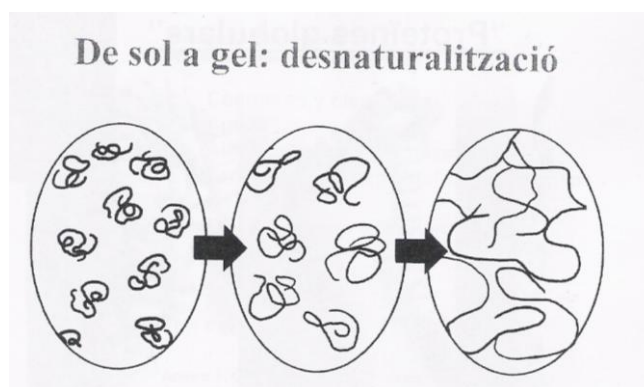
- La desnaturalització de certes proteïnes: les proteïnes estan formades per unes molècules anomenades aminoàcids, que, com el seu nom indica, contenen en un extrem un grup amino (NH_2) i a l'altre extrem un grup àcid ($-\text{COOH}$). En definitiva, les proteïnes són llargues cadenes d'aquests aminoàcids amb una disposició tridimensional molt complexa. Podem distingir quatre nivells estructurals segons la disposició de la



- Figura 3: model fonamental d'un aminoàcid -

proteïna: **estructura primària** (seqüència dels diversos aminoàcids, la proteïna no sol ser funcional en aquest nivell), **estructura secundària** (disposició en l'espai de l'estructura primària formant una estructura helicoïdal, s'estableix per les afinitats i els enllaços dèbils), **estructura terciària** (mostra com es doblega l'estructura secundària, es tracta d'un plegament tridimensional. Podem trobar proteïnes fibroses o globulars) i **estructura quaternària** (només l'adquireixen les proteïnes formades per

dues o més cadenes). L'estructura original de la proteïna ve determinada per la seva seqüència d'aminoàcids, però és molt sensible als canvis de l'entorn. Aquests canvis provoquen una modificació de l'estructura de la proteïna que passa a adquirir nivells d'estructura inferiors. Aquest procés és conegut com la desnaturalització, la qual comporta la pèrdua de l'activitat biològica de la proteïna, que és irreversible si ha estat molt sever o reversible en el cas que es pugui recuperar la conformació de la proteïna. Algunes d'aquestes proteïnes, al ser desnaturalitzades, formen gelatina, com és el cas del col·lagen, present a la majoria de teixits animals. En el cas de la cuina, la desnaturalització de les proteïnes es provoca per mitjà del subministrament de calor, que provoca un augment de la temperatura. Per exemple quan li proporcionem calor a la clara d'ou, aquesta es desnaturalitza i passem de tenir un líquid -tècnicament i segons la taula anterior un sol-, a obtenir una estructura sòlida, que tècnicament és un gel; seria el cas de la cocció d'una truita. No obstant això, hi ha altres vies de desnaturalitzar les proteïnes dels aliments. N'és un exemple l'acidificació de la llet (elaboració de quallada), o l'aplicació de productes deshidratants com l'alcohol.



- Figura 4: Desnaturaizació de proteïnes, que perden la seva estructura terciària. *SFERIFICACIONES Y MACARRONES* -

- La hidratació de diversos hidrocoloïdes: un hidrocoloïde és una proteïna o hidrat de carboni complex que té la capacitat d'atrapar aigua, provocant la formació de gels. Els hidrocoloïdes en cuina, són el que anomenem gelificants, és a dir, productes que donen una textura a un aliment mitjançant la formació d'un gel. Els gelificants més comuns són els següents:

Carbohidrats

- **Metilcel·lulosa:** es prepara a partir de la cel·lulosa, polisacàrid principal de la fusta i de les estructures vegetals. S'utilitza com a additiu alimentari amb funcions de gelificant, emulsionant, espessidor(*) i estabilitzador⁴.
- **Goma Gellan:** és un tipus de fibra utilitzada com a gelificant i estabilitzador. Prové de la fermentació d'hidrats de carboni amb el bacteri *Sphingomonas elodea*.
- **Pectines:** és una substància vegetal formada per àcids de cadena llarga, més o menys esterificats amb metanol. Provenen principalment dels residus de les pomes o l'escorça de fruits cítrics. S'utilitza com a gelificant, espessidor (*) i estabilitzador d'aliments.
- **Carragenat iota:** del tipus fibra, extret d'algues vermelles i utilitzat com a gelificant, espessidor(*) i estabilitzador.
- **Alginats sòdic:** Sal orgànica tipus fibra utilitzada com a gelificant, espessidor(*) i estabilitzador. S'extreu mitjançant un tractament d'algues brunes amb carbonat sòdic que trobem als mars i oceans d'aigües fredes.

⁴ Estabilitzador d'aliments: s'utilitzen per mantenir l'aspecte i la textura d'aliments com ara salses, batuts, gelats, etc.

- **Agar-agar:** Tipus fibra que s'utilitza com a gelificant. S'extreu mitjançant un tractament fisicoquímic de les algues vermelles tipus *Gelidium* i *Gracilaria*.

(*) *vegeu apartat 1.2.4*

Proteïnes

- **Gelatina (fulles o pols):** es tracta d'una mescla de proteïnes solubles en aigua utilitzades tradicionalment com a gelificants.. S'obté per separació fisicoquímica a partir del col·lagen d'origen animal, per exemple el que contenen ossos o pells de porc o de vedella.

Normalment, el gels en escalfar-los perden l'estructura de gel i es converteixen en una mescla líquida. Aquests són anomenats gels termo-reversibles i n'és un exemple l'agar-agar. Però no sempre és així, també podem trobar un tipus de gels, els termo-irreversibles, que en rescalfar-los mantenen la seva estructura; això és el que li passa a l'alginat de sodi.

1.2.2. Escumants

Científicament parlant, una escuma és un sistema dispers format per una fase dispersa que és el gas tancat en unes petites bombolles, envoltades de líquid (escuma líquida); un exemple seria la nata muntada. També es pot tractar d'un gas que es troba en bombolles envoltades per un sòlid; en són exemples el pa o els pans de pessic (escumes sòlides). En l'argot culinari, una escuma és una elaboració de textura generalment molt lleugera, flonja i airejada, obtinguda, tradicionalment a partir d'un puré o un líquid gelatinat; a la cuina moderna, s'obté el mateix resultat introduint els ingredients en un sifó (estri culinari que consisteix en un recipient metàl·lic capaç de suportar certa pressió, el qual

s'omple amb un producte pastós o líquid, se li subministra un gas a pressió - normalment N_2O - i s'aconsegueix obtenir escuma del producte). Les escumes poden ser fredes o calentes. Existeixen també productes que fan possible

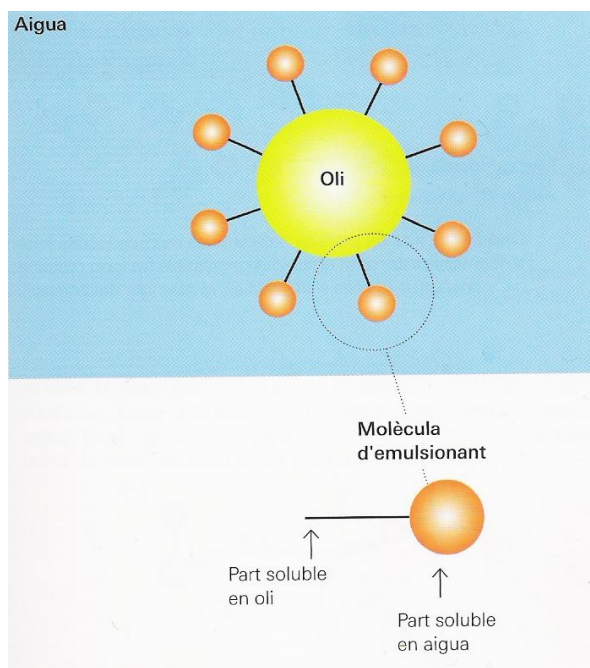


- Figura 5: escuma líquida generada per una clara d'ou muntada -

formar una escuma a partir d'un aliment líquid; són els anomenats escumejants o escumosos. Alguns exemples són la Quil·laia (extracte de l'arbre *Cinconia quillaia*), la **glicirizina** que conté la regalèssia, i, en general, totes les saponines i alguns aminoàcids.

1.2.3. Emulsionants

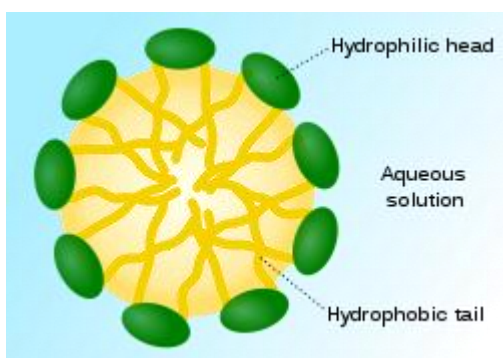
Són sistemes dispersos formats per dos líquids no miscibles⁵. En una emulsió cal distingir dues fases, la interna (dispersa) i l'externa (contínua); la fase interna la formen gotes submergides en la fase externa, anomenada també matriu. Sovint, una de les fases és aquosa i l'altra una matèria grassa; són exemples d'emulsions la maionesa, l'allioli, la vinagreta, la mantega, la nata líquida i els gelats. Nosaltres, notem una sensació més greixosa en ingerir



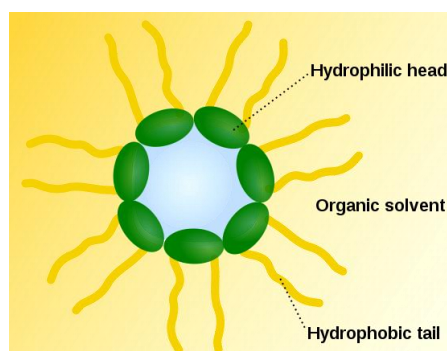
- Figura 6: estructura molecular d'una emulsió-

⁵ Miscibles: és possible barrejar-los a nivell molecular.

emulsions on la fase externa és l'oli o greix, degut a que és la primera fase que toca la boca. Les emulsions en què el medi de dispersió és l'aigua, són més fàcilment contaminables per microbis (ex: maionesa), en canvi, les que tenen com a medi de dispersió l'oli, no necessiten conservants, ja que els microbis no poden travessar la capa greixosa per arribar a l'aigua (medi on es desenvoluparan). L'estabilitat d'una emulsió és possible gràcies als emulsionants, que són substàncies que tenen una part soluble en aigua i una altra soluble en oli. Aquesta característica els permet situar-se a la frontera entre els dos líquids, orientant la part més afí a cada fase i així rebaixar la tensió superficial⁶.



-Figura 7: Micel·la en una solució aquosa-



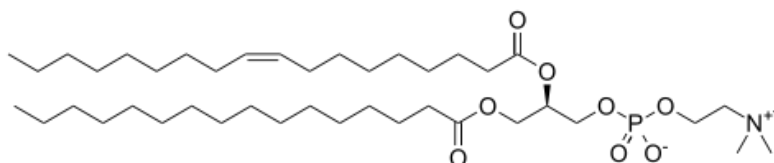
- Figura 8: Micel·la en un dissolvent orgànic-

Els emulsionants més comuns a la cuina són els següents:

- **Sucroèsters:** són glúcids produïts a partir del glicerol i altres àcids naturals. Tot i que normalment són d'origen vegetal, també en trobem d'origen animal. Actuen també com a estabilitzadors.

⁶ Tensió superficial: conjunt de forces generades a la superfície d'un líquid en contacte amb un altre medi. Els emulsionants disminueixen aquesta tensió i permeten la barreja de líquids no miscibles i, com a conseqüència, la formació d'una emulsió.

- **Monoglicèrids i diglicèrids:** resulten de l'esterificació d'una o dues molècules d'àcids grassos a una molècula de glicerol. Podem trobar-los en forma d'olis, mantegues i sèus.
- **Lecitines:** és l'emulsionant més utilitzat. És un lípid format a partir d'una colina, d'un fosfat, d'un glicerol i de dos àcids grassos (saturats o insaturats), també s'anomena fosfatidilcolina.



- Figura 9: exemple de lecitina (amb un dels àcids grassos saturat i l'altre insaturat) -

A banda d'aquests exemples, trobem molts aliments que, de forma natural, ja contenen en la seva composició components emulsionants; en són exemples els ous, la soja i la llet.

1.2.4 Espessidors

Les substàncies poden ser més o menys espesses segons la seva viscositat, és a dir segons la resistència que ofereixen a fluir. Com més viscosa sigui la substància, major resistència oferirà a fluir i més espessa serà.

Els espessidors són substàncies que augmenten la viscositat d'un aliment en estat líquid. Això és degut a les seves propietats hidrocol·loides. Els espessidors més comuns són els següents:

- **Xantana:** és un polisacàrid produït per la fermentació de la glucosa i de la sacarosa del blat pel bacteri *Xanthomonas campestris*.
- **Guar:** és un polisacàrid de reserva nutricional que contenen les llavors de la planta lleguminosa *Cyamopsis tetragonoloba*. És soluble en aigua. S'utilitza com a additiu

- **Garrofi:** goma vegetal de galactomanana que s'extreu de les llavors del garrofer. És soluble en aigua calenta. El seus components són polisacàrids hidrocol·loïdals d'alt pes molecular, generats per unitats de galactosa i manosa combinades amb enllaços glucosídics.
- **Midons:** homopolisacàrid amb funció de reserva energètica en les cèl·lules vegetals, format per amiloses i amilopectines (cadena formada per glucoses).

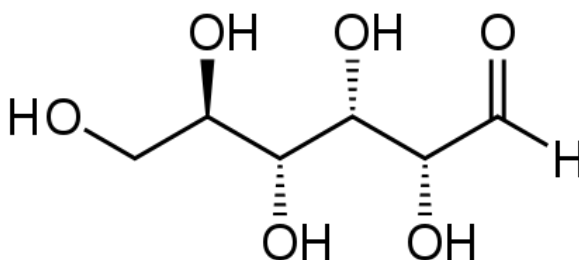
2. Processos

2.1. Reaccions de Maillard

En ciència, és habitual donar a un producte, a una llei, a un fenomen, a una malaltia o a una reacció el nom del científic que l'ha descobert i/o estudiat. A partir de 1912, el metge i farmacèutic francès Camille Maillard, va ser qui va estudiar durant molt temps les reaccions que tenien lloc entre un aminoàcid i un sucre reductor⁷ quan se sotmetien a temperatures elevades. Així doncs, aquestes reaccions són les anomenades reaccions de Maillard.

Es tracta d'un seguit de reaccions molt complexes que tenen lloc durant la cocció d'alguns aliments i que en provoquen el seu enfosquiment i la obtenció de productes més gustosos. Així doncs, freqüentment en els fregits, els rostits o menjars fets al forn o a la planxa. Però mai tindran lloc en els bullits ni els aliments cuits al microones, ja que les temperatures assolides no són prou altes. En trobem, per exemple, en la cocció d'un tall de carn en el qual podem apreciar perfectament el canvi de color i d'aroma de l'aliment; el mateix passa en les patates fregides, en la cocció del pa i la del cafè. Les reaccions de Maillard tenen lloc entre un grup aldehid o cetona que prové del sucre i un grup amino, que prové dels aminoàcids que formen les proteïnes de l'aliment.

Primerament, elevar la temperatura de l'aliment per sobre de 130° C, té lloc la descomposició dels sucres o hidrats de carboni més complexos en sucres reductors, és a dir amb un grup >C=O (grup



- Figura 10: glucosa reduïda -

⁷ Sucre reductor: sucre que té un grup carbonil lliure i per tant té facilitat en oxidar-se.

carbonil) lliure. Per exemple, la sacarosa o sucre de canya, que no té grups reductors, es descompon en fructosa i glucosa, que sí que en tenen. Al mateix temps, les proteïnes es degraden en aminoàcids, el grup amina ($-NH_2$), exemple d'aminoàcids, dels quals reaccionarà amb el $>C=O$ dels sucres. Seguidament, tindrà lloc la fase anomenada reordenament d'Amadori, que és una isomerització, és a dir, un canvi en l'estructura de les molècules sense que n'hi intervinguin de noves; aquestes donaran lloc a noves molècules que encara no repercutiran en l'enfosquiment de l'aliment. Finalment, la tercera etapa és la descomposició dels productes d'Amadori, en la qual les molècules reaccionen entre sí i els productes són molt diversos; trobem molècules volàtils* i de pes molecular baix, responsables que el producte obtingut sigui més gustós, i molècules amb pigments, d' elevat pes molecular, responsables de la coloració del producte obtingut.

Es tracta, doncs, d'un conjunt de reaccions consecutives, que té lloc entre tot tipus d'aminoàcids i sucres reductors. Si considerem que en un mateix aliment hi pot haver diferents tipus d'aminoàcids i sucres reductors, és fàcil d'entendre que la quantitat de compostos finals que podem arribar a trobar és immensa. Actualment, s'han detectat més de mil compostos volàtils que contribueixen als flavors⁸ i al color fosc obtingut. El resultat final dependrà doncs de factors tan diversos com:

- **El tipus de sucre que hi intervén:** sabem que depenent del tipus de sucre que hi intervingui la reacció serà més o menys intensa, per exemple si es tracta d'un monosacàrid la reacció serà més intensa que si es tracta d'un polisacàrid.

⁸ Flavor: impressió que causa un aliment que ve determinada principalment per sensacions químiques detectades pel gust (llengua) i per l'olfacte (olor).

- **El tipus d'aminoàcid que hi intervé:** podem classificar els aminoàcids segons la seva composició química. El tipus d'aminoàcid determinarà l'aroma i el color del producte obtingut. Sabem, per exemple, que els anomenats aminoàcids bàsics (degut al seu pH), són els més reactius i per tant els que proporcionaran més color a l'aliment.
- **Concentració dels dos substrats:** per tal que tingui lloc la reacció de Maillard, és necessària la presència de aminoàcids i sucres, com més elevada sigui la concentració d'aquests substrats, més intensa serà la reacció.
- **Temps i temperatura de cocció:** tot i que les reaccions de Maillard, poden donar-se a temperatura ambient, les altes temperatures n'augmenten la velocitat. Tanmateix, temperatures massa elevades poden provocar la formació de substàncies tòxiques i perjudicials per a l'organisme. Tant el temps com la temperatura són dos factors que influeixen en les aromes obtingudes. A més a més, en augmentar el temps de cocció, s'augmenta l'abast de la reacció.
- **El pH:** la velocitat de reacció augmenta en pH alcalins ($\text{pH} > 7$) i disminueix en medis àcids ($\text{pH} < 7$).
- **Presència d'inhibidors:** a vegades podem trobar certes substàncies en el substrat que funcionin d'inhibidors, la qual cosa significa que provoquen un retard en l'aparició de la coloració dels productes.

Les reaccions de Maillard poden generar productes o substàncies tòxiques que comporten diversos inconvenients per a la salut en ingerir l'aliment. Per exemple, aquells aliments com les patates o els cereals que contenen en la seva composició l'aminoàcid asparagina, de fórmula $\text{H}_2\text{N}-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-$

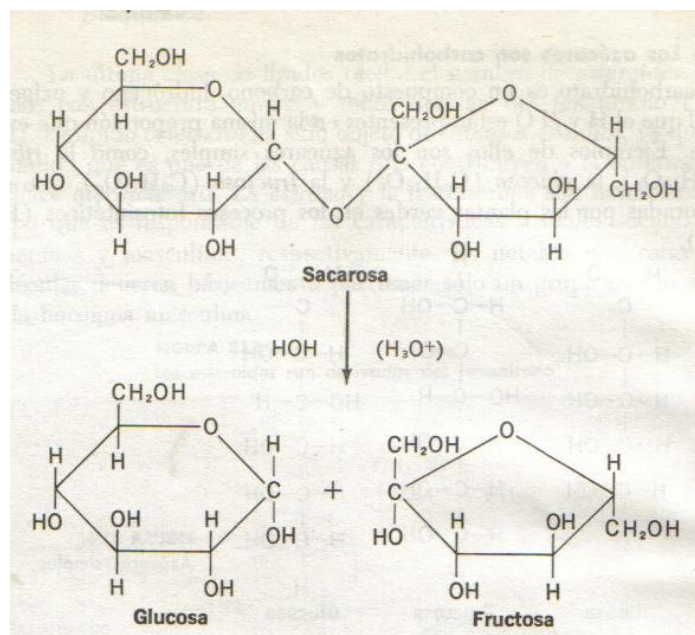
COOH , donen lloc a un compost de fórmula $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}-\text{NH}_2$, anomenat acrilàmida, que tot i que encara no es coneixen del tot els valors perillosos per als humans, se sap que en rates, una dosi de 0,004 mg/kg ja presenta efectes negatius. La reacció de formació d'acrilàmida té lloc a partir de 120°C i s'incrementa molt a partir de 170°C. Trobem aquest compost sobretot en productes que han patit reaccions de Maillard a altes temperatures com les patates fregides, les galetes, els cereals d'esmorzar o el pa. També sabem que els productes finals avançats (amb excés de cocció) de les reaccions de Maillard, poden associar-se amb la malaltia de l'Alzheimer.

Les reaccions de Maillard, a més a més, comporten la pèrdua d'alguns aminoàcids essencials del producte i l'aparició de compostos reductors que frenen la descomposició i ajuden en la conservació de l'aliment en qüestió.

2.2. Caramel·lització

Igual que en les reaccions de Maillard, la reacció de caramel·lització té com a conseqüència principal l'aparició de compostos foscos de color caramel i molt gustosos. Aquestes reaccions tenen lloc en la descomposició de sucres oligosacàrids, formats per cadenes de dos a deu monosacàrids units per enllaços glucosídics (els més comuns són els disacàrids, n'és un exemple el sucre de canya o sacarosa). Aquests oligosacàrids es descomponen en els respectius monosacàrids que es troben els formen.

El disacàrid que caramel·litzem amb més freqüència és la sacarosa, que a partir dels 80°C es descompon en fructosa i glucosa, alliberant com a conseqüència de la reacció molècules d'aigua.



- Figura 11: procés de descomposició de la sacarosa en glucosa i fructosa -

Quan la temperatura arriba a 185°C, els monosacàrids reaccionen entre sí i s'observa a simple vista la formació d'un líquid transparent que, seguidament, va espessint-se, tornant-se de color groc, marró i negre, i la viscositat del qual va augmentant. El producte obtingut és l'anomenat caramel, format per polímers i carbó, i de gust amarg i dolç.

Si aquestes reaccions tenen lloc en un medi aquós, el que n'obtidrem com a conseqüència serà l'anomenat almívar, líquid transparent la consistència del qual va des de la d'un líquid gairebé tan fluid com l'aigua fins un a la d'un caramel dur i trencadís, fet que depèn de la saturació de sucre en l'aigua i del temps de cocció.

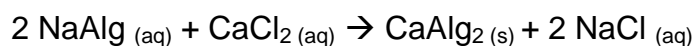
2.3. Esferificacions

En sentit etimològic, el mot esferificació significa *convertir en una esfera*. Així doncs, aquesta tècnica avantguardista, que va ser creada al Bulli l'any 2003, es basa en la creació d'una esfera líquida recoberta d'una capa gelatinosa.

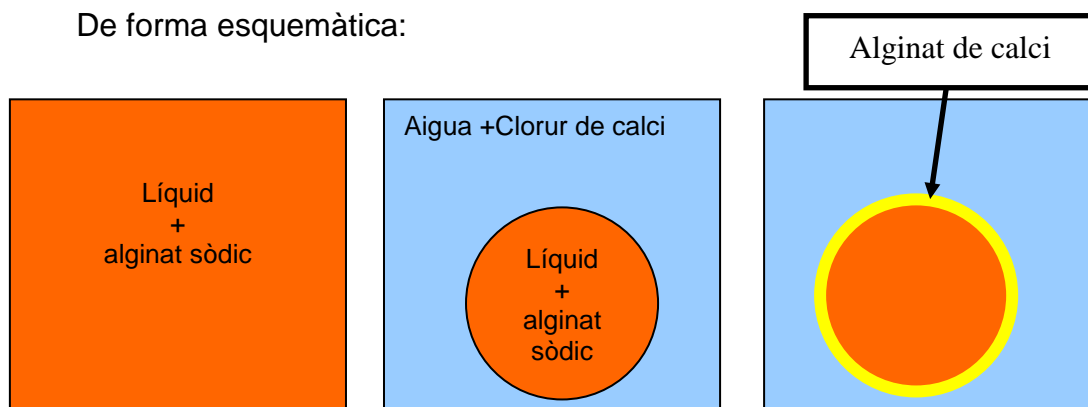
Qualsevol líquid té tensió superficial⁹, de manera que en absència de forces tendeix a agafar una forma esfèrica. Així doncs, en una esferificació s'intenta aprofitar aquesta qualitat dels líquids per obtenir esferes. El principi bàsic de l'esferificació és l'obtenció d'alginat de calci (gel flexible i resistent) que formarà la capa exterior de l'esfera creada.

Trobem tres tipus d'esferificació:

- Esferificació bàsica o directa: per fer una esferificació bàsica, cal que l'alginat es trobi en el líquid que es vol esferificar i la sal de calci en un bany exterior (amb aigua). D'aquesta manera, el gel es forma quan els dos líquids estan en contacte, creant una membrana que conté el líquid al seu interior. La reacció química que té lloc en el procés és la següent:



De forma esquemàtica:



- Figura 12: esquema de l'esferificació directa *SFERIFICACIONES Y MACARRONES* –

Aquesta aplicació malgrat tenir múltiples aplicacions presenta alguns inconvenients:

El primer és que el líquid, un cop es treu del bany de clorur de calci, queda capturat a la membrana exterior i, a poc a poc, va penetrant dins

⁹ Tensió superficial: és una manifestació de les forces intermoleculares a l'interior dels líquids.

l'esfera tot gelificant-la. Així, doncs, s'ha de consumir immediatament si no volem que l'esfera perdi la textura líquida del seu interior.

En segon lloc, un pH àcid provoca la destrucció total o parcial de les cadenes d'alginat, de manera que cal treballar amb un pH superior a 4. Per aconseguir en els ingredients un pH superior a 4 s'utilitza el citrat sòdic, obtingut a partir dels cítrics.

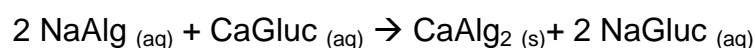
Per últim, aquells aliments que contenen calci en la seva composició, constitueixen un problema per l'alginat, ja que en entrar en contacte l'aliment amb l'alginat, gelifica el líquid interior, fet que no interessa gens. La solució a aquest problema ha estat l'esferificació inversa que expliquem a continuació.

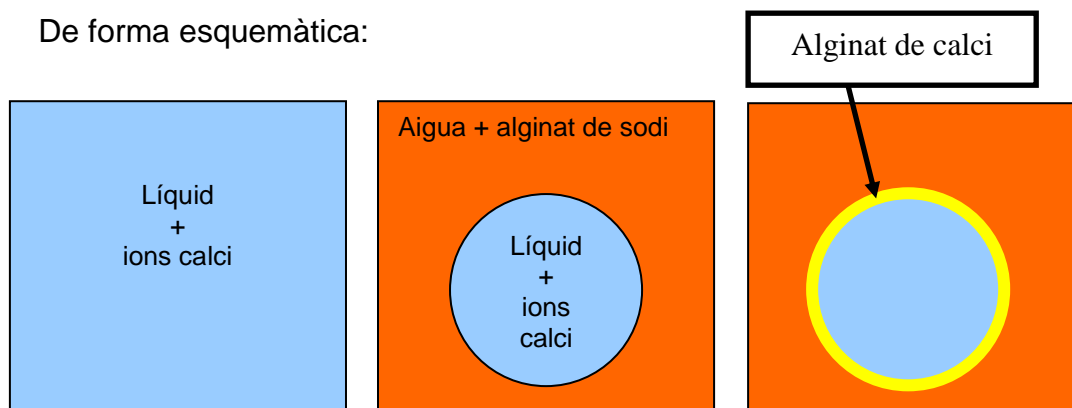
- Esferificació inversa: després d'uns anys d'emprar l'esferificació bàsica, degut al problema prèviament esmentat que presentaven alguns aliments com els làctics que contenen calci en la seva composició, va aparèixer aquesta nova tècnica d'esferificació: **l'esferificació inversa**.

Si en l'esferificació bàsica s'introduïa alginat sòdic en un bany de clorur de calci, en l'esferificació inversa l'alginat sòdic actua en dissolució en el medi exterior, mentre trobem ions de calci en el líquid que es vol esferificar, presents en la composició del mateix aliment (per exemple si es tracta d'un làctic) o bé introduïts afegint al líquid gluconolactat de calci.

A més a més, aquest tipus d'esferificació també ens permet controlar la gelificació degut a que l'alginat no penetra dins l'esfera i per tant aquesta només té lloc a la superfície.

No obstant això, la reacció que s'ocasiona és la mateixa ja que només canvia el lloc d'origen del calci:





-Figura 13: esquema de l'esferificació inversa-

Tanmateix, aquesta esferificació també presenta un problema: la dissolució d'alginat exterior és més densa que la del gluconolactat de calci interior, fet que suposa una dificultat en la submersió total de l'esfera. És per això que es sol introduir en el líquid que es vol esferificar un espessidor (per exemple la xantana) per tal d'augmentar-ne la seva densitat i permetre així que l'esfera se submergeixi i esferifiqui per complet.

- Esferificació emmotllable: tal i com el nom indica, es tracta d'un tipus d'esferificació que permet donar la forma desitjada al producte final. Això s'aconsegueix afegint al líquid que es vol esferificar un gelificant termo-reversible que a temperatura ambient es trobarà en estat sòlid i per tant es podrà donar la forma desitjada al gel que posteriorment s'esferificarà de la mateixa manera que en els altres dos casos i finalment s'escalfarà perquè el gel interior es torni líquid (el gel d'alginat de calci de la capa externa és termo-irreversible i per tant es mantindrà sòlid tot i la transferència de calor).

2.4. Nitrogen líquid

El nitrogen és un element químic que es presenta, normalment, en forma de gas. És el component majoritari de l'aire (78%) i s'utilitza com a additiu conservant. No obstant, quan està a una temperatura compresa entre els -196°C i els -210°C es troba en estat líquid. Quan la temperatura és inferior a -210°C el nitrogen es converteix en un sòlid. Així doncs, el nitrogen líquid s'obté per una destil·lació de l'aire i tot seguit es refreda a les temperatures prèviament esmentades.

El nitrogen líquid es caracteritza per ser un congelant immediat i degut a aquesta capacitat que té per congelar en un període molt curt de temps, en els últims anys ha esdevingut una de les tècniques més impactants a la cuina moderna, tant en aplicacions salades com dolces.

En la indústria alimentària s'utilitza per realitzar congelacions ràpides o com a líquid refrigerant de congeladors especials. En la restauració permet elaborar sorbets i gelats i actuar també com un element de "cocció" en fred de diferents tipus d'elaboracions: escumes, purés, gelatines, etc. Aquesta "cocció" en fred es produeix quan en aplicar fred a un producte aquest es deshidrata i duu a terme la mateixa transformació que quan se li aplica calor. Així, amb aquesta tècnica, som capaços d'eliminar alguns processos bacterians i reduir les pèrdues de propietats que provoquen un deteriorament de l'aliment, igual que ho fariem mitjançant l'aplicació de calor.

És important mantenir el nitrogen líquid en recipients molt aïllats, a fi d'evitar que les temperatures ambientals provoquin la transformació del líquid en gas. A més, degut a aquest fet, el nitrogen líquid té una durada determinada, una data de caducitat.

Aquesta tècnica, d'efectes sorprenents i impactants, dona lloc a creacions culinàries espectaculars i és especialment agraït el seu ús en la pràctica del *show cooking* que ofereixen alguns restaurants d'alt nivell als seus comensals. Malgrat rep les crítiques d'aquells que consideren que transgredeix els cànons de la cuina, té defensors que recorden que cuinar és l'acte de transformar els aliments.

2.5. Osmosi

El procés d'osmosi és el procés pel qual l'aigua passa, a través d'una membrana semipermeable, d'una solució més diluïda (hipotònica) a una de més concentrada (hipertònica), tendint a equilibrar les concentracions als dos costats de la membrana.

De manera natural, les membranes de les cèl·lules que constitueixen els teixits animals i vegetals són permeables. Aquest fet permet la contínua absorció o eliminació de substàncies a través de la membrana.

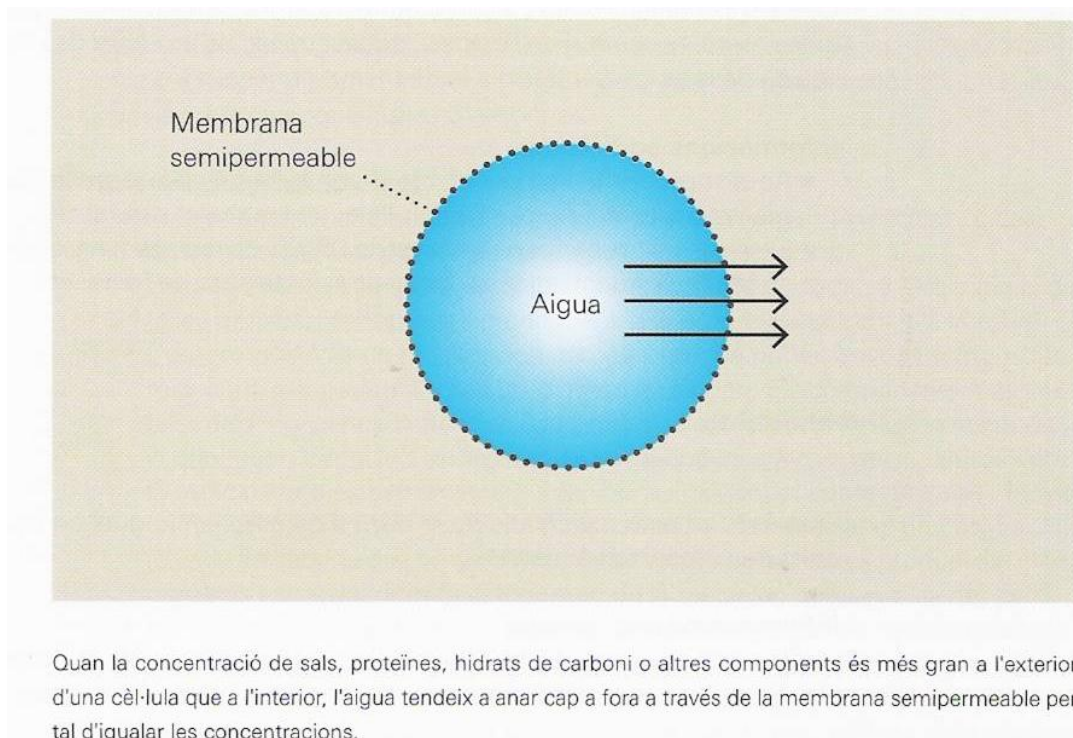
En cuinar, moltes vegades es produeixen fenòmens osmòtics, per exemple:

1. Quan cuinem una carn, un peix o altres aliments en un medi aquós (un brou, per exemple), si no hi posem sal (clorur sòdic) abans de la cocció, les sals i les substàncies aromàtiques que hi ha en l'aliment passen al medi aigua per tal d'equilibrar la concentració de sals dins i fora. El resultat és que el brou serà molt gustós, però l'aliment serà més insípid. Pel contrari, si hi posem sal abans de la cocció, les sals minerals i les substàncies aromàtiques que estan en l'aliment no passen al brou perquè l'equilibri dins-fora ja està aconseguit. Com a conseqüència, l'aliment serà gustós i el brou pobre.
2. En coure carn a la planxa, si hi afegim sal abans de la cocció, l'aigua de l'interior va cap a l'exterior per equilibrar la concentració salina i queda una carn sense gaire líquid a l'interior i, per tant, resseca. Si, pel contrari,

no hi posem sal, l'aigua interior queda a dins i la carn és més sucosa; hi afegirem la sal després de la cocció.

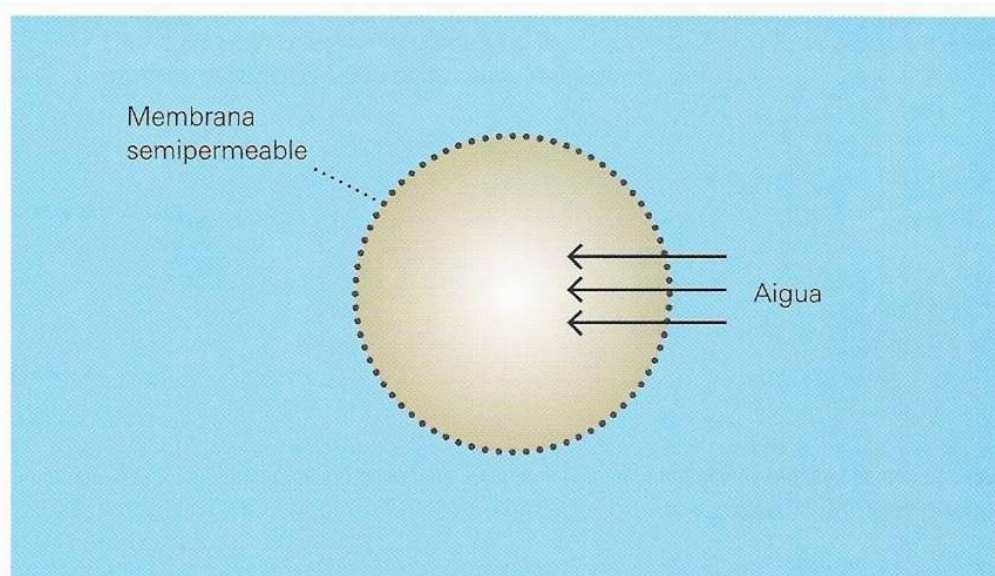
3. També s'utilitza l'efecte osmòtic des de fa molt temps per conservar alguns aliments. Afegir molta sal o molt sucre a un aliment provoca la sortida de l'aigua de l'interior dels microbis i a través de la seva delicada membrana; en conseqüència, el microbi es col·lapsa i mor. Clars exemples d'aquest mètode de conservació ho són el bacallà, les anxoves, el pernil i la mermelada amb més d'un 50% de sucre.

Per últim, existeix també l'osmosi inversa, que és el fenomen pel qual es produeix un trànsit d'aigua a través d'una membrana, però, al contrari de l'osmosi, aquest trànsit es produeix des de la part amb més concentració a la de menys concentració. Aquest procés té lloc per efecte d'una forta pressió sobre la dissolució més concentrada, per produir l'efecte contrari al natural. N'és un exemple la concentració de suc de fruita.



- Figura 14: procés d'osmosi quan la concentració és més gran a l'exterior. *LÈXIC*

CIENTÍFIC GASTRONÒMIC-



Quan la concentració és més gran a l'interior que a l'exterior, l'aigua tendeix a anar cap a dins per tal d'igualar les concentracions.

- Figura 15: procés d'osmosi quan la concentració és més gran a l'interior. *LÈXIC*

CIENTÍFIC GASTRONÒMIC -

2.6. Oxidació

És el procés pel qual els aliments, en contacte amb l'aire, van envellint-se i perdent les propietats inicials. Es deu a una pèrdua d'electrons per part d'una molècula o ió (àtom o grup d'àtoms amb càrrega elèctrica), que els cedeix a una altra, canviant les característiques d'ambdues. L'àtom o ió que perd el o els electrons, diem que s'oxida o que és l'agent reductor a causa de ser l'encarregat de reduir l'altre àtom o ió implicat en la reacció. Com a conseqüència, aquell agent que guanya electrons diem que es redueix o que és l'agent oxidant. Cal aclarir, que en els fenòmens d'oxidació no sempre intervé l'oxigen; n'és un exemple l'oxidació de les sals de ferro per fer tornar negres les olives verdes.

Culinàriament parlant, el fenomen oxidatiu més important és l'oxidació dels triglicèrids (olis i greixos), denominat enranciment, així com la de la fruita i la verdura.

Relacionat amb l'oxidació, també existeix un procés molt complet denominat autooxidació, anomenat així degut a que l'oxidació en el producte la provoca l'oxigen en l'aire. En aquest procés, poden intervenir diversos factors com la llum, la temperatura, els metalls, els pigments i l'oxigen. És molt freqüent trobar aquest fenomen als triglicèrids, els components més dèbils dels quals són els àcids grassos insaturats, ja que tenen punts (els enllaços dobles) en què es pot formar un radical lliure extremadament sensible a l'oxigen. Aquest radical capta l'oxigen de l'aire i forma un radical peròxid que ataca una molècula veïna per reiniciar el procés. Es tracta d'una reacció en cadena que va acumulant productes nocius. No es produeixen olors ni gustos estranys com en el fenomen de la ranciessa, que "avisin" del perill. Així doncs, cal suprimir, el màxim possible, els factors que l'afavoreixen: emmagatzemar a les fosques, a baixa temperatura, utilitzar envasos no metàl·lics o eliminar els dobles enllaços dels àcids grassos insaturats. En casos extrems, caldrà protegir el triglicèrid amb un additiu antioxidant (vegem què és a continuació).

Un antioxidant és un producte que evita l'oxidació dels aliments que en són propensos. No obstant, cap antioxidant no pot aturar una oxidació; el seu paper és només preventiu. El que fan els antioxidants, un cop afegits a una substància autooxidable, retarden o inhibeixen la seva oxidació autocatalítica; ho poden fer de tres maneres diferents. La primera és inactivant els enzims a través d'una aportació de calor, la segona és inactivant-los mitjançant inhibidors químics (normalment es tracta de compostos químics de caràcter àcid) i per últim també podem aturar aquesta oxidació eliminant l'oxigen del medi (per exemple, fent el buit). En la natura s'han identificat molts antioxidants que actualment s'utilitzen com a additius (per exemple els tocoferols i la vitamina E) o d'altres que són extrets de plantes com el romaní, sàlvia o clau. La vitamina C o àcid ascòrbic (provenint principalment dels fruits cítrics) també es considera antioxidant i és molt utilitzada com a tal, encara que la seva acció no és la

mateixa que la majoria d'àcids: no inactiva el producte, sinó que “segresta” l'oxigen.

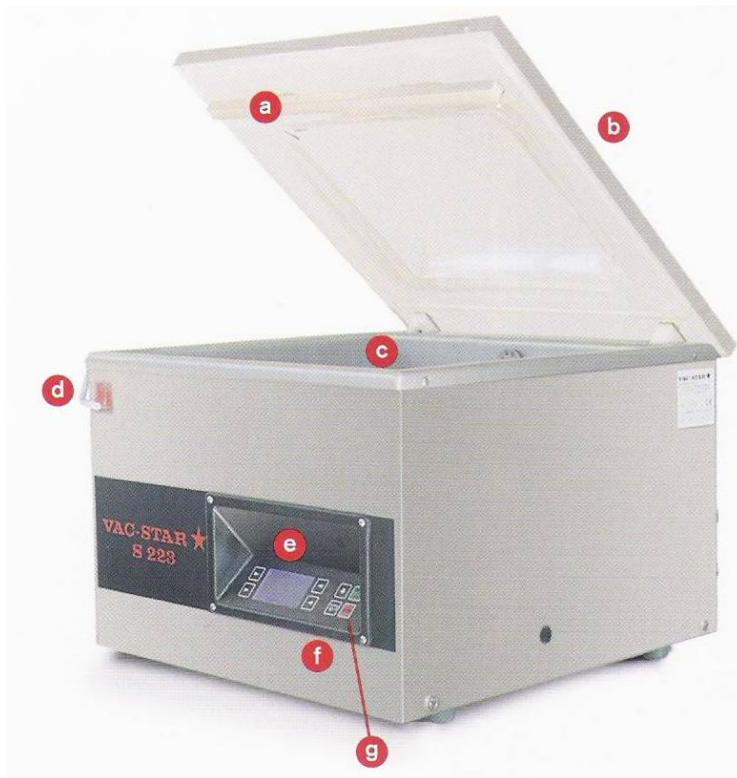
2.7. El buit: cuina i destil·lació

La tècnica del buit, en cuina, consisteix en modificar l'atmosfera d'un envàs (ja sigui, només extraient-ne l'aire, o bé introduint-hi diversos gasos) amb l'objectiu d'impedir el creixement de determinats microorganismes existents i d'impedir processos oxidatius en l'aliment. És amb aquesta doble finalitat que s'extreu l'aire de l'atmosfera en la qual es troba l'aliment, fet que impedeix la multiplicació de microorganismes que necessiten l'oxigen per viure. Aquest procés, però, pot comportar la multiplicació d'uns altres microorganismes que precisament es desenvolupen en atmosferes sense oxigen; és per això que cal un bon coneixement i una correcta aplicació de la tècnica del buit per evitar qualsevol tipus de risc.

El procediment per envasar al buit és molt senzill. S'introdueixen els aliments desitjats dins la bossa corresponent (amb mida adequada, el marge suficient per a la soldadura que farà la màquina i el tipus de bossa que s'escaigui a l'aplicació d'aquesta tècnica) i tot seguit, es col·loca la bossa dins l'envasadora i es programa. El funcionament d'una envasadora al buit consisteix en una càmera tancada hermèticament en la que s'extreu total o parcialment l'aire atmosfèric de dins l'envàs, mitjançant l'acció d'unes aspes que giren per absorbir i expulsar l'aire (així es redueix de manera important l'acció destructiva d'alguns microorganismes). Seguidament, es segella la bossa en la qual es troba l'aliment (situada dins la campana) mitjançant el calor que produeixen unes cintes tèrmiques. També existeix la possibilitat d'injectar gas un cop expulsat l'aire i abans de segellar la bossa (atmosferes controlades). El gas utilitzat pot ser:

- **Nitrogen (N₂)** quan es vol reduir al màxim el nivell d'oxigen, ja que aquest és substituït pel N₂.

- **Oxigen (O₂)** per aliments que el necessiten per al seu metabolisme com les fruites o verdures o bé quan es vol conservar el color vermell de l'hemoglobina de la carn. Però cal recordar que aquest gas afavoreix l'oxidació en aliments que continguin lípids o molècules propenses a l'oxidació, així com el creixement de microorganismes aeròbics.
- **Diòxid de carboni (CO₂)**: inhibeix el creixement de molts bacteris.
- **Mescla de gasos**: mescla de gasos ja preparats, que s'adapten a les necessitats de cada producte.



- Figura 16: màquina d'envasar al buit -

Aquesta tècnica, concebuda originàriament com a tècnica de conservació dels aliments, ha seguit dos camins d'aplicació diversos i complementaris. D'una banda, el de la conservació dels aliments amb un ampli ventall d'usos que van des de la conservació d'aliments frescos o cuinats a la cuina domèstica i a la restauració professional, fins a les múltiples aplicacions que li ha conferit la

indústria agroalimentària en els aliments anomenats de quarta i cinquena gamma. D'altra banda, la investigació i recerca científica impulsades per alguns dels cuiners de més renom, han convertit la cuina al buit en una de les tècniques culinàries més acceptades i aplicades en la cuina actual, tant en la seva versió industrial (*càterings* i banquets) com en la més artesanal i creativa.

Vegem, doncs, algunes de les aplicacions més comuns a la cuina professional.

El mètode de **conservació** al buit és, sens dubte, l'aplicació més utilitzada de totes les que pot tenir la tècnica del buit. Aquesta es pot emprar tant en aliments crus com en d'altres ja elaborats.

Cal aclarir que la tècnica de conservació al buit no és una conserva com a tal, degut a que no destrueix cap microorganisme, sinó que deixa l'envàs sense aire i per tant evita que els microorganismes ja existents al producte puguin multiplicar-se. Aquesta tècnica lluita contra la multiplicació d'aquells microorganismes –els aeròbics- que necessiten oxigen per respirar i per tant per multiplicar-se. No actua, en canvi, contra aquells microorganismes que no necessiten oxigen o bé aquells a qui és indiferent la presència d'aquest, els anomenats anaeròbics.

La **destil·lació** és un mètode per separar components solubles entre sí, és a dir, miscibles. En el cas de les destil·lacions amb aigua, el vapor d'aigua arrossega els components que li són afins i els diposita com a destil·lat. El mètode de destil·lació al buit en el camp culinari va ser introduït l'any 2007 per l'equip d'El Celler de Can Roca juntament amb la fundació Alícia mitjançant la invenció d'un aparell anomenat Rotaval. La Rotaval és una màquina basada en l'aplicació del rotavapor, un aparell de laboratori, que destil·la en rotació acoblat a una bomba de buit. El buit continu fa que l'ebullició del producte tingui lloc a temperatures inferiors a les que té lloc a pressió atmosfèrica. A temperatures i pressions molt baixes s'obté un vapor destil·lat que, un cop condensat,

concentra els components més volàtils del producte original; és a dir, que gràcies a aquest nou sistema de destil·lació es mantenen bona part de les aromes pròpies del producte fresc. Això permet extreure substàncies aromàtiques sense que es degradin per l'acció de la calor.

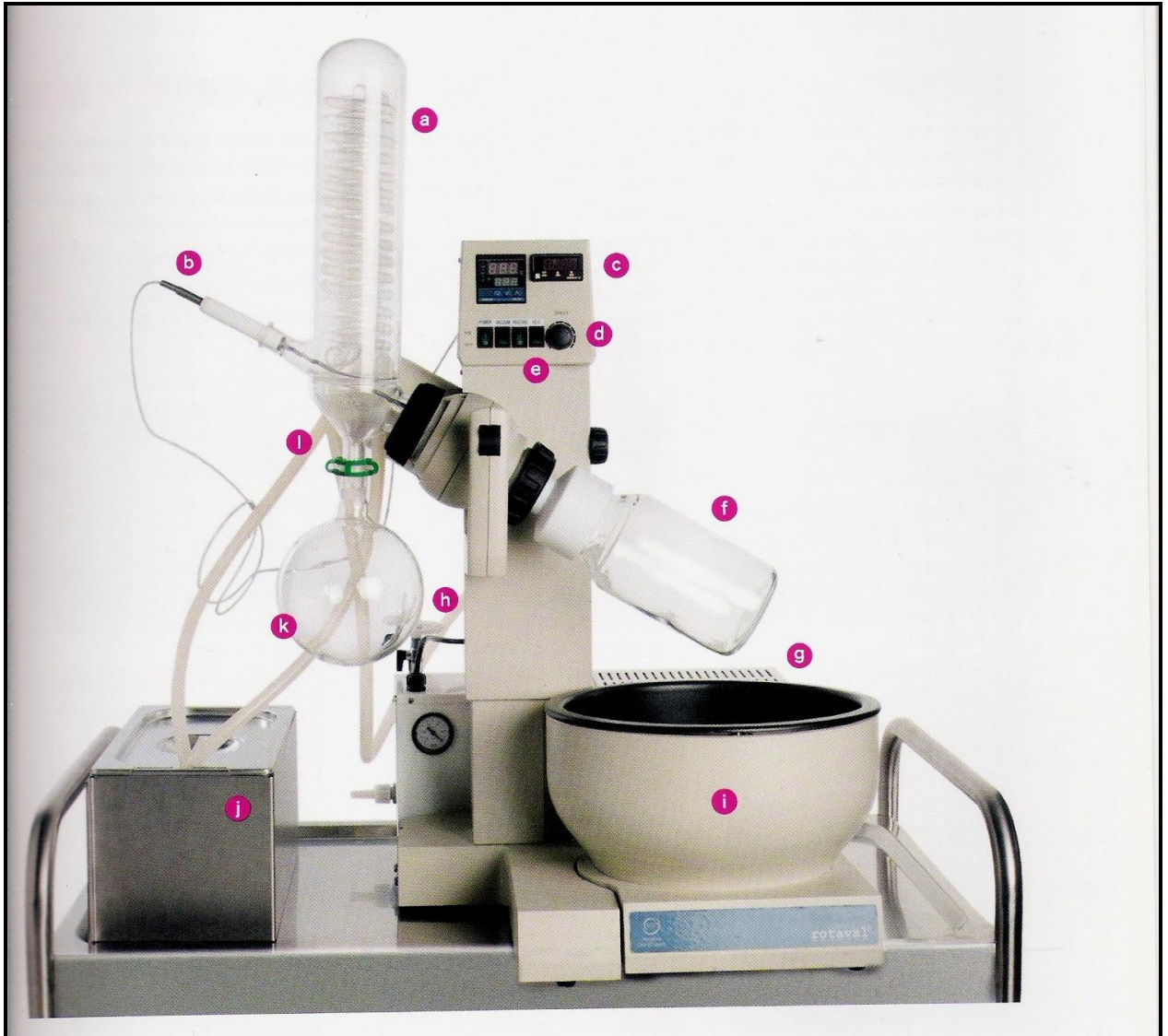
Per utilitzar la Rotaval, primerament, s'ha d'introduir el producte (líquid o semilíquid) en el matràs de destil·lació i rosar el capçal per garantir la correcta col·locació de les juntes. Tot seguit, s'ha de introduir el gel necessari en el bany refrigerador per començar la destil·lació. Finalment cal prémer els botons per aturar i desconnectar el buit per la vàlvula abans de treure el destil·lat.

A la imatge que trobem a la següent pàgina observem una màquina Rotaval amb els diferents elements que la componen:

- la cavitat per al gel refrigerant, regulador indispensable de la temperatura
- la sonda de control de la temperatura
- els visualitzadors de la temperatura
- el visor de la velocitat de rotació
- el matràs que permet l'evaporació
- la bomba que fa el buit
- els banys termostàtics i refrigerant

El funcionament intern de la màquina és el següent: primer s'introdueix l'aliment que es vol destil·lar al matràs d'evaporació (f), que baixarà i es situarà dins el bany termostàtic (i) on començarà a rotar. Aquest bullirà a 50°C degut a la pressió atmosfèrica del buit en la qual es troba. Quan bulli, el vapor corresponent serà totalment aromàtic degut a la baixa temperatura. Aquest vapor pujarà fins al refrigerant (a), que mitjançant la humitat condensarà el vapor i deixarà anar al matràs receptor unes gotes amb el gust més intens del producte destil·lat. Com que el procés s'ha dut a terme a 50°C, higiènicament l'aroma obtingut té poc temps de vida (entre 1 i 2 dies).

La Rotaval és una de les màquines presents a les cuines més avantguardistes d'arreu del món i la seva aplicació permet l'elaboració d'alguns dels plats més espectaculars de la cuina moderna.



a) Refrigerant **b)** Sonda de temperatura **c)** Visualitzadors de temperatura **d)** Velocitat de rotació **e)** Botó encesa i apagada **f)** Matràs d'evaporació **g)** Bomba al buit **h)** Connexió del tub al buit **i)** Bany termostàtic **j)** Bany refrigerant **k)** Matràs receptor **l)** Connexió del tub de recirculació

- Figura 17: Rotaval o destil·lador al buit -

La **cocció** al buit és l'aplicació de calor a un aliment prèviament envasat en un recipient hermètic i termoresistent, l'atmosfera del qual ha estat modificada (se li ha fet el buit, amb o sense altres elements com ara gasos, líquids, etc.). Les bosses en les que s'envasa el producte estan preparades per suportar perfectament la temperatura de cocció a què se les sotmeti . La cocció es realitza normalment durant un temps més llarg del convencional, tot i que depèn de diversos factors: les característiques de l'aliment, el tipus de cocció que s'apliqui i el resultat (textura, sabor) que es pretengui obtenir. En aquest sentit, és important senyalar que l'aplicació de temperatures més baixes té com a objectiu aconseguir amb exactitud una determinada temperatura de cocció al cor del producte, gràcies a la qual es produiran una sèrie de modificacions (estovament de les fibres, etc.) desitjades per tal d'aconseguir el resultat desitjat de textura i sabor del plat. Per tal d'aconseguir el mateix resultat a la cuina tradicional, cal sotmetre els aliments a coccions de molt llarga durada amb la corresponent pèrdua, en algunes preparacions, de propietats i gust.

Existeixen, bàsicament, dos tipus de coccions al buit:

- Cocció indirecta: Va ser la primera cocció al buit que es va emprar a la cuina. En un principi, servia per avançar feina en el món de la restauració, perquè es podia coure el producte dies abans i a l'hora del servei limitar-se a regenerar el plat (acció segons la qual es procedeix a conjuntar els diferents ingredients ja preparats que componen un plat i a acabar-ne la cocció o escalfar-los a la temperatura desitjada). Aquesta tècnica, però, ha anat evolucionant i actualment no només serveix per això, sinó que també serveix per millorar-ne la cocció. Es tracta de coccions a baixa temperatura (65°C-70°C) que necessiten un període llarg de temps. Un cop cuit, el producte és sotmès a un refrigeració per millorar-ne la conservació i algunes qualitats gastronòmiques com la textura. Finalment, abans

de servir-lo, se li sol aplicar calor per tal de servir el plat calent, o bé una doble cocció perquè el resultat final sigui una combinació de les dues coccions i el plat ofereixi les qualitats d'ambdues. A més de pasteuritzar l'aliment (degut a la temperatura de cocció), la cocció indirecta té altres objectius com aconseguir un punt de cocció exacte, modificar la textura de l'aliment o combinar sabors. Aquestes coccions són adequades per aliments més durs que necessiten una llarga cocció per estovar-se, per a coccions combinades o per la pasteurització dels aliments gràcies a la qual els productes milloren la seva conservació.

- Cocció immediata: amb aquest tipus de cocció es busca obtenir el millor punt de cocció possible d'un aliment amb la finalitat de potenciar les seves propietats, evitant o minimitzant l'acció de la temperatura. Així doncs, les temperatures que s'apliquen al producte són molt baixes (40°C-60°C) i el temps de cocció també és molt menor al de les coccions indirectes. Per aquest motiu, podem trobar productes sotmesos a aquest procés a la frontera d'entre estar crus o estar cuits. Aquest sistema s'utilitza bàsicament en productes els punts de cocció dels quals són molt exactes i baixos. Atès que el rang de temperatures es mou entre 40 i 60°C o, altrament dit, es troba en la zona de risc, és imprescindible saber que els productes no podran ser conservats després de la cocció, perquè no s'arriba a la temperatura de pasteurització i no es destrueixen els microorganismes. I finalment, també cal tenir en compte que els productes obtinguts seran poc cuits, per tant hauran de ser aliments frescos i de primera qualitat.

2.8. Congelació

Podem definir la congelació com l'aplicació intensa de fred a causa de la qual l'aigua solidifica.

Bàsicament es pot dir que la matèria orgànica es compon d'aigua i de matèria seca, per tant, en congelar un aliment, només es congela l'aigua que aquest conté, és per això que el factor més important a tenir en compte en el procés de congelació és el contingut d'aigua del producte. En funció de la quantitat d'aigua continguda en l'aliment, es té la calor latent de congelació, que és la quantitat de calor necessària per a canviar 1 Kg de líquid a gel. En el cas de l'aigua és de 80Kcal/kg.

Quan congelem un aliment, per l'aplicació intensa del fred es deté l'acció dels enzims sobre els teixits, és a dir es paralitza la seva descomposició natural. Per això la congelació es considera una tècnica de conservació.

A més a més, al congelar un aliment, l'aigua que aquest conté solidifica i es transforma en cristalls de gel. Aquests cristalls adquireixen forma a partir del rang de temperatura que va de 0°C a -5°C. El més important és congelar l'aliment el més ràpid possible i controlar la temperatura per tal que segueixi baixant com a molt fins a -18°C, impedit d'aquesta manera la formació de cristalls grans que en solidificar acabarien per trencar la fibra. Això també passa quan el fred no arriba ràpidament a totes les cèl·lules de l'aliment.

Trobem tres formes de congelació fonamentals:

- Mitjançant aire: una corrent d'aire fred extreu la calor del producte fins que s'aconsegueix la temperatura final.
- Per contacte: una superfície freda en contacte amb el producte n'extreu la calor.
- Mitjançant elements criogènics: s'utilitzen fluïds criogènics com ara el nitrogen líquid (vegeu apartat 2.4) o el diòxid de carboni, que substitueixen l'aire fred per aconseguir un efecte congelador.

2.9. Liofilització

La liofilització o altrament anomenada criodeshidratació és una tècnica que es basa en la reducció del contingut d'aigua d'un aliment prèviament congelat, que es trobarà en un recipient en el qual s'hi ha fet el buit, mitjançant la reducció de la pressió. Això provoca una sublimació de l'aigua que contenen els teixits, és a dir, que passi directament de l'estat sòlid al gasós.

Per tal de dur a terme aquesta tècnica es necessita un liofilitzador, que és l'aparell que permet deshidratar productes i elaboracions per sublimació. El liofilitzador consta d'un compressor frigorífic, una bomba de buit, un condensador i un sistema de control totalment automatitzat. Un cop es col·loca el producte dins l'aparell, aquest congela l'aigua a baixa temperatura (-50°C a -80°C) i a una gran velocitat, per evitar els fenòmens de fusió local, que donen lloc, a vegades, a una efervescència quan s'hi fa el buit quasi total. Les baixes temperatures, a més a més, eviten alteracions en el producte i també la pèrdua de components volàtils, la qual cosa és molt útil en l'alimentació per a la conservació de gustos i aromes. En canvi, la velocitat de sublimació ha de ser com més lenta millor; motiu pel qual aquesta operació dura molt de temps. El liofilitzador, a part de la seva funció bàsica que és liofilitzar, també pot reduir (extreure parcialment l'aigua d'un aliment o mescla d'aliments), o fins i tot fer de bomba de buit i punt fred.



- Figura 18: Escuma de pistatxo liofilitzada a la qual s'afegeix aigua per rehidratar-la, *LÈXIC CIENTÍFIC GASTRONÒMIC* -

És un procés comú per a diversos productes com ara el cafè en pols, fruita, herbes aromàtiques, espècies, verdures, llet, o fins i tot elaboracions com les utilitzades en expedicions en què es requereix una reducció de pes important. A més a més, actualment alguns grans restaurants comencen a dissenyar preparacions gastronòmiques mitjançant aquesta tècnica.

En l'actualitat, es liofilitzen productes com ara la sopa. No només s'aconsegueix evitar la necessitat d'una cadena de fred per a la conservació dels aliments, sinó que, a més, els productes mantenen el volum i la forma originals tot i la gran pèrdua de pes.

La imatge de sota ens mostra un gelat liofilitzat. Aquest gelat, també anomenat gelat d'astronautes, és deshidratat mitjançant aquest procés, fet que fa que no necessiti refrigeració.



- Figura 19: gelat d'astronautes-

BLOC PRÀCTIC

III. Bloc pràctic

En aquest bloc posaré a la pràctica tots els processos explicats en el segon apartat del bloc teòric.

1. Reaccions de Maillard

Experiment: coure un tros de poma embolcallat amb cansalada

Ingredients: poma, cansalada grassa, oli d'oliva

Material: paella, pinces, cordill

Procediment: En primer lloc tallem un tros de poma i l'embolcallem amb una tira de cansalada blanca; lliguem els dos ingredients amb un cordill perquè la cansalada té tendència a desenrotllar-se de la poma. Al mateix temps, escalfem una paella amb un raig d'oli en la qual hi posem la poma amb cansalada. Finalment coem la poma amb cansalada i observem els canvis que els productes experimenten.

Problema: Què passa quan coem un aliment ric en sucres i un altre ric en aminoàcids?

Hipòtesi: Quan a la poma i la cansalada (que es troben en contacte) se'ls proporcioni calor, aquestes patiran les anomenades reaccions de Maillard, i com a conseqüència notarem un enfosquiment en el seu color.

Resultats:

- A simple vista podem observar un enfosquiment tant de la cansalada com de la poma. Tots dos aliments passen a adquirir un color fosc (marró torrat).
- Tastant els diversos productes, també podem apreciar un canvi en la textura d'aquests: la poma s'estova, (aquest canvi és més notable a la part exterior que a la interior) i la cansalada es torna cruixent.
- Tant la cansalada com la poma passen a ser més gustoses i notem un canvi en el gust de la poma, de dolç a salat.



-Figura 20: abans de les reaccions deMaillard-



- Figura 21: després de les reaccions de Maillard -

Conclusions:

- La causa de l'enfosquiment dels dos aliments són les reaccions de Maillard que tenen lloc entre els sucres reductors que conté la poma i els aminoàcids de la cansalada, degut a les elevades temperatures a les quals es troben sotmesos.
- El canvi de textura dels dos productes és conseqüència de la cocció d'aquests i la formació de nous compostos.
- El canvi i potència de sabor dels dos aliments és degut a la formació de compostos volàtils en les reaccions de Maillard. El gust salat de la poma

prové dels compostos salats que desprèn la cansalada i transmet a la poma pel contacte que mantenen durant la cocció.

2. Caramelització

Experiment: caramelització d'una poma al forn i mitjançant un bufador.

Ingredients: poma Golden, poma Granny Smith i sucre.

Material: bufador, forn, plata

Procediment: recobrim de sucre dues rodanxes de poma tipus Granny Smith i dues de tipus Golden, que seran caramelitzades mitjançant dos mètodes diferents: el bufador i el forn. Per dur a terme el primer mètode, posem la rodanxa recoberta de sucre sobre una plata i anem acostant a poc a poc el bufador encès, que mantindrem damunt la poma uns 30 segons (repetim l'experiment amb l'altra varietat de poma). El segon mètode consisteix en posar dins el forn una plata amb la poma recoberta de sucre i observar cada 5 minuts aproximadament (durant un període total de 15 minuts) els canvis que aquesta experimenta (també ho farem amb les dues classes de poma).

Problema: Què passa quan apliquem calor damunt una poma recoberta de sucre amb un bufador? I si l'apliquem mitjançant el forn?

Hipotesi: Al aplicar calor sobre la poma recoberta de sucre tindrà lloc una reacció de caramelització. Quan la calor sigui proporcionada mitjançant el bufador els efectes de la caramelització seran més notables que quan sigui proporcionada mitjançant el forn.

Resultats:

- **Bufador:** observem un canvi de color en el sucre, que passa pel groc, el marró i el negre. També canvia la textura exterior de la poma (textura menys rígida, igual que una poma cuïta) tot i que de dins segueix sent cruixent. La poma Golden, tot i no quedar del tot cuïta, hi queda més que la Smith, és a dir es desfà amb més rapidesa. A més a més, la Golden té un gust totalment dolç, fet que no comparteix amb la Smith que conserva el gust àcid tot i el dolç afegit del caramel.



- Figura 22: poma caramelitzada amb un bufador -

- **Forn:** observem que el sucre es desfà, però sense canviar de color, és a dir, sense patir una caramelització. La poma pateix una disminució de volum, i es crema. Podem pensar que la caramelització no s'ha dut a terme correctament degut a la falta de calor, és per això que repetirem l'experiment augmentant la temperatura del forn. Aquesta nova hipòtesi també serà rebutjada perquè no obtenim cap de les conseqüències de la caramelització.



- Figura 23: poma caramelitzada al forn -

Conclusions:

- **Bufador:** podem comprovar que la poma caramelitzada per les reaccions que tenen lloc entre els mateixos monosacàrids (glucosa i fructosa) en els quals es descompon la sacarosa (o sucre afegit) i també amb els sucres que conté la poma. Sabem que té lloc una reacció de caramelització per la formació d'un líquid transparent que, ràpidament, es va tornant groc, marró i negre, i la viscositat del qual va augmentant. Aquest és l'anomenat caramel, compost per polímers i carbó, i que té un gust que oscil·la entre el dolç i l'amarg. La textura de la poma Smith és més semblant a la inicial que la de la Golden degut al fet que, en aquest segon cas, l'aplicació del bufador fa que es cogui la part més externa.
- **Forn:** la poma no ha estat caramelitzada en aquest cas, probablement perquè la calor transferida a la poma no va directament a la part desitjada (sucre), sinó que s'aplicava calor a tota la poma i, a més a més, la temperatura que proporciona el bufador és superior a la proporcionada pel forn.

3. Esferificació

L'esferificació és, encara, una tècnica culinària poc emprada; és un procés car que només poden dur-lo a terme grans restaurants per tal que aquest sigui rendible.

La realització de l'experiment que detallo tot seguit, ha estat possible gràcies a la col·laboració de Nandu Jubany, del restaurant Can Jubany de Calldetenes. El cuiner osonenc, guardonat amb una estrella Michelin, m'ha permès dur a terme una esferificació i observar-ne els seus efectes sobre un producte alimentari. No obstant això i degut a que no he pogut realitzar l'experiment pel meu compte, he hagut de fer una petita modificació en el plantejament inicial del bloc pràctic; en comptes d'esferificar suc de poma, he hagut de fer-ho amb una massa de carbassa, que és el producte que vaig tenir a la meva disposició. Cal esmentar, però, que està comprovat que també hagués estat factible

realitzar el mateix experiment amb poma i els efectes finals haguessin estat els mateixos.

Experiment: esferificació de carbassa

Ingredients: 450g de carbassa, 130g de mantega, 135g de gluconolactat de calci, 40g de sucre, 1 polsim de sal, 1L d'aigua, oli d'oliva, 7g d'alginat de sodi.

Material: paella, *turmix*, màniga pastissera, 3 recipients, tisoires,

Procediment:

1. Tallem la carbassa a talls i els posem a coure a la brasa.
2. Un cop cuita, pelem els talls, els traiem les granes i els tallem a daus.
3. Posem els daus de carbassa dins un bol amb el sucre, la matega, el gluconolactat de calci i la sal i ho triturarem tot amb el *turmix* fins a aconseguir un puré fi.
4. Barregem en un recipient allargat l'alginat de sodi amb l'aigua, procurant que no quedin grumolls.
5. Estenem el puré de carbassa, a tires, amb l'ajut de la màniga pastissera, damunt una superfície llisa. Tallem les tires de puré de carbassa en trossos petits i els deixem uns tres minuts dins l'alginat de sodi, els retirem, els posem dins un bol d'aigua per rentar-los i, finalment, els conservem en un recipient amb oli.

Problema: Quins efectes tenen la reacció entre l'alginat de sodi i el gluconolactat de calci?

Hipòtesi: Degut a la reacció es formarà una capa de gel externa que recobrirà una esfera líquida interior.

Resultats: Obtenim unes esferes líquides de carbassa recobertes per una petita capa de gel que en mossegar-les exploten i omplen la boca de líquid.

Conclusions: La formació d'alginat de calci provoca la formació d'una capa de gel exterior que recobreix el líquid interior.

4. Nitrògen líquid

La transformació d'aliments amb nitrogen líquid és, igual que l'esferificació, una tècnica culinària poc emprada; també és un procés car que només poden dur-lo a terme grans restaurants per tal que aquest sigui rendible.

Així doncs, he pogut realitzar aquest experiment també gràcies a la col·laboració del cuiner osonenc Nandu Jubany. Igual que en l'esferificació, he hagut de modificar el plantejament inicial, i aquesta vegada en comptes de dur a terme la pràctica amb poma, ho he fet amb una massa de Gorgonzola (un formatge blau italià).

També cal afegir, que està comprovada l'eficàcia d'aquest experiment sobre una massa de poma. I els efectes haguessin estat semblants.

Experiment: elaboració d'un globus de gorgonzola amb nitrogen líquid

Ingredients:

1.5 l. de llet, 1.123 g. de gorgonzola, 2.25 g. de sal, 0.7 g. de Xantana, nitrogen líquid

Material: fogó, cassó, ganivet, film, Thermomix, xeringa, globus, recipient, tisoires.

Procediment: Escalfem la llet (reservem una petita part per barrejar-hi la xantana i la sal) i sense que arribi a bullir hi afegim el Gorgonzola tallat a daus petits, ho tapem amb film i ho deixem infusonar uns 10 minuts. Passat aquest temps hi afegim l'altra part de la llet amb la xantana i la sal, ho passem tot per la Thermomix i ho colem. Deixem refredar-ho a la nevera.

Un cop fred, amb l'ajut d'una xeringa, omplim els globus: si es tracta d'un globus petit hi posem 50 ml. de massa i si es tracta d'un globus gran 100 ml. Ho barregem per tal que la massa quedi repartida per tot el globus i a continuació els passem pel recipient on hi hem posat el nitrogen líquid; els fem rodar per tal que la massa quedi congelada per igual a tot el globus. Un cop notem que el globus adquireix una textura dura, el posem al congelador durant mitja hora. Finalment tallem el globus amb les tisoires i ens quedarà una bola de gorgonzola congelada.



- Figura 24: nitrogen líquid -

Problema: Com té lloc el procés de congelació per mitjà de nitrogen líquid?

Hipotesi: Segurament el nitrogen líquid sigui capaç de congelar més ràpidament que qualsevol dels altres mètodes de congelació tradicional. Potser també notarem diferències en la textura dels productes congelats amb nitrògen líquid, tot i que l'aliment estarà congelat i en tastar-lo el notarem molt fred, la

textura no serà cristal·lina (formant cristalls de gel). Podrem congelar amb més precisió: capes més primes i amb formes més concretes.

Resultats: Obtenim un globus d'una capa prima de gorgonzola sòlid congelat en un període molt curt de temps. Quan el tastem, notem que està congelat, però es desfà de seguida. En cap cas notarem en la seva textura que formi cristalls de gel. Ens l'hem de menjar ràpid perquè en poc temps queda totalment desfet.

Conclusions: el nitrogen líquid es troba a temperatures extremadament fredes (entre -196 i -210°C), això fa que actuï de forma instantània en un període molt curt de temps sobre el producte al qual l'apliquem.

5. Osmosi

Experiment: cobrir una poma amb sucre per observar el procés d'osmosi.

Ingredients: Poma Golden i sucre.

Material: Dos bols petits.

Procediment: Tallem dos trossos de poma i els col·loquem en dos bols diferents. En un deixem la poma al natural; en l'altre recobrim la poma amb sucre.

Problema: Què passa si la concentració de sucre que embolcalla la poma és superior als propis sucre que conté la poma en el seu l'interior?

Hipòtesi: La poma despendrà aigua per tal d'igualar les concentracions de sucre.

Resultats: observem com el recipient en el qual es troba la poma recoberta de sucre ha quedat moll, mentre que en l'altre no hi ha ni una gota d'aigua.

Conclusions: La poma que es troba recoberta de sucre desprèn aigua per tal d'igualar les concentracions d'aquesta molècula a l'interior i a l'exterior.

6. Oxidació

Experiment: oxidació de set classes de poma diferents

Problemes:

- Quin tipus de poma s'oxida amb més rapidesa?
- Quina és la part de la poma més oxidable?
- Quin efecte té la llimona (àcid cítric) en l'oxidació?

Hipòtesis:

- És probable que les pomes més àcides s'oxidin menys.
- Potser la part de la poma més oxidable serà el cor perquè conté en la seva composició més molècules reductores.
- És possible que l'àcid cítric de la llimona actuï com a antioxidant i per tant alenteixi el procés d'oxidació de les pomes.

Ingredients: set classes de poma (Fugi, Smith, Gala, Red Xief, Kanzi, Golden i Pink Lady), una llimona i aigua.

Material: platets, ganivet, set cronòmetres.

Procediment: De cada tipus de poma en farem dos talls, un el posarem en un platet i l'altre dins un recipient que contindrà aigua amb llimona. Al mateix instant de tallar la poma, haurem d'engegar un cronòmetre. Així successivament amb les set pomes (disposem de set cronòmetres diferents per tal de ser precisos a l'hora de controlar el temps transcorregut per cada poma). Observarem l'estat de les diverses pomes al cap de 5, 10, 20, 30 i 60 minuts.

Resultats:

El grau d'oxidació que adquireix la poma ve donat per la següent llegenda, ordenats de menys a més: 0-1-2-3-4-5

Sense àcid cítric:

POMA FUJI (1)		
És de color vermell fosc amb pics de color verd, té una lleugera corona al cul, el qual és de color verd-groc. Es tracta d'una poma cruixent i dolça.		
Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	0	0
10'	1	0
20'	2	1
30'	2	1
60'	3	2

POMA SMITH (2)
És de color verd lluminós i força ampla. Es tracta d'una poma àcida, cruixent i sucosa, pell de la qual sol ser força dura.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	1	0
10'	2	1
20'	2	1
30'	2	1
60'	3	2

POMA ROYAL GALA (3)

Es tracta d'una poma de color vermell fosc amb taques grogues o taronges i amb una corona pronunciada al cul. És dolça i de textura farinosa. Té la pell poc dura.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	2	1
10'	3	2
20'	4	3
30'	4	3
60'	5	4

POMA RED XIEF (4)

És una poma de color vermell molt fosc amb algunes taques espontànies més clares. Té una forma allargada i consta d'una corona al cul. El sabor de la Red Xief és dolç.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	1	0
10'	3	2

20'	3	2
30'	4	3
60'	+5	5

POMA KANZI (5)

És una poma de color vermell i groc (en les mateixes proporcions), té la pell brillant i una corona al cul. El gust d'aquesta poma és dolç amb un lleuger regust àcid. Una mica cruixent i també sucosa.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	1	0
10'	1	0
20'	2	1
30'	2	1
60'	3	2

POMA GOLDEN (6)

Poma de color groc. La textura és farinosa i poc sucosa. No és gens cruixent i té un sabor clarament dolç.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	1	0
10'	2	1
20'	3	2
30'	4	3
60'	4	3

POMA PINK LADY (7)

Es tracta d'una poma de color groc i vermell rosat, la qual és de sabor

completament dolç i de textura cruixent. Té un profund forat al cul tot i que la base és plana.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	2	1
10'	3	1
20'	3	2
30'	4	2
60'	4	2

Amb àcid cítric:

POMA FUJI (1)

És de color vermell fosc amb pics de color verd, té una lleugera corona al cul, el qual és de color verd-groc. Es tracta d'una poma cruixent i dolça.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	0	0
10'	0	0
20'	0	0
30'	0	0
60'	1	0

POMA SMITH (2)

És de color verd lluminós i força ampla. Es tracta d'una poma àcida, cruixent i sucosa, pell de la qual sol ser força dura.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	0	0
10'	0	0

20'	1	0
30'	1	0
60'	2	1

POMA ROYAL GALA (3)

Es tracta d'una poma de color vermell fosc amb taques grogues o taronges i amb una corona pronunciada al cul. És dolça i de textura farinosa. Té la pell poc dura.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	0	0
10'	1	0
20'	2	1
30'	2	1
60'	2	1

POMA RED XIEF (4)

És una poma de color vermell molt fosc amb algunes taques espontànies més clares. Té una forma allargada i consta d'una corona al cul. El sabor de la Red Xief és dolç.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	0	0
10'	1	0
20'	2	1
30'	3	1
60'	3	2

POMA KANZI (5)

És una poma de color vermell i groc (en les mateixes proporcions), té la pell brillant i una corona al cul. El gust d'aquesta poma és dolç amb un lleuger regust àcid. Una mica cruixent i també sucosa.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	1	0
10'	1	0
20'	2	0
30'	2	1
60'	2	1

POMA GOLDEN (6)

Poma de color groc. La textura és farinosa i poc sucosa. No és gens cruixent i té un sabor clarament dolç.

Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	0	0
10'	1	0
20'	2	0
30'	3	1
60'	3	1

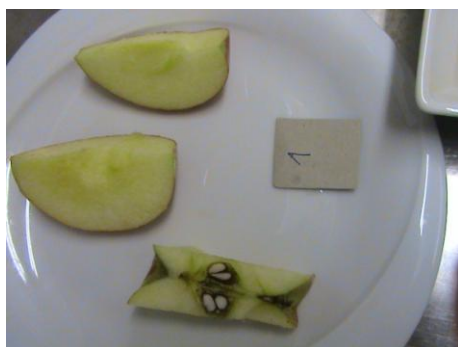
POMA PINK LADY (7)

Es tracta d'una poma de color groc i vermell rosat, la qual és de sabor completament dolç i de textura cruixent. Té un profund forat al cul tot i que la base és plana.

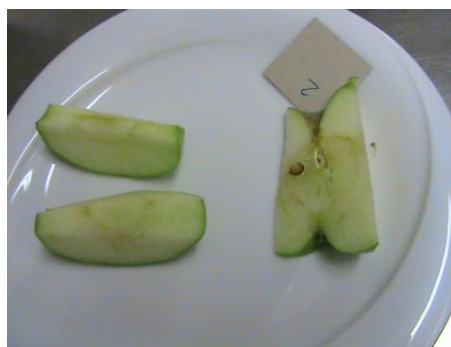
Temps	Grau oxidació	
	Cor	Carn
5'	0	0

10'	1	0
20'	1	0
30'	2	1
60'	3	2

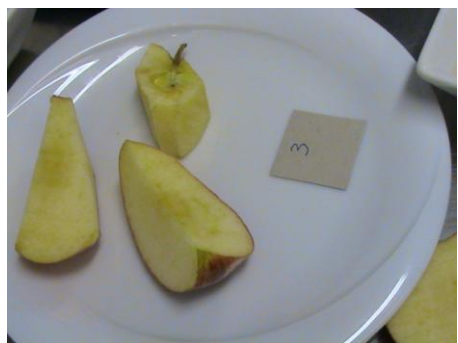
Les següents fotografies han estat fetes al cap de 5 minuts (sense àcid cítric):



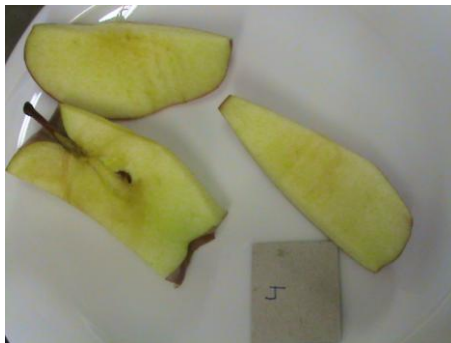
- Figura 25: Fuji -



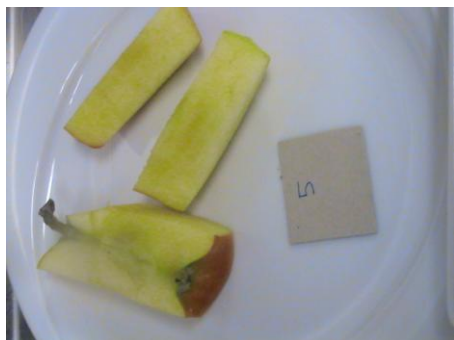
- Figura 26: Granny Smith -



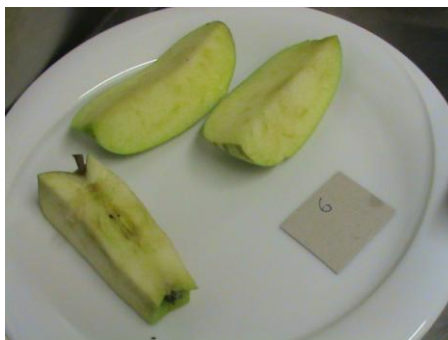
- Figura 27: Royal Gala -



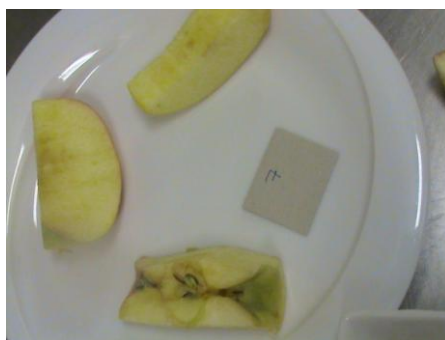
- Figura 28: Red Xief -



- Figura 29: Kanzi -



- Figura 30: Golden -



- Figura 31: Pink Lady -

Conclusions:

- Tot i que no sempre es compleix, en general les pomes àcides són aquelles que s'oxiden de forma més lenta. Suposem que aquest fet és perquè en general tenen menys sucres reductors en la seva composició i per tant menys grups oxidables. Al mateix temps, aquestes pomes solen ser riques en àcids que poden arribar a fer la funció d'un antioxidant i retardar l'oxidació.
- També hem observat que com més a prop del cor de la poma ens trobem, més oxidada està aquesta. Això és degut a que les molècules situades al cor de la poma són en general més oxidables que les de la carn. Així doncs trobem una concentració de molècules reductores més elevada al cor que a la resta de la poma.
- Per últim hem vist que les pomes situades dins el recipient amb aigua i llimona s'oxiden molt menys. Això és degut a l'efecte que té l'àcid cítric

de la llimona en l'oxidació: inactivar els enzims catalitzadors de les reaccions d'oxidació. Així doncs, afegint àcid cítric en un aliment generalment oxidable, provoquem un alentiment de la velocitat d'oxidació.

7. Cuina al buit

Experiment: cocció de pomes al buit.

Ingredients: una poma Smith, una poma Golden i oli d'oliva.

Material: envasadora al buit, bosses del buit per a la cocció, forn, plat.

Procediment: agafem dues pomes, una Golden i una Smith. Fem quatre talls de la mateixa grandària més o menys. D'aquests quatre talls dos els courem durant 30 minuts a 85°C i dos durant 90 minuts a la mateixa temperatura. Dels dos talls de cada poma que coem en tots dos rangs de temps, un l'envasarem amb un medi oliós i l'altre sense cap medi. Un cop tallats, els pesarem per tal d'esbrinar si hi ha variació en el pes de la poma abans i després de ser cuita al buit. Seguidament, procedim a posar-los dins la bossa (quatre amb medi oliós i quatre sense) i a envasar-los mitjançant la màquina de fer el buit. Tot seguit ja podem posar-les al forn a la temperatura de 85°C. Al cap de 30 minuts traurem les primeres quatre bosses, les deixarem refredar dins un recipient amb aigua i gel aproximadament uns 5 minuts i ja les podrem tastar. Farem el mateix quan hagin passat 90 minuts amb les quatre bosses restants.

Problemes: Quins canvis experimenta una poma cuita al buit? I cuita al buit amb un medi oliós? Trobem diferències entre una poma cuita al buit durant 30 minuts i una durant 90 minuts?

Hipòtesis: Segurament experimentarà canvis en la textura però no en el gust. Les que tenen oli com a medi, experimentaran canvis en la textura, en el gust, en la massa i en el color. Sí que hi haurà diferències en les pomes segons el temps de cocció, sobretot en la textura d'aquestes.

Resultats:

POMA SMITH - Buit 30 minuts a 85°C		
Característica	Inicial	Final
Color de la pell	Verd lluminós	Marró clar
Textura	Cruixent i sucosa	Tot i que a l'interior conserva la textura inicial, per fora la notem més cuita i per tant menys cruixent i sucosa
Gust	Àcid	Àcid
Massa	32g	31g
Altres		

POMA GOLDEN - Buit 30 minuts a 85°C		
Característica	Inicial	Final
Color de la pell	Groc amb punts negres	Canvia poc: groc tirant cap a marró
Textura	Cruixent	Tot i que de dins segueix crua, es desfà més ràpid i és menys cruixent

Gust	Dolça	Molt dolça
Massa	37g	36g
Altres	Pell menys dura al finalitzar l'experiment, es desenganxa de la carn amb molta facilitat	

POMA SMITH - Buit 30 minuts a 85°C (amb oli)		
Característica	Inicial	Final
Color de la pell	Verd lluminós	Marró mesclat amb el groc de l'oli
Textura	Cruixent i sucosa	Menys cuïta que sense oli, textura més semblant a la inicial
Gust	Àcid	Poc àcida, gust d'oli
Massa	11g	15g
Altres		

POMA GOLDEN - Buit 30 minuts a 85°C (amb oli)		
Característica	Inicial	Final
Color de la pell	Groc amb punts negres	Color groc de l'oli
Textura	Cruixent	Menys cuïta que sense oli, textura més semblant a la inicial
Gust	Dolça	El gust de l'oli es sobreposa al gust dolç de la poma
Massa	20g	22g
Altres		

POMA SMITH - Buit 90 minuts a 85°C		
Característica	Inicial	Final
Color de la pell	Verd lluminós	Marró
Textura	Cruixent i sucosa	Farinosa, es desfà molt ràpid. Cuita
Gust	Àcid	Àcid
Massa	28g	27g
Altres	La pell es treu amb molta facilitat	

POMA GOLDEN - Buit 90 minuts a 85°C		
Característica	Inicial	Final
Color de la pell	Groc amb punts negres	Marró
Textura	Cruixent	Molt farinosa, es desfà
Gust	Dolça	Dolça, cuita
Massa	24g	23g
Altres	La pell es treu amb molta facilitat	

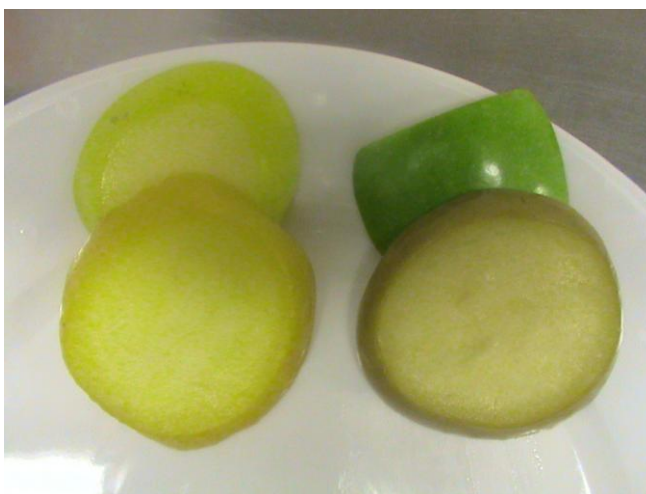
POMA SMITH - Buit 90 minuts a 85°C (amb oli)		
Característica	Inicial	Final
Color de la pell	Verd lluminós	Marró i groc de l'oli
Textura	Cruixent i sucosa	Es desfà molt ràpid, farinosa
Gust	Àcid	Àcid més dolç de l'oli
Massa	11g	14g

Altres	S'ha arribat a treure la pell més exterior (capa transparent)
---------------	---

POMA GOLDEN - Buit 90 minuts a 85°C (amb oli)		
Característica	Inicial	Final
Color de la pell	Groc amb punts negres	Marró i groc de l'oli
Textura	Cruixent	Molt cuita, es trenca de seguida i poc sucosa
Gust	Dolça	Dolç de la poma més el dolç de l'oli
Massa	20g	23g
Altres		

Conclusions:

- En general, tots dos tipus de poma canvien de color al ser sotmeses a la cuina al buit. Tot i que s'aprecia més en la poma Smith degut al seu pigment verd (els vegetals de color verd tenen tendència a canviar més de color), en la Golden també observem un canvi de color. En teoria, quan es fa el buit al 100% el color no ha de



- Figura 32: pomes Golden i Granny Smith abans i després de ser cuites al buit -

variar gens, perquè degut a la falta d'oxigen s'aturen les reaccions enzimàtiques com l'oxidació, però segurament a causa de la manca de buit complet i de la presència d'aigua despresada per part de la poma en estovar-se la

seva cel·lulosa, el seu color canvia. Òbviament, en el cas de les pomes el medi de les quals és oli, el canvi de color és degut a l'impregnació d'oli que aquestes experimenten (quan es fa el buit, deixa d'haver-hi aire en els porus de la poma i aquests són ocupats per l'oli que hi ha al medi de cocció).

- Hem pogut observar que la textura de les pomes cuites durant 30 minuts és notablement diferent a la de les pomes cuites durant 90 minuts. Les primeres, tot i que en la capa exterior s'experimenta una pèrdua de la textura cruixent, en la capa interior aquest canvi és gairebé imperceptible; es conserva força la textura inicial. Quant a les pomes cuites durant 90 minuts, la textura que ha canviat per complet. El producte final és una poma de textura farinosa, que es desfà ràpidament i a la qual se li treu la pell amb molta facilitat. Això és degut al fet de que la cel·lulosa que conté la poma, a temperatures mínimes de 85°C s'estova, i evidentment, com més temps més tova quedarà aquesta. El fet de contenir dins la bossa del buit un medi oliós provoca una cocció més ràpida de la poma, factor que influeix en la textura del producte final degut a la transmissió de calor que provoca l'oli al coure la poma. No obstant, aquest oli no es cremarà i per tant no hi haurà reaccions de Maillard.

- El gust de les pomes abans i després de ser cuites al buit no varia gaire. Això és degut a que les temperatures baixes i l'elevat temps causen una conservació de les característiques de l'aliment, és a dir no es cremen els nutrients i per tant el gust i les qualitats del producte segueixen sent les mateixes. Però, quan aquestes són sotmeses al medi oliós el gust passa a ser més dolç (gust de l'oli) també a causa del fenomen d'impregnació.

- En general hem vist que les pomes cuites al buit sense medi oliós perden 1g de massa, però des d'un punt de vista científic aquest fet no té lògica perquè si conserven tots els seus nutrients la seva massa hauria d'ésser la mateixa. A més a més, gairebé tots perden 1g independentment de la seva massa inicial,

per tant aquest gram correspon a percentatges totalment diferents. Segurament aquest fenomen es deu a un error experimental. Pel contrari, quan aquestes són sotmeses a oli, òbviament la seva massa incrementa (3g aproximadament), degut al fenomen abans esmentat d'impregnació. Aquest augment de massa dependrà de la densitat del líquid i dels porus que tingui la poma.

8. El buit: impregnació

Experiment: impregnació de puré de maduixa en una poma a través del buit.

Ingredients: almívar (1L aigua, 0'75kg sucre i una llimona), puré de maduixa, una poma Golden i una poma Smith.

Material: bàscula, cassó, dos recipient, fogó, màquina de fer el buit.

Procediment: posem un litre d'aigua, 750g de sucre i el suc d'una llimona en un cassó al foc fins que bulli. Tot seguit deixem refredar l'almívar. Un cop fred, hi afegirem el puré de maduixa i ho barrejarem per tal de que quedi tot l'almívar tenyit de color vermell. Finalment tallarem les dues pomes a daus petits que posarem dins dos recipients diferents, tots dos amb l'almívar i els sotmetrem al buit. Repetirem el procés diverses vegades fins que els daus quedin totalment impregnats de puré de maduixa. Finalment ho provarem amb un tall de poma gran i observarem quin tipus de poma queda més impregnat de vermell.

Resultats:

Els recipients amb daus petits han estat sotmesos tres vegades al buit fins a quedar totalment impregnats de color vermell. Val a dir però, que la poma Smith hi ha quedat més ràpid i amb un vermell més intens que la Golden.

En quant al tros de poma més gran, hem observat que només amb tres vegades no n'hi ha prou perquè quedi completament vermella i també igual que en els daus petits, la poma Smith queda més vermella que la Golden.

Conclusions:

Els daus de poma adquireixen el color vermell del puré de maduixa al ser sotmesos al buit degut al fenomen d'impregnació que experimenten. Quan es fa el buit, deixa d'haver-hi aire en els porus de la poma i aquests són ocupats per l'almívar que trobem en el medi. Així doncs, segons la quantitat i/o grandària dels porus de la poma, quedarà més o menys impregnada; amb aquesta afirmació deduïm que la poma Smith és més porosa que la poma Golden.

9. Congelació

Experiment: Ratllar una poma congelada

Ingredients: Poma Golden

Material: Ratllador, congelador, plat

Procediment: Tallem dues rodanxes de poma i les posem al congelador durant 1,5h. Passat aquest període de temps traiem els trossos de poma del congelador i les ratllem amb un ratllador de mina.

Problema: És possible rallar una poma congelada? Quins efectes té la congelació sobre aquesta?

Hipotesi: Potser si la poma està molt congelada, podem rallar-la, tot i que de seguida començarà a descongelar-se i a formar una pasta.

Resultats: La poma es desfà en ser ratllada, queda una pasta de poma sense consistència i de textura farinosa. El producte resultant de la congelació és una poma de consistència dèbil i pell de la qual és fàcil d'extreure.

Conclusions: Quan intentem ratllar la poma, aquesta es desfà. Aquest fet potser és degut a que l'hem tinguda al congelador durant un període de temps massa curt. Aleshores podríem provar-ho congelant les pomes durant un període de temps més llarg però segurament el resultat que obtindríem seria el mateix perquè això també pot ésser provocat per la fusió de l'aigua que prèviament s'ha congelat; com que ratllem les capes superiors de la poma, que són les que primer entren en contacte amb la calor, el gel que s'ha format a l'hora de la congelació es fon i no ens permet ratllar la poma. No obstant, si tastem la poma abans de ratllar-la, notem a la part interior una textura cruixent, degut a les fibres que s'han trencat en la congelació.

10. Liofilització

Experiment: liofilització d'una poma.

Ingredients: poma Golden.

Material: ganivet, liofilitzador, congelador.

Procediment: Tallem la poma a rodanxes i la posem a congelar. Al cap d'un dia d'estar al congelador a molt baixes temperatures, la posem dins el liofilitzador a

on la deixem durant dos dies per tal que tingui lloc el procés complet de liofilització.

Problema: Quins són els efectes d'una sublimació al buit en una poma?

Hipòtesi: La poma queda deshidratada.

Resultats: Ens trobem davant una poma a la qual se li ha extret l'aigua, però que malgrat la pèrdua de pes conserva la forma i volum. La textura de la poma serà seca i eixuta però sempre conservant el gust de poma.

Conclusions: Degut a la sublimació al buit de l'aigua en forma de gel que trobem als teixits de la poma, aquesta agafa una textura eixuta, però continua conservant el gust de poma gràcies a les baixes temperatures a què ha estat sotmesa, evitant alteracions en el producte i propiciant el manteniment dels seus components volàtils.

IV. Conclusions

L'elaboració d'aquest treball de recerca m'ha aportat tant coneixements científics com coneixements culinaris. He après nous conceptes químics, així com nous conceptes culinaris, però el més important és que he pogut comprovar la plena validesa i el caràcter de l'objectiu principal del treball: demostrar la relació de la ciència amb la cuina. Si considerem que cuinar és aplicar algun procés de transformació a un aliment, comprendrem que la conseqüència sigui que l'aliment cuinat pateixi, generalment, un canvi químic i/o físic. Després d'haver estat treballant durant molts mesos en aquest tema, personalment definiria l'acte de cuinar com l'aplicació de diverses tècniques sobre un producte alimentari per tal de variar-ne les seves característiques físiques o químiques (sense tenir en compte l'elaboració de plats que no necessiten cap tècnica o procés culinari, com seria el fet de sucar pa amb tomàquet o elaborar una amanida d'enciam només amb oli i sal).

Amb el treball s'ha pogut arribar a la conclusió general que tota aplicació culinària, tradicional o moderna, pot ser explicada des d'un punt de vista científic. No obstant això, també s'han pogut constatar altres conclusions més concretes, centrades en la part experimental del treball.

De cada experiment, s'han pogut extreure diverses conclusions; vegem-les a continuació:

- **Reaccions de Maillard:** tenen lloc entre sucres reductors i aminoàcids, quan són sotmesos elevades temperatures, i com a conseqüència, formen compostos foscos. També s'esdevenen canvis en la textura provocats per la formació de nous compostos. Per últim, l'augment de sabor de l'aliment és conseqüència de la formació de compostos volàtils.
- **Caramel·lització:** quan apliquem calor directa sobre els sucres que contenen molts aliments, tenen lloc una sèrie de reaccions apreciables a

simple vista; en primer lloc es forma un líquid inicialment transparent, que es va tornant groc marró i negre i que té un gust que oscil·la entre dolç i amarg: el caramel. La caramel·lització es produeix quan apliquem foc directa a l'aliment. Però, en canvi, no s'ocasiona quan, sobre el mateix aliment, hi apliquem calor (provinent, per exemple, d'un forn) a temperatura insuficient o que la calor transferida no vagi directament al punt desitjat on es troben els sucres.

- **Esferificació:** s'ha pogut observar quins són els efectes de la reacció entre l'alginat de sodi i el clorur de calci, que donen com a productes clorur de sodi i alginat de calci. L'alginat de calci format en la reacció és un gel flexible i resistent responsable de delimitar l'esfera líquida. També s'ha observat que el producte obtingut tendeix a agafar forma d'esfera; aquest fet és degut a la tensió superficial que té qualsevol líquid i que, en absència de forces, tendeix a formar una esfera.
- **Nitrogen líquid:** s'ha pogut constatar que el nitrogen líquid actua com a congelant instantani degut a que és un fluid criogènic que substitueix l'aire fred.
- **Osmosi:** s'ha comprovat que quan un producte que conté molt sucre a la seva composició es recobreix amb sacarosa, aquest té tendència a desprendre aigua per tal d'igualar-ne les concentracions.
- **Oxidació:** després de fer l'experiment de l'oxidació amb set classes de poma diferents es va arribar a les conclusions següents:
 - En primer lloc, les pomes més àcides s'oxiden de forma més lenta perquè tenen menys sucres reductors en la seva composició i, per tant, menys grups oxidables. Al mateix temps, aquestes pomes solen ser riques en àcids que en certa manera poden actuar com a antioxidants. També s'ha observat que com més a prop del cor de la poma ens trobem, més oxidada està. Això és degut a que la concentració de molècules reductores és més elevada al cor que

a la resta de la poma. Per últim s'ha vist que les pomes situades dins el recipient amb aigua i llimona s'oxiden molt menys a causa de l'efecte que té l'àcid cítric de la llimona en l'oxidació: inactiva els enzims catalitzadors de les reaccions d'oxidació. Així, doncs, afegint àcid cítric a un aliment generalment oxidable, provoquem un alentiment de la velocitat d'oxidació.

- **Cocció al buit:** la textura del producte final, no és tant rígida com la inicial. Això passa perquè en tractar-se d'un vegetal, la cel·lulosa que conté, s'estova a la temperatura utilitzada en la cocció (85°C). També s'ha vist que en les pomes que es troben en un medi oliós són més toves perquè l'oli que introduïm dins la bossa actua com a transmissor de calor i provoca una major cocció del producte. El gust de l'aliment abans i després de ser cuit al buit, pràcticament no varia perquè les baixes temperatures, eviten el deteriorament dels nutrients. Per contra, els productes que contenen oli a l'envàs, sí que varien la seva massa degut al fenomen d'impregnació que té lloc quan els porus del producte als quals se'ls extreu l'aire, són ocupats per l'oli.
- **Impregnació al buit:** quan es fa el buit en un aliment (com més porós sigui aquest, més es notarà), s'extreu l'aire que contenen els seus porus i aquest espai queda ocupat pel líquid amb el que està en contacte. És per això que si el líquid en qüestió és de color, l'aliment sotmès al buit quedarà tenyit de tal color.
- **Congelació:** en congelar un aliment, només es congela l'aigua que conté. D'aquí ve que quan intentem ratllar un producte congelat, es desfà probablement perquè aquesta aigua congelada s'escalfa en el procés de ratllat.

- **Liofilització:** s'ha pogut observar una deshidratació de la poma, conseqüència de la sublimació de l'aigua solidificada (gel) continguda en els seus teixits.

Una vegada esmentades les conclusions extretes del treball, cal comentar que tot i haver-lo reduït a alguns processos i textures i haver-los aplicat a un sol aliment, el tema ciència i cuina és molt ampli i, per tant, s'hauria pogut ampliar molt més. Aquest treball, només representa una aproximació de la importància que tenen la física i la química en la cuina dels aliments.

Tenint en compte la importància de la indústria agroalimentària i el lideratge que exerceixen els cuiners actualment, aquest treball tracta una temàtica d'actualitat i carregada de futur.

Crec que molts dels processos treballats tenen molt de futur en l'àmbit culinari, tant en el camp de la restauració, com en el camp de la salut. Personalment, en un futur, m'agradaria aprofundir en el tema del buit, que tot i haver-lo treballat molt, m'he quedat amb ganes d'explorar-lo més a fons i comprendre alguns interrogants sorgits durant la recerca. Val a dir que, de les tècniques treballades, és a la que li veig més futur. Per una banda, en el camp de la restauració, mitjançant aquesta tècnica es poden aconseguir productes cuits sense una pèrdua de gust, cuits amb molta precisió i fins i tot amb la destil·lació al buit es pot aconseguir l'aroma més essencial d'un producte; per descomptat, permet avançar preparacions culinàries i optimitzar els recursos productius, per la qual cosa és una tècnica d'implantació creixent a la cuina en sèrie (catterings, banquets, etc). Per altra banda, en el camp de la salut és una tècnica que també pot aportar innovacions d'alt interès; mitjançant la cocció al buit podem evitar la pèrdua de nutrients, també podem evitar reaccions que tenen lloc a altes temperatures i que generen productes substàncies perjudicials per a la salut (com passa en les reaccions de Maillard). Finalment

també gràcies a l'estovament de l'aliment, podem proporcionar, a gent amb problemes per mastegar, aliments amb les mateixes propietats que si estiguessin crus (color, forma, nutrients, gust...), però amb una textura més tova adequada a les seves aptituds d'ingesta dels aliments.

Una altra línia d'investigació amb molt futur és l'estudi dels texturitzants. És un capítol que dona lloc a preparacions molt vistoses i espectaculars a la cuina d'autor i que, de ben segur, té un llarg recorregut per endavant.

V. Referències bibliogràfiques

Llibres

Alícia & elBullitaller. (març 2006). *Lèxic científic gastronòmic* (1a ed.). Barcelona: Planeta

Mans, C. (abril 2010). *Sferificaciones y macarrones*. (1a ed.). Barcelona: Ariel

This, H. (1996). *Los secretos de los pucheros*. (1a ed.). Zaragoza: Acribia

Cuello, J., Domínguez, A., Pons, J. (maig 2010). *Biología 1r Batxillerat* (2a ed.). Barcelona: Barcanova

Dou, J.M., Masjuan, M.D. (abril 2011). *Química 1 Batxillerat* (4a ed.). Barcelona: Casals

Alícia | CETT. (gener 2011). *Aparells i utensilis aplicats a la cuina tradicional* (1a ed.). Barcelona: Tallers gràfics Soler S.A.

Roca, J., Brugués, S. (2003). *La cocina al vacio* (1a ed.). Barcelona: Montagud editores S.A.

Articles

Mans, C. La nostra alimentació, cada cop més en mans de la tecnologia?
Departament d'enginyeria química, Universitat de Barcelona.

Mans, C. (2010). Ciència de/a la cuina: la cuina quotidiana i la cuina molecular. *Departament d'enginyeria química, Universitat de Barcelona.*

Mans, C. (2008). Mai llard, Maillard? *Lliçons d'estar per casa.*

Mans, C. (2004). Flams. *Lliçons d'estar per casa.*

Mans, C. (2007). Truita al sulfurant. *Lliçons d'estar per casa.*

Pàgines web

Recuperat agost 2012, <http://www.enciclopedia.cat>

Recuperat Agost 2012, <http://www.slideshare.net>

Recuperat setembre 2012, <http://ca.wikipedia.org>

Recuperat setembre 2012, <http://www.grupoqda.org.ar>

Recuperat novembre 2012, <http://www.aditivosalimentarios.com>

Recuperat novembre 2012, <http://www.gastronomiaycia.com>

Recuperat novembre 2012, <http://www.enciclopedia.cat>

Recuperat novembre 2012, <http://publicacions.iec.cat>

Recuperat desembre 2012, <http://www.consejosnaturales.com>

Recuperat desembre 2012,
http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/schmidth02/parte05/02.html

Recuperat desembre 2012, <http://www.biosfera.cat>