

CUINANT AL LABORATORI

**PUBLICACIONS I EXPERIÈNCIES AL VOLTANT DE
CUINA I CIÈNCIA: UNA PROPOSTA COEDUCATIVA
PER A LA QUÍMICA DE BATXILLERAT**

Índex

Agraïments	5
1. Introducció	6
1.1. Antecedents del tema objecte d'estudi.....	6
1.2. Explicació del tema	7
1.3. Objectius i resultats proposats.....	10
2. Treball dut a terme	12
2.1. Pla de treball i descripció de l'estudi.....	12
2.2. Metodologia emprada	16
2.3. Descripció dels recursos utilitzats.....	16
3. Resultats obtinguts	17
3.1. Anàlisi dels resultats	17
3.2. Interpretació dels resultats de la part experimental.....	23
4. Valoracions i suggeriments.....	31
5. Relació de materials continguts en els annexos	32
6. Bibliografia comentada.....	33
6.1. Llibres, articles de revistes, dossiers i vídeos	33
6.2. Pàgines d'Internet.....	38
ANNEX 1. PROCESSOS CULINARIS I QUÍMICA:.....	40
1. INTRODUCCIÓ	41
2. ALGUNS CONCEPTES GENERALS SOBRE ALIMENTS, CIÈNCIA I CUINA.....	46
2.1. Els aliments.....	46
2.2. Composició dels aliments.....	46
2.3. Desnaturalització de proteïnes en aliments	46
2.4. Dispersió col·loïdal	49
2.5. Hidrocol·loïdes	50
2.6. Gelificació. Formació d'un gel al cuinar	50
2.7. Emulsió	52
2.8. Escuma	55
3. PROCESSOS CULINARIS I QUÍMICA.....	57
3.1. Alguns factors que influeixen en la cinètica dels processos fisicoquímics.	57
3.1.1. Relacionat amb l'augment de la velocitat dels processos fisicoquímics.	58
3.1.1.1. Augmentar la temperatura	58
3.1.1.2. Augmentar la superfície de contacte entre les substàncies	58
3.1.1.3. Afavorir l'actuació dels catalitzadors	59
3.1.1.4. Modificar el pH del medi.....	63
3.1.2. Relacionat amb la disminució de la velocitat dels processos fisicoquímics.....	63
3.1.2.1. Baixar la temperatura	63
3.1.2.2. Afegir sucre o sal.....	64
3.1.2.3. Evitar o disminuir l'acció dels enzims.....	64
3.2. Oxidació.....	69
3.2.1. Oxidació de greixos	70
3.2.2. Alteracions del color de la carn.....	72

3.2.3. Substàncies reductores en aliments	74
3.3. Àcids i bases (pH)	75
3.3.1. En algunes preparacions culinàries s'hi afegeixen substàncies bàsiques.....	76
3.3.2. En altres processos culinaris convé baixar el pH i per aquesta raó s'afegeixen diferents substàncies àcides.....	77
3.3.3. Mantenir el color de les verdures cuites depèn del pH.....	79
3.3.4. Els ous i el seu pH.....	82
3.3.5. Els àcids estableixen emulsions i escumes	83
3.3.6. Les mermelades i confitures es preparen amb suc de llimona.....	84
3.3.7. Afegir sucre a la salsa de tomàquet neutralitza la seva acidesa?	84
3.3.8. Obtenció de sucre invertit amb un àcid.....	84
3.4. Polímers. Proteïnes i polisacàrids.....	85
3.4.1. Proteïnes	85
3.4.1.1. Estructura de les proteïnes.....	85
3.4.1.2. Funcionalitat de les proteïnes	86
3.4.1.3. Plats de cuina i proteïnes.....	90
3.4.2. Polisacàrids	99
3.4.2.1. Estructura dels polisacàrids.....	100
3.4.2.2. Funcionalitat dels polisacàrids	100
3.4.2.3. Alguns polisacàrids que destaquen a la cuina: midó, pectines i altres que són hidrocol·loides	103
3.5. Algunes reaccions rellevants a la cuina.....	114
3.5.1. Caramel·lització.....	115
3.5.2. Reacció de Maillard o reaccions d'enfosquiment no enzimàtic.....	116
3.5.2.1. Una mica d'història.....	116
3.5.2.2. La reacció de Maillard.....	117
3.5.2.3. Els efectes de la reacció de Maillard.....	118
3.5.2.4. Els factors dels quals depèn la reacció de Maillard.....	119
ANNEX 2.....	123
1. Fitxa lectura.....	124
2. Qüestionari.....	125
3. Full d'observació	128
4. Protocol de la pràctica. Postres gelificades	130
5. Gràfiques de les preguntes 4, 5, 6 i 10 del qüestionari.....	137
6. Mapa conceptual	139
7. Degustació de les postres gelificades.....	140
8. Fotos de l'alumnat de batxillerat cuinant al laboratori.....	143

“En realidad la dueña de la casa debe tener en cuenta que la cocina es un verdadero laboratorio químico. La práctica de innumerables generaciones de mujeres, que se han dedicado a preparar alimentos de su familia, ha ido resolviendo, de modo empírico, los infinitos problemas que existen y cuya solución es hoy tan obvia y conocida, que a nadie le da la impresión de que exista la menor dificultad en estos asuntos”.

Rodero Cabal, J. (1943). *Química del hogar*.

Agraïments

Aquest treball ha estat possible gràcies a la llicència d'estudis retribuïda concedida pel Departament d'Educació i Universitats de la Generalitat de Catalunya.

També vull esmentar totes les persones que m'han ajudat i m'han donat suport al llarg d'aquest curs:

Glòria Borràs, Pilar Carulla, Claudio Etchepareborda, Claudi Mans, Mercè Miralles, Albert Montferrer, Anna Obiols, Araceli Poza, Toni Ribas, Montserrat Saperes, Núria Solsona, Rafa Subías, Empar Tomé, Isabel Womer.

I molt especialment a Mercè Izquierdo, que ha supervisat aquest treball, i a tot l'alumnat dels IES Eugeni d'Ors de L'Hospitalet de Llobregat i Miramar de Viladecans que ha participat en l'experiència.

1. Introducció

1.1. Antecedents del tema objecte d'estudi

Des de fa un temps hi ha un debat obert sobre els valors que s'han de transmetre en els centres d'ensenyament. És evident que es tracta d'un procés complex que comprèn des dels continguts curriculars de les matèries als eixos transversals. Un dels aspectes que estan sobre la taula és el que fa referència a la coeducació. Aparentment sembla que aquesta és una vessant superada, però la realitat ens mostra exemples que il·lustren el contrari.

Així, el model científic dominant presenta una imatge freda, objectiva, neutral i impersonal de la ciència, molt en la línia d'un punt de vista androcèntric i allunyada dels valors i formes d'actuació assignades al gènere femení. La necessitat d'un canvi es reflecteix en molts estudis teòrics i experimentals que confirmen la importància que té la introducció de valors diferents als tradicionalment transmesos per la ciència i la seva òptica androcèntrica, per tal d'aconseguir una educació més igualitària i inclusiva.

En aquesta línia experiències realitzades fora i dintre del nostre país avalen que "l'ensenyament de la física i la química resulta més favorable per a les noies quan la investigació es basa en experiències quotidianes". Alemany (1996:12).

De fet, hi ha diverses experiències i publicacions que incorporen els sabers domèstics de les dones a la didàctica de les classes de primària i secundària obligatòria. En aquest sentit, Núria Solsona concreta, en les seves publicacions, les experiències realitzades en el laboratori cuina de les ciències experimentals de l'ESO.

Aquest treball incorpora elements per introduir en els materials curriculars de batxillerat diferents maneres de fer i entendre la ciència a fi d'oferir a l'alumnat una visió més propera, quotidiana i igualitària.

També dóna la possibilitat de tractar dins els currículums de batxillerat elements d'interès per a nois i noies al voltant de temes de salut i alimentació, així com de models de vida actuals (conciliació vida domèstica i treball, diversitat d'estructura familiar...).

Una manera de presentar la Química com una ciència aplicada pot ser incloure, a classe, exemples d'aliments o de processos culinaris i, al laboratori, l'elaboració de plats de cuina. D'aquesta manera, també, l'alumnat pot arribar a percebre la gastronomia i la tecnologia dels aliments com una sortida de futur. S'ha de tenir en compte que la majoria de l'alumnat de batxillerat segueix estudiant formació professional o va a la universitat. L'elecció dels tipus d'estudis i l'especialitat dependrà, en certs aspectes, de les experiències viscudes dins i fora de les aules en els dos anys del batxillerat.

1.2. Explicació del tema

Aquest estudi conté un material de suport amb exemples i explicacions científiques de processos culinaris, agrupats i ordenats en cinc temes que formen part dels continguts curriculars de la Química de batxillerat (annex 1). Així mateix, conté els resultats d'una recerca experimental qualitativa feta amb alumnat de batxillerat que tracta de trobar informació i elements que ajudin en l'aplicació de la proposta (apartat 3 de la memòria i annex 2).

L'estudi pretén ser una proposta coeducativa d'ensenyament de la Química de batxillerat i vol contribuir a fer emergir d'una forma explícita els sabers culinaris de les dones. La seva finalitat, també, és la d'introduir una mirada coeducativa en l'ensenyament de les ciències i afavorir l'orientació professional de l'alumnat de batxillerat. Tot partint del currículum del batxillerat, s'aporten eines per proposar una manera diferent de treballar les pràctiques de Química.

Dintre de la introducció als continguts del currículum de Química de batxillerat es llegeix:

“Es pretén proporcionar a l'alumnat de Batxillerat una base química sòlida, que li permeti de fer el lligam amb les idees bàsiques d'altres matèries de modalitat, com ara la Física, la Biologia, la Geologia i Les Ciències de la Terra i del Medi Ambient”.

[...]

“Caldrà aplicar tots aquests processos quotidians que ens mostri la Química”.

[...]

“Pel que fa als continguts actitudinals, es proposa impulsar l'autonomia i la iniciativa, i l'adquisició d'una base científica que permeti l'argumentació en temes que relaciones la ciència i la societat”.

Decret 82/1996 de 5 de març

Es proposa fer pràctiques de cuina a la Química de batxillerat per poder:

1. Potenciar una educació coeducativa, integradora i no sexista que introdueixi els sabers domèstics al voltant de la cuina com a una activitat de pràctiques de Química.
2. Aprofitar la motivació de l'alumnat davant d'un context quotidià com són els processos culinaris per arribar a conèixer la seva explicació científica.
3. Treballar l'aspecte interdisciplinari de les ciències, un exemple de la interdisciplinarietat de les quals són els processos culinaris.
4. Introduir elements d'orientació professional relacionats amb la ciència de la cuina i els aliments.

Cuinar a classe de Química pot tenir certs avantatges:

- Partir de fets propers a l'alumnat i poder explicar la ciència tal com es presenta a la realitat: complexa, propera, general i quotidiana. No hi ha gaires substàncies pures a la natura i menys a la llar o en qualsevol activitat comercial o industrial. Mirar d'entendre un procés culinari no és gens fàcil, però els nostres currículums de ciències estan plens de fenòmens i conceptes que tampoc no són fàcilment comprensibles (números quàntics, termodinàmica, equilibri químic, etc.).
- Poder realitzar experiments no perillosos. La relació de la Química amb perill, contaminació i explosió és la que més crida l'atenció a l'alumnat. Elaborar un plat de cuina i tastar-lo després permet introduir una visió més positiva i menys dramàtica de la Química.
- Augmentar la motivació de l'alumnat, ja que treballar amb aliments, percebre olors agradables al laboratori i poder tastar els plats elaborats sempre és estimulant.
- Introduir i valorar els sabers tradicionals de les dones. Malgrat que la transmissió dels sabers culinaris ha estat al llarg de la història protagonitzat per les dones de tots els temps, els currículums continuen ignorant-ho.

- Diversificar l'orientació professional. La cuina científica és una ciència aplicada que troba els seus arguments en els continguts de Química, Física i Biologia que es treballen amb l'alumnat. Fer plats de cuina a les classes de Química de batxillerat pot introduir elements nous per a l'orientació professional de l'alumnat cap a la realització d'estudis universitaris de ciència i tecnologia dels aliments i estudis de formació professional relacionats amb alimentació, hostaleria i restauració.
- Tenir un model on es manifesti d'una manera pràctica i quotidiana la interdisciplinarietat, ja que els aliments i els processos culinaris s'expliquen amb la Física, la Química i la Biologia, i amb les diferents relacions que es poden establir entre elles.

Aspectes de la proposta a tenir en compte

- Els aliments no són substàncies pures. En general a les classes de Química o de ciències fem experiències amb substàncies pures o dissolucions que preparem al laboratori. A partir d'aquí demostrem, deduïm o comprovem unes lleis generals. Ara es tracta de fer alguna cosa més complexa: agafar aliments (que són mesclades o dispersions i tenen estructures complicades amb cèl·lules vegetals i animals), manipular-los i cuinar-los, cosa que vol dir transformar la seva estructura i composició fisicoquímica, per després observar els canvis aparents, visibles i macroscòpics, i explicar el que ha passat mitjançant la Química, la Física o la Biologia. Es pot estudiar la composició, l'estructura, les propietats, les transformacions físiques o químiques que són els processos que es fan a la cuina i que poden requerir energia mecànica o calorífica. A vegades es cou afegint-hi un àcid (amb això es trenquen enllaços químics i se'n formen de nous). Les transformacions es poden classificar en: processar aliments (preparar amanides, tallar, fer la massa d'un pastís), coure o transformar amb calor o radiacions i conservar aliments (evitar el deteriorament, ja sigui afegint-hi vinagre, sal, sucre o refrigerant, congelant, etc). Per últim, es podria afegir que la Química de la cuina es troba encara en el seu començament; realment encara se sap molt poc de la ciència de cuinar, molts fets i experiències no tenen, actualment, una clara i completa explicació científica.
- Els aliments no tenen sempre la mateixa composició ja que aquesta depèn de la genètica, climatologia, temps i metodologia de conservació, etc. Les mateixes

receptes de cuina donen resultats diferents en funció de la composició concreta que tinguin els ingredients i de si són més o menys frescos.

- Les cuineres i cuiners utilitzen terminologia diferent a la que s'utilitza en la terminologia científica. Per això només cal observar les revistes de cuina, els llibres de receptes, el llenguatge dels cursos de cuina domèstica i professional, les explicacions de les mares i avies, etc. La majoria de les vegades es confonen densitat amb viscositat, emulsionar amb espessir, dispersions amb dissolucions, etc. Hem de fomentar l'esperit crític i científic a les nostres classes, comparar i entendre les diferències i utilitzar el lèxic científic adequat.
- Per raons pràctiques, la majoria de les vegades, les proves de selectivitat marquen, limiten, guien i dominen la nostra programació. Cuinar al laboratori de Química suposa introduir models didàctics diferents que necessitarien un nou replantejament de les orientacions que hi ha actualment als currículums de ciències.
- Lloc i temporalització de les pràctiques. La cuina és com un laboratori i part del material de laboratori es pot adaptar a la cuina, però algunes de les eines, instruments i aparells són més específics per a l'elaboració de plats de cuina que no pas per al laboratori, tot i que moltes vegades es poden aconseguir a preus més econòmics que el material de laboratori. La cuina que, avui en dia, es reconeix com a innovadora i de moda ja està incorporant l'ús de tubs d'assaig, pipetes Pasteur, gradetes, etc. (a la llibreria Ambigú de Barcelona ja es ven aquest material juntament amb els llibres de gastronomia i de ciència i cuina). El temps i l'organització pot ser una mica diferent d'altres pràctiques habituals de Química, però es poden escollir plats que es puguin fer en el temps habitual d'una classe i que s'adaptin al material i possibilitats del laboratori de l'institut.

1.3. Objectius i resultats proposats

Els objectius d'aquest treball, a més a més d'un interès personal per aquest tema, d'una necessitat de coneixement i d'una notable curiositat, neixen d'un seguit de **preguntes**:

1. Existeix material publicat o experimental sobre explicacions científiques dels processos culinaris?
2. Aquest material es pot adaptar per tal de poder explicar la Química de batxillerat mitjançant pràctiques de cuina domèstica?
3. Quins dels fenòmens que es donen als processos culinaris domèstics serien els més adequats per introduir-los a les pràctiques de Química de batxillerat o per posar-los com a exemples propers i quotidians?
4. És possible treballar la interdisciplinarietat de les ciències fent pràctiques de cuina a la classe de Química de batxillerat?
5. L'alumnat podria arribar a entendre alguns conceptes o fenòmens científics a través de les pràctiques de cuina?
6. Les pràctiques de cuina contribueixen a potenciar la motivació de l'alumnat?
7. De quina manera es poden posar de manifest alguns dels coneixements domèstics i experimentals de les dones?
8. Podrien ser útils com a introducció d'una via d'orientació professional relacionada amb la cuina i els aliments?
9. Es poden observar diferències entre nois i noies?

Amb aquestes preguntes com a guia es formulen aquests **objectius**:

- ✓ Recerca de material bibliogràfic: publicacions i experiències sobre processos culinaris i la seva explicació científica.
- ✓ Classificació, anàlisi i selecció del material necessari per tal de preparar el material de suport per a la proposta didàctica.
- ✓ Elaboració d'un material de suport.
- ✓ Experimentació d'una pràctica de cuina amb alumnat de batxillerat.

Els **resultats proposats** es podrien classificar en tres grups:

- Els resultats directes de la recerca: les informacions i valoracions extretes dels resultats propis de l'experimentació i els materials elaborats.
- L'aplicació i adaptació de totes o d'una part dels resultats anteriors en l'ensenyament de la Química de batxillerat.
- Reflexió al voltant de les experiències obtingudes com a base per a una nova planificació, una acció críticament informada posterior, etc., a través de cicles successius (en la tasca personal com a docent posterior a la llicència, en altres

grups de recerca, en seminaris de ciències d'altres instituts, en projectes de coeducació, etc.).

2. Treball dut a terme

2.1. Pla de treball i descripció de l'estudi

L'estudi es va desenvolupar en tres fases:

- ✓ Primera. Elaboració del material de suport, que es va realitzar, en gran part, des del mes d'octubre fins al mes de febrer.
- ✓ Segona. Realització de l'estudi experimental. Això es va fer, majoritàriament, des de finals del mes de gener fins a finals del mes de maig.
- ✓ Tercera. Elaboració de la memòria i revisió dels diferents materials. Realitzat durant el mes de juny.

A continuació es descriuen, més detalladament, les dues primeres fases:

Primera fase. Elaboració del material de suport

Primerament es va portar a terme una recerca i selecció de fonts bibliogràfiques, després es va fer una lectura sistemàtica de les fonts seleccionades, tenint com a guia cinc temes del currículum de Química de batxillerat prèviament escollits. Finalment, a partir de la informació recollida sistemàticament es va anar elaborant i revisant el material escrit que consta en l'annex 1 sota el títol: *Alguns exemples i pràctiques de processos culinaris que es poden aplicar a l'ensenyament de la Química de batxillerat amb una orientació coeducativa i interdisciplinària*.

El contingut del document de l'annex 1 està fet amb la intenció de presentar un conjunt d'exemples que serveixin per explicar determinats processos amb aliments (sobretot els que es donen a la cuina), i que alhora estiguin relacionats amb els temes i fenòmens estudiats a l'assignatura de Química. S'ha mirat que el lèxic i la terminologia s'adaptin al nivell de coneixements que, previsiblement, podria assolir l'alumnat de batxillerat.

Els temes treballats són els següents:

1. Cinètica dels processos fisicoquímics,
2. Oxidació,
3. Àcids i bases. pH,
4. Polímers: proteïnes i polisacàrids,
5. Algunes reaccions químiques rellevants a la cuina: caramel·lització i de Maillard.

Els criteris de selecció han estat en gran part aleatoris. Hi ha molts altres conceptes i fenòmens que, sovint, tenen lloc en els processos culinaris i que formen part dels currículums de ciències de batxillerat (osmosi, greixos, canvi químic, etc.). Com ja s'ha dit al començament, aquest és un treball que segueix la línia d'estudi d'altres treballs sobre cuina i ciència, que tracta només alguns dels fenòmens de la Química de la cuina, per tant és incomplet i s'hauria de seguir completant i ampliant, en una revisió i experimentació contínua.

Segona fase. Realització de l'estudi experimental

Es pretenia fer un estudi a partir de la realització d'una pràctica de cuina amb alumnat de batxillerat al laboratori de Química de dos instituts de secundària de Barcelona: IES Eugeni d'Ors de l'Hospitalet de Llobregat i IES Miramar de Viladecans.

L'IES Eugeni d'Ors és un institut petit situat a la zona de Collblanc de L'Hospitalet. Va participar en l'experiència tot l'alumnat de batxillerat de Ciències i Tecnologia: 6 nois i 1 noia de primer curs i 5 noies i 1 noi de segon curs. En aquest institut es fan pràctiques de cuina i ciència dintre de les activitats proposades en els projectes de coeducació que es porten a terme.

Disposen d'una petita dotació de material de cuina: microones, cuina amb forn, plats, cassoles, forquilles, etc., cosa que va facilitar el desenvolupament de la pràctica. A les parets de l'institut hi ha fotografies i murals amb l'alumnat d'ESO cuinant al laboratori. Cuinar a classe de ciències no va sorprendre a ningú, tot i que els nois i les noies que van participar en l'experiència no havien fet mai una activitat similar.

L'IES Miramar és un institut de nova creació situat al barri alt de Viladecans. Per motius d'horari va participar només l'alumnat de primer de Ciències i Tecnologia: 11 noies i 6 nois. A diferència del primer institut en aquest no tenen projecte de

coeducació, mai no s'havia cuinat al laboratori de Química i no hi ha material de cuina. Per tant, es va utilitzar el forn microones de la sala del professorat i es van haver de portar forquilles, tasses i altre material fungible. Això no va afectar el normal desenvolupament de la pràctica ni va suposar grans canvis en l'organització de l'activitat.

Primer es va dissenyar un **pla d'acció** que contenia els objectius proposats, les preguntes que es volien plantejar, la metodologia que calia emprar, els instruments de recollida de dades que s'havien d'elaborar i la temporalització.

Després es va elaborar el **protocol de la pràctica []** que s'havia de portar a terme. Es va dissenyar una pràctica que havia de tenir, entre altres, les següents característiques:

- Els fenòmens i conceptes a treballar havien de tenir relació amb els continguts dels currículums de ciències de batxillerat.
- Havia de possibilitar la introducció de conceptes no explícitament especificats en els currículums, però que es poguessin considerar una aplicació o un exemple dels conceptes i fenòmens anteriors.
- Els plats per cuinar havien de ser coneguts i familiars, però al mateix temps havien de permetre que quedés visible i reflectida part de la diversitat d'ingredients que la indústria alimentària utilitza, entre altres coses perquè que en coneix la seva funcionalitat i l'aplica en l'elaboració d'aliments diversos.
- Havia d'estar molt planificada, ser fàcil de fer i adaptada a les eines i al material que es pensava que els instituts podrien tenir.
- La durada de la pràctica havia de ser adequada al temps de les classes (1 o 2 hores).
- Havia de ser un plat que agradés a l'alumnat en general ja que després s'havia de tastar.

La pràctica consistia en la realització de **quatre postres gelificades**, dos plats de postres elaborats amb proteïnes (flam d'ou i gelatina de fruites) i els altres dos amb polisacàrids (flam d'agar de fruites i flam en pols que conté carragenats). Es va dissenyar aquesta pràctica pensant que reunia les característiques buscades:

- Conté conceptes del currículum: proteïna, polisacàrid, desnaturalització de proteïnes, dispersió, pas de sol a gel, coagulació, dissolució, enllaços químics, energia calorífica, etc.

- Permet introduir el model *xarxa tridimensional* per explicar la gelificació amb molècules gelificants, com són les proteïnes i els polisacàrids.
- Els flams són postres molt quotidianes i fer un plat a partir d'un preparat en pols ens permet comprovar les propietats dels components interpretant la informació de la seva etiqueta.
- El material, el temps i el grau de dificultat eren els adequats al context en el qual es realitzava la pràctica.
- Els plats dolços sovint agraden a noies i nois de qualsevol edat.

El protocol de la pràctica conté:

1. Una petita introducció de conceptes generals sobre proteïnes, polisacàrids i gelificació.
2. Els materials, ingredients i el procediment de preparació de cada plat.
3. Una taula per recollir les observacions en el moment de tastar-los.
4. Una explicació científica dels processos culinaris de cada plat cuinat amb unes preguntes relacionades amb conceptes i fenòmens de Química general.

Posteriorment, mitjançant un primer contacte amb el professorat implicat, es van poder consensuar les estratègies bàsiques per portar a terme l'experiència: l'alumnat, el material de laboratori, la metodologia, la programació de la matèria de Química, el calendari i la temporalització.

Després es van elaborar els instruments de recollida de dades: **qüestionari i full d'observació**.

La temporalització de la pràctica va ser la següent:

1. Una sessió informativa de 20 minuts, amb tot el grup classe, per fer la presentació i explicar el que es faria, quins serien els objectius de l'activitat i també comentar el contingut del protocol.
2. Una sessió de 2 hores per realitzar la pràctica al laboratori de Química en grups de 4 o 5 persones.
3. Una tercera sessió d'1 hora. Durant els primers 40 minuts es va treballar en equips per tastar els plats i fer la reflexió de les preguntes del protocol de pràctiques per poder contestar-les després. Els 20 minuts restants es van dedicar a emplenar els qüestionaris individualment.

2.2. Metodologia emprada

D'una manera general es podria resumir de la manera següent:

1. Per a l'elaboració del material de suport i des del punt de vista de les fonts, la metodologia ha estat **bibliogràfica** i orientada a l'obtenció d'un material escrit que pogués servir com una eina més en l'aplicació de la proposta didàctica i coeducativa d'ensenyar Química cuinant al laboratori.
2. Per a la realització de la part empírica i amb l'objectiu de trobar informació que pogués aportar elements nous a la proposta, la metodologia emprada ha estat **experimental**, i s'ha fet una pràctica de cuina amb alumnat de batxillerat de Ciències i Tecnologia als laboratoris de Química de dos instituts de la província de Barcelona. S'ha fet una **anàlisi qualitativa** de dades (més endavant s'explica amb més detall). També s'han fet alguns càlculs orientatius sobre les respostes donades per l'alumnat observat i que mai no s'han d'extrapol·lar fora del context i la dimensió del present treball.

2.3. Descripció dels recursos utilitzats

Els recursos utilitzats es poden classificar en tres grups: a) les fonts bibliogràfiques, b) els instruments de recollida de dades i c) les classes de cuina.

- a) Les fonts bibliogràfiques amb les quals s'ha treballat es descriuen a l'apartat de bibliografia comentada: llibres, articles de revista, vídeos, dossiers i pàgines d'internet.
- b) Els instruments de recollida de dades: fitxa de lectura, protocol de pràctiques, qüestionari i full d'observació es poden consultar a l'annex 2.
- c) També s'ha tret informació directa de les classes de cuina impartides en dos centres cívics de Barcelona i a l'escola de la Dona Francesca Bonnemaison. Aquesta informació ha estat fonamental per contrastar, comprendre i comprovar el que s'explica o s'analitza en moltes de les fonts bibliogràfiques consultades. També ha servit per introduir aspectes i exemples que no surten a la informació escrita i que formen part del saber popular i del treball experimentat, any rere any, per les dones.

3. Resultats obtinguts

3.1. Anàlisi dels resultats

1) Per a la part de l'elaboració de material de suport de la proposta didàctica, els resultats queden recollits en l'apartat de bibliografia comentada i a l'annex 1 i formarien part de la resposta a les tres primeres preguntes plantejades a l'apartat 1.3. que correspon als objectius i resultats proposats.

2) Els resultats de l'anàlisi de dades qualitatives de la part empírica s'exposen a continuació.

Després de fer el buidatge dels instruments de recollida de dades: **qüestionari, full d'observació, preguntes del protocol de la pràctica i taules del tast**, es va fer un estudi qualitatiu de les respostes obertes i alguns càlculs estadístics de les respostes tancades del qüestionari. Els resultats dels altres instruments van servir per reforçar o complementar alguns dels aspectes analitzats en les respostes del qüestionari.

El **qüestionari** [1] conté 13 preguntes: 3 d'obertes i 10 de tancades (9 d'elles excloents, només calia donar una resposta, i 1 de no excloent, en la qual es podia contestar a una o diverses de les opcions donades). Els qüestionaris es van **marcar de l'1 al 30** amb el següent ordre: de l'1 al 6 alumnat de segon curs, del 7 al 13 alumnat de primer -tots dos de l'IES Eugeni d'Ors- i del 14 al 30 alumnat de primer de l'IES Miramar.

Es va fer un petit estudi estadístic amb les dades de les preguntes tancades per ajudar a interpretar part de l'estudi qualitatiu. Per fer l'estudi estadístic es va crear una matriu al programa informàtic Excel i a partir d'aquí es van calcular freqüències, percentatges i relacions entre algunes de les preguntes i també es van obtenir algunes gràfiques (annex 2).

Aquesta anàlisi quantitativa és orientativa, només informa i descriu alguns aspectes d'aquest estudi en concret. No hi ha cap pretensió de generalitzar ni d'arribar a cap conclusió amb els resultats dels càlculs estadístics realitzats.

L'estudi s'ha fet en un grup amb un nombre molt similar de nois i noies (57% de noies i 43% de nois). La majoria eren de primer curs (80%) i del batxillerat de ciències (87%).

PRIMERA PREGUNTA OBERTA DEL QÜESTIONARI

Per categoritzar les respostes de la primera pregunta oberta del qüestionari (la número 12) **-com expliques la formació de gel en un dels casos següents: el flam d'ou, la gelatina de fruites o el flam d'agar de fruites?-** s'ha elaborat un **[] mapa conceptual** (annex 2) amb continguts que apareixien en les respostes i que relacionaven l'**energia** amb els **canvis macroscòpics** observats a la pràctica de cuina i amb alguns dels **canvis microscòpics** estudiats i/o modelitzats en les matèries de ciències i en el protocol de la pràctica.

El resum de la quantitat de respostes corresponents a les categories trobades queda reflectit a la taula següent:

Categoria	Quantitat respostes
Canvis macroscòpics, canvis microscòpics i canvis d'energia	21
Canvis macroscòpics i canvis d'energia	2
Canvis microscòpics i canvis d'energia	1
Canvis microscòpics i canvis en enllaços moleculars	8
Canvis microscòpics i disposició, ordre, desordre de molècules	3
Rigidesa del gel i tipus d'enllaç i/o composició gelificant	4
Xarxa tridimensional i capacitat de retenir aigua i altres molècules	8

Dels 30 qüestionaris que s'han analitzat:

1) Una persona no va contestar la pregunta 11 ni cap de les altres preguntes obertes. Aquest era el primer dels qüestionaris buidats i marcat com a (1).

2) Cinc, van donar respostes incorrectes, vagues i diverses.

Per exemple, *la gelificación del flan de huevo, se da gracias a la desnaturalización de la lactosa y la sacarosa debido a la energía calorífica que le hemos proporcionado rompiendo los enlaces químicos que estaban uniendo estas pequeñas moléculas* (14).

3) Dues respostes relacionaven **canvis macroscòpics** amb **canvis d'energia** sense explicar els canvis microscòpics. No sembla que relacionin els canvis microscòpics amb el fenomen de gelificació, només descriuen el que han vist al laboratori, com és el fet que amb la calor els ingredients passen de líquids a un semisòlid. Utilitzen

expressions com: *el que fem és ocasionar un canvi físic, hi ha un canvi d'estructura o que solidifica.*

Per exemple, *flam d'ou: Pues que con la estructura tridimensional del huevo más las otras moléculas y la energía calorífica ésta se pone bastante espesa y después de estar un momento con energía calorífica al dejarlo que se solidifique y enfríe ya que está espeso pues solidificará y listo para comer pero también hay unas diferencias entre éste y la gelatina que éste tiene sinéresis y al sacarlo del molde se chafa un poco, en cambio el gel no* (17).

4) Una resposta relacionava **canvis microscòpics** amb **canvis d'energia**.

Així (5) diu, *bé, quan ens disposem a fer un flam d'ou al realitzar els diferents passos, tenim una cadena d'esdeveniments.*

Una vegada tenim els ingredients barrejats el que aconseguim és una barreja homogènia, la qual portem a escalfar.

Després apliquem una energia calorífica (mitjançant la calor del forn). A través d'aquesta calor el que es provoca és la desnaturalització de les proteïnes que aporta l'ou (ingredient necessari). Aquestes canvien o perden la seva funció natural. Realitza una funció que és la de disposar els enllaços d'una altra manera, creant una xarxa de molècules diferent.

Mitjançant el canvi de medi (calor → fred) el que fem és ocasionar un canvi físic amb el qual s'obté un canvi d'estructura a través del qual es forma gel.

A l'últim paràgraf sembla que vol explicar el canvi macroscòpic però no ho deixa clar.

5) Vint-i-una de les respostes relacionaven els canvis **macroscòpics** amb els canvis **microscòpics** produïts pels canvis **energètics**.

Per exemple, *per aconseguir flam d'ou a partir d'ou, està clar, s'ha d'escalfar l'ou. L'ou conté proteïnes i aquestes a l'estar sota una font de calor es desnaturalitzen, la seva estructura inicial es desordena i se'n forma una altra de diferent...*

Els polímers que formen la proteïna se separen (els enllaços que els uneixen es trenquen) i se'n formen uns altres de nous, tenint així un canvi d'estructura. L'estructura nova és més completa, més rígida i és per això que l'ou ja no té aspecte líquid sinó sòlid.

És el mateix que quan es fa una truita. S'escalfen les proteïnes, els enllaços entre les molècules es trenquen (desnaturalització), aquestes canvien d'ordre i es formen nous enllaços més forts, donant així un altre aspecte a la proteïna (punt de vista microscòpic) i un altre aspecte a l'ou (punt de vista macroscòpic) (3).

Una altra resposta diu, flam d'ou, quan li vam passar energia calorífica, vam desnaturalitzar les proteïnes i va canviar la seva estructura llisa a una estructura tridimensional amb una xarxa que no deixa sortir quasi res de dintre i ho agafa tot i llavors forma el gel (8).

Una altra resposta explica: l'albúmina de l'ou quan s'incrementa la temperatura i es troben en una dissolució, les molècules de les proteïnes comencen a moure's, llavors quan es refreda els enllaços canvien i formen una estructura formant així un gel, però aquesta estructura d'albúmina deixa bastant residu líquid ja que té molta sinèresi (12).

Un altre exemple més, la formació de gel es produïda perquè al posar energia calorífica al col·lagen de la gelatina es desnaturalitza i això fa que es trenquin uns enllaços i es formin altres enllaços químics que donen lloc a un canvi d'estructura i donen lloc a l'estructura tridimensional i formen gel (21).

Entre aquestes vint-i-una respostes, quinze donaven alguna explicació més dels canvis microscòpics:

a) Onze de les quinze respostes parlaven de **canvis en les molècules**.

D'aquestes onze, vuit relacionaven els canvis en les molècules amb el **trencament i la formació d'enllaços químics** entre àtoms. Així, (11) diu, *però primer s'havia d'escalfar per així poder trencar enllaços i que es pogués reordenar per formar una xarxa i poder retenir l'aigua*. (12) escriu, *quan es refreda els enllaços canvien i formen una estructura formant així un gel*. (16) també diu, *quan s'han posat tots els ingredients i se'ls subministra energia calorífica es trenquen els enllaços químics i es produeix la desnaturalització de les proteïnes*. Igualment (21) explica, *la formació de gel es produïda perquè al posar energia calorífica al col·lagen de la gelatina es desnaturalitza i això fa que es trenquin uns enllaços i es formin altres enllaços químics que donen lloc a un canvi d'estructura i donen lloc a l'estructura tridimensional i formen gel*.

Així mateix (25) escriu, *quan es refreda s'estableixen enllaços que fan una xarxa tridimensional que atrapa amb els ingredients dissolts (sucres...) formen una estructura*

rígida, com si fos un gel; (26) també diu, a partir de l'energia calorífica i gràcies a la clara d'ou, es forma una estructura tridimensional que fa que atrapi les molècules i formi enllaços químics. Això és degut a les diferents forces d'atracció i repulsió.

De les mateixes onze respostes que parlaven de canvis en les molècules, tres feien referència a la **disposició, ordre, desordre i organització** diferent de les molècules.

Per exemple: (2) diu, *es produeix gel formant-se una estructura tridimensional a causa de la disposició de les molècules que la formen.* (3) escriu, *l'ou conté proteïnes i aquestes a l'estar sota una font de calor es desnaturalitzen, la seva estructura inicial es desordena i se'n forma una altra de diferent.* Més endavant (3) també diu, *s'escalfen les proteïnes, els enllaços entre les molècules es trenquen (desnaturalització), aquestes canvien d'ordre.* (11) explica, *però primer s'havia d'escalfar per així poder trencar enllaços i que es pogués reordenar per formar una xarxa i poder retenir l'aigua.*

b) Quatre de les vint-i-una respostes relacionaven la diferència dels canvis macroscòpics com, per exemple, la **rigidesa del gel** format amb característiques dels enllaços químics (**forts, febles, càrregues**) i/o **estructura i composició diferents de les molècules gelificants** (proteïnes i polisacàrids).

Per exemple, (6) escriu, *la formació d'aquest gel és a partir de l'aigua que atrauen aquestes xarxes tridimensionals amb uns enllaços més forts. La qual conseqüència queden amb una textura rígida, perquè agafa més aigua, els polisacàrids, que no pas les proteïnes.* (3) diu, *els polímers que formen la proteïna se separen (els enllaços que els uneixen es trenquen) i es formen uns altres de nous, tenint així un canvi d'estructura. L'estructura nova, és més completa, més rígida i per això que l'ou ja no té aspecte líquid sinó sòlid.* (9) escriu, *l'agar, és el mateix que l'altre, però els enllaços són més intensos que en la gelatina i el flam d'ou.*

c) Vuit de les vint-i-una respostes mencionaven que **l'aigua i/o les molècules dissoltes** a l'aigua quedaven **atrapades a la xarxa tridimensional** formada.

Per exemple, (9) respon, *l'aigua i tots els productes queden atrapats en una xarxa d'estructura tridimensional.* (24) escriu, *es produeix un canvi d'estructures formant una xarxa que envolta i atrapa les altres substàncies (sucres, additius...).* (25) s'expressa així, *... que fan una xarxa tridimensional que atrapa aigua amb els ingredients dissolts (sucres...) formen una estructura rígida.*

SEGONA PREGUNTA OBERTA DEL QÜESTIONARI

Per fer l'anàlisi de la segona pregunta oberta (la número 12) **-quina diferència hi deu haver entre un grup de substàncies, com el sucre o la sal, i un altre grup de substàncies, com les proteïnes o els polisacàrids, perquè es comportin de diferent manera quan les barregem amb aigua i les escalfem?-** s'han analitzat només les respostes que tractaven de donar una explicació, ja que tres no contestaven, cinc es limitaven a descriure el diferent comportament de les diverses molècules segons el que s'havia observat a l'experiència i set de les respostes ni descrivien ni donaven explicacions.

Del total de respostes, quinze s'atreuen a formular hipòtesis o donar explicacions sobre la causa del diferent comportament dels dos grups de substàncies.

Dotze d'aquestes quinze respostes donaven explicacions de dues classes: les primeres relacionaven el comportament diferent respecte a la capacitat de gelificació dels dos grups de molècules, amb la simplicitat de la sal i el sucre davant de la complexitat de les proteïnes i els polisacàrids i/o la diferent estructura dels dos grups de molècules. Les segones relacionaven aquest comportament diferent respecte a la capacitat de gelificació amb les diferents dimensions dels dos grups de molècules.

Les tres respostes restants consideraven que els enllaços entre els àtoms de les molècules que tenien capacitat de gelificació eren més forts i/o més complexos que no pas els de les que no formaven gel.

En resum, l'explicació que donaven era que les molècules de la sal o el sucre eren menys complexes i més petites que les molècules de les proteïnes o els polisacàrids. També que els enllaços químics que podien establir proteïnes i polisacàrids eren més forts. Per una banda, feien referència a l'estructura gran i complexa de les macromolècules i per altra sembla que establien la següent relació: en l'estat semisòlid o quasi sòlid (de les postres gelificades) els enllaços deuen ser més forts que en el l'estat líquid (barreja de substàncies abans d'escalfar i/o refredar).

TERCERA PREGUNTA OBERTA DEL QÜESTIONARI

La pregunta número 13 **-de cara a futures experiències i recerques educatives, quins suggeriments se t'acudeixen?-** tenia com objectius recollir l'opinió de

l'alumnat, valorar la seva motivació, donar-li protagonisme i crear un espai d'expressió lliure.

Les respostes s'han classificat en quatre grups:

1. Les que fan referència a la part teòrica. Dues, deien que necessitarien més explicacions teòriques per part del professorat.
2. Les que fan referència a la part experimental. Nou, demanaven experimentar els mateixos plats de postres amb sal, per comprovar alguna de les qüestions relacionades amb la sal i el sucre; amb diferents fruites, per veure si es fa o no el gel (al llarg de l'experiència havien observat que en la formació o no del gel influïa el tipus de fruita), o també fer altres pràctiques amb altres aliments o altres plats no dolços.
3. Les que fan referència al temps, material o quantitat d'experiències. Vuit, deien que faria falta més temps per poder arribar a entendre-ho millor, quatre demanaven més experiències similars de cuina i dos pensaven que caldria tenir més material.
4. Les que fan referència a la relació entre la teoria i la pràctica. Set demanaven explicar més fenòmens amb més molècules o ingredients diferents, analitzar les propietats dels productes abans i després de cuinar-los, posar exemples de la vida quotidiana, com veure què passa amb la paella, fer més pràctiques similars per aprendre Química i Biologia, etc.

3.2. Interpretació dels resultats de la part experimental

L'objectiu de la part empírica era fonamentalment observar si experimentant una mostra de pràctiques de cuina al laboratori de Química de batxillerat d'un Institut:

- L'alumnat podria arribar a comprendre l'explicació científica de certs fenòmens i els podria relacionar amb els continguts que s'estudien i treballen en les assignatures de ciències (Física, Química, Biologia).
- Es podrien arribar a integrar a l'activitat docent alguns dels coneixements experimentals de les dones que, normalment, no apareixen explícits en el context acadèmic.
- Podria ser útil per obrir una via d'orientació professional.

Partint d'això, la interpretació dels resultats de la part experimental s'ha fet tenint com a guia les 6 últimes preguntes plantejades en els objectius de la recerca i amb les dades recollides a través dels diferents instruments d'observació.

1. És possible treballar la interdisciplinarietat de les ciències fent pràctiques de cuina a la classe de Química de batxillerat?

Els conceptes i fenòmens que són presents en el protocol de la pràctica s'estudien i treballen en les assignatures de ciències de batxillerat: estructura i desnaturalització de proteïnes, enllaços químics, energia calorífica, dispersions, coagulació, forces electrostàtiques, polímers, etc. No obstant això, en la pràctica docent cada una de les diferents matèries de ciències aprofundeix més en alguns d'aquests conceptes i fenòmens. Al contrari d'aquest estudi, en el qual es presentaven tots plegats i dintre del context culinari.

En les respostes a la pregunta 6 del qüestionari s'observa que la majoria de l'alumnat estudiat considera que l'explicació científica de la gelificació és interdisciplinària. En aquest sentit, el 93% la relaciona amb dues o tres assignatures de ciències: Química, Biologia, Física. []

2. L'alumnat pot arribar a entendre alguns conceptes o fenòmens científics a través de les pràctiques de cuina?

De l'anàlisi qualitativa de les respostes a la pregunta 11 del qüestionari, es posa de manifest que una part d'aquest l'alumnat (70%) era capaç de fer una explicació general sobre un fenomen, com és per exemple el de la gelificació, seguint un *model* senzill i que s'havia explicat prèviament.

En la majoria de les respostes es descriu el fenomen de la formació del flam (cuina) amb una explicació científica relacionada amb la Química i la Biologia.

S'observa que la meitat d'aquest alumnat (52%) explica els canvis macroscòpics (pas de sol a gel) per mitjà dels canvis produïts a les molècules. Ja siguin canvis relacionats amb la disposició, l'ordre, el desordre i l'organització d'aquestes molècules, o bé en relació amb el trencament i/o formació dels enllaços químics entre partícules, mencionant o no la intervenció de forces electrostàtiques.

Així mateix es veu que una petita part (19%) del mateix grup d'alumnat que és capaç de fer una explicació científica general, s'atreveix a donar respostes que són hipòtesis o deduccions extretes de la seva pròpia experimentació al laboratori. Per exemple, la diferent textura i sinèresi dels gels obtinguts els induïx a suposar que els enllaços són diferents. Elles i ells diuen que si el gel és més rígid i es produeix menys sinèresi és perquè els enllaços formats són més forts, més intensos, etc. I aquest aspecte no l'havíem treballat a classe.

També fan deduccions errònies, com per exemple *que els polisacàrids agafen més aigua que no pas les proteïnes*. Si la deducció ve de la sinèresi dels gels obtinguts, a l'experiència del laboratori van veure un contra exemple: la gelatina no tenia sinèresi i en canvi el flam d'ou sí que en tenia.

L'anàlisi s'ha fet a partir del que l'alumnat ha expressat en les seves respostes del qüestionari, però tot i que en un elevat nombre de les explicacions la terminologia pot semblar mitjanament correcta, s'observa que en gairebé totes les respostes es repeteix el que s'havia treballat al reflexionar sobre les preguntes que contenia el protocol de pràctiques. Per poder avaluar el grau de comprensió del fenomen s'haurien de fer més experiències similars o aplicar aquestes experiències a diferents situacions i condicions, per tenir més dades i arribar a alguna conclusió. (Diferents alumnes, laboratoris, nivells, instituts, etc.)

Respecte als resultats de la pregunta 12 (esmentats en l'apartat anterior dels resultats), sembla que només una tercera part de l'alumnat s'aventura a interpretar el diferent comportament del sucre i la sal enfront de les proteïnes i els polisacàrids i quan ho interpreten diuen coses com ara que per gelificar es necessiten molècules complexes i grans i que s'estableixen enllaços forts.

Potser es podria dir que no és una interpretació vàlida i que de totes maneres seria insuficient i superficial, però no s'ha de perdre de vista el context de l'estudi fet. Així, per exemple, la majoria de l'alumnat observat era de primer curs de batxillerat i en el moment de la pràctica només havien passat quatre o cinc mesos del curs escolar. Tot i que estem parlant de batxillerat, ni el període de temps ni el nivell del curs no permeten aprofundir gaire en els continguts de Química i Biologia del cicle.

A més a més, part de l'alumnat (1 noia i 6 nois) no estudiava Biologia, i el temps dedicat a l'explicació teòrica de la pràctica de laboratori es va limitar a una hora

lectiva. Això vol dir que les explicacions donades per l'alumnat venien més de la pràctica realitzada, és a dir, de la informació extreta de la pròpia experiència, que no pas de la teoria estudiada.

Es podria concloure que no es va poder aprofundir en l'explicació científica del procés, però sí que es va partir de fets quotidians i domèstics, es va treballar el mètode científic i l'activitat va motivar l'alumnat en la recerca d'arguments que permetessin explicar els canvis observats.

3. Les pràctiques de cuina contribueixen a potenciar la motivació de l'alumnat?

El 67% pensa que cuinar al laboratori de Química els podria ajudar bastant o molt a entendre millor els fenòmens o conceptes de ciències; la resta pensa que una mica, i no hi ha ningú que opini que no els ajudaria gens. []

Al 57% li agradaria estudiar Química observant i analitzant els canvis que tenen lloc en els aliments al cuinar-los; al 37%, una mica i al 6% gens. []

En la pregunta 13 del qüestionari, tot i que no es demanava una valoració de l'activitat feta, la majoria feien comentaris com per exemple, *jo hi dedicaria una estona més perquè és molt entretingut i aprens coses* (18). Una altra resposta diu, *a mi m'hagués agradat una mica més de temps per fer els flams. Res més. Ha estat bé* (21). Una altra afegeix, *m'agradaria que totes les pràctiques acabessin en degustació, això suposo que dóna satisfacció d'un treball ben fet* (27).

Algunes respostes fan propostes sobre possibles comprovacions, per exemple, en un grup la gelatina no va gelificar i van suposar que la causa podria ser el tipus de fruita. En aquest sentit, un noi del grup fa aquest comentari, *jo hi afegiria a la gelatina la variable de la fruita ja que a nosaltres un dels postres no ens va gelificar i podria ser per la fruita que li van afegir* (11).

Una noia escriu, *fer aquestes mateixes experiències però comparant aquests postres, fent-los amb sal, per veure si es manté la seva estructura* (4).

Sembla que, davant de la dificultat de donar una resposta precisa a la pregunta del protocol de la pràctica que deia, *si s'afegeix sal (enllaç iònic) com a ingredient, podeu*

descriure quines conseqüències podria tenir en la formació del gel?, l'alumna veu la necessitat de fer una nova experiència.

De les anotacions fetes al full d'observació de la sessió del laboratori, es constata que l'alumnat treballava amb interès i amb mètode. Durant la pràctica es va observar que l'alumnat, en general, anava seguint el guió d'una manera sistemàtica i ordenada, cercava solucions davant de les dificultats que trobava, aplicava el seu bagatge de la metodologia de treball de laboratori de Química i s'adaptava ràpidament al context culinari.

Ja sabem que qualsevol canvi motiva; si aquest canvi comporta fer pràctiques encara més, i si es tasta, l'èxit està assegurat. Aquesta resposta de l'alumnat era previsible, però el fet que a més facin propostes per saber-ne més sempre és positiu i ens ajuda a avançar. []

4. De quina manera es poden posar de manifest alguns dels coneixements domèstics i experimentals de les dones?

A la pregunta 7 del qüestionari es demanava si havien fet alguna vegada flam d'ou i a la 8 de qui era la recepta que seguien.

Només la tercera part de l'alumnat deia que havia fet alguna vegada flam d'ou. La meitat d'aquest grup deia que la recepta era de la mare o una altra dona i l'altra meitat que l'havien tret d'una revista o un llibre. Tradicionalment els sabers culinaris els han transmès les mares. Les respostes obtingudes coincideixen amb la tradició, però també amb els canvis generacionals: actualment també s'aprèn a cuinar a través de revistes, llibres, televisió, Internet, cursos, etc.

La pregunta 9 deia: *En la teva família, la persona o les persones que en general saben més de cuina són la mare, el pare, l'àvia, l'avi, les germanes o algunes de les germanes, el germans o alguns dels germans?*

En aquesta pregunta no necessàriament s'havia de donar una única resposta i la majoria va contestar a més d'una de les opcions. Gairebé la totalitat (90%) va dir que la mare; el 83%, l'àvia; el 30%, el pare, i la resta d'opcions les van marcar entre un 7% i un 10%.

Segons l'alumnat estudiat, en el seu entorn familiar els coneixements sobre cuina pertanyen majoritàriament a les dones. Aquest fet es constata en totes les civilitzacions i en diferents zones geogràfiques del món. S'han fet estudis al respecte, per exemple, Gracia Arnaiz (1996:99,138), quan parla de la transmissió dels sabers alimentaris escriu:

“El hecho de que la responsabilidad de la alimentación familiar continúe siendo hoy principalmente femenina, a pesar de la incorporación masiva de mujeres en el mercado de trabajo y de la introducción progresiva de servicios propuestos desde fuera y para el ámbito de la casa, se relaciona de forma directa con el proceso de transmisión y adquisición del saber alimentario. En efecto, el conjunto de conocimientos necesarios para resolver las prácticas diarias de aprovisionamiento, conservación, cocinado, servicio, reciclaje o control de los alimentos, así como aquellos para llevar a cabo otras tareas derivadas de o vinculadas al hecho alimentario, tales como cuidar el cuerpo o asistir física y psicológicamente a los miembros del grupo familiar, se han venido transmitiendo de forma generalizada a través de las mujeres, por vía oral y en el ámbito doméstico”.

Més endavant la mateixa autora diu:

“Ahora, bien, que durante los últimos años esta forma de transmisión haya perdido su papel predominante –de hecho desde tiempo atrás ya lo compartía con otras fuentes escritas (libros, sobre todo)-, no significa que haya dejado de ser una de las principales vías de difusión de conocimientos alimentarios, sobre todo cuando se empieza a participar, en ámbito doméstico, en prácticas tales como aprovisionamiento, almacenaje, preparación de platos o servicio. Todavía es la primera fuente citada con respecto al resto de las fuentes escritas o audiovisuales según las respuestas de la mayoría de los miembros de los grupos domésticos analizados”.

Vist tot això, es podria acabar dient que els sabers de les dones es poden fer presents al cuinar al laboratori de Química.

5. Podrien ser útils com a introducció d'una via d'orientació professional relacionada amb la cuina i els aliments?

Com s'ha comentat abans, l'objectiu d'incloure un flam en pols a les pràctiques era el de poder introduir en la pràctica docent temes com ara additius, funcionalitat dels components dels aliments, indústria alimentària, cuina professional, etc., és a dir, s'intentava presentar la ciència de la cuina i els aliments com una sortida professional més del batxillerat.

Malgrat que tot estava molt planificat, aquests temes no es van poder treballar, entre altres motius, per falta de temps. Així doncs, per mirar de donar alguna resposta a la qüestió plantejada, només es mencionen les respostes a la pregunta 10 del qüestionari, *-Et sembla que conèixer i entendre la ciència de la cuina i els aliment pot ser una professió amb futur?*

La majoria de l'alumnat estudiat (93%) pensa que la ciència de la cuina i dels aliments pot ser una professió de futur, tot i que el 40% no està interessat en aquests tipus de professions. []

6. Es poden observar diferències entre nois i noies?

A través de les respostes donades a les explicacions d'alguns dels processos culinaris, es podria dir que no hi ha gaire diferència entre noies i nois.

Ara bé, el nombre de respostes de noies o de nois varien segons la categoria estudiada.

Així, per exemple, si es mira una de les categories, les respostes que relacionen els canvis macroscòpics, canvis d'energia i canvis microscòpics, pertanyen a 11 noies i a 10 nois. Hi ha 1 noi i 2 noies que relacionen els canvis microscòpics amb l'estructura i la disposició de les molècules. Respecte a la relació entre rigidesa del gel i tipus d'enllaç, la comenten 3 nois i 1 noia. Finalment hi ha 5 nois i 4 noies que relacionen els canvis microscòpics amb el trencament i la formació d'enllaços.

Entre les respostes que s'atreveixen a formular hipòtesis o donar explicacions sobre la causa del diferent comportament dels dos grups de substàncies (sal i sucre, proteïnes i polisacàrids) n'hi ha 10 de noies i 5 de nois. Dintre d'aquest subgrup, 7 noies i 5 nois

creuen que la complexitat i la gran mida de les macromolècules deu ser una de les causes de la capacitat de gelificació.

Unes quantes noies més (94%) que nois (70%) distingeixen en la pràctica de cuina realitzada, conceptes i fenòmens que s'estudien en dues o més assignatures de ciències. És a dir, hi ha un major nombre de dones que poden percebre la interdisciplinarietat pròpia dels processos culinaris. La causa d'aquesta diferència de resultats podria venir del fet que la totalitat de l'alumnat de batxillerat tècnic era nois i no estudiaven Biologia.

Pràcticament la mateixa proporció de nois (70%) que de noies (67%) creuen que cuinar al laboratori els ajudaria a entendre millor la Química.

Una mica més de nois (92%) que de noies (88%) pensen que la mare i l'avia són les que més saben de cuina.

De les 9 respostes de l'alumnat que afirma haver cuinat alguna vegada flam d'ou, 5 són nois i 4 són noies. La meitat dels nois i la meitat de les noies diuen que per fer-lo segueixen la recepta de la mare o d'una altra dona.

Gairebé la mateixa proporció de nois (92%) que de noies (94%) pensen que la ciència de la cuina i dels aliments pot ser una professió de futur.

A una proporció (67%) una mica més gran de noies que de nois (54%) els agradaria aprendre Química cuinant al laboratori.

Revisant les opinions i suggeriments de l'alumnat, es podria dir que no hi ha diferències entre nois i noies respecte a voler fer més pràctiques de cuina amb més temps o més material, però hi ha més noies (6) que nois (1) que demanen fer més pràctiques que expliquin, per exemple, altres processos culinaris amb exemples de la vida quotidiana.

En la sessió de pràctiques, hi havia grups mixtos de diferent composició (3 noies i 1 noi, 2 noies i 2 nois, 3 nois i 1 noia, etc.) i grups compostos només per nois o per noies. Tots els grups van treballar força bé i van acabar la pràctica en el temps indicat. En general i tal com sovint s'observa en les pràctiques de laboratori, les noies es van mostrar més hàbils i, en general, van organitzar millor la feina. Va ser una noia la que va trobar el temps i la potència elèctrica adequada per cuinar el flam d'ou al

microones de l'institut Miramar (no tenien forn tradicional i van haver d'experimentar amb el microones). Després tots els grups van anar seguint les seves instruccions.

4. Valoracions i suggeriments

Al llarg dels diferents apartats anteriors s'ha volgut exposar, amb una estructura més o menys detallada, el que es buscava i el que s'ha trobat en aquest treball. A continuació es presenten un seguit de valoracions d'alguns aspectes que es volen destacar.

- Quant a la metodologia i les condicions del treball experimental es pot resumir dient que ha permès fer l'estudi d'una manera sistemàtica i organitzada. Tot i que el grup estudiat era reduït i no és representatiu de l'alumnat de batxillerat de ciències, ha complert les expectatives de l'estudi ja que només es pretenia estudiar un cas, del qual s'ha fet una anàlisi qualitativa.
- Els conceptes i fenòmens científics de la pràctica realitzada s'adapten als objectius i preguntes plantejades en aquest estudi. Hi ha molts més conceptes i fenòmens que la ciència explica i que es donen en els processos culinaris. En aquest treball, que com ja s'ha dit és la continuació d'altres treballs similars i encara està per completar, no apareixen, d'una forma específica certs blocs temàtics importants a la Química de la cuina, com per exemple els greixos, els sucres, la sal, l'osmosi, les mescles i les dissolucions, la transmissió de l'energia calorífica, etc. Tots aquests continguts són importants a la cuina i a la ciència i es poden estudiar des d'un punt de vista interdisciplinari.
- Pel que fa a alguns dels resultats obtinguts en aquest estudi, es constata que fer plats de cuina al laboratori de ciències pot ser una activitat que partint de fets quotidians, motiva l'alumnat, en general i d'una manera més específica a les noies. D'altra banda també ajuda l'alumnat a entendre alguns fenòmens científics i a treballar el mètode científic. A més, incorpora sabers femenins als currículums de ciències i obre vies diferents d'estudi interdisciplinari i d'orientació professional.
- Finalment, es pot afegir que no hi ha diferències significatives pel que fa a les respostes donades per l'alumnat de cadascun dels dos instituts estudiats (cal destacar que tot l'alumnat de l'IES Miramar era de primer curs) i tampoc no s'han trobat gaires diferències entre les respostes donades per l'alumnat dels diferents cursos i de diferent sexe dels dos instituts estudiats.

- Quant als resultats similars obtinguts al voltant de la comprensió de les explicacions científiques, és possible que com que el tema treballat era una aplicació pràctica del fenomen de gelificació, era desconegut o havia estat poc estudiat pels diferents grups classe. És a dir, els punts de partida o el bagatge de coneixements eren més o menys iguals per a la majoria.

Queda molt camí per recórrer, s'ha d'ampliar, aprofundir, corregir, completar, aplicar i experimentar el que ja s'ha fet, per després extreure les reflexions adequades que ens ajudin en la realització de noves experiències i estudis.

El que s'exposa a continuació serien les bases dels suggeriments que, personalment, es volien plantejar en aquesta recerca.

Així doncs, a les nostres classes podem explicar algunes parts concretes de la Química de batxillerat fent pràctiques de cuina al laboratori (dispersions, polímers, canvi químic, catalitzadors, etc.) o es poden seleccionar exemples de processos culinaris quan fem l'estudi d'alguns dels fenòmens continguts en els currículums de Química (la manera d'evitar l'oxidació en la preparació de plats amb vegetals, el pH dels aliments, algunes propietats de les macromolècules, etc.). També podem aprofitar per organitzar i realitzar algunes classes de pràctiques de cuina conjuntament entre dues assignatures de ciències ja que hi ha blocs temàtics que són més interdisciplinaris que altres (desnaturalització de proteïnes, pas de sol a gel, emulsions, osmosi, etc.).

5. Relació de materials continguts en els annexos

Annex 1. Processos culinaris i Química. Alguns exemples i pràctiques de processos culinaris que es poden aplicar a l'ensenyament de la Química de batxillerat amb una orientació coeducativa i interdisciplinària.

Annex 2:

- ✓ Instruments de recollida de dades i de realització de la part experimental: fitxes lectura, qüestionari, full d'observació, protocol de pràctiques.
- ✓ Material obtingut en la part experimental: gràfiques dels resultats d'algunes de les preguntes tancades, mapa conceptual, quadre de degustació de les postres gelificades [] i fotos de l'alumnat cuinant al laboratori.

6. Bibliografia comentada

6.1. Llibres, articles de revistes, dossiers i vídeos

a. Química i Tecnologia dels aliments

La majoria d'aquests llibres contenen conceptes i fenòmens de Química i Tecnologia dels aliments en general, per exemple: Baltes (2007), Belitz (2004), Fennema (2006), Ordóñez (1998) i Primo (1998). Altres són més específics i algunes de les seves parts fan més referència a processos culinaris concrets: Charley (2004), Davidson (2006) i Fayle (2002).

BALTES, W. (2007). *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.

BELITZ, Hans-Dieter. (2004). *Food Chemistry*. 3rd revised edition. Berlín: Springer.

CHARLEY, Helen. (2004). *Tecnología de alimentos*. México: Limusa.

DAVIDSON, Alan. (2006). *The Oxford Companion to Food*. New York: OXFORD University Press.

FAYLE, Siân E., y GERRARD, Juliet A. (2002). *La reacción de Maillard*. Zaragoza: Acribia.

FENNEMA, Owen R. (2000 Segona edició). *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia.

ORDÓÑEZ, Juan A. (editor), CAMBERO, M^a Isabel., FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Leónides., GARCÍA SANZ, M^a Luisa., GARCÍA DE FERNANDO, Gonzalo., DE LA HOZ, Lorenzo., y SELGAS, M^a Dolores. (1998). *Tecnología de los Alimentos*. (Volumen I y II). Madrid: Síntesis.

PRIMO YÚFERA, Eduardo. (1998). *Química de los alimentos*. Madrid. Síntesis.

b. Cuina i Ciència

Aquest grup de llibres vol donar explicacions científiques de diferents processos culinaris. Molts d'ells tenen un caràcter divulgatiu en algunes de les seves explicacions i descripcions. Alguns van dirigits, sobretot, a professionals de cuina o a persones en general que estiguin interessades a conèixer aspectes científics de la gastronomia. En són un bon exemple: Alicia, el Bullitaller (2006), Barham (2001), Bocchia (2005), Coenders (2004), Edwards (2000), els tres llibres de This (actualment, aquest autor té

publicats diversos llibres més en la mateixa línia divulgativa), Pérez Conesa (1998), Schwedt (2004) i Wolke (2005).

Alícia, el Bullitaller. (2006). *Lèxic científic gastronòmic*. Barcelona: Planeta.

BARHAM, Peter. (2001). *La cocina y la ciencia*. Zaragoza: Acribia.

BOCCHIA, Ettore., y CASSI Davide. (2005). *La ciencia en los fogones de la cocina molecular italiana*. Gijón: Trea.

COENDERS, A. (2004). *Química culinaria*. Zaragoza: Acribia.

EDWARDS, W.P. (2000). *La ciencia de las golosinas*. Zaragoza: Acribia.

MANS, Claudi. (2005). *La truita cremada*. Barcelona: Col·legi Oficial de Químics de Catalunya.

McGEE, Harold. (2004). *On food and cooking*. New York: Scribner.

PÉREZ CONESA, Joaquín. (1998). *Cocinar con una pizca de ciencia*. Murcia: IJK editores.

SCHWEDT, Georg. (2004). *Experimentos en la cocina*. Zaragoza: Acribia.

THIS, Hervé. (2002). *Cacerolas y tubos de ensayo*. Zaragoza: Acribia.

THIS, Hervé. (2002). *Tratado elemental de cocina*. Zaragoza: Acribia.

THIS, Hervé. (2006). *Los secretos de los pucheros*. Zaragoza: Acribia.

WOLKE, Robert L. (2005). *Lo que Einstein le contó a su cocinero 2*. Barcelona: Robinbook S.L.

c. Cuina, aliments, ciència i ensenyament

En aquest apartat hi ha una miscel·lània de llibres, articles de revistes i un vídeo amb continguts sobre ensenyament de processos culinaris i tècniques amb aliments, dintre d'un context científic. Estan orientats o es poden adaptar a diferents cicles i estudis. Alguns van dirigits a l'alumnat de batxillerat, com per exemple, Albaladejo (llibre i vídeo), altres a l'alumnat d'ESO i/o Batxillerat: Cambón (2005) i Vecchione (2002), altres als de Formació Professional: Pozuelo (2006), que és un exemple de llibre de text de la família professional de Turisme i Hostaleria on es pot observar el lèxic gastronòmic. Un dels articles de revista va dirigit a professorat de primària, Criado (2001).

L'article titulat, *El uso de la explicación en una receta de cocina científica*, analitza una experiència d'ensenyament de la Química d'ESO, elaborant plats de cuina al laboratori de l'institut.

Aquest apartat també conté un grup de publicacions que o bé en la seva totalitat o en alguns dels seus capítols fan referència a cuina o a ingredients de menjar. Com són

Durán (1999), Esmley (2000), Fisher (2004), Golombek (2005), Blanch (2003) i Barral (1986).

ALBALADEJO, Eulàlia. (1990). *La Química de la cocina*. [vídeo]. Fundació Serveis de Cultura Popular de la Generalitat de Catalunya.

ALBALADEJO, Eulàlia. (1993). *La Química de la cuina*. Barcelona: La Magrana.

BARRAL, Adela., COROMINAS, Josep., FANÉS, Maria., GIL i BELTRAN, Alejandro., i LLORENS, Ricard. (1986). *La Física i la Química de cada dia. La Química de la cuina i del menjador*. [dossier]. Barcelona: ICE-UPC.

BLANCH, Consol. (2003). *La Química de la cuina*. [en línia]. Centre de Documentació i Experimentació en Ciències i Tecnologia de Vic. Disponible en: http://www.xtec.es/cdec/recursos/pdf/protocol_prim/cuina.pdf. [consultat 22 de juny de 2007]

CAMBÓN, Carmen., MARTÍN DE FRUTOS, M^a Soledad., y RODRÍQUEZ MARTÍN, Eduardo. (2005). Carne a la Maillard con guarnición. *Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 45, 34-43.

CRIADO, Ana., y DEL CID, Rosa. (2001). Química de la cocina. Un enfoque para maestros y maestras. *Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 28, 77-83.

DURAN, Xavier., i MARTÍNEZ I NÓ, M^a Dolors. (1999). *La química de cada día*. Barcelona: Pòrtic Temes.

EMSLEY, John. (2000). *Moléculas en una exposición*. Barcelona: Península.

FISHER, Len. (2004). *Cómo mojar una galleta*. Barcelona: De bols!llo.

GOLOMBEK, Diego., y SCHWARZBAUM, Pablo. (2005). *El cocinero científico*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina S.A.

IZQUIERDO Mercè., y SOLSONA, Nuria. (2003). El uso de la explicación en una receta de cocina científica. *Monográfico de la revista Investigación en la Escuela. Dificultades y obstáculos para el cambio (II)*, 49, 79-88.

POZUELO, Juan., y PÉREZ PÉREZ, Miguel Ángel. (2006). *Técnicas culinarias*. Madrid: Thomson-Paraninfo.

VECCHIONE, Glen. (2002). *Experimentos sencillos de Química en la cocina*. Barcelona: Oniro.

d. Ciència, gènere i coeducació

Tal com diu el títol, en el següent grup de llibres i articles de revistes s'exposen, analitzen i descriuen molts temes que, en bona part, han inspirat i guiat l'elaboració

d'aquest treball. Començant per aquells que fan reflexions al voltant de gènere i ciència, seguint pels que aporten arguments i justificacions que mostren la necessitat de treballar en la coeducació, i acabant amb els llibres que, d'alguna manera, apliquen els dos blocs temàtics anteriors a l'ensenyament de les Ciències Experimentals i, més específicament, a la didàctica de la Química que tracta d'ensenyar aquesta assignatura fent pràctiques de cuina al laboratori.

- ALBALADEJO, Eulalia., MANS, Claudi., MARTÍN, Virtudes., PARÍS, Mary., SOLSONA, Núria., i SUBÍAS, Rafaela. (2003). La cuina, un món de transformacions. *Revista Perspectiva Escolar*, 277, 2-57.
- ALEMANY, Carme. (1996). *Ciència, Tecnologia i coeducació. Recerques i experiències internacionals*. Quaderns per a la coeducació n. 10. Barcelona: ICE. UAB.
- ALIOLI, Angela, CARATI, Rinalda., COSENTINO, Vita., FISCHER, Cristina., GATTESCHI, Beatrice., JOURDAN, Clara., MURARO, Luisa., PASQUALI, Marina., SARTORI, Diana., y SUSI, Enrichetta., HIPATÍA . (1998). *Autoridad científica autoridad femenina*. Madrid: Horas y Horas.
- BONAL, Xavier., i TOMÉ, Amparo. (1997). *Construir l'escola coeducativa. La sensibilització del professorat*. Quaderns per a la coeducació n. 12. Barcelona: ICE. UAB.
- CALZÓN, Juan., y CERVIÑO, M^a Jesús. (2003). *Los saberes de cada día*. ESO. Serie de cuadernos de Educación no sexista n. 16. Madrid: Instituto de la Mujer.
- DE MIGUEL, Xus., PRUNA, Judit., SOLSONA, Núria., SUBÍAS, Rafaela., i TOMÉ, Amparo. (2005). *Cuinar, planxar i tenir cura de altri a l'escola*. Barcelona: OCTAEDRO.
- FERNÁNDEZ, C., MIRANDES, J., PORTA, I., RODRÍGUEZ, M., SOLSONA, S., i TARÍN, R. M. (1995). *Una mirada no sexista a les classes de ciències experimentals*. Quadern de coeducació. Barcelona: ICE. UAB.
- FOX, Evelyn. (1989). *Reflexiones sobre género y ciencia*. Valencia: Alfons el Magnànim.
- SENSAT, Rosa. (1998). *Les ciències en la vida de la llar*. Barcelona: Altafulla. (Facsimil de l'edició de 1923).
- SOLSONA, Núria. (2002). *La química de la cocina*. Cuaderno de coeducación no sexista nº 13. Madrid: Instituto de la Mujer.
- SOLSONA, Núria. (2003). *El saber científico de las mujeres*. Madrid: Talasa.

e. Cuina i consells sobre tècniques de cuina

En aquest apartat, hi ha una petita mostra de llibres que contenen receptes i consells de cuina tradicional. Avui en dia, hi ha una àmplia bibliografia de receptaris de cuina. Internet amplia les possibilitats amb les múltiples pàgines webs, blogs personals i fòrums que cada dia van en augment.

La selecció d'aquest grups de llibres s'ha fet tenint en compte que la majoria dóna consells sobre unes tècniques de cuina que són fruit de l'experiència de les dones i que s'han transmès de mares a filles. Al principi la transmissió dels coneixements culinaris era només oral i posteriorment també es van arribar a escriure i es van poder publicar. Els consells de les dones o dels seus néts o fills són un recull de coneixements experimentals que la ciència mira d'explicar. Moltes de les explicacions que donen les dones coincideixen amb les de la ciència, si bé no és igual, evidentment, l'ús de la terminologia específica i concreta que fan els llibres de dones respecte de la que utilitza la ciència.

Algunes explicacions dels processos culinaris es basen en creences de l'època en les que s'havien escrit, però és interessant observar que algunes encara són vigents. En canvi la ciència no sap, moltes vegades, donar una explicació clara i contundent d'alguns dels processos culinaris.

Academia de la cocina Española. (?)¹. *La repostería de los monasterios*. Oviedo: Nóbél.

BERNARD DE FERRER, Genoveva. (19..?)² *125 consejos para principiantes inexpertas*. Biblioteca el ama de casa. Barcelona: Molino.

BORRELL, Mercedes. (1905). *Mi cocinera. Colección de recetas práctica, sencillas y relativamente económicas, vistas hacer y tomadas al oído por la dueña de la casa*. Barcelona: Ribó y Marín.

DE TRÉVIS, Isabel (pseud.) BERNARD DE FERRER, Genoveva. (1962). *Secretos de cocina*. Hospitalet (Barcelona): Molino.

MENSTAYER, María (Marquesa de Parabede). (1984, Primera edición 1940). *La cocina completa*. Enciclopedia culinaria. Madrid: Espasa Calpe S.A.

PEYSSON, Anne Marie. (1999). *Trucos milagrosos para la cocina*. Barcelona: Omega.

ROCA, Joan (2005). *La cuina de la meva mare*. Barcelona: Columna Edicions S.A.

¹ No té data de publicació

² Al text original expressa així la data de publicació

ROCAMORA, M^a Luisa. (1957). *La cocina perfecta*. Barcelona: De Gasso Hnos.

TORRAS, V. (editor). (1837-1839, Segona edició). *La Cuynera catalana o sian reglas utils, facils, seguras y económicas der cuynar bé. Completo manual de cocina y repostería catalana, publicado en cuatro pequeños volúmenes encuadernados en un solo tomo, entre los años 1837 y 1839. Grabado a toda página de una cocinera catalana*. Barcelona [en línia]. Disponible en: http://www.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/bc/01305031933804947977802/p0000004.htm#l_14_ [Consulta: 13 de junio de 2007].

f. Altres

GRACIA ARNAIZ, Mabel. (1996). *Paradadojas de la alimentación contemporánea*. Madrid: Icaria

RODERO CABAL, J.³ (1943). *Química del hogar. Colección Manuales prácticos el Molino*. Buenos Aires: Molino.

6.2. Pàgines d'Internet

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/uso.html>. Bioquímica dels aliments. [Consulta: 13 setembre 2006].

http://www.inra.fr/la_science_et_vous/apprendre_experimenter/gastronomie_moleculaire. Informació sobre gastronomia molecular, experiments de cuina i ciència, etc. [Consulta: 15 setembre 2006].

<http://www.um.es/molecula/index.htm>. Aula virtual de Biologia. [Consulta: 15 octubre 2006].

http://www.texturaselbulli.com/ESP/texturas_01.html. Informació sobre Hidrocol·loides. [Consulta: 20 d'octubre de 2006].

<http://www.ciencianet.com/enlacocina.html>. La ciencia en la cocina. [Consulta: 3 de gener de 2007].

<http://www.chefsimon.com/>. La cuisine dans tous ses états. (Receptes, tècniques amb imatges, etc). [Consulta: 17 de gener de 2007].

<http://www.csgastronomia.edu.mx/profesores/calimentos/> Colegio Superior de Gastronomía de México. [Consulta: 7 de febrer de 2007].

<http://www.cienciaviva.pt/divulgacao/Cozinha/>. A Cozinha é um laboratório. [Consulta: 15 de febrer de 2007].

³ No indica el nom de l'autor, només diu que és Químic.

http://www.inicon.net/contenido/cms/front_content.php. Inicon (Manual Gastronomy).
[Consulta: 15 de març de 2007].

<http://www.food-info.net/es/index.htm>. Wageningen University. Holanda. (Amplia informació sobre aliments). [Consulta: 30 de març de 2007].

<http://www.cpkelco.com/products/index.html>. Informació sobre hidrocol·loides.
[Consulta: 4 d'abril de 2007].

<http://www.exploratorium.edu/cooking/> Science of cooking. [Consulta: 12 abril de 2007].

<http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/093/html/laquimic.html>.
Cordova Franz, J.L. (1996, 4^a edición). La Química y la cocina. México:
Fondo de cultura económica. [Consulta: 13 abril de 2007].

<http://www.telefonica.net/web2/cienciaconbuengusto/>. Física i Química de la cuina.
Materials i experiències sobre ciència i cuina, de un centre de secundària de
Madrid. [Consulta: 25 de maig de 2007].

ANNEX 1

PROCESSOS CULINARIS I QUÍMICA:

Alguns exemples i pràctiques de processos culinaris que es poden aplicar a l'ensenyament de la Química de batxillerat amb una orientació coeducativa i interdisciplinària.

1. INTRODUCCIÓ

La Química es pot definir dient que és la ciència que estudia la naturalesa de la matèria i les seves transformacions. Als laboratoris de Química, entre altres activitats molt més complexes i cada vegada més tecnificades, es fan operacions que impliquen triturar, filtrar, reduir, moldre, barrejar, extreure, escalfar, reaccionar, congelar, cristal·litzar, etc. Algunes d'aquestes operacions són processos físics, altres són processos químics i segons les condicions en les quals es faci, el que pot ser inicialment un procés físic, per exemple, barrejar dues substàncies, podria acabar sent una reacció química, si s'escalfa o se li transmet alguna altra forma d'energia.

Quan s'estudia Química no es poden deixar de banda conceptes i fenòmens que es veuen en altres ciències experimentals, com la Física, la Biologia, la Bioquímica, les Matemàtiques, etc. Una gran nombre dels conceptes i fenòmens que formen part dels currículums de les assignatures de ciències experimentals del batxillerat són interdisciplinaris.

Les orientacions didàctiques ens aconsellen treballar amb fets i exemples propers i quotidians. La ciència necessita diverses disciplines per poder explicar la majoria dels canvis i transformacions que s'observen al nostre voltant i a la vida quotidiana. La realitat sempre és molt més difícil d'explicar i es presenta de forma molt més complexa de com, sovint, es mostra en les diferents activitats didàctiques que es realitzen en l'ensenyament de secundària. Trobar exemples reals, propers i quotidians i que al mateix temps siguin senzills no sempre és fàcil. Entre utilitzar, per fer pràctiques de Química, només els productes químics purs del laboratori que són els exemples més allunyats de la quotidianitat, o per exemple partir dels complexos fenòmens de la natura o de l'activitat industrial hi ha altres possibilitats. Es pot intentar experimentar amb processos químics més propers a l'alumnat i que, tot i que no deixen de ser complexos, poden millorar la seva motivació i el seu procés d'aprenentatge. Una activitat de la vida quotidiana que es podria explicar des de la Química i amb el suport i l'ajuda de les diverses ciències experimentals que s'estudien en el batxillerat és la cuina.

La cuina, entre altres moltes coses, és una activitat que busca preparar i transformar els aliments per fer-los digeribles per a l'organisme humà i al mateix temps fer-los atractius als sentits. De manera similar a com es fa als laboratoris de Química, a la cuina es tritura, es talla, s'escalfa, s'extreu, es redueix, etc., i també com passa en els

laboratoris de Química s'hi van incorporant nous aparells i instruments, cada vegada més complexos i tecnificats.

Els aliments no són substàncies pures i senzilles, al contrari, són objectes amb estructures complexes ja que el seu origen és animal o vegetal i estan formats per diferents teixits que estan constituïts per cèl·lules. Al cuinar es trenquen i transformen els teixits i les parets cel·lulars, es formen emulsions, s'activen i desactiven enzims, es produeixen reaccions químiques, s'originen noves molècules i es conformen diferents estructures moleculars.

La cuina parteix de la necessitat primària de nutrició humana i pot arribar a ser una manifestació d'art. La gastronomia, que inclou molts més aspectes que els que impliquen la nutrició i/o fer digeribles els aliments, s'associa també amb la recerca del plaer i del gust. El *flavor*, paraula d'origen francès que es relaciona amb la sensació que es percep quan es menja o es beu, és el resultat de diversos estímuls: visuals, tàctils, olfactius, gustatius, tèrmics, mecànics, afectius, emocionals, socials, etc. O dit d'una altra manera, és una juxtaposició de sensacions: gustatives, olfactives, mecàniques, tèrmiques, etc., que després el cervell interpreta associant-lo al record i a l'aprenentatge.

La Física, la Química i la Biologia estan implicades en l'estudi del color, sabor, olor, dolor (produïts per les substàncies picants), duresa, textura, humitat, etc. dels aliments. Una aroma o un sabor es deuen a molècules sàpides o aromàtiques que formen part dels aliments o es generen en els processos culinaris. Aquestes molècules són captades pels receptors sensorials de l'organisme i el cervell fa la seva interpretació. El reconeixement d'un sabor, la sensació que provoca una aroma o el que pot evocar una textura varien en funció de les experiències viscudes, del context social i cultural, dels afectes i els sentiments. En general, l'aprenentatge que es necessita per poder associar els diferents sabors i aromes als plats o aliments corresponents té lloc en l'entorn familiar. Tradicionalment és també dintre de la família i sobretot a través de les dones, on majoritàriament s'aprenen els hàbits alimentaris, les receptes de cuina i a preparar i a conservar els aliments. La cuina i la transmissió dels sabers alimentaris ha estat sempre una tasca experimental de les dones.

Abans, la transmissió dels sabers alimentaris era només verbal i es feia de mares a filles, avui en dia hi ha molta informació escrita i audiovisual amb tècniques culinàries, receptes i consells de cuina, i no obstant això són la immensa majoria de les dones de

tot el món les que es continuen encarregant de la pràctica de cuinar. Des que la ciència s'ha interessat per la cuina, moltes de les explicacions, fruit de l'experiència culinària de les dones, han estat confirmades i expressades en terminologia científica. Aquests coneixements experimentats per les dones any rere any no apareixen en els currículums de les assignatures ni es fan explícits en les activitats acadèmiques, en general. **La incorporació a la pràctica docent dels sabers de les dones sobre cuina, els quals tradicionalment han estat exclosos de l'ensenyament formal, és un dels objectius principals de proposar cuinar al laboratori de Química.**

Quins dels temes o blocs temàtics que es possible veure des de la Química de batxillerat es podrien observar o estudiar a través dels processos culinaris?

Sense deixar de banda alguns conceptes bàsics, que cal conèixer i l'alumnat de batxillerat ja sap, com per exemple: àtom, molècula, massa molecular, fórmula química, enllaç químic, densitat, calor, temperatura, etc., es podria elaborar una llarga llista en la qual s'haurien d'incloure altres temes com ara, mescles, substàncies pures, canvi d'estat i/o fase, solubilitat, polaritat, dissolucions, dispersions col·loïdals, emulsió, escuma, gel, difusió, osmosi, viscositat, tensió superficial (interfases), diverses formes de transmissió de l'energia calorífica, reacció química, cinètica de reaccions químiques, cinètica de processos fisicoquímics, equilibri químic, reaccions d'oxidació, reaccions d'àcid i base, concepte de pH, reaccions microbiològiques, fermentacions, altres reaccions químiques, biomolècules (proteïnes, greixos, sucres i polisacàrids), etc.

Per fer aquest treball, d'entre tots aquests temes se n'han seleccionat cinc blocs, que són els que després es desenvolupen:

1. Alguns factors que influeixen en la cinètica de processos fisicoquímics,
2. Oxidació,
3. Àcids i bases (pH),
4. Polímers: proteïnes i polisacàrids,
5. Algunes reaccions rellevants a la cuina: caramel·lització i Maillard.

Seguidament s'han anat descrivint alguns exemples d'elaboració de plats de cuina i aliments en la qual es posen de manifest unes transformacions i canvis aparents que s'expliquen amb la terminologia científica corresponent a cadascun dels temes escollits.

Les raons per les quals s'han treballat aquests cinc temes, deixant de banda tots els altres que també són freqüents a la cuina i també són importants, no té cap rellevància ni responen a un criteri que s'hagi de destacar. Es podria dir que el que aquí s'ha volgut descriure és una mostra de temes del currículum de Química de batxillerat que es poden explicar fent plats de cuina en un laboratori de ciències de tipus escolar.

El present treball vol ser la continuació de molts altres treballs sobre cuina, ciència i didàctica de les ciències i s'hauria de poder continuar i ampliar. Hi ha temes que apareixen sovint en els processos culinaris i que aquí no s'han recollit, com per exemple, els greixos, l'osmosi, els sucres, les reaccions de fermentacions, etc. Conceptes i fenòmens que, d'altra banda, es poden observar per exemple quan s'elaboren plats amb verdures, carn, peix, ous, etc., i sobretot a l'hora de fer pastissos i dolços, que en general agraden tant a la majoria de l'alumnat.

Atès que els processos culinaris són bastant complexos, sovint resulta difícil trobar exemples en els quals es manifestin d'una manera aïllada els fenòmens i conceptes tal com s'expliquen en Química: oxidació, cinètica de reacció, àcid i base, polímers, etc. Explicar, per exemple, per què s'evita que es posin negres les carxofes si es freguen amb llimona (enfosquiment enzimàtic) inclou diversos temes: oxidació, cinètica de reaccions químiques, pH, fenols, etc. En qualsevol procés culinari es pot observar més d'un fenomen i s'han d'aplicar múltiples conceptes; per aquesta raó alguns dels exemples apareixen en temes diferents i cada exemple pot contenir explicacions de diversos temes.

Molts dels llibres que tracten d'explicar científicament processos culinaris parteixen d'observacions directes de tot allò que succeeix al preparar i cuinar els aliments o de les explicacions que vénen recollides en els diversos llibres de receptes i consells de cuina. La majoria d'aquests llibres de cuina estan escrits per dones i si són homes els que els escriuen reconeixen que el que saben ho han après de la seva mare o de la seva àvia.

Un gran nombre de procediments que els llibres de cuina aconsellen seguir es basen en l'experiència de molts anys, i molts d'ells tenen un fonament o una explicació científica, com per exemple afegir bicarbonat a l'aigua de cocció, evitar que quedin restes de rovell d'ou quan es munta la clara d'ou a punt de neu, etc. Altres procediments, tot i que si se segueixen s'obté el resultat buscat i es podria dir que són vàlids o que funcionen, des del punt de vista de la ciència no tenen explicació o encara no s'han arribat a estudiar en la seva totalitat, per exemple la manera de coure

els cigrons per tal de que no quedin durs irreversiblement. També hi ha explicacions de fets o fenòmens que es transmeten oralment o per escrit, però que o bé no expliquen allò que pretenen explicar o simplement no són correctes des del punt de vista de la ciència actual.

En aquesta línia de treball, Hervé This (2002), uns dels científics que ha escrit diversos llibres al voltant de cuina i ciència, encapçala un capítol del seu llibre *Tratado elemental de cocina* amb el títol “Preguntas sin respuesta” i anima a tothom a continuar investigant per trobar les respostes a aquestes preguntes. De manera semblant, Georg Schwedt (2004) a *Experimentos en la cocina*, entre les explicacions i comprovacions científiques dels processos culinaris recull notes sobre llibres de cuina domèstica i fa referència als paral·lelismes entre laboratori i cuina.

En aquests treball, al llarg d'alguns dels textos en els quals es desenvolupen els exemples dels temes seleccionats, s'han inclòs alguns fragments d'una petita selecció de llibres de consells de cuina (apartat 5 de la bibliografia) i certs comentaris que fan referència als coneixements generals que tenen les cuineres, i que poques vegades apareixen escrits, amb la voluntat de fer visible alguns dels sabers femenins culinaris en el context científic acadèmic.

Abans de descriure els exemples de processos culinaris relacionats amb la Química s'han inclòs alguns conceptes generals sobre aliments i cuina que després retrobarem aplicats o ampliat en els diferents apartats.

Per últim, cal aclarir que no s'han volgut incloure receptes de cuina ja que aquest material és abundant i està a l'abast de tothom en forma de llibres, enciclopèdies, vídeos, pàgines web, etc. D'altra banda, tant l'alumnat com el professorat pot aportar les seves pròpies receptes, cosa que sempre constituirà una font més propera i personal, i com a treball de grup resultarà més creatiu i enriquidor.

2. ALGUNS CONCEPTES GENERALS SOBRE ALIMENTS, CIÈNCIA I CUINA

La majoria d'aquests conceptes són presents en els currículums de Ciències de la Naturalesa d'ESO i a la Biologia i la Química de batxillerat.

2.1. Els aliments

Són cossos, objectes o ingredients que són d'origen animal i vegetal. Hi ha petites excepcions, com són el clorur de sodi i el bicarbonat de sodi que provenen dels minerals.

2.2. Composició dels aliments

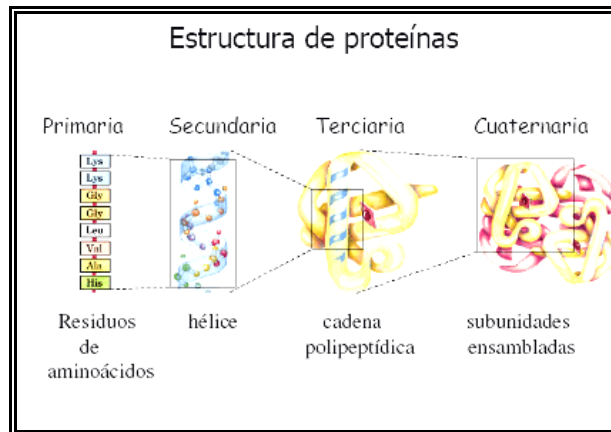
Els aliments són sistemes molt complexos de barreges i dispersions. Els seus components es classifiquen, d'una manera simplificada, en 6 grans grups:

- 1.- Aigua
- 2.- Sucres i polisacàrids
- 3.- Lípids
- 4.- Proteïnes
- 5.- Sals minerals
- 6.- Vitamines

Excepte l'aigua i les sals minerals, que són substàncies que estudia la Química Inorgànica, la resta de components pertanyen a la Química Orgànica, més concretament a la Bioquímica.

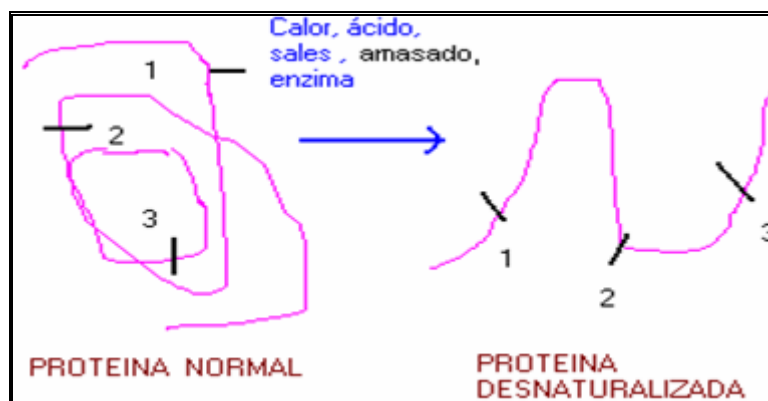
2.3. Desnaturalització de proteïnes en aliments

És el conjunt de canvis que es produeixen en la conformació o estructura tridimensional de les proteïnes.



http://docencia.izt.uam.mx/epa/quim_alim/material_adicional/Proteinas.pdf

Quan es trenquen les unions o enllaços propis de les estructures secundària, terciària i quaternària d'una proteïna es diu que la proteïna es desnatura. La forma tridimensional a la manera d'hèlix o conglomerat (semblant a un cabdell) passa a ser més lineal, més desenvolupada o estirada (desdoblada).



Desnaturalització de proteïnes

www.csgastronomia.edu.mx

A la cuina, la desnatura de les proteïnes la produeixen diverses causes o factors:

- La calor. És la causa més freqüent de la desnatura de proteïnes a la cuina.
- El fred. Actualment es parla molt de la cuina amb nitrogen líquid.
- La presència de substàncies com ara, els àcids (àcid acètic del vinagre, àcid cítric de la llimona, àcid làctic produït per fermentació), les bases, les sals (clorur de sodi), l'alcohol (marinar un aliment amb vi o licor), etc.

- L'acció de determinats enzims, per exemple renina o quimosina utilitzats en l'elaboració del formatge.
- L'agitació mecànica, ja sigui manual o amb batedora, per exemple fer la massa del pa o nata muntada.
- Radiacions (microones), etc.

El grau o nivell de desnaturalització de les proteïnes varia molt segons com sigui la seva naturalesa i depèn de la intensitat de l'acció del factor o conjunt de factors que la produeixen. La quantitat de llimona afegida, el tipus de beguda alcohòlica, la temperatura de cocció, el temps d'escalfament, la velocitat de la batedora, etc. poden modificar la preparació, textura i propietats d'un plat de cuina.

Es produeixen canvis microscòpics i a mesura que la proteïna es va desnaturalitzant, els diferents radicals o grups moleculars poden establir nous tipus d'enllaços químics que donaran lloc a una estructura tridimensional nova i per tant amb propietats diferents de les que tenia abans de tenir lloc la desnaturalització.

Els canvis estructurals de les proteïnes es poden mantenir més o menys permanentment, així per exemple, després de batre una mica i suament la clara d'ou, pot tornar a tenir un aspecte semblant al que tenia inicialment i en canvi l'estructura sòlida d'un "ou dur" es manté indefinidament.

Hi ha canvis macroscòpics a partir dels quals l'aspecte, el color o la textura canvien. Es fa evident el procés de desnaturalització i en moltes ocasions els aliments es tornen més digeribles. Així, per exemple la clara d'un ou dur és sòlida i blanca quan abans havia estat gairebé líquida i transparent, el iogurt té un aspecte semisòlid diferent a l'aparença líquida de la llet de la qual prové i quan es cou la carn perd el color vermell i es torna marró.

La desnaturalització de les proteïnes, que pot ser negativa en els éssers vius ja que canvia la seva naturalesa i per tant modifica les seves propietats i funcions, a la cuina no només és positiva sinó que a més a més s'aprofita per transformar els aliments de manera que siguin més digeribles i atractius.

2.4. Dispersió col·loïdal

En un sistema dispers el material de la fase *dispersa* està distribuït de manera continua en un medi o fase *continua*. Quan un material o *fase dispersa* (per exemple oli) està distribuït de manera continua en un medi o *fase continua* (per exemple aigua), s'anomena sistema dispers (per exemple la maionesa, que és un tipus de sistema dispers: dispersió col·loïdal o col·loide).

A diferència de les dissolucions vertaderes, els sistemes dispersos es diferencien, entre altres coses per la seva estabilitat i per la gran mida de les seves partícules disperses, tot i que aparentment no es puguin veure. En una dispersió col·loïdal el material dispers pot tenir grandàries diverses, entre 1,0 nm i 0,5 µm (Estelrich, J. *El món dels col·loïdes en el camp dels aliments*, curs 2005/6).

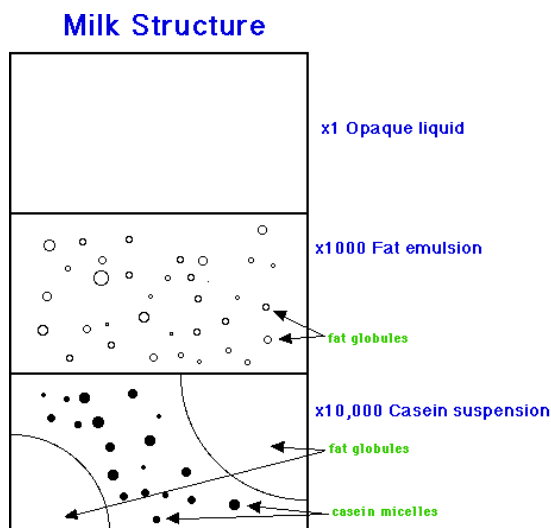
En la terminologia de la ciència dels aliments, de la gastronomia i de la cuina, s'acostuma a parlar de dissoldre o fer una dissolució tot i que la mida i la naturalesa de les partícules no siguin les que correspondrien a una dissolució vertadera. Així, quan es parla de dissoldre la gelatina, l'ou, la crema, la farina, etc., potser s'hauria de dir dispersar!, però tothom entén que el que s'està fent és distribuir una substància en un medi i és més comú i fàcil l'ús del terme dissolució.

Molts components dels aliments són dispersions col·loïdals: escumes, gelats, confitures, iogurts, salses, ous, llet, etc. Els líquids interns de les cèl·lules animals i vegetals són partícules de proteïnes disperses en dissolucions aquoses.

Un exemple, la llet que és un aliment molt utilitzat en cuina, Ordóñez (1998:16) la defineix així:

“Des d'un punt de vista fisicoquímic la llet és una mescla homogènia d'un gran nombre de substàncies (lactosa, glicèrids, proteïnes, sals minerals, vitamines, enzims, etc.) que es troben, unes en emulsió (el greix i les substàncies associades), algunes en suspensió (les caseïnes lligades a sals minerals) i altres en dissolucions vertaderes (lactosa, vitamines hidrosolubles, proteïnes del xerigot, salts, etc.)”.

La llet és una mescla homogènia només si es mira a simple vista, però si es mira per exemple pel microscopi, conforme s'incrementen els augments de les lents es poden distingir fases diferents.



Distribució i mida relativa dels components de la llet
<http://www.foodsci.uoguelph.ca/cheese/sectiond.htm>

2.5. Hidrocol·loides

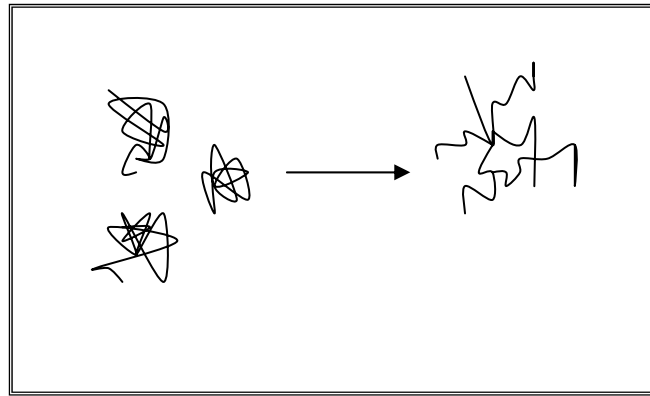
Són un nombrós grup de substàncies d'origen animal i vegetal entre les característiques dels quals destaquen la capacitat espessidora, gelificant i estabilitzant d'emulsions i escumes. Majoritàriament són proteïnes i polisacàrids, com per exemple algunes proteïnes de l'ou i de la llet, la gelatina, el plasma sanguini, el midó, les pectines, l'agar agar, l'alginat, els carragenats, la goma xantana, etc.

2.6. Gelificació. Formació d'un gel al cuinar

A causa de la gran mida de la majoria de les partícules col·loïdals és molt probable que una dispersió col·loïdal sigui inestable.

Les partícules col·loïdals disperses es mantenen com a "sols" (disperses en el medi, com un fluid) a causa de factors com la presència de molècules d'aigua unides a la superfície de les partícules col·loïdals i a la repulsió entre càrregues elèctriques semblants en la superfície de les partícules. Per causes diverses com la calor,

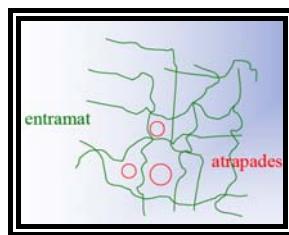
l'addició o producció d'un àcid o una sal, la distribució de càrregues elèctriques varia i l'estructura tridimensional de les molècules o estructures moleculars que formen la fase dispersa d'un "sol" poden passar a formar part d'una mena de **xarxa tridimensional** més o menys rígida en la qual s'han creat nous enllaços químics i a la qual s'anomena "gel".



Sol (dispersió) → Gel (xarxa tridimensional)

Les estructures moleculars que formen la xarxa que conforma un gel són polisacàrids o proteïnes: **polisacàrids** com per exemple el midó de la patata o el dels cereals, les pectines de les fruites, les dextrines d'alguns vegetals, productes derivats d'algunes algues com l'agar-agar o carragenats, etc., i **proteïnes** com per exemple el col·lagen de la carn que es ven com a gelatina en pols o en làmines, algunes proteïnes de la llet, les albúmines de l'ou, etc.

La xarxa tridimensional formada quan es passa de sol a gel reté o atrapa l'aigua i les partícules que hi ha dissoltes o disperses.



Gel o xarxa tridimensional (l'entramat de polisacàrids o proteïnes atrapa l'aigua i les substàncies que hi ha dissoltes i/o disperses). Joan Estelrich Latràs. Física i Fisicoquímica dels Aliments. Curs 2005/06. Facultat de Farmàcia. Universitat de Barcelona.

En general, la proporció dels components que formen la xarxa és més petita que la proporció de la part líquida que queda a dintre. Un gel pot arribar a contenir un 99% d'aigua. Normalment es produeix sortida o exsudació d'aigua o líquids, que és el que

s'anomena **sinèresi** d'un gel. El líquid blanquinós que normalment trobem en el iogurt és fruit de la sinèresi del gel que s'ha format.

Aquest procés de pas de sol a gel (amb més o menys precisió) s'anomena gelificació. Permet canviar la textura dels aliments, ja sigui de líquid a una espècie de semisòlid (transformació de la llet en iogurt o quan es cuina amb gelatina), o de semilíquid a sòlid (la clara d'ou quan es cou), etc.

Hi ha molts aliments que tenen estructura de gel: flam, púding, ou dur, postres de gelatina, pa, salsitxa tipus Frankfurt, gelat, gelea, etc.

Es pot dir que hi ha substàncies que gelifiquen al refredar (les pectines de les mermelades, la gelatina dels peus de porc) i altres després d'escalfar-les (les albúmines de l'ou en el flam, algunes proteïnes de la llet en postres i salses).

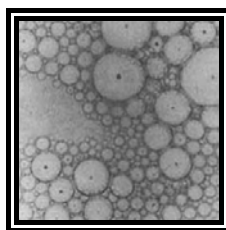
Hi ha gels termoreversibles que al tornar-los a escalfar passen de nou a l'estructura de sol, com per exemple els de gelatina formada a partir del col·lagen de la carn o l'agar-agar que s'utilitza en Microbiologia i avui en dia és un additiu usat en l'elaboració de geles i altres aliments (E 406).

Altres gels són termoirreversibles i tot i que es tornin a escalfar, la xarxa que conforma el gel es manté, com per exemple els de la clara de l'ou dur, els d'algunes mermelades o els gels d'alginat sòdic, que és un additiu molt usat en aliments elaborats tipus succedanis (caviar, angules, farcits d'olives) i que des de fa poc s'està introduint en restauració (per exemple les famoses *sferificacions* del "Bulli").

La rigidesa d'un gel és molt variable. Hi ha gels que són tous com un flam d'ou o un iogurt, altres una mica més rígids com una mermelada o les postres gelificades amb gelatina o agar, i altres que són rígids gairebé com sòlids, com per exemple molts formatges o l'ou dur. La rigidesa d'un gel depèn de diversos factors: concentració i naturalesa de la substància gelificant, presència d'electròlits, temperatura, pH, etc.

2.7. Emulsió

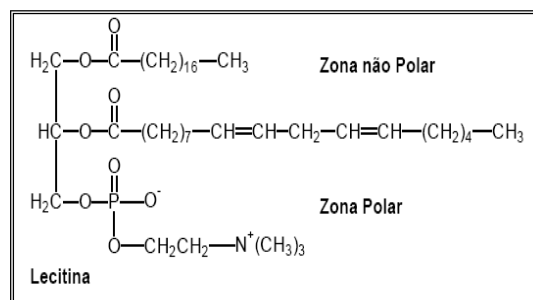
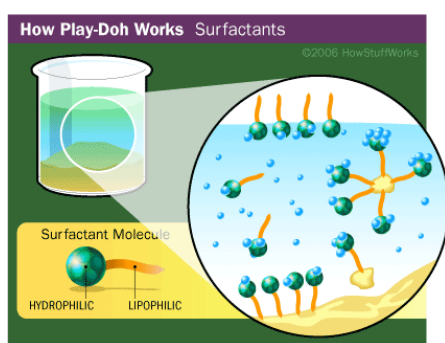
És una dispersió col·loïdal entre dos líquids no miscibles (per exemple aigua i oli).



Mescla aigua i oli

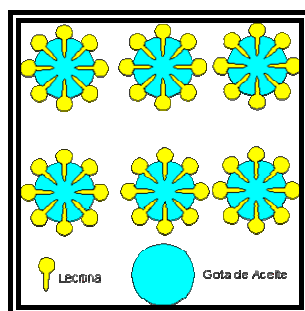
http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/13/htm/sec_13.html

Per mantenir units els dos líquids immiscibles es necessita un **emulsionant**, que és una substància amb doble polaritat, és a dir, una molècula anfifílica amb una part hidrofílica (amant de l'aigua) i una part lipofílica (amant dels lípids o el greix) de manera que la part hidrofílica s'uneix amb les molècules de l'aigua i la part lipofílica s'uneix amb les molècules del greix.



<http://static.howstuffworks.com/gif/play-doh-surfactant.gif>. Lecitina. <http://www.cienciaviva.pt/docs/maionese.pdf>

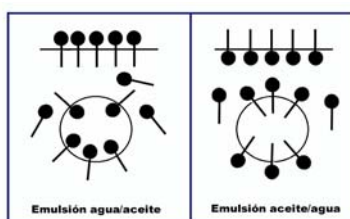
En els processos culinaris i en els aliments, diverses substàncies poden actuar com a emulsionants. Aquests emulsionants, en general, són **proteïnes** (caseïnat de la llet, albúmina de l'ou, proteïnes del blat de la soja) o alguns tipus de **lípids** (monoacilglicèrids i sobretot els fosfolípids com la lecitina de rovell d'ou o la lecitina de soja). Molts **polisacàrids poden estabilitzar algunes emulsions**, pertanyen al grup dels hidrocol·loides (midó, pectines, metilcel·lulosa, goma xantana, etc.).



<http://w3.cnice.mec.es/eos/MaterialesEducativos/mem2001/ciencia/imagenes/lecitina.gif>

Hi ha dos tipus d'emulsions:

- La majoria de les emulsions dels aliments són del tipus oli en aigua (**o/w**) en les quals la fase externa o medi de dispersió és l'aigua i la part interna o fase dispersa és l'oli, per exemple: llet, maionesa, vinagreta, beixamel, nata líquida, etc. Aquestes emulsions o/w no tenen sensació greixosa al paladar o al tacte i fregant-les amb paper no deixen taques.
- Un altre tipus d'emulsió, que en aliments és menys freqüent, és l'emulsió d'aigua en oli (**w/o**) en la qual la fase interna és l'aigua i l'externa és l'oli. Per exemple la margarina i la mantega. Aquestes emulsions w/o taquen el paper i donen sensació de greix al paladar i al tacte.



<http://depa.pquim.unam.mx/~tunda/Clasificatensoa.html>

Per tal de posar en contacte les dues fases immiscibles que formen una emulsió es necessita dividir la fase interna en gotes molt petites i també que aquesta fase quedi envoltada per l'emulsionant. Això es fa aplicant **energia mecànica** (a mà o amb la batedora).

Com que és un sistema termodinàmicament inestable és molt fàcil de desestabilitzar o fins i tot que l'emulsió no s'arribi a formar. A qui no se li ha tallat alguna vegada la maionesa? I quants consells i recomanacions ens podem trobar per aconseguir que quedi bé o no es talli la maionesa? Per exemple, que els ous siguin frescos i estiguin a temperatura ambient, batre enèrgicament, afegir-hi una mica d'aigua calenta si es veu que es talla, etc.

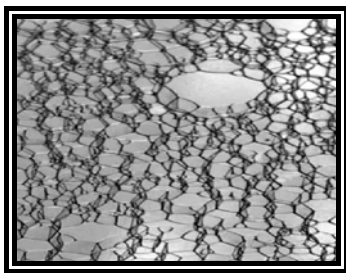
Hi ha molts factors que influeixen en l'estabilitat d'una emulsió: la temperatura, la naturalesa, qualitat i quantitat dels ingredients, la força aplicada, etc. Cada cuinera o cuiner aplica un determinat procediment d'acord amb la seva experiència i la majoria tenen un fonament científic; d'altres no, i pot ser que encara s'hagin d'estudiar!

A vegades, si les condicions ho permeten, es pot invertir el procés i passar de emulsió o/w a emulsió w/o. Quan es fa nata muntada batent nata líquida, les cuineres diuen que “s’ha de controlar molt el temps i la velocitat de la batedora no sigui que en lloc d’aconseguir muntar la nata arribem a tenir mantega”.

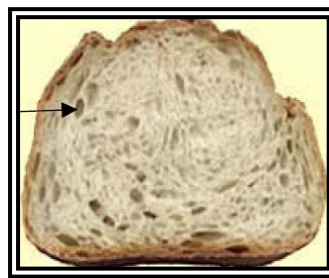
2.8. Escuma

És una dispersió col·loïdal en la qual la **fase dispersa és un gas**, substància no polar. Normalment el gas és l’aire, tot i que darrerament s’utilitza l’òxid nitrós, N_2O , que es ven dintre d’una espècie de capsules o càrregues amb un aparell aplicador. **El medi dispers** d’una escuma pot ser **un líquid o un sòlid**.

Es diu **escuma líquida** si el medi dispers és un líquid, com per exemple clara d’ou muntada, mousse, cava, cervesa, etc. i **escuma sòlida** si el medi dispers és un sòlid, com per exemple pa, soufflé, pa de pessic, etc. El gelat és un sistema complex d’escuma i emulsió al mateix temps.



Escuma líquida. Joan Estelrich Latràs.



Escuma sòlida. <http://www.cienciaviva.pt/docs/paopao.pdf>

Per unir la fase dispersa i el medi de dispersió és necessita un **escumant** i aplicar **energia mecànica** per transformar l’estructura molecular de la substància escumant i aconseguir atrapar el gas que forma les bombolles pròpies d’una escuma. En general, els escumants són de naturalesa proteica, com per exemple les proteïnes de la clara d’ou que intervenen en l’elaboració de merengues i soufflés, les glicoproteïnes del raïm que participen en la formació de les bombolles del cava, les proteïnes del blat que formen l’escuma seca que és el pa, les proteïnes del xerigot de la llet que formen part de l’estructura de la nata muntada, la gelatina i l’hemoglobina que avui en dia s’apliquen cada vegada més en la restauració i sobretot en la indústria alimentària (aliments, plats cuinats i preparats de gelatina o de plasma sanguini). Altres substàncies diverses poden ajudar a estabilitzar les bombolles d’una escuma.

Cal que hi hagi punts de nucleació per formar escumes, petites irregularitats de les copes de cava afavoreixen la formació de les desitjades bombolles. Els greixos

impedeixen la formació d'escuma, per exemple quan se separa la clara del rovell de l'ou i es prepara la clara "a punt de neu" no han de quedar restes de rovell ja que el rovell conté greixos que evitarien la formació d'una bona escuma. Per la mateixa raó el recipient ha d'estar molt net i no tenir residus greixosos.

3. PROCESSOS CULINARIS I QUÍMICA

Els cinc temes seleccionats, que recullen alguns exemples i pràctiques de processos culinaris que es poden aplicar a l'ensenyament de la Química de batxillerat amb una orientació coeducativa i interdisciplinària, són els següents:

- 1.- Alguns factors que influeixen en la cinètica dels processos fisicoquímics,
- 2.- Oxidació,
- 3.- Àcids i bases. El pH,
- 4.- Polímers: proteïnes i polisacàrids,
- 5.- Algunes reaccions químiques rellevants en la cuina.

3.1. Alguns factors que influeixen en la cinètica dels processos fisicoquímics.

En aquest apartat es descriuen processos fisicoquímics en lloc de parlar només de reaccions químiques ja que a la cuina no tots els canvis són reaccions químiques. En els processos culinaris no sempre es produeixen molècules diferents a les que hi havia inicialment. En la elaboració d'un plat de cuina hi ha diferents fases en les quals es poden observar canvis des del punt de vista macroscòpic que des del punt de vista microscòpic responen a fenòmens físics i/o químics.

A la cuina s'observen molts canvis que impliquen alteracions en les estructures moleculars que no són pròpiament reaccions químiques: desnaturalització de proteïnes, formació de xarxes tridimensionals entre polisacàrids, el pas de *sol* a *gel*, etc. Aquests canvis són complexos, hi ha enllaços químics que es trenquen i enllaços químics que es formen. La majoria d'aquests canvis s'aprecien a simple vista, per exemple, la truita no té la mateixa textura i aspecte que l'ou batut, o la tendresa, l'aroma i el color de la carn cuita són diferents als de la carn fresca, etc.

Als llibres de text de Química de batxillerat s'estudia la cinètica de les reaccions químiques i s'analitzen els factors que poden modificar la velocitat de reacció. En general, s'estudien els factors: temperatura, superfície de contacte, pH i catalitzadors. Igual que en les reaccions químiques, la velocitat a la qual es produeixen els canvis fisicoquímics que tenen lloc en els processos culinaris, depenen de diversos factors. A continuació s'exposen uns quants exemples que posen de manifest com a la cuina es

busca incrementar o disminuir la velocidad de determinados procesos culinarios i de procesos industriales d'aliments.

3.1.1. Relacionat amb l'augment de la velocitat dels processos fisicoquímics.

L' augment de la velocitat d'un procés físic o químic es pot fer mitjançant l'elevació de la temperatura, l'augment de la superfície de contacte de les molècules que interaccionen, afavorint l'acció de catalitzadors i modificant el pH del medi.

3.1.1.1. Augmentar la temperatura

a) Escalfar o coure els aliments. És l'operació bàsica de la cuina que permet iniciar moltes reaccions químiques entre els ingredients dels aliments. A la cuina s'apliquen diversos mètodes de transmissió de calor: convecció, conducció i radiació. A vegades els ingredients s'escalfen directament a la paella, al forn o al microones, altres vegades es necessita un medi transmissor com l'aigua de cocció, l'oli o la mantega de fritureja o el vapor d'aigua.

b) Afegir aigua calenta per preparar salses i altres preparacions culinàries. Per exemple, a vegades s'aconsella afegir una mica d'aigua calenta per arreglar una maionesa tallada. Si no hi ha prou aigua (la que conté l'ou i el vinagre) i l'oli està molt fred (a baixes temperatures pot estar solidificat) serà difícil fer l'emulsió.

De Trévis (1962:25) quan parla de la maionesa diu:

“Si no os cuaja (no liga) en el momento en que la estáis haciendo, dejad al momento de echar aceite y remover con mucha rapidez hasta que consigáis que ligue de nuevo. Si no lo lográis, la podéis arreglar echando en un tazón aparte dos cucharadas de agua hirviendo, que empezaréis a batir, echando, luego, poco a poco, la mayonesa cortada como si fuese aceite hasta que ligue todo de nuevo. Naturalmente sin dejar de batir”.

3.1.1.2. Augmentar la superfície de contacte entre les substàncies

Es pot fer disminuint la mida dels aliments quan es preparen: tallant la poma quan es fa un pastís, picant la carn per fer mandonguilles o hamburgueses, tallant en pel·lícules molt primes el bacallà o una verdura per fer un carpaccio.

Alguna cosa similar es cerca al coure per estovar i trencar membranes i així afavorir el contacte entre substrats i enzims.

3.1.1.3. Afavorir l'actuació dels catalitzadors

Els catalitzadors de la cuina són els enzims continguts en els mateixos aliments. En determinades situacions es fan operacions culinàries que cerquen d'activar-los:

3.1.1.3.1. Els enzims proteolítics d'algunes fruites

Si es cou la carn amb pinya la carn queda més tendra. La pinya, la figa i la papaia, tenen uns enzims proteolítics, la **bromelaïna**, la **ficina** i la **papaïna** que poden hidrolitzar i trencar les estructures de les proteïnes del col·lagen que són les que donen consistència a la carn. La papaïna i la bromelaïna s'utilitzen a la indústria alimentària com additius per estovar carns.

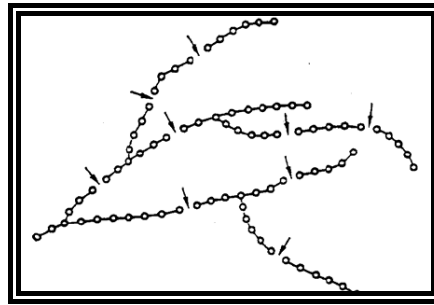
Pérez Conesa (1998:169), proposa injectar una mescla de licors ("brandy y jerez") a una peça de carn per aconseguir un plat més sucós i diu:

"Si a esta mezcla se le añade un poco de zumo de piña (filtrado para que no se obstruya la jeringuilla) está garantizada una carne tierna y jugosa".

3.1.1.3.2. Els enzims de la massa del pa

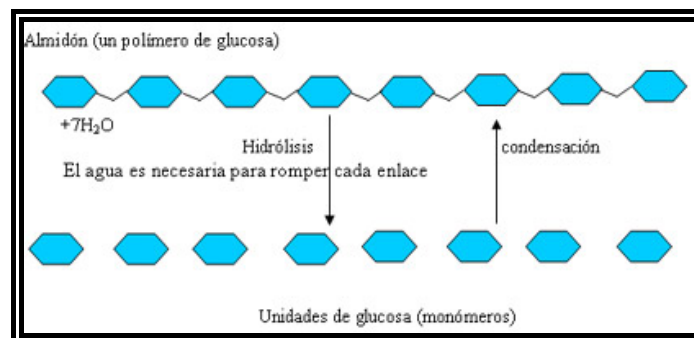
Els aliments contenen enzims que afavoreixen alguns canvis que interessen a la cuina. Per exemple, **les amilases (α i β) i altres enzims (α -glucosidasa, amiloglucosidasa)** que conté la farina intervenen en les reaccions químiques d'hidròlisi del midó que tenen lloc en l'elaboració del pa.

El midó de la farina és un polisacàrid de la glucosa (3.4.2, polisacàrids), i l'enzim α -amilasa provoca l'hidròlisi enzimàtica de les cadenes del midó. Com a conseqüència de l'acció enzimàtica es trenquen les unions d'algunes de les estructures del midó (hidrolitzen els enllaços $\alpha(1-4)$ de l'amilosa i l'amilopectina del midó) produint els sucres fermentables (maltosa, dextrines i glucosa) dels quals s'alimenten els llevats utilitzats en l'elaboració de pa i pastissos.



Acció inicial de l'amilasa sobre les cadenes ramificades de la molècula de midó. El midó es trenca en cadenes més petites, dextrines.

<http://www.ual.es/docencia/jfernand/ATA/Tema5/Tema5-HidratosCarbono.pdf>



Hidrólisi del midó a glucosa

www.biology-books.com

De forma molt simplificada, es pot dir que les tres fases més importants de **l'elaboració del pa** són, a) la preparació de la massa o amassat, b) la fermentació i c) la cocció.

a) **La massa del pa es prepara amassant** una mescla de farina i aigua. L'objectiu principal d'aquest procés és formar una xarxa tridimensional elàstica i extensible anomenada **gluten** que està formada per les proteïnes insolubles del blat: la gliadina i la glutenina (3.4.1.2.3, capacitat de retenció d'aigua de les proteïnes). Al mateix temps que es forma el gluten, els grànuls de midó s'hidraten i **l'activitat de les amilases comença**.

b) Per a la **fermentació** s'hi afegeixen, entre altres ingredients, els llevats que transformen la glucosa en etanol ($\text{CH}_3\text{-COOH}$, que se evapora en la cocció) i diòxid de carboni (la massa del pa s'aixeca perquè la xarxa o gluten atrapa les bombolles de gas i llavors s'expandeix). Durant la fermentació **continua l'acció de les amilases** que acaba quan s'introdueix el pa al forn. En la fermentació es generen també aldehyds

(etanal, $\text{CH}_3\text{-CHO}$), alcohols diferents a l'etanol (etanol, 2-metil-butanol), compostos de sofre (disulfur de dimetil, $\text{H}_3\text{C-S-S-CH}_3$ i sulfur de dimetil, $\text{H}_3\text{C-S-CH}_3$), hidroximetilfurfural, furfural 2-acetil-piridina, 2-acetil-pirazina i 2-acetil-1-pirrolina, que són els components de l'aroma del pa acabat de fer.



Fermentació etílica del pa. En aquesta reacció intervé l'enzim zimasa.

www.csgastronomia.edu.mx

Per augmentar la hidròlisi del midó, en l'elaboració industrial del pa a vegades **s'afegeixen amilases**. Aquests enzims formen part dels millorants panaris i es troben també a la **massa mare** amb la qual tradicionalment es fa el pa.

c) La **cocció** permet *fixar* el gel o xarxa tridimensional que forma el gluten (desnaturalització de proteïnes) i mantenir així la forma d'escuma seca amb els alvèols o forats típics que té el pa. L'aigua i l'alcohol s'evaporen, el midó gelatinitza i es produeixen les reaccions que originen els compostos aromàtics i els colors daurats típics de la reacció de Maillard (3.5.2, reacció de Maillard).

Quan s'elabori el pa, s'obtindrà una determinada textura final que serà òptima, depenent de l'equilibri que hi hagi entre les cinètiques dels diferents processos físics i químics que tenen lloc durant aquestes tres fases: formació de la xarxa del gluten, producció de gas, desnaturalització de proteïnes, activació i desactivació dels enzims, hidròlisi del midó, etc.

3.1.1.3.3. Les fruites climatèriques

No s'han de guardar determinades fruites a la nevera quan es compren poc madures, ni emmagatzemar determinades fruites juntes. Quina és l'explicació de tot això?

Algunes fruites continuen madurant una vegada que han estat recollides de l'arbre. Són les anomenades fruites climatèriques: poma, albercoc, alvocat, plàtan, préssec, pera, pruna, tomàquet, etc. El procés de maduració s'afavoreix per una reacció autocatalítica produïda per l'**etilè**, $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ que fabriquen les mateixes fruites. La fruita s'estova i a vegades guanya en sabor o es fa més dolça. En la indústria alimentària s'utilitza l'etilè per madurar fruites poc madures.

3.1.1.3.4. Afavorir l'enfosquiment enzimàtic

L'enfosquiment enzimàtic es busca i afavoreix en l'anomenada fermentació del te. Tot i que en general es diu fermentació del te, no és pròpiament una fermentació, sinó que és una reacció d'oxidació **enzimàtica**. Per elaborar el te es recullen les fulles tendres de la planta i es deixen assecar al sol o se'ls aplica aire calent. A les fulles destinades a vendre com a te verd se'ls fa un tractament amb calor o vapor d'aigua per tal de desactivar els enzims cel·lulars de la planta i així evitar la reacció d'oxidació enzimàtica. En canvi, les fulles destinades a elaborar el te negre es deixen macerar i es trenquen mitjançant una màquina per poder posar en contacte amb l'oxigen de l'aire l'enzim **polifenol oxidasa**, que oxida els tanins dels polifenols, tots dos presents en la planta del te (3.1.2.3.2, evitar l'enfosquiment enzimàtic).

Entre els productes de les reaccions d'oxidació trobem uns compostos taronges, vermells i grocs anomenats teaflavines i tearubigines, que donen al té textura i color.

També es busca l'enfosquiment enzimàtic en l'elaboració de les fruites panses, com les panses de Màlaga o de Corint, i als dàtils. Així mateix es busca l'enfosquiment enzimàtic en l'elaboració de la xocolata i de la sidra. (Alguns d'aquests processos s'apliquen sovint en la indústria alimentària.)

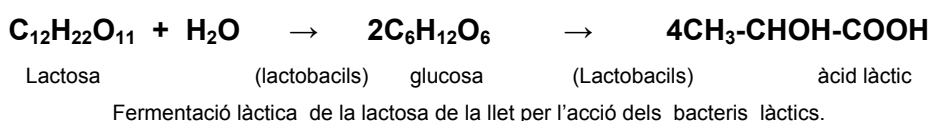
3.1.1.3.5. Facilitar la digestió dels vegetals

L'estovament dels vegetals escaldats és degut a la transformació de les seves substàncies pèctiques (3.4.2.3, alguns polisacàrids que destaquen a la cuina). Aquestes substàncies formen part de l'estructura cel·lular dels vegetals i els donen rigidesa. L'escaldat activa l'enzim pectina **metilesterasa**, (al voltant dels 60°C) present també en els vegetals. Els enzims trenquen enllaços químics entre les cadenes de les substàncies pèctiques, cosa que permet la formació de ponts d'hidrogen amb les molècules de l'aigua. Les substàncies pèctiques es transformen en pectines, compostos més solubles i de més baix pes molecular, les parets cel·lulars perden rigidesa i els vegetals queden més tous i es fan més digeribles.

“Las legumbres requieren una cocción lenta, a fin de ablandar convenientemente su fuerte piel protectora, que absorbe el agua con dificultad”, Rocamora (1957:243).

3.1.1.4. Modificar el pH del medi

La coagulació (desnaturalització de proteïnes) pot ser produïda per canvis en el pH del medi. Les caseïnes de la llet coagulen quan el pH del medi baixa fins a un valor de 4.6 que és el seu punt isoelèctric. L'augment de la càrrega elèctrica d'una dispersió de proteïnes afavoreix la seva coagulació. Es pot modificar el pH afegint-hi un àcid (elaboració del mató). També es modifica el pH afegint-hi ferments (quan s'elabora iogurt casolà s'hi ha d'afegir un altre iogurt que conté els bacteris fermentadors). La lactosa de la llet es transforma en àcid làctic que redueix el pH, produeix la desnaturalització de les proteïnes de la llet i la formació del gel del iogurt.



3.1.2. Relacionat amb la disminució de la velocitat dels processos fisicoquímics

La velocitat d'un determinat procés físic o químic es pot disminuir baixant la temperatura, afegint-hi alguna substància que provoqui la reducció de la quantitat d'aigua lliure dels aliments o inhibint l'acció dels catalitzadors.

3.1.2.1. Baixar la temperatura

Guardar els aliments a la nevera o al congelador fa que es conservin més temps. El fred disminueix les reaccions de degradació dels components dels aliments i inhibeix el creixement de microorganismes que transformen els aliments i els fan malbé. Disminuir la temperatura de la carn, el peix, els vegetals o els ous inhibeix l'acció dels enzims que degraden les seves pròpies proteïnes. L'hàbitat del peix (els rius, mars i oceans) es troba a una temperatura més baixa que l'hàbitat dels altres animals o el dels vegetals, aquesta és la raó per la qual el peix s'ha de conservar a menys temperatura que la carn o els vegetals. Aquesta és també la raó per la qual el peix es conserva dintre de la nevera menys temps que els altres aliments.

3.1.2.2. Afegir sucre o sal

En afegir substàncies com sucre o sal baixa l'activitat de l'aigua dels aliments, és a dir, disminueix l'aigua lliure continguda en els aliments i això fa que no es puguin donar tantes reaccions químiques i microbiològiques. Aquesta és una de les funcions del sucre en l'elaboració de melmelades i confitures, i la de la sal afegida a determinades verdures per tal d'evitar l'enfosquiment enzimàtic (3.1.2.3.2).

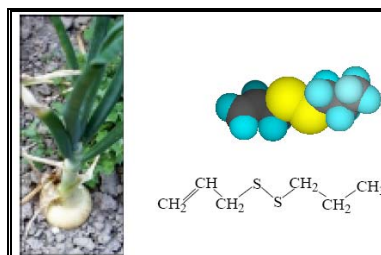
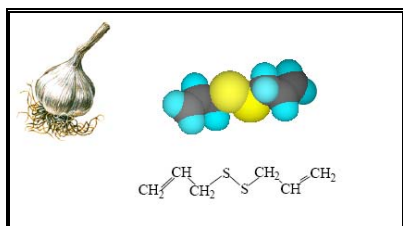
3.1.2.3. Evitar o disminuir l'acció dels enzims

Els catalitzadors que contenen els aliments poden produir canvis que no sempre són desitjables. Al cuinar, elaborar o conservar aliments s'han de tenir en compte algunes reaccions enzimàtiques i convé seguir determinats procediments per minimitzar-les.

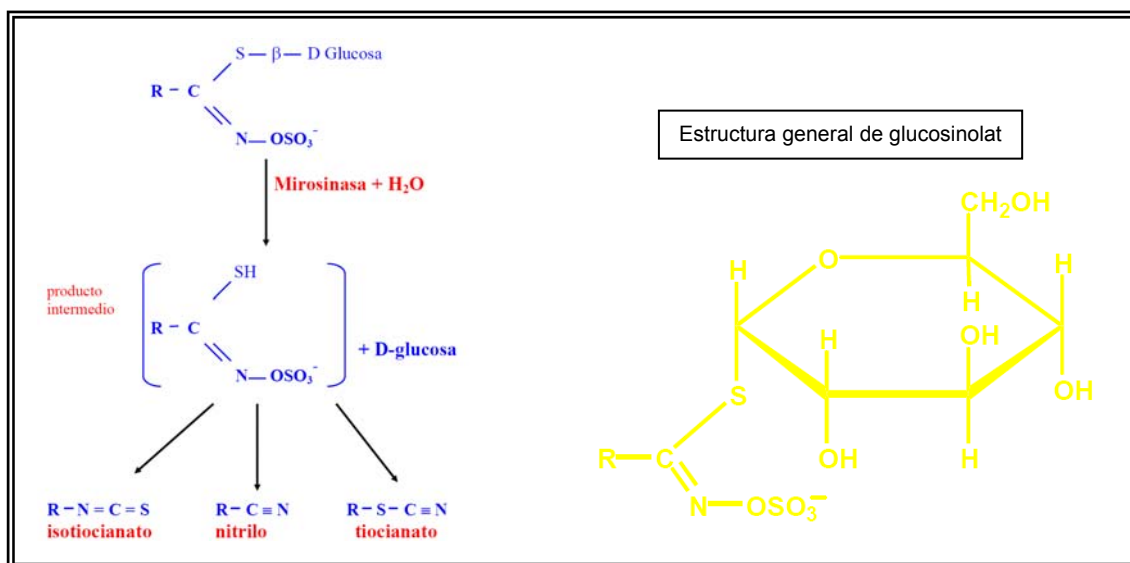
3.1.2.3.1. Olors desagradables al coure verdures (enzim mirosinasa)

Per evitar olors desagradables s'aconsella coure poc temps determinades verdures tipus coliflor, bròquil, naps, cols de Brussel·les o similars. Aquestes verdures contenen components organo-sulfurats (glucosinolats) semblants a alguns precursors aromàtics de les cebes i dels alls. En els vegetals crus, aquests components estan units a una molècula tipus sucre (glucosa) i són inodors. Al trencar els teixits vegetals (quan es couen o es tallen) els compostos sulfurats es posen en contacte amb l'enzim **mirosinasa** (inactiva en el medi àcid dels teixits cel·lulars) que els transforma en compostos aromàtics tipus isocianats que donen una olor picant i acre molt penetrant.

L'isotiocianat és una substància inestable, quan augmenta la temperatura (al bullir les verdures) es descompon en compostos volàtils més senzills com el sulfur d'hidrogen (el famós compost que fa olor d'ous podrits), mercaptans i sulfur de metil. Aquests compostos tornen a reaccionar formant trisulfurs de forta olor desagradable. A més temps de cocció més reaccions enzimàtiques es donaran i es produiran més quantitat de compostos volàtils desagradables. La solució per evitar olors desagradables passa per escurçar al màxim el temps de cocció i cuinar amb l'extractor connectat.



<http://www.cienciaviva.pt/docs/cozinha12.pdf>



http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/ssantoyo/funcionales/Glucosinolatosyderivados.pdf

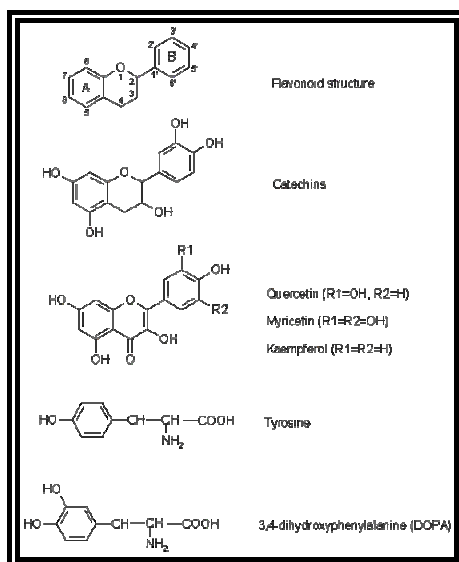
3.1.2.3.2. Evitar l'enfosquiment enzimàtic o reacció d'oxidació enzimàtica

En determinades situacions, algunes fruites i verdures (carxofes, xampinyons, pomes, peres, alvocats, olives verdes, etc.) quan es pelen, es tallen i es couen perden el seu color i adquireixen un to **marró**.

"Manera de cocer las alcachofas. [...] hecho esto se frotan con medio limón para que no se pongan negras y se van echando en una vasija de agua adicionada de jugo de limón, donde se deja hasta el momento de cocerlos". Mestayer (1940:25).

"Apio. Una vez cortado o rallado, hay que blanquearlo durante un minuto en agua hirviendo para mantener el color blanco, o bien regarlo con un chorrito de limón antes de sazonarlo con salsa vinagreta". Peysson (1999:46).

Determinades fruites i verdures contenen una sèrie de compostos o **substrats fenòlics** (amb grups –OH): catequina i els seus derivats, que inclouen la tirosina, àcid cafeic, àcid clorogènic, dopamina, els aglicons de certs flavonoids, etc.

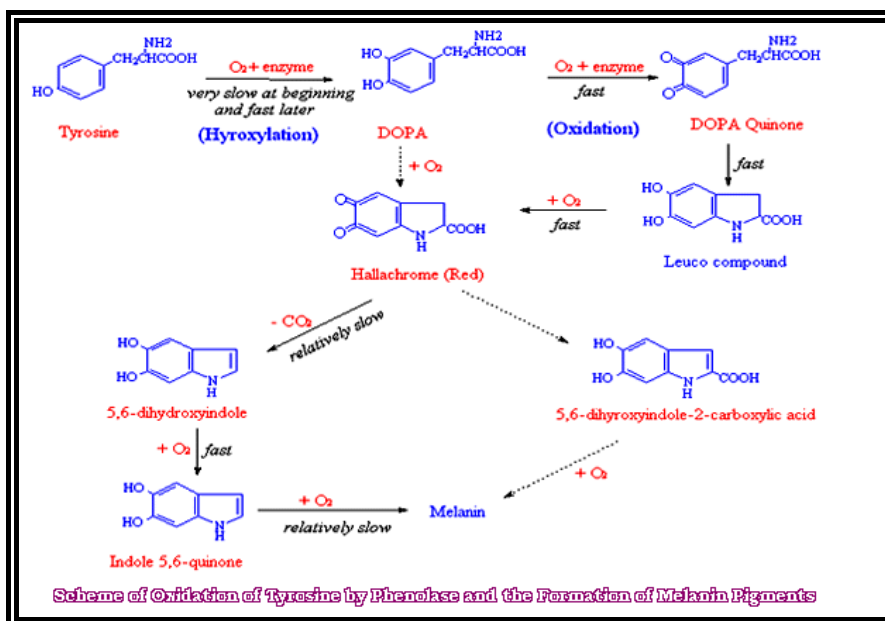


Alguns substrats fenòlics.

<http://www.fao.org/ag/ags/agsi/ENZYMEFINAL/Enzymatic%20Browning.html#PHEN>

Quan alguns vegetals es tallen o es couen s'afavoreix la reacció d'oxidació. Els grups –OH són substituïts per àtoms d'oxigen (l'oxidació d'alcohols s'associa a la pèrdua o separació d'un àtom d'hidrogen i a la formació d'un nou enllaç) i es forma el grup carbonil (-C=O). Aquesta reacció d'oxidació dels grups fenòlics és catalitzada pels enzims: **fenol oxidasa, polifenol oxidada, fenolasa, tirosinasa, oxidoreductasa**, etc., que també són presents a les fruites i verdures. L'activitat màxima de la fenol oxidasa és al voltant dels 43°C, Charley (2004). Els canvis químics que tenen lloc des que comença la transformació dels substrats incoloros de la fruita i verdura intactes fins a la producció de substàncies fosques en el teixit danyat són molt complexos. El canvi d'una molècula de quinol a una forma de quinona catalitzat per l'enzim corresponent sembla ser el primer pas.

Les quinones són incolores però es polimeritzen a melanines o melanoïdines. Les melanoïdines són pigments de color marró de la família de la melanina, la substància que se sintetitza en el cos humà quan es pren el sol. Sembla que les plantes produeixen aquests compostos com un sistema de protecció davant dels insectes i dels microorganismes (aquesta és al menys la funció més reconeguda, tot i que encara no està gaire ben definida la funció dels enzims polifenol oxidada).



http://www.landfood.ubc.ca/courses/fnh/301/brown/brown_prin.htm#enzyme

Els enzims, que són proteïnes globulars, poden ser inactivats canviant la seva estructura tridimensional, ja sigui per l'acció de la calor, dels àcids, de l'alcohol, etc. Així doncs una forma fàcil d'inactivar els enzims tipus polifenol oxidasa és aplicant **calor**. Aquesta és una de les raons per les quals s'escalden les verdures abans de posar-les en conserva o abans de congelar-les.

També es possible inactivar el enzims mitjançant l'addició d'un **àcid** com el vinagre o la llimona: quan es tallen carxofes es freguen amb llimona per evitar l'enfosquiment enzimàtic. Les pomes àcides que contenen àcid màlic, els melons, els tomàquets i altres fruites àcides, sempre que no estiguin molt madures, pateixen menys l'enfosquiment enzimàtic ja que els enzims causants de l'enfosquiment no poden actuar a pH menor de 3-5.

L'**alcohol** també inhibeix l'acció dels enzims que produeixen l'enfosquiment enzimàtic; per això també s'afegeixen licors a les macedònies de fruita per exemple.

En la reacció d'enfosquiment enzimàtic sempre hi ha de ser present l'**oxigen**; per tant, es tracta d'una reacció d'oxidació enzimàtica. Per això una altra manera d'impedir la reacció entre el substrat i l'enzim és evitar el contacte amb l'oxigen. Les patates quan es tallen i no es fregeixen de seguida se solen guardar submergides en aigua per evitar el contacte amb l'oxigen de l'aire. De Trévis (1962:33) quan parla de les patates aconsella:

“Si os sobran patatas, y no las freís, guardadlas en una vasija con agua. Se os conservarán y no se volverán negras”.

La **vitamina C** dels cítrics, llimona, taronja, etc., és una substància donadora d'electrons i per tant és un bon **antioxidant**; aquesta és la raó per la qual després de pelar les carxofes es freguen amb llimona per evitar que es posin negres. La llimona actua per un doble mecanisme: com a generadora d'ions d'hidrogen (és un àcid) i com a antioxidant.

També, afegir **sal** (clorur de sodi) posant per exemple les olives en salmorra o afegir **sucre** (sacarosa) per preparar les fruites en almívar, evita el contacte amb l'oxigen i així es redueix o inhibeix l'activitat dels enzims fenol oxidases. Pérez Conesa (1998:64), diu: “la adición de las alcachofas sobre agua ligeramente salada es otra alternativa, ya que los iones cloruro de la sal (cloruro sódico) inhiben la acción enzimática”.

Embolicar la fruita o verdura amb un film d'un polímer que sigui **impermeable a l'oxigen** també pot ser, avui en dia, una bona solució per evitar l'enfosquiment de fruites i verdures tallades.

En algunes fruites les reaccions d'enfosquiment enzimàtic produeixen substàncies de sabor dolç tipus sucres, i això fa que les parts picades o colpejades d'algunes fruites siguin una mica més dolces. En altres fruites, com la poma, es generen sabors àcids o amargs.

3.1.2.3.3. Evitar l'oxidació de la vitamina C (enzim oxidasa)

Quan es cou la verdura s'afegeix a l'aigua quan bull. L'àcid ascòrbic que contenen moltes verdures es dissol en l'aigua de la cocció, però també es pot oxidar (és antioxidant perquè s'oxida ell mateix) per l'acció dels enzims oxidasa presents en els teixits vegetals. Per reduir al mínim la destrucció de la vitamina C, l'aigua ha d'estar bullint quan es posi a coure la verdura, no només per inactivar l'**oxidasa** sinó també per expulsar l'oxigen dels teixits i eliminar l'oxigen dissolt en l'aigua de coure. L'aigua ha de recuperar el punt d'ebullició immediatament, i de fet algunes receptes i consells de cuina aconsellen anar introduint la verdura per particions i a mesura que l'aigua recuperi l'ebullició.

3.1.2.3.4 Inhibir l'acció de la lipooxigenasa

És un enzim òxido-reductasa que catalitza l'oxidació d'àcids grassos insaturats a hidroperòxids (reaccions d'autooxidació de lípids). Produeix canvis en el color, sabors i olors desagradables, canvis en la textura, disminució de la qualitat nutritiva per pèrdua de vitamina A, provitamina A i àcids grassos essencials, etc. Per aquesta raó s'escalden alguns productes abans de conservar-los: llegums, soja, pèsols, cereals i fruites.

3.1.2.3.5. El ferro com a catalitzador

En alguns llibres de cuina s'aconsellava no utilitzar paelles de ferro (ara s'usen un altre tipus de paelles recobertes de polímers com el tefló). La calor i l'aigua continguda en molts greixos utilitzats a la cuina transformen per hidròlisi els esters d'àcids grassos en àcids grassos i glicerol o glicerina. El glicerol amb sobreescalfament es pot transformar en una cetona insaturada anomenada **acroleïna** d'olor picant i desagradable que altera l'aroma i el sabor de l'aliment que es cuina. El ferro és el catalitzador d'aquest procés.

3.1.2.3.6. Inactivar l'enzim bromelaïna de la pinya

Quan es fan pastissos amb pinya i gelatina, s'han de bullir prèviament les pinyes per evitar que la gelatina quedi com una massa tova i sense consistència. El que es pretén al bullir la pinya és inactivar els enzims proteolítics que conté. Al mercat es troben preparats de gelatina amb pinya (se suposa que la pinya ha estat tractada per tal de desactivar l'enzim o que els preparats s'elaboren amb additius autoritzats).

3.2. Oxidació

Els processos redox inorgànics, amb les seves aplicacions (piles, electròlisi), exemples, càlculs, etc., queden explícits en el currículum de Química de batxillerat. A la cuina i amb aliments els exemples han d'estar relacionats amb molècules orgàniques complexes que formen part d'estructures o de mesclures. L'explicació dels processos d'oxidació i de reducció en Química orgànica són més complicats que el senzill esquema de les semireaccions d'una pila electroquímica. Contràriament, en el

nostre entorn gairebé es parla més dels antioxidants en aliments que de com es rovella el ferro a l'aire lliure.

Els exemples que aquí es donen són una mostra de com els processos d'oxidació són presents en l'entorn de la cuina i els aliments.

3.2.1. Oxidació de greixos

“...si el deixes l'allioli s'oxida”, Roca (2005:14).

Amb el temps l'oli, la mantega, els fruits secs i els greixos, en general, es degraden fàcilment. Es poden alterar agafant sabors i olors desagradables, sobretot si estan exposats a la llum i a la calor (atenció que el fred no impedeix l'oxidació, els peixos blaus no es poden congelar per molt temps). Conservar la mantega ben tancada o no reutilitzar moltes vegades els olis de friture són pràctiques habituals a totes les cuines (al nostre país s'acostuma a fregir els aliments amb oli, altres cultures ho fan sovint amb mantega). Al fregir aliments s'observen canvis en l'aspecte de l'oli de friture: es torna més fosc, agafa més viscositat, es fa escuma, els aliments queden coberts d'una capa cada vegada més fosca i els sabors poden arribar a ser desagradables si aquests olis es reutilitzen moltes vegades.

Els processos d'enranciment de greixos són de diversos tipus. Hi ha un procés d'enranciment que és un procés d'hidròlisi catalitzat pels enzims lipases en el qual els triglicèrids es transformen en àcids grassos i glicerina. Posteriorment els àcids grassos es poden oxidar a molècules més petites que aporten sabors rancis. Hi ha un altre procés d'enranciment de greixos que és oxidatiu i també és un procés enzimàtic.

L'oxidació de greixos és una reacció d'autooxidació i és diu així a causa del caràcter autolític del procés (els productes que s'obtenen en l'oxidació provoquen noves reaccions d'oxidació).

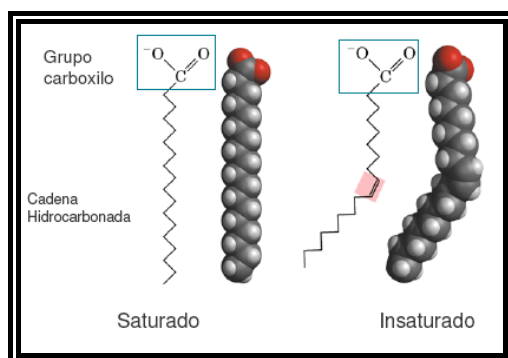
Els principals substrats d'aquesta reacció són els àcids grassos insaturats, ja que els dobles enllaços són centres actius per poder reaccionar amb l'oxigen. Els olis que normalment s'utilitzen per fregir els aliments (oliva, gira-sol...) estan formats per diferents àcids grassos insaturats en diverses proporcions. L'elevada temperatura de fregida (150°-200°C) afavoreix la reacció d'oxidació. Altres substrats, com els

carotenoides, vitamines A i E, poden patir oxidació. Aquest procés va associat a pèrdua de color i de valor nutritiu. Deu ser aquesta la raó per la qual algunes cuineres diuen que “un fumet que es fa amb pastanaga (conté carotenoides) es fa malbé més ràpidament, fins i tot si el guardes a la nevera, el fumet es pica, surt escuma, etc”?.

Les reaccions d'autooxidació de lípids són molt complexes i es poden dividir en tres etapes: iniciació, propagació i finalització. Resumint molt, es podria dir que al llarg del procés i amb la intervenció de l'oxigen s'alliberen diferents radicals lliures que reaccionen amb l'oxigen i altres cadenes d'àcids grassos, generant un mecanisme de reacció en cadena. Al final es produeixen diversos compostos, entre altres, aldehids i cetones que són els responsables de l'olor de ranci.

Hi ha molts factors que intervenen en les reaccions d'autooxidació dels lípids:

- La quantitat d'oxigen. Per evitar el contacte amb l'oxigen de l'aire, molt sovint, els fruits secs s'envasen al buit.
- El tipus d'àcids grassos i el nombre d'insaturacions presents en la molècula. Quan més insaturat és el greix, més possibilitat d'autooxidació. L'àcid oleic ($\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$, monoinsaturat), s'oxida més lentament que l'àcid linoleic ($\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$, poliinsaturat). L'oli d'oliva té un alt contingut en àcid oleic, 64%-84% i molt baix en àcid linoleic, 4%-15%. L'oli de gira-sol té 60%-70% de linoleic i 14%-43% d'oleic. L'oli de gira-sol té més proporció d'insaturacions que l'oli d'oliva. Avui en dia es recomana fregir amb oli d'oliva, tot i que dóna sabors més intensos que altres olis i és bastant més car.



Àcids grassos

http://docencia.izt.uam.mx/epa/quim_alim/material_adicional/lipidos.pdf

- La llum. Els olis molt freqüentment es comercialitzen en envasos de vidre fosc.

- La temperatura. Quan es fregeix convé mantenir l'oli a temperatura no gaire elevada, controlant la intensitat del focus calorífic, traient de tant en tant la paella del foc, afegint-hi els aliments gradualment, etc.
- L'activitat d'aigua dels aliments. A més activitat d'aigua més possibilitats de reaccions d'autooxidació.
- Els agents oxidants que es troben en els mateixos aliments. Per exemple els metalls com el coure o el ferro. Aquest últim pot ser alliberat del pigment hemoglobina de la carn cuïta o de la mioglobina de la sang. Un altre exemple són els enzims com la lipooxigenasa presents en els teixits vegetals que catalitzen l'oxidació d'alguns àcids grassos.
- Els agents antioxidants que s'oxiden ells mateixos evitant així algunes de les oxidacions dels greixos. Molts estan presents en els aliments d'una forma natural, com els tocoferols, vitamina E, dels olis vegetals, l'àcid ascòrbic o la vitamina C dels cítrics, la lecitina de l'ou i la soja o els diversos compostos fenòlics d'algunes espècies com la sàlvia, el romaní, el clau o el gingebre i d'algunes fruites i vegetals. Aquests agents antioxidants poden minimitzar el procés d'oxidació dels greixos, però al mateix temps els aliments els perden, disminuint així el seu valor nutritiu.

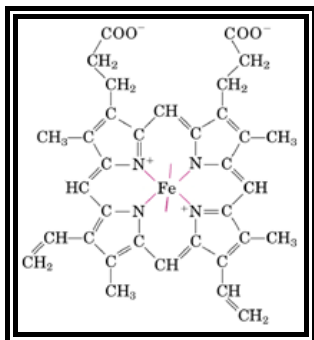
“Fritura de pesados. Como todo lo frito, la fritura de pescado requiere aceite abundante y buen punto de calor. Si se escatima el aceite, éste se quema y amarga. Si se fríe el pescado con aceite frío, se queda blanco y descolorido, y si está demasiado caliente se quema y queda crudo por dentro. El buen punto es cuando el aceite empieza a echar humo, pero eso no basta, pues durante la fritura hay que vigilar para separar o arrimar la sartén a la lumbre, según lo requiera el frito”. Bernard de Ferrer (19..?:20).

3.2.2. Alteracions del color de la carn

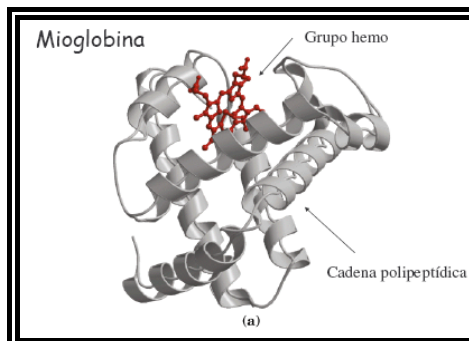
El color de la carn va des del rosa pàl·lid al marró, passant pel vermell intens, tot i que a vegades pot semblar més o menys violat.

La carn, principalment, té dos pigments: la mioglobina (Mb) i l'hemoglobina (Hb). La quantitat de mioglobina (pigment muscular) de la carn és, depenent de la sangria feta a l'animal, molt superior a la quantitat d'hemoglobina (pigment sanguini).

El color de la carn depèn de l'estat en què es troba la Mb. La Mb és una combinació d'una proteïna (la globina) amb un grup no proteic, el grup hemo, que conté un ió ferro.



<http://www.scibio.unifi.it/triennali/biochem/proteine/proteins24.html>



http://docencia.izt.uam.mx/epa/quim_alim/material_adicional/Proteinas.pdf

El ferro pot trobar-se en estat reduït (Fe^{+2} , ferrós) o oxidat (Fe^{+3} , fèrric). En el múscul de la carn, el ferro de la Mb es troba en forma d'ió ferrós, i així és com es troba també a la carn fresca. Quan el ferro del grup hemo es troba en estat ferrós la Mb pot compartir electrons amb l'oxigen molecular i és quan el pigment s'anomena oximioglobina, de color vermell viu, que és el que s'observa a la part exterior de la carn. A l'interior de la carn la Mb, que no té oxigen unit, s'anomena desoximioglobina i té un color vermell púrpura més fosc. El pas de oximioglobina a desoximioglobina és un procés reversible i depèn de la pressió parcial de l'oxigen, i per tant de la superfície de contacte amb l'aire. Això explica que la carn picada perdi el color vermell més ràpidament que un bistec o una peça de carn sencera.

L'ió ferrós és inestable i passa a ió fèrric. La mioglobina amb el ferro en forma fèrrica rep el nom de metamioglobina que té un color marró poc atractiu, que és el color de la carn emmagatzemada durant massa temps.



Carn amb mioglobina i carn amb metamioglobina.

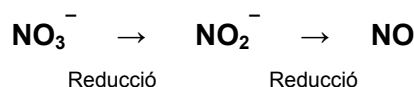
<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/mioglobina.html>

El grup hemo unit a la cadena de la proteïna, en la seva estructura tridimensional, protegeix al Fe^{+2} de l'oxidació. Quan es cuina la carn (aplicant energia calorífica en la majoria dels processos culinaris o afegint àcids en els “tàrtars” i “carpaccios”) es **desnaturalitza** la part proteica de la mioglobina i l'ió ferrós queda desprotegit i **s'oxida** a ió fèrric. Es produeix una nova forma de mioglobina desnaturalitzada anomenada miohemicromogen que té el color marró de la carn cuïta.



S'apliquen diferents intensitats i temps a l'hora de fer la carn, sobretot quan es cuina a la planxa, rostida o a la brasa. Hi ha persones que prefereixen menjar la carn poc feta (la temperatura interna arriba al voltant de $60^{\circ}\text{--}65^{\circ}\text{C}$), altres semi feta (71°C) o molt feta (77°C). Quan més calor s'apliqui més desnaturalització de mioglobina es produirà, més ferro s'oxidarà i més marró quedarà la carn.

Als productes curats, pernil, fuet, llonganissa, etc. es conserva el color vermell durant molt de temps perquè s'hi afegeixen additius autoritzats: els nitrits i els nitrats. Els nitrats es redueixen a nitrits i aquests a òxid nítric (NO) que s'uneix al ferro de la mioglobina, donant nitrosomioglobina de color vermell. Després una segona molècula de NO s'uneix al ferro i s'origina un nou pigment, ferrohemocrom, que estabilitza el color vermell. Els nitrits i nitrats estabilitzen el color vermell i inhibeixen l'acció bacteriana dels productes curats, però també poden originar uns compostos anomenats nitrosamines que se sap que poden ser cancerígens.

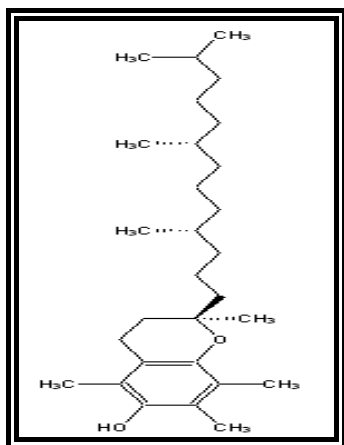


3.2.3. Substàncies reductores en aliments

La vitamina C (de fruites i verdures), Vitamina E (dels olis vegetals), els derivats fenòlics, aldehids i cetones i complexos similars (de vegetals, vi, té, espècies...), són substàncies químiques de fàcil oxidació (reductors) que funcionen com a antioxidants, s'oxiden ells mateixos evitant així l'oxidació d'altres substàncies.

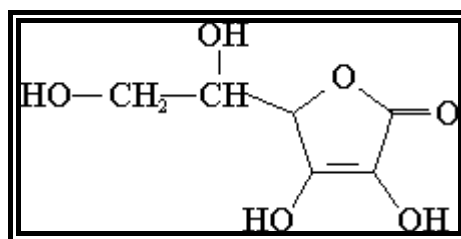
En l'elaboració del pa o en la preparació de pastissos per aconseguir una tenacitat adequada, extensibilitat o força de les masses, s'afegeixen substàncies com l'àcid ascòrbic. Aquestes substàncies milloren l'acció dels enzims que intervenen en la formació del gluten (xarxa proteica constituïda per les proteïnes insolubles de la farina, la gliadina i la glutenina).

Actualment la indústria alimentària utilitza antioxidants com a conservants i es parla molt del benefici que suposa la ingesta d'aliments rics en antioxidants per a la salut humana: prevenció de l'envelliment cel·lular, protecció contra l'excés de colesterol en sang i reducció d'alguns factors cancerígens.



α -tocoferol. Vitamina E

http://es.wikipedia.org/wiki/Vitamina_E



Àcid ascòrbic. Vitamina C

http://ca.wikipedia.org/wiki/Vitamina_C

3.3. Àcids i bases (pH)

Els aliments, excepte la clara de l'ou, són o neutres o àcids, però al preparar-los, cuinar-los i conservar-los, o sigui en determinats processos culinaris, es produeixen canvis en el seu pH que a vegades interessa que hi siguin i altres vegades es tracta d'evitar.

<http://www.food-info.net/es/qa/qa-fp65.htm> (Pàgina web amb els intervals del pH d'alguns aliments)

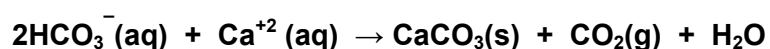
3.3.1. En algunes preparacions culinàries s'hi afegeixen substàncies bàsiques

“Al cocer legumbres. No se olvide de echar una cucharadita de bicarbonato de sosa, sobre todo si el agua de vuestra localidad es de tipo calcáreo”, De Trévis (1962:33).

“Els cigrons: 12 hores en remull en aigua tèbia, afegir un xic de sal i una cullereta de bicarbonat, després esbandir i netejar. Posar a coure quan l'aigua bulli. Les mongetes: en remull en aigua freda, esbandir i netejar. Posar al foc amb aigua freda i que comenci a bullir (treure l'escuma). Les llenties: no cal posar-les en remull (per la seva dimensió i ràpida cocció). Posar en una olla amb aigua freda”, Roca (2005:249).

Molt sovint, a l'hora de **coure llegums s'acostuma a afegir una mica de bicarbonat de sodi (HNaCO_3) a l'aigua de cocció**, així els llegums s'estoven més ràpidament i es couen en menys temps. Per estovar els teixits vegetals dels llegums s'ha de modificar l'estructura de les pectines que són polisacàrids que formen part de les seves parets cel·lulars. El bicarbonat de sodi, que és una sal de caràcter bàsic, provoca la ionització dels grups carboxils de les pectines, de manera que a l'augmentar la seva càrrega elèctrica és fa més gran la repulsió elèctrica entre les seves partícules i s'afavoreix la degradació dels teixits vegetals. En conseqüència els llegums s'estoven.

El bicarbonat de sodi també s'afegeix a l'aigua per corregir la duresa de les aigües de cocció ja que reacciona amb els ions de calci i magnesi de l'aigua “dura” i dels llegums i els transforma, parcialment, en carbonat de calci insoluble, evitant així la formació de compostos de calci amb les pectines (pectats de calci estables) que impedirien l'entrada de l'aigua calenta i afavoririen l'enduriment dels llegums.



“Una altra pràctica corrent entre nosaltres es tirar bicarbonat de sodi dins l'aigua de coure cigrons per obtenir una més ràpida i curta cocció. Un petit experiment ens dirà el perquè d'aquest millor resultat. Prenem un vas d'aigua comú i tirem-hi una solució de carbonat de sosa (n'hi ha prou amb un gram). El líquid primer es torna lletós, després s'aclareix deixant al fons un dipòsit blanc de carbonat de calç. El que ha passat és una doble descomposició entre les sals càlciques de l'aigua (sulfat, clorur de calci) i el carbonat de sodi. El que s'ha fet ha estat

corregir l'aigua eliminant les sals càlciques que dificultaven la cocció". Sensat (1923:127)

Respecte a l'addició de substàncies bàsiques als llegums, cal assenyalar que segons el que ens diu l'experiència no convé excedir-se en la quantitat de bicarbonat afegit a l'aigua de cocció ja que pot tenir conseqüències negatives a l'alterar el color i el sabor dels aliments cuinats (aporta un sabor com de sabó).

La causa de l'enduriment irreversible dels llegums (el cas dels cigrons és popularment conegut) és molt més complexa i encara no està ben estudiada. L'enduriment s'anomena HTC, Hard-to-cook, McGee (2004). En l'enduriment irreversible dels llegums influeixen altres compostos diferents a les pectines, com podrien ser: hemicel·luloses, polifenols, midons, enzims, lípids, etc., que en diferents proporcions formen part dels diversos tipus de llegums.

"No debéis echar sal a los garbanzos antes de que estén cocidos, pues esto les endurecería. Así mismo debéis evitar que una vez estén hirviendo dejen de hacerlo, pues al suceder esto, se endurecen indefectiblemente", De Trévis (1962:36)

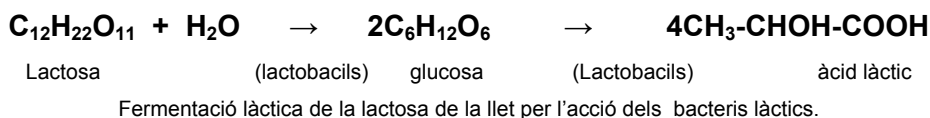
3.3.2. En altres processos culinaris convé baixar el pH i per aquesta raó s'afegeixen diferents substàncies àcides

a) Algunes verdures (carxofes, xampinyons, etc.) es couen o es netegen amb **aigua acidulada** per **evitar l'enfosquiment enzimàtic** (3.1.2.3.2).

"Manera de cocer verduras: no se perderán el color en las blancas y rojizas, si, al cocerlas, tenéis la precaución de añadir un poco de zumo de limón". De Trévis (1962:34).

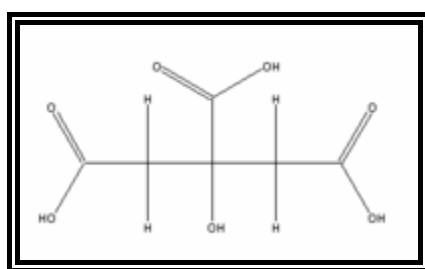
b) Elaborar mató i iogurt. A la llet les caseïnes es troben agregades en forma de micel·les. Les micel·les de la llet són agregats proteínics d'uns 120 nm de diàmetre (de valor mitjà) formades per aproximadament 10^4 molècules de caseïna. Si el pH baixa a 4,6 (punt isoelèctric de les caseïnes), disminueix la repulsió electrostàtica entre elles, es desnaturalitzen les proteïnes i les micel·les s'agreguen.

Es pot baixar el pH de la llet afegint-hi un àcid com es fa en l'elaboració del mató. També es modifica el pH de la llet afegint-hi ferments o bacteris (quan s'elabora iogurt casolà s'ha d'afegir un altre iogurt que conté els bacteris fermentadors). Per l'acció dels bacteris la lactosa de la llet es transforma en àcid làctic que redueix el pH, es produeix la desnaturalització de les proteïnes de la llet i la formació del gel del iogurt.



c) Per preparar escabetxos amb peixos com el seitó o la tonyina i aliments macerats com carns tipus carpaccio o tàrtars de carn picada, **s'hi afegeix vinagre** (que conté àcid acètic, $\text{CH}_3\text{-COOH}$) **o llimona** (que conté àcid cítric) **i en diferents combinacions vi negre** (que conté àcid tànnic i àcids orgànics). Els àcids contribueixen a la desnaturalització de les proteïnes perquè provoquen la ionització de les cadenes d'aminoàcids i la repulsió entre les parts amb igual càrrega elèctrica. També dissocien agregats de proteïnes, i al dissociar les fibres de col·lagen contribueixen a estovar la carn. El peix i la carn es "couen", es tornen tous i comestibles.

Els àcids baixen el pH del medi a valors per sota de 7 i així s'evita el creixement de microorganismes que portarien a la putrefacció dels aliments. Aquest és doncs un bon mètode per a la seva conservació.



Àcid cítric.

http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_c%C3%ADtrico

Als aliments macerats també s'afegeixen **espècies**. Les substàncies responsables del sabor picant d'algunes espècies com el pebre, la piperina i la piperidina tenen caràcter bàsic. Afegides als escabetxos es neutralitzarien i no servirien com a substàncies aromàtiques o picants. És per aquesta raó que s'aconsella utilitzar altres espècies de caràcter àcid com el pebre vermell o el bitxo.

3.3.3. Mantenir el color de les verdures cuites depèn del pH

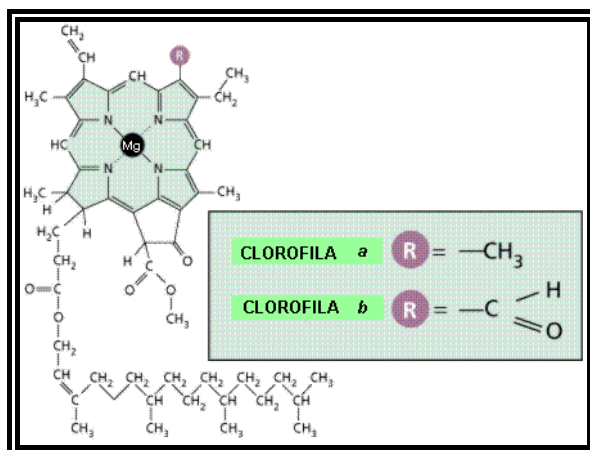
“Manera de cocer las judías verdes. [...] se pondrán a cocer con abundante agua y sal, esperando para echarlas a que el agua hierva a borbotones, cociéndolas a fuego vivo hasta que estén tiernas. Es conveniente cocerlas deprisa y destapadas para conservarlas verdes. Una vez cocidas se echan en un colador y, acto seguido, se sumergen en agua fría (todo esto con el fin de conservarlas bien verdes). Se escurren perfectamente y se utilizan”. Mestayner (1940:26).

Les verdures verdes poden canviar de color durant la cocció



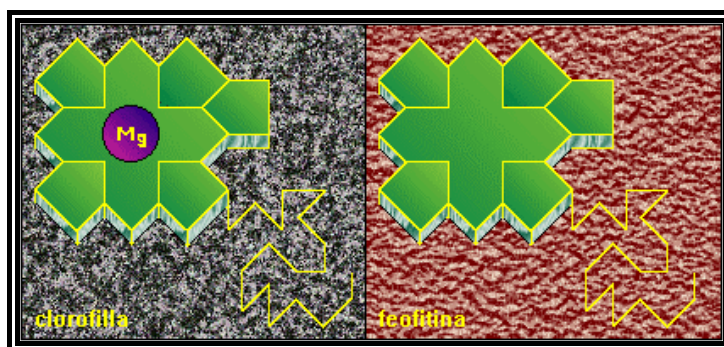
Efecte de l'escalfament (cuinat) sobre la clorofil·la de les faves
Fotografia per cortesia de Carlos de Vega
<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/clorofila.html>

La **clorofil·la** és el pigment que intervé en els canvis de color. Una molècula de clorofil·la té 4 grups pirrois que formen un anell de porfirina semblant al de la mioglobina de la sang. En lloc de l'àtom de ferro de la molècula de mioglobina, la clorofil·la té un àtom de magnesi. El radical fitil (de l'alcohol fitol que conté 20 àtoms de carboni en la seva cadena) és la part de la molècula que fa possible la solubilitat de la clorofil·la en greixos i en dissolvents orgànics. El radical fitil està unit per un enllaç ester a un grup dels quatre pirrois. Hi ha dues formes de clorofil·la, la **clorofil·la a**, d'un color verd més intens o verd blavós i la **clorofil·la b**, de color verd groguenc. En les plantes verdes la quantitat de clorofil·la **a** pot duplicar o triplicar la quantitat de clorofil·la **b**.



<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/clorof.gif>

Al coure mongetes tendres, pèsols, espinacs, faves, etc., la calor primer isomeritza les molècules de clorofil·la. Després, **durant la cocció**, com que la verdura és una miqueta àcida **es desprenen àcids orgànics volàtils** i els àtoms de magnesi de la clorofil·la són reemplaçats per un parell d'ions H^+ procedents dels àcids. La clorofil·la es transforma en **feofitina**: la clorofil·la *a* en una feofitina de color verd grisós i la clorofil·la *b* en una feofitina de color verd oliva. Com que la proporció de clorofil·la *a* és més gran que la *b*, la verdura queda d'un color verd grisós que no és agradable ni desitjable.



Molècula de clorofil·la i molècula de feofitina.

http://venus.unive.it/miche/cicli_ecosis/0052.htm

Normalment es diu que s'ha de "trencar el bull" afegint (un cop cuita la verdura) un got d'aigua freda i que no s'ha de deixar refredar a poc a poc, sobretot si no es consumeix de seguida i la verdura es vol guardar cuita. El got d'aigua freda fa baixar la temperatura, de manera que no es desprenen més àcids i en conseqüència s'atura la reacció de transformació de clorofil·la en feofitina.

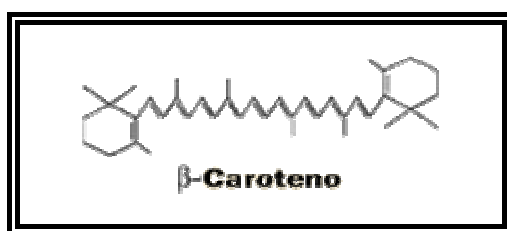
Quan es posa a coure la verdura, al principi agafa un color verd més viu i brillant. El gas que contenen els teixits cel·lulars és expulsat a l'exterior. Les bombolles de gas que es desprenen fan un efecte òptic que dóna més intensitat als components verds, que semblen de color verd més fort.

La degradació de la clorofil·la augmenta amb el temps de cocció, per això es recomana coure la verdura durant pocs minuts, a foc suau i no tancar el recipient per evitar així el contacte i la reacció dels àcids volàtils amb la clorofil·la.

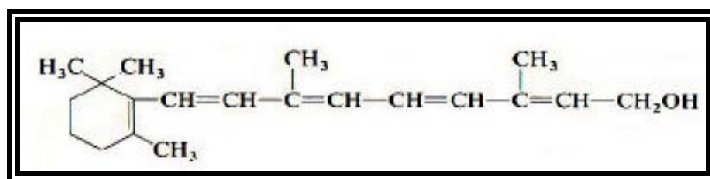
Les cèl·lules vegetals contenen l'enzim clorofil·lase que s'activa a temperatures elevades. Aquest enzim intervé en la reacció de transformació de la clorofil·la en feofitina (Schwedt, 2006).

Algunes vegades es recomana afegir-hi bicarbonat de sodi per neutralitzar els àcids que transformen la clorofil·la en feofitina, però l'alcalinitat estovaria massa els teixits vegetals i en resultaria una textura *pastosa* amb l'agreujant del sabor *sabonós* que donaria el bicarbonat.

Alguns vegetals com la pastanaga, el pebrot vermell, el tomàquet, la síndria o el préssec contenen altres pigments anomenats **carotens** que són precursors de la vitamina A, és a dir, que es transformen en vitamina A després de ser metabolitzats per l'organisme. Els carotens són responsables dels colors grocs, taronges i vermells d'aquests vegetals. Són compostos bastant estables, solubles en greixos i que no s'alteren amb el pH, per això el color d'aquests vegetals es manté després de la seva cocció.



http://www.kalsec.com/es/products/paprika_bp.cfm



Material elaborado por F. Agius, O. Borsani, P. Díaz, S. Gonnet, P. Irisarri, F. Milnitsky y J. Monza. Bioquímica. Facultad de Agronomía. Vitamina A

Una altra família de pigments, les **antocianines** donen color vermell, morat, púrpura i blau a vegetals com la col llombarda, la remolatxa, les móres o el te. Són solubles en aigua i sensibles al pH del medi. Quan es cou col llombarda s'afegeix una mica de vinagre a l'aigua de cocció per evitar que la col perdi el seu color morat i agafi un color blau. Aquesta sensibilitat de les antocianines al pH és la que permet utilitzar el seu extracte com a indicador d'àcids i bases. La llimona torna groc el te i el bicarbonat el posa vermellós. L'extracte de col llombarda es torna vermell en medi àcid i en medi bàsic canvia a color verd.

3.3.4. Els ous i el seu pH

La clara d'ou pot tenir un pH al voltant de 7,6. En 3 dies d'emmagatzematge a 3° C pot passar a tenir un pH de 9,2 o 9,7. La causa de l'augment del pH és la pèrdua de diòxid de carboni (CO_2) a través dels porus de la closca. Normalment a la clara d'ou hi ha un equilibri entre la concentració de CO_2 i la de CO_3H^- . La pèrdua de CO_2 origina un canvi en el seu pH.

Segons alguns estudis sembla que aquest augment del pH provoca la ruptura de l'estructura de gel característica de la capa gruixuda de la clara. La clara perd consistència, viscositat i presenta l'aspecte d'un ou no gaire fresc. L'alçada de la clara d'un ou no gaire fresc obert i col·locat en una superfície plana és més petita que el de l'ou acabat de pondre. En aquest mateix sentit, el rovell canvia el pH de 6 a 6,5 al voltant de 18 dies a 37° C.

Per mesurar la qualitat interior en l'ou obert s'utilitza un calibrador (micròmetre) que mesura l'alçada de la clara, després aplicant una senzilla fórmula que inclou la mesura del pes, es calcula un paràmetre que ve donat en unes unitats anomenades unitats Haugh. Quan més alt és el valor obtingut més fresc serà l'ou.

“Para saber si los huevos son frescos, fíjalos en la yema cuando rompáis un huevo en un plato. La yema ha de ser compacta, formando una masa homogénea. Tampoco la clara ha de ser muy líquida”. [...] “otro medio para saber si son frescos, es moviéndolos cerca del oído. Los frescos se notan llenos y permanecen quietos. Cuando no lo son se advierte que la yema se desplaza fácilmente, lo que se nota ya en la mano y más si se pone junto al oído. Esto se debe a que, al envejecer, se evapora parte de la clara.

Importante: Ya es sabido que el huevo que no es fresco no sirve para freírlo, pasarlo por agua y tampoco para mayonesa”, De Trévis (1962:21)

“Al cascar los huevos en un plato se ve que son frescos cuando la yema forma una masa compacta y firme en medio de la clara”. Mestayer (1940: 32).

Actualment, si els ous es mantenen a baixa temperatura i en llocs tancats es conserven frescos més temps. Antigament es conservaven amb una solució de calç o de silicat de sodi o potassi que tapava els porus de la closca i impedia la sortida de CO₂. A la Xina es poden trobar els anomenats “ous mil·lenaris” (en realitat els conserven uns 100 dies); el seu aspecte es diferencia molt del d'un ou fresc i els sabors estan molt alterats. Els preparen envoltant-los d'una pasta feta d'òxid de calç i un llim o cendres rics en carbonat de potassi. Amb el temps aquestes substàncies alcalines es filtren a través de la closca i reaccionen amb les proteïnes de la clara modificant la seva estructura de manera similar a quan es cou l'ou (Wolke, 2005).

“Conservar ous frescos durant dies. Els millors procediments són la conservació mitjançant l'aigua de calç i per silicat de potassi. Aquest últim és una mica més car, però més senzill. Basta submergir els ous dins d'una solució d'aquesta sal en la proporció següent: aigua 9/10, silicat 1/10. La conservació per aigua de calç exigeix una mica de compte perquè l'èxit sigui complet. Es prepara la lletada de calç posant calç viva i aigua dins d'un recipient a raó de 50 g per litre, i remenant de tant en tant durant un dia. L'aigua queda saturada de calç dissolta. Dins hi submergim els ous amb molt de compte que no s'esquerdin col·locats de manera que la cambra aèria quedi a la part superior”. Sensat (1923:325).

3.3.5. Els àcids estableixen emulsions i escumes

Afegir llimona o vinagre a maioneses i altres salses fetes sense llet afavoreix la formació de l'emulsió ja que els àcids trenquen enllaços moleculars entre proteïnes que actuen després com a tensioactius o emulsionants.

Els àcids estableixen l'escuma i prevenen la formació d'enllaços al neutralitzar la dèbil càrrega alcalina de les proteïnes. Retenen més aigua i així no es trenquen les bombolles d'escuma tan fàcilment.

3.3.6. Les mermelades i confitures es preparen amb suc de llimona

Per fer el gel que conforma les mermelades es necessita un medi àcid (al voltant de 3,3 de pH), el qual modifica la càrrega dels grups àcids de les pectines, de manera que provoca la gelificació. (Veure l'explicació detallada a l'apartat 3.4.2.4.4, mermelades, confitures, gelees).

3.3.7. Afegir sucre a la salsa de tomàquet neutralitza la seva acidesa?

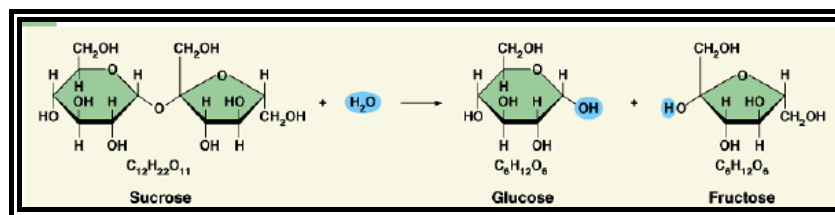
Quan es prepara la salsa de tomàquet s'hi afegeix sucre per suavitzar el sabor àcid causat pels diversos àcids continguts en el tomàquet (cítric, màlic, ascòrbic). El pH del tomàquet pot arribar a tenir valors de 4-4,5. A vegades es diu que es neutralitza l'àcid del tomàquet amb el sucre, però aquesta no és una reacció de neutralització ja que el sucre no té caràcter bàsic o neutralitzant d'àcids. L'expressió en la terminologia química és incorrecta.

3.3.8. Obtenció de sucre invertit amb un àcid

La sacarosa és un disacàrid (format pels monosacàrids glucosa i fructosa) i amb calor i l'acció d'un àcid pot transformar-se en glucosa i fructosa. Aquesta reacció es diu inversió (hidròlisi) de la sacarosa. S'obté un producte més dolç ja que la fructosa té una capacitat edulcorant més gran que la glucosa o la sacarosa. Amb l'acció d'enzims com la invertasa, present a la saliva i al tracte digestiu també es produeix la reacció d'inversió de la sacarosa.

Quan s'elaboren alguns dolços o pastissos casolans s'hi afegeix llimona a més a més del sucre, farina i altres ingredients. Al fer el pastís es produeix la reacció d'inversió de la sacarosa. Avui en dia els pastissers professionals utilitzen un xarop de fructosa, glucosa i sacarosa comercialitzats en diverses proporcions que anomenen sucre invertit. Aquest sucre millora les propietats funcionals de la sacarosa.

Al fer un dels còctels típics de Brasil, la caipirinya, es tritura el sucre amb llimona, s'aconsegueix un sabor més dolç i es potencien els sabors dels altres components de la beguda, diu Pérez Conesa, (1998:22).



Reacció d'hidròlisi o reacció d'inversió de la sacarosa.
<http://class.fst.ohio-state.edu/FST605/605p/Enzymes.pdf>

3.4. Polímers. Proteïnes i polisacàrids

A més a més de les proteïnes i els polisacàrids hi ha altres grups de components dels aliments, com els sucres i els greixos que també són importants a la cuina. Tot i que les proteïnes i els polisacàrids tenen estructures diferents, s'han agrupat sota el títol de polímers en un sentit ampli del concepte, entenent com a polímer una macromolècula o molècula gran formada de moltes molècules més petites. A la cuina, les proteïnes i els polisacàrids tenen algunes propietats funcionals comunes, així per exemple, una proteïna com l'albúmina de la clara d'ou i un polisacàrid com el midó, tenen propietats gelificants.

3.4.1. Proteïnes

Les proteïnes són un dels components més importants dels aliments i tenen molta funcionalitat a la cuina.

3.4.1.1. Estructura de les proteïnes

Les proteïnes són macromolècules amb estructures tridimensionals. A més a més de formar part de l'estructura dels éssers vius, que són l'origen i la font dels aliments, tenen unes propietats que confereixen una funcionalitat clau en la preparació i conservació dels aliments. Així les proteïnes tenen capacitat emulsionant, escumant, espessant, gelificant, de retenció d'aigua, texturitzant i de fixació d'aromes.

Segons Coenders (2004:132-133) entre els grups de proteïnes més importants entre els aliments es poden destacar:

- “Albúmines, solubles en aigua i fàcilment coagulables amb la calor. Exemple, albúmines de l’ou, de la sang, de la llet i el sèrum de la sang, les albúmines de la llet i la leucosina del blat.
- Globulines, insolubles en aigua, solubles en solucions salines dèbils. Exemple, ovoglobulina de l’ou, globulines de la sang i sèrum sanguini, legumina dels llegums, miosinogen del múscul i lactoglobulina de la llet.
- Glutelines, no solubles en aigua, solubles en dissolucions àcides o alcalines. Exemple, glutelins del blat i orceïna de l’arròs.
- Gliadines. Insolubles en aigua. Exemple, gliadines del blat, hordeïna de l’ordi i zeïna del blat de moro.
- Escleroproteïnes, insolubles en aigua. Exemple, elastina dels lligaments animals, col·lagen dels ossos, pell i cartílags i queratina de les ungles, peülles i banyes.

Hi ha altres proteïnes que són conjugades; les fosfoproteïnes com la caseïna de la llet i la vitelina del rovell d’ou, lipoproteïnes de la sang, del rovell de l’ou i de la llet, i cromoproteïnes com l’hemoglobina i la clorofil·la. Entre les diverses proteïnes del mateix grup també hi ha diferències, així, les albúmines de la llet són diferents a les albúmines de la sang i les de la sang dels humans són diferents a les albúmines de la sang dels diferents animals”.

3.4.1.2. Funcionalitat de les proteïnes

A la cuina, entre les funcions de les proteïnes es poden destacar:

3.4.1.2.1. Emulsionant i/o escumant

Les proteïnes poden arribar a tenir una estructura anfifílica, amb parts hidrofíliques (preferència per l’aigua) i parts lipofíliques (preferència pels lípids o greixos). L’estructura anfifílica és l’estructura de les anomenades substàncies tensioactives que disminueixen la tensió superficial entre fases o superfícies no miscibles, de manera que una emulsió (barreja de dos líquids immiscibles estabilitzada amb un emulsionant) o una escuma (barreja d’un líquid i un gas estabilitzada amb un escumant) es puguin mantenir més o menys estables.

Al desnaturalitzar la proteïna, els grups hidrofílics i els grups hidrofòbics poden quedar al descobert, es poden orientar i actuar com a tensioactius. Hi ha diferents maneres de desnaturalitzar proteïnes amb la finalitat d'emulsionar o escumar. Per exemple:

a) Aplicant **energia mecànica** com es fa al preparar nata muntada amb batedora, muntant manualment clara d'ou "a punt de neu", elaborant maionesa manualment o mecànicament, etc.

b) Aplicant **energia calorífica** com es fa quan es couen patates sense pell en què s'observa que surten bombolles a la seva superfície i més tard es forma escuma. Aquest fenomen és degut a la propietat escumant de les proteïnes hidrosolubles de les patates. En aquest sentit quan es fa brou s'aconsella anar *clarificant* aquest brou, és a dir eliminar les partícules arrossegades per l'escuma produïda per les proteïnes de la carn.

c) Per **acció química** a l'addicionar un àcid o algun tipus d'enzim, com en l'elaboració d'alguns formatges.

3.4.1.2.2. Gelificant

La gelificació proteica consisteix en la formació d'una xarxa proteica ordenada a partir de proteïnes prèviament desnaturalitzades.

Segons Ordóñez (1998:65):

"Es pot dir que hi ha quatre fases en la formació d'un gel de proteïnes:

- Desnaturalització de les proteïnes ja sigui escalfant, amb presència d'enzims, addicionant àcids o bases o aplicant energia mecànica amb la batedora.
- Desenrotllament de les proteïnes. A la proteïna nativa els grups hidrofòbics estan orientats cap a dintre de la molècula i al desenrotllar-se queden al descobert i potencien les interaccions entre proteïnes.
- Interacció entre proteïna i proteïna.
- Agregació de proteïnes que formen l'estructura o xarxa de gel.

Perquè el gel es mantingui estable ha d'haver-hi un equilibri entre les forces atractives i les forces repulsives que hi ha entre les cadenes polipeptídiques. Les forces atractives entre cadenes són hidrofòbiques, electrostàtiques de diferent signe, ponts d'hidrogen i ponts de disulfur. Les forces repulsives són interacció proteïna i aigua i forces electrostàtiques del mateix signe".

La gelificació té múltiples funcions en la preparació i conservació d'aliments:

- Afavoreix la retenció d'aigua i la modificació de la textura, per exemple en l'elaboració de salsitxes, pernil dolç, flams i pastissos.
- Modifica la viscositat del medi, per exemple quan es tracta d'espessir amb ous les natilles o la crema catalana.
- Millora l'adhesió dels ingredients, tal com fan les proteïnes de l'ou que cohesionen les partícules de farina en els arrebossats.
- Pot contribuir a l'estabilització d'emulsions i d'escumes ja sigui en la preparació de la maionesa, de salses amb llet, postres làctics, etc.

Les proteïnes alimentàries que funcionen millor com a gelificants són les **miofibril·lars** de la carn, que estableixen les emulsions de les salsitxes i altres productes carnis cuits; les micel·les de **caseïna** de la llet en l'elaboració de cuallades, formatges, postres amb llet; les **proteïnes del xerigot** de la llet en iogurts, mató i altres postres làctiques; i algunes de les **proteïnes de la clara** de l'ou que són les que presenten millors propietats gelificants i s'utilitzen en molts plats dolços (flams, cremes, pastissos) i salats (púdings, salses).

3.4.1.2.3. Capacitat de retenció d'aigua

Al fer la massa del pa (3.1.1.3.2, els enzims de la massa del pa) o de les pastes com per exemple, espaguetis, canelons, pastes pastisseres, etc., les proteïnes del gluten que contenen alguns cereals (blat, ordi, civada, etc.) són les primeres que s'hidraten i retenen l'aigua, després els grànuls de midó també absorbeixen aigua, s'inflen i augmenten el seu volum.

Les proteïnes del gluten (gliadines i glutenines) a l'amassar-les amb aigua i a temperatura ambient, formen una massa viscoelàstica amb unes propietats especials que són la base de la panificació. Durant el procés d'amassat o d'elaboració de la pastada, les proteïnes es desnaturalitzen parcialment i s'orienten, així es potencien les interaccions entre les proteïnes i els ponts disulfurs i es forma una xarxa tridimensional que, a més a més de retenir l'aigua, més endavant retindrà les bombolles de diòxid de carboni (CO₂) quan tingui lloc la fermentació de la massa del pa.

Les proteïnes que formen el gluten tenen una gran quantitat d'aminoàcids (més del 35% és àcid glutàmic que es troba en forma de glutamina) amb tendència a formar ponts d'hidrogen i això influeix directament en la seva capacitat de retenir aigua.

<http://www.exploratorium.edu/cooking/bread/glutengood1test.html> (Animació de la formació de la xarxa proteica tridimensional anomenada gluten).

3.4.1.2.4. Texturitzant

De mica en mica s'introdueixen a la nostra cuina texturitzants de soja, tipus hamburgueses, salsitxes, anàlegs carnis vegetals, etc., productes molt apreciats pels vegetarians o els que volen disminuir el consum de carn sense deixar de menjar proteïnes. La soja és un llegum amb un alt contingut de proteïnes (38%). Un altre producte texturitzat que sovint s'utilitza en la preparació d'amanides és el *surimi* (succedani de peix amb sabor a cranc que es ven en barretes o similars i s'elabora a partir de proteïnes de peix texturitzades).

Un exemple de procés industrial de texturització seria el que consisteix primerament en produir un canvi del pH d'un concentrat de proteïnes per tal de desnaturalitzar-les i aconseguir la seva posterior coagulació. A continuació les proteïnes coagulades s'estiren amb rodets com si fossin fibres afavorint així els enllaços intermoleculars. Amb aquest procés s'obté un producte fibrós al qual després s'incorporen aglutinants i additius alimentaris (aromatitzants, saboritzants, etc.) que es ven en forma de salsitxes, filets, barretes, etc. Darrerament s'estan aplicant les tècniques de texturització a proteïnes d'altres llegums com el cigró, el pèsol o la mongeta.

La texturització és un procés industrial, però a la cuina hi ha aliments que *s'estructuren* a base de proteïnes. Així quan es fan croquetes, bistecs de carn picada, mandonguilles, etc., s'acostumen a lligar els trossos de carn, peix o farina amb ou batut. Amb la cocció o la friture s'aconsegueix desnaturalitzar i coagular les proteïnes de l'ou i la farina que ho lliguen tot i donen una estructura rígida i de forma diferent. No és pròpiament el que s'entén en Tecnologia Alimentària per texturització, però així s'aconsegueixen formes, estructures i textures diferents i més fàcils de mastegar i empassar, que és un dels principals objectius dels processos culinaris.

3.4.1.2.5. Espessant (substància que modifica la textura augmentant-ne la viscositat)

Per espessir les natilles o la crema catalana s'utilitza el rovell de l'ou. Primer de tot les proteïnes del rovell es desnaturalitzen a 40°C, després s'uneixen entre si formant una xarxa a partir de 70°C. Aquest procés fa espessir la mescla. No s'ha de pujar molt més la temperatura ja que quan més es desnaturalitzen les proteïnes més s'espessiran les natilles i podrien fer-se grumolls no desitjables.

3.4.1.3. Plats de cuina i proteïnes

Al cuinar es poden observar canvis en l'aspecte, textura, sabor o color dels ingredients, una part dels quals han pogut estar produïts per alguna o algunes funcions de les proteïnes. Actualment no tots els processos culinaris tenen una explicació científica clara, però sense aprofundir gaire en detalls més concrets, es poden detectar alguns fenòmens fisicoquímics relacionats amb l'estructura i propietats funcionals de les proteïnes.

Es presenten ara uns quants exemples on es pot comprovar com les proteïnes són les principals causants de les transformacions que tenen lloc en els processos culinaris.

3.4.1.3.1. Merengues, mousses i soufflés

“El batido de las claras de huevo, para que resulte perfecto y queden bien levantadas debéis de tener en cuenta lo siguiente: primero, que estén desprovistas de yema; segundo, al batirlas primero con unas gotas de limón, a razón de tres o cuatro por clara. Y que suben más si se les echa un poco de sal”, De Trévis (1962:21).

Quan s'elabora una merenga, una mousse o un soufflé, el primer pas és muntar la clara d'ou, cosa que vol dir batre la clara fins aconseguir atrapar el màxim de bombolles d'aire, si és possible petites perquè suporten millor la pressió. Les clares no han de tenir restes de rovell ja que el greix que conté impediria **la formació d'escuma** a l'unir-se a la part hidrofòbica de les proteïnes i reduir la seva funció tensioactiva.

Aquest primer pas **desnaturalitza** algunes de les **proteïnes de la clara d'ou**, principalment ovomucina i conalbúmina, que són tensioactives i per tant s'uneixen al

mateix temps a l'aire i a l'aigua, donen més viscositat a la clara i estableixen les bombolles d'aire que incorporen. Les proteïnes formen una pel·lícula prima i ferma en les interfases, gas i líquid, el que permet la incorporació i estabilitat de múltiples bombolles. Es deixa de batre quan la consistència és tal que al donar la volta al batedor, l'escuma no cau i es manté adherida a l'estri. No convé batre excessivament les clares i moltes receptes aconsellen afegir-hi una mica de sal, potser perquè així podria augmentar la interacció electrostàtica i l'escuma seria més estable.

El pas següent és afegir sucre en el cas de la merenga o afegir preparats làctics o purés salats o dolços al soufflé per després coure'l al forn.

Sovint a l'escuma de la clara d'ou s'afegeixen substàncies com sucre, farina o àcids. El sucre o la farina eviten la formació d'escuma però retenen aigua o líquid i afavoreixen l'estabilitat. Quan es fa merenga convé afegir-hi el sucre després de muntar les clares ja que el sucre absorbeix l'aigua, deshidrata les proteïnes i inhibeix la formació d'escuma. Els àcids també estableixen l'escuma i retenen aigua.

Hi ha moltes receptes diferents de soufflés i totes donen consells per aconseguir mantenir l'escuma quan s'afegeix el puré a les clares muntades. Per exemple, quan i com s'ha d'afegir el sucre, si el forn ha d'estar calent prèviament, si és millor posar oli o mantega als motlles, si convé obrir el forn a meitat de la cocció, etc.

El que es pretén amb la calor del forn és expandir l'aire de les bombolles, **gelificar les proteïnes** i formar una estructura rígida formada de molècules de tensioactius, sucre i aigua que envolti les bombolles. Es tracta d'elaborar un plat esponjós, voluminós i que quedi regular i bonic. No és fàcil d'aconseguir una bona merenga o soufflé; la pràctica i l'experiència és el que val i les diferents receptes, publicades o pròpies, poden ajudar a treballar el mètode experimental que és el que tradicionalment s'ha aplicat a la cuina i el que treballem en les practiques de ciències experimentals.

3.4.1.3.2. Nata muntada

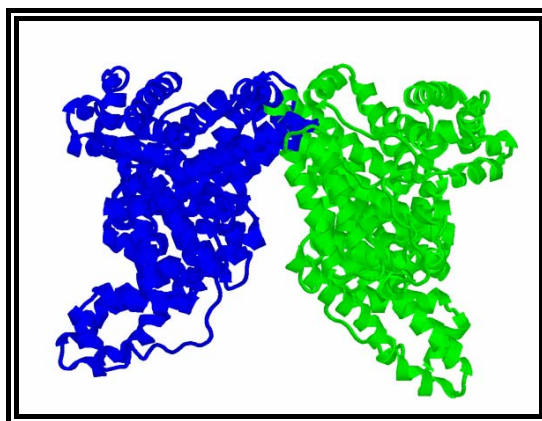
Es prepara per acompanyar postres dolces o en diferents versions de plats salats. La nata muntada és una **escuma** en la qual les proteïnes que fan de tensioactius són algunes de les **proteïnes de la llet**. Per elaborar-la es parteix de crema de llet o nata líquida que té molta més quantitat de greix que la llet sencera (la llet conté un 3,5% de greix i la crema pot tenir fins a un 35%). Es tracta de batre la crema o nata per obtenir una dispersió d'aire i d'aigua en matèria grassa. Convé tenir la crema a la nevera o

encara millor deixar-la una estona abans al congelador, perquè el greix a més baixa temperatura pot cristal·litzar en la perifèria de les bombolles i així els cristalls de greix retenen l'aire i estableixen l'escuma.

3.4.1.3.3. Flam, púding i gelatines

Hi ha molts plats de cuina que es presenten **gelificats**, són estructures semi sòlides fetes en motlles de diferents formes i mides que reben noms com flam d'ou, púding de peix, pastís de verdures, gelatina de fruites, etc.

La majoria dels plats gelificats utilitzen un dels millors i més tradicionals gelificants proteics com és **l'albumina de la clara d'ou**. Aquesta albumina conté una elevada proporció d'aminoàcids hidròfobs que permeten la unió proteïna amb proteïna que formarà la xarxa tridimensional o gel. Si la concentració de proteïnes és elevada, forma un gel opac i irreversible com per exemple la mateixa clara d'un ou dur o els púdings d'ou (dolços i amb llet, salats i amb verdures, peix, etc.).



Albumina

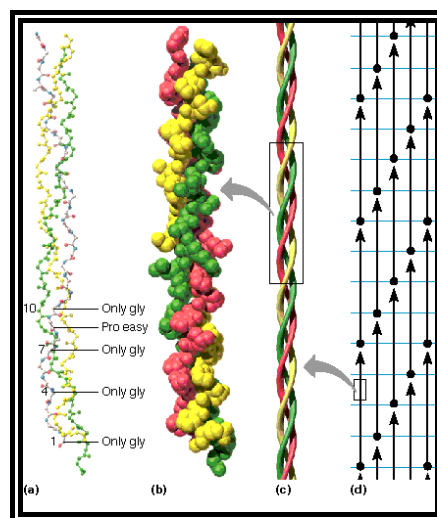
<http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Albumina2005.png>

Un altre grup de receptes de cuina utilitza la **gelatina**. La gelatina usada a la cuina s'obté a partir del col·lagen, que és una proteïna que es troba en tendons i pell formada per 3 cadenes d'aminoàcids enrotllades entre si de forma helicoïdal, com si fos una trena. Quan el col·lagen s'escalfa al voltant de 70°C, les tres cadenes de l'hèlix se separen i la proteïna es desnatura parcialment, cosa que s'observa quan es cou la carn. Es podria dir que el col·lagen desnatura parcialment és la gelatina que es fa servir a la cuina, que ja no té l'estructura helicoïdal sinó una estructura com de fils estirats.

El col·lagen conté una elevada proporció dels aminoàcids prolina i hidroxiprolina que determinen la seva estructura helicoidal. Els àtoms laterals d'aquests aminoàcids tenen un paper molt important en la solubilització de la proteïna i en la resistència del col·lagen. Si no estan lligats formen enllaços tipus pont d'hidrogen amb les molècules de l'aigua i la proteïna queda dispersa a l'aigua. Al contrari si els grups laterals s'uneixen a altres grups laterals d'altres hèlixs de gelatina, formen una estructura rígida com ara el "gel".

Això és el que passa al refredar la dissolució de gelatina.

Per preparar un plat amb gelatina (que es ven en pols i per tant està deshidratada), primer s'hi ha d'afegir aigua i així les molècules de l'aigua s'entrellacen entre les de la gelatina. Després el preparat hidratat s'ha d'escalfar ja que la gelatina només és dispersa en aigua calenta. Quan es refreda, els fils es repleguen a l'atzar (es formen nous enllaços) fins que queda una estructura rígida, la xarxa del "gel", que atrapa la dissolució aquosa. És millor refredar lentament, per donar temps a les estructures moleculars a formar unions més fortes que donaran un gel més ferm.



Col·lagen.

<http://bifi.unizar.es/jsancho/estructuramacromoleculas/6Proteinasfibrosas/colagenoIII.gif>



<http://www.cienciaviva.pt/docs/gelatinanovo.pdf>

“Gelatina. Se pren una lliura de carn de vaca, un peu sencer de vadella, trahentne l' os principal, ab una lliura de carn també de vadella de la part del ventrell de la cama, ab mitja gallina; tot aixó se posará en una olla ab una quantitat suficient d' aygua, se escumará y se hi tirará la sal corresponent [81] anyadinthi dos pastanagas y dos cebas. Acabat de cóurer se traurán las carns que encara podrán servir y se passará aquesta gelatina per un cedás de seda, clarificantla ab ruvels de ous y anyadinthi un poch de such de llimona. Despres se dexa refredar y podrá servir com un amaniment comú per tota especie de objectes.”. La Cuynera Catalana (1837-1839).

“Gelatina de substancias. Esta es la conocida en la cocina con los nombres de salsa mayor, aspic, gelatina, salsa principal y otra porción de nombres que no son al caso de citar, pero que indudablemente responden a la necesidad de honrar lo mejor de las salsas, por ser el recurso supremo de la cocina para todos los platos.

La receta que damos es la más práctica y la menos costosa.

En las casas particulares, -que es donde se hace bien la gelatina-, se aprovecha la oportunidad de trufar una gallina y entonces si que sale muy barato el plato. En una olla que esté medio llena de caldo de puchero, se echan una gallina ya trufada, un kilo de carne, medio de jamón, dos manos de ternera partidos a trozos, cinco zanahorias, media docena de puerros y un cuartillo de vino blanco o medio si es de Jerez, advirtiéndole que la gallina debe de estar dentro de una servilleta muy apretada. Cuando todo ha hervido lo suficiente, se cuela el caldo por un paño y se deja enfriar toda la noche.

Al día siguiente, con una espumadera se quita la grasa colando nuevamente el jugo, para que absolutamente quede desengrasado y a fuego lento se clarifica con huevo como el almíbar, vertiéndolo después sobre fuentes planas para que se enfríe solidificándose.

Esto no se consigue completamente sobre todo cuando hace calor, para lo cual habrá que añadir cuando cueza dos onzas de cola de pescado, de lo que hay que huir siempre que no sea necesario". Borrell (1905:34).

3.4.1.3.4. Plats elaborats amb carn o peix

El teixit muscular és un component abundant en el cos dels animals i és la part que més s'utilitza a la cuina i en l'alimentació. Quan es parla de carn com a aliment es fa referència al múscul envoltat amb el teixit conjuntiu. La carn conté majoritàriament aigua (65-80%), proteïna (16-22%) i greix (3-13%). El peix té una composició similar a la de la carn, si bé tal com passa en la carn les proporcions varien molt segons el tipus de peix. Per exemple el peix blau, com la tonyina, la sardina o el barat,,tenen més greix que el peix blanc, com ara el lluç, el bacallà o el llobarro.

Les proteïnes de la carn són les proteïnes sarcoplasmàtiques (enzims, mioglobina, hemoglobina), les proteïnes miofibrilars del múscul (les més abundants, miosina i actina, que intervenen en la contracció del múscul) i proteïnes del teixit conjuntiu (elastina, reticulina i col·lagen, que és el més abundant).

"La cocción coagula las albúminas de la carne, huevos y pescados evitando de esta forma que salgan al exterior y se pierdan gran parte de sus principios alimenticios", Rocamora (1957:14).

"A l'hora de degollar el porc poseu la plata (amb la ceba a tires fines) a sota i deixeu-hi caure la sang perquè quedi presa, talleu la sang i fregiu-la en la paella. La sang es fa servir també per botifarres, s'ha de remenar per evitar que quedi presa la sang, a vegades es fa amb la sang de fetge de porc i s'afegeix taronja agra que va bé per desengreixar i fer melós el plat", Roca (2005:90)

Al coure la carn es **desnaturalitzen** les seves proteïnes i s'observa que, al principi les proteïnes miofibril·lars es coagulen (40°-80°C), la carn s'encongeix i es va endurint. Més endavant el col·lagen (la proteïna que dona fermesa al múscul de l'animal viu) es transforma en gelatina (60°-70°C) i la carn s'estova. S'ha de trobar l'equilibri entre

l'enduriment de la fibra muscular i l'estovament de la gelatina per donar la textura adient a la carn. Al mateix temps la mioglobina (70°C) no fixa l'oxigen i canvia el color de la carn (veure l'apartat d'oxidació, alteracions en el color de la carn). Si es continua escalfant (fins a 100°C) s'evapora l'aigua i a 130°C-140°C es fa evident la reacció de Maillard (3.5.2, reacció de Maillard), la carn perd aigua i es produeixen substàncies marrons i aromàtiques. El greix que era sòlid es fon, fa com de lubricant del teixit muscular, i aporta tendresa i sabor a la carn.

El resultat final depèn de molts factors: tipus i part de l'animal, manera de cuinar (al forn, a la planxa, en salsa, estofada, en olla de pressió, etc.), del temps i la temperatura de cocció i del gust del comensal (hi ha persones que prefereixen la carn molt cuïta, altres poc feta, etc.).

El peix, en general, té músculs més dèbils que la carn, el seu medi és l'aigua i no ha de suportar el seu propi pes com en el cas dels animals terrestres. No cal escalfar-lo gaire temps, sempre s'ha de cuinar d'una manera més suau per evitar que es desfaci amb l'excés de calor.

3.4.1.3.5. Truites, ous durs, remenats d'ou, ous ferrats, ous escalfats, etc.

Els ous de gallina són un aliment complet des del punt de vista nutritiu i els seus components proporcionen una gran funcionalitat a l'hora de cuinar. Sense comptar amb la closca, l'ou té un 74% d'aigua, un 13% de proteïnes i un 11% de lípids. Les seves proteïnes tenen molt bones propietats funcionals, i a la cuina són gairebé imprescindibles a l'hora de fer emulsions (maionesa, salses, etc.), **escumes** (clara d'ou batuda, merengues, etc.) i **gels** (truita, ou dur, etc.).

Les proteïnes de la clara i del rovell intervenen sobretot en la formació d'escumes i de gels. La maionesa i salses similars són emulsions en les quals sembla que les proteïnes de l'ou intervenen en la seva estabilització, però realment l'emulsionant és un tipus de fosfolípid, substància lipídica amb propietats tensioactives coneguda en el món culinari com lecitina i que es troba al rovell de l'ou.

Quan s'escalfa un ou, primer coagula la clara (60°-63°C) i després el rovell (68°-70°C). Del voltant del 13% de les proteïnes de diferent estructura química que conté un ou, unes proteïnes es troben en el rovell, que és una dispersió col·loïdal amb abundants greixos, i altres a la clara, que s'assembla més a una dispersió de proteïnes de

naturalesa viscosa. Tot això fa que clara i el rovell tinguin una temperatura de cocció diferent que permet coure ous ferrats, escaldats, passats per aigua, al plat, etc. on el rovell queda sense coagular i en canvi la clara queda cuita.

Hi ha milers de plats de cuina preparats amb ous. Des dels plats en què només es necessiten ous com a ingredient, com per exemple ous durs, ous escaldats, ous al plat, ous fregits, truita a la francesa, etc., fins als plats que aprofitant les seves propietats funcionals utilitzen l'ou com un ingredient fonamental, per exemple els ous remenats amb verdures o bacallà, els arrebossats, les salses, els pastissos de pa de pessic, les galetes, etc., sense deixar de banda els flams, merengues, etc., ja esmentats anteriorment.

El procés bàsic de tots aquests plats és la desnaturalització de les proteïnes de l'ou acompanyada en general d'una posterior gelificació (anomenada també coagulació). La majoria de les vegades la desnaturalització i gelificació són produïdes per l'aplicació de calor directa (forn, microones, etc.) o a través d'un medi (aigua, oli, mantega, etc.). Els gels formats són de textura i aspecte diferents, així la clara d'ou dur sembla més un sòlid compacte mentre que la truita, un arrebossat o un pa de pessic són sòlids de textura similar a una esponja.

“Ous estrellats ó ferrats. Per fer los ous ferrats se trencarán de modo que al buidarlos queden entiers los ruvells; s' hi tirarà un pols de sal á cada un, se posará la paella al foch ab oli ó llart y en ser ben calent s' hi tirarán los ous de un en un ó de dos en dos, luego ab la cullera s' anirá tirant ó aspergint del mateix oli bullent per dessorre: despres ab la mateixa cullera se trauràn, presentantlos de calent en calent”. La Cuynera Catalana (1837-1839).

“Tortillas. La confección de una tortilla *bien hecha* es más difícil de lo que parece. Claro está que el hacer una tortilla para que parezca un adocquín no ofrece menos dificultad. Lo difícil es darle el punto debido; es decir, que presentando buena forma y un bonito color, se conserve blanda por dentro. Se consigue el buen punto con la práctica.

Unos minutos antes de que se vaya a servir la tortilla se pone la sartén a buen fuego; se echa aceite, manteca de cerdo o mantequilla: se hace que la grasa engrase bien la sartén, en el fondo y en las paredes (para que no agarre la tortilla), y mientras se calienta la grasa se baten los huevos, se salpimentan y se espolvorean con perejil picado (picado de antemano) y cuando la grasa esté *bien*

caliente échese el huevo. Mientras cuecen se sacude la sartén cogiéndola por el mango y con un tenedor se revuelven los huevos hasta que estén trabados; obtenido esto, se deja quieta la sartén para que se forme la cortecita de fuera (sin que se queme) y se vuelve a mover la sartén por el mango, cuidando *mucho* de que no se queme, conociendo que está ya cuando se desprende del fondo.

A veces no se desprende bien por estar pegada a las paredes; conviene por tanto, pasar el tenedor por toda la vuelta para desprenderla. Se inclina la sartén y se dobla la tortilla en tres dobleces, ayudándose con el tenedor. La tortilla ya hecha, se vuelca en un plato y se envía a la mesa”. Mestayer (1940:27).

Hi ha múltiples receptes, consells, recomanacions i explicacions científiques relacionades amb el temps i els procediments adequats per coure bé un **ou dur**. L'experiència culinària ens diu “per coure bé un ou dur s’ha de deixar 10 minuts a partir que l’aigua comenci a bullir, després ràpidament ficar-lo en aigua freda perquè es pugui pelar millor”. Hi ha qui afegeix sal i/o vinagre a l’aigua d’ebullició per evitar la ruptura de la closca. Pot ser que les càrregues elèctriques aportades per la sal i l'àcid en dissolució afavoreixin la coagulació de les proteïnes de l'ou, evitant així que surti a través de la closca. La realitat és que la sortida de la clara i el trencament de la closca poden tenir diverses causes: el canvi brusc de temperatura (s’aconsella posar-lo a coure a l’aigua abans que s’escalfi), si l’ou és més o menys fresc, la quantitat de calor aplicada, etc. Afegir una mica de sal i vinagre pot ser una bona pràctica, la sal aporta sabor i el vinagre pot coagular les proteïnes evitant que surti pels porus de la closca.

“Al cocer los huevos, os aconsejo echéis al agua una cucharada de vinagre. Con eso evitaréis que se agrieten”, De Trévis (1962:23).

3.4.1.3.6. logurt, mató i plats cuinats amb llet

La llet conté dos grans grups de proteïnes, les caseïnes i les proteïnes del xerigot o seroproteïnes.

Les caseïnes són fosfoproteïnes que es troben a la llet (pH = 6,8) en forma de dispersió col·loïdal juntament amb les sals minerals i formant uns complexos aglomerats anomenats micel·les de caseïna. Gairebé no tenen estructura secundària ni terciària (el grau d'estructuració d'aquesta proteïna és menor que el de les altres, es podria dir que estan com desorganitzades), per tant no es desnaturalitzen amb la calor i aquesta és la raó per la qual resisteixen els tractaments d'esterilització. En canvi

quan el pH baixa a 4,6 les micel·les de caseïna modifiquen la seva estructura, es desestabilitzen i coagulen (això té lloc en el procés de fabricació del iogurt o del mató). Les caseïnes, mitjançant l'acció de determinats enzims com la quimosina poden coagular i formar un gel. Aquest és el fonament de la fabricació del formatge.

Les seroproteïnes continuen disperses fins i tot quan el pH baixa a 4,6. Tenen una estructura globular típica i es desnaturalitzen amb la calor i després coagulen, però no coagulen per l'acció de la quimosina. Quan es fabrica formatge queda un residu ric en proteïnes que s'anomena xerigot i avui en dia la indústria alimentària l'aprofita per elaborar diversos aliments.

La formació del **gel del iogurt** s'aconsegueix desestabilitzant o desnaturalitzant les caseïnes i per a això es necessita baixar el pH a 4,6. La causa d'aquesta acidificació és la producció d'àcid làctic a partir d'una reacció de fermentació bacteriana. Per preparar el iogurt casolà és barreja llet amb un iogurt (que és el que conté els bacteris) i es deixa fermentar mantenint la temperatura al voltant dels 42° C, que és la temperatura òptima a la qual els bacteris transformen la lactosa de la llet en àcid làctic, el qual acidifica la llet i fa coagular les caseïnes.

Si en lloc de bacteris el que s'afegeix és directament un àcid (àcid cítric de la llimona o àcid làctic) s'obté també un gel de textura diferent a la del iogurt, que és el **mató**.

Les proteïnes de la llet tenen propietats escumants, gelificants i espessants, això fa que sovint s'utilitzin llets o productes derivats de la llet en múltiples preparats culinaris com flams, mousses, pastissos, cremes, sopes, etc.

3.4.2. Polisacàrids

De tots els polisacàrids que contenen els aliments el midó és el més freqüent i pràcticament en totes les cultures i zones geogràfiques hi ha un aliment bàsic que el conté. La seva funcionalitat el fa molt útil a la cuina. Altres polisacàrids també són importants per cuinar; les pectines, per exemple, tradicionalment han estat imprescindibles per fer mermelades i similars. Actualment, molts altres polisacàrids es van incorporant a la cuina i formen part d'algunes de les claus de l'èxit de certes cuines innovadores i creatives.

3.4.2.1. Estructura dels polisacàrids

Són polímers formats per més de 20 monosacàrids disposats en forma lineal o ramificada.

Un grup de polisacàrids són els homopolisacàrids que estan constituïts per monòmers del mateix tipus; per exemple la **cel·lulosa**, que forma part de les parets cel·lulars dels vegetals, i el **midó**, que forma part dels cereals (blat, blat de moro, arròs, etc.), els tuberculs (patates, etc.), els llegums (cigrons, llenties, pèsols, etc.) i algunes hortalisses (pastanagues, etc.). La cel·lulosa i el midó són polisacàrids del monòmer glucosa.

Un altre grup de polisacàrids són els heteropolisacàrids que estan constituïts per diferents monosacàrids, per exemple les **hemicel·luloses i les pectines** que també formen part dels teixits vegetals, i altres grups de polisacàrids obtinguts a partir d'algues o de llavors i utilitzats molt sovint com additius (**agar E-406, carragenats E-407, xantana E-415, alginat E-401, garrofi 410**, etc.).

3.4.2.2. Funcionalitat dels polisacàrids

Els polisacàrids, a més a més de formar part d'alguns aliments fonamentals en totes les civilitzacions, tenen moltes aplicacions a la cuina a causa de la seva funcionalitat; així, per exemple, serveixen per espessir, es poden dispersar en aigua i poden servir per gelificar.

3.4.2.2.1. Solubilitat (dispersió)

Alguns dels polisacàrids que formen part dels aliments són **insolubles** i no digeribles (**cel·lulosa, hemicel·lulosa**), però aporten textura i cohesió i al formar part de la fibra dietètica són beneficiosos per a la salut.

Altres polisacàrids dels aliments són **solubles** o en determinades condicions poden formar dispersions en aigua, són els responsables de la viscositat i tenen capacitat espessant i gelificant, per això s'utilitzen sovint i són importants a la cuina (**midó, pectines, agar, alginat**, etc.).

3.4.2.2.2 Espessant

Els polisacàrids són polialcohols, contenen grups hidroxils que poden establir unions (ponts d'hidrogen) amb les molècules de l'aigua, de manera que cada molècula de polisacàrid pot estar totalment solvatada i per tant dissolta en aigua.

Els polisacàrids solubles al ser molècules grans proporcionen viscositat. És per això que a la cuina s'utilitzen diferents farines per espessir diversos plats i salses. Un component important de les farines és el midó.

“Natillas: se hace con 3 yemas. Puede hacerse con más yemas siempre resultará mejor que con menos. Si se agrega media cucharadita de harina de maíz en el momento de desleír las yemas y el azúcar, las natillas no se cortan”. *La repostería de los monasterios*. (? :35)

A la cita anterior s'explica com fer Natilles i s'aconsella afegir-hi farina de blat de moro per tal d'augmentar la viscositat del preparat, ja que el midó actua com a espessant. La mateixa funció té el pa que s'afegeix a la maionesa, tal com explica el text següent:

“Si al preparar una salsa mayonesa, se corta, es aconsejable echarle media cucharadita de agua hirviendo y remover con mucha rapidez. Casi siempre la mayonesa reacciona cuajando con mucha rapidez. Un trocito de miga de pan logra a veces el mismo resultado”. Bernard de Ferrer (19..? :27).

La viscositat d'una dissolució de polisacàrids depèn entre altres de diversos factors, com ara de la mida i la forma de la molècula, ja que aquestes poden ser lineals o ramificades, de la conformació que adopta la molècula en la dissolució i que depèn del tipus d'enllaços que es formin, i de la presència de sucres o de sals.

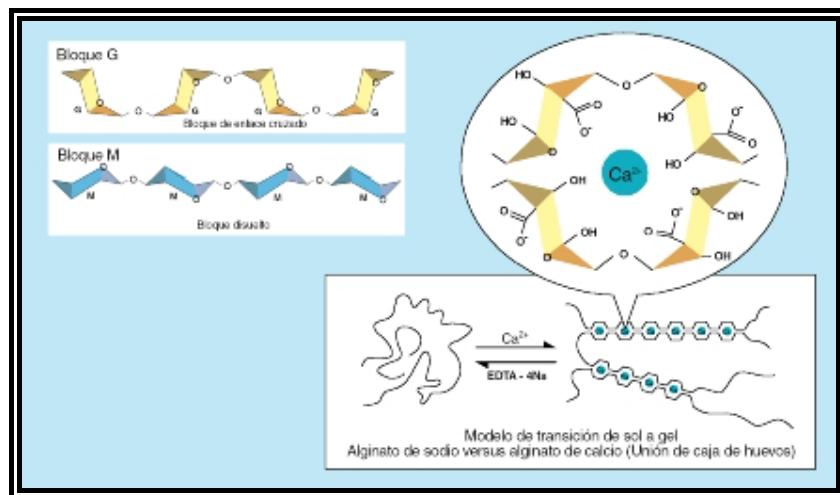
3.4.2.2.3. Gelificant

Les molècules del polisacàrid en dissolució apareixen cobertes d'una capa monomolecular d'aigua unida per ponts d'hidrogen. Les molècules d'aigua també poden establir ponts d'hidrogen amb grups hidroxils d'altres monòmers del polisacàrid, de manera que la molècula pot adoptar una forma helicoïdal o de doble hèlix. Un

mateix polisacàrid pot establir unions amb més d'un polisacàrid (entrecreuaments) fins arribar a formar una xarxa tridimensional que s'anomena gel.

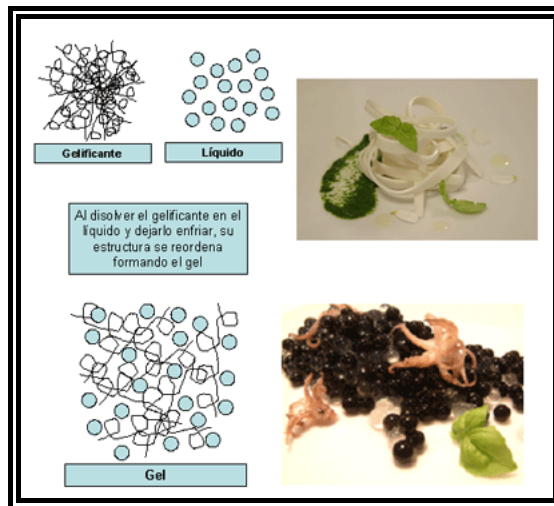
Els entrecreuaments de polisacàrids en gels poden ser:

- a) Hèlices simples: Com és el cas de l'amilosa del midó, si la concentració de midó és elevada es pot formar un gel.
- b) Dobles hèlices: Com el kappa carragenat.
- c) “Caixa d'ous”: Ions divalents com el Ca^{2+} fan de pont entre 2 molècules de polímer paral·leles que contenen càrregues negatives ($-\text{COO}^-$). Exemple: alginats i algunes pectines.



Alginat. Exemple de procés de gelificació model “caixa d’ous”.
<http://www.kimica.jp/spanish/pag08.htm>

Per formar un gel s’han d’establir nous enllaços químics. En general es necessita energia calorífica i hi intervenen forces electrostàtiques, per tant dependrà de molts factors: naturalesa, concentració i composició química del polisacàrid (a la cuina no actua de la mateixa manera la farina de blat que la de blat de moro), temperatura (moltes receptes amb gelificants especifiquen “escalfar sense arribar a bullir”), pH (postres amb llimona o gelatina de fruites molts àcides o amb verdures fermentades amb pH menor de 4,5 no gelifiquen bé), etc.



<http://www.gastronomia-aragonesa.com/gastronomia/index.php>

http://www.texturasebulli.com/ESP/gellificacion_01.html (receptes i imatges de plats gelificats)

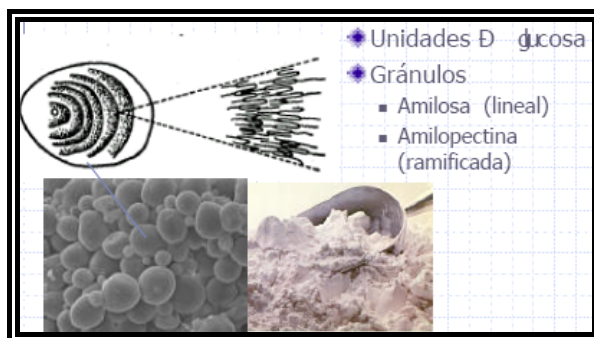
http://www.texturasebulli.com/ESP/Sferificacion_01.html (receptes i imatges de gelificacions amb alginats)

3.4.2.3. Alguns polisacàrids que destaquen a la cuina: midó, pectines i altres que són hidrocol·loides

El midó, les pectines i alguns hidrocol·loides són un grup de polisacàrids que formen part d'un abundant grup de plats de cuina que en general són molt apreciats en diferents cultures.

3.4.2.3.1. El midó

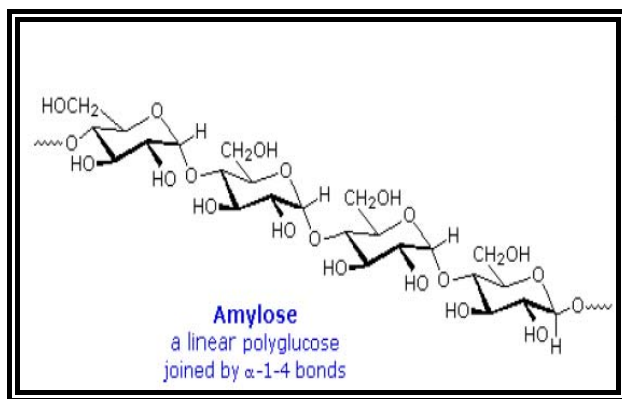
En la nostra cultura culinària el midó més usat a la cuina és el midó de la farina de blat (el 70% de la seva composició són d'hidrats de carboni, dels quals el 90% és midó). Forma part dels *grànuls de midó*, una estructura cristal·lina que es pot observar al microscopi. El midó és un polisacàrid format per dos tipus d'estructures: **l'amilosa i l'amilopectina**.



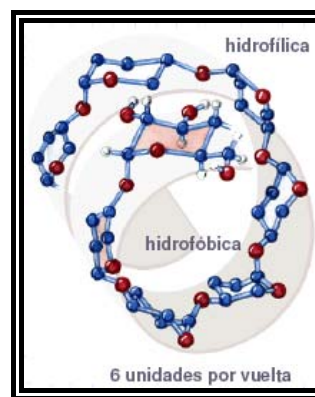
http://docencia.izt.uam.mx/epa/quim_alim/material_adicional/almidon_celulosa.pdf

L'amilosa està formada per cadenes lineals de D-glucosa unides per enllaços glicosídics $\alpha(1-4)$. Conté molts grups hidroxils (-OH) que poden formar ponts d'hidrogen. En el grànul les molècules d'amilosa es troben en forma cristal·litzada unides entre si per ponts d'hidrogen: quan es dissolen en aigua i s'escalfa presenten forma d'hèlix que al refredar-se poden formar gels i es poden retrogradar.

A la zona interior de les molècules helicoidals hi ha els radicals hidròfobs (lipòfils) que són capaços de formar complexos amb porcions lineals hidròfobes de molècules com ara el iode (fonament del mètode d'anàlisi de l'amilasa que amb iode dona colors blaus o violats) o els monoglicèrids, un tipus d'emulsionants que s'afegeixen per evitar que el pa es torni dur amb el temps, és a dir per evitar la retrogradació del midó.



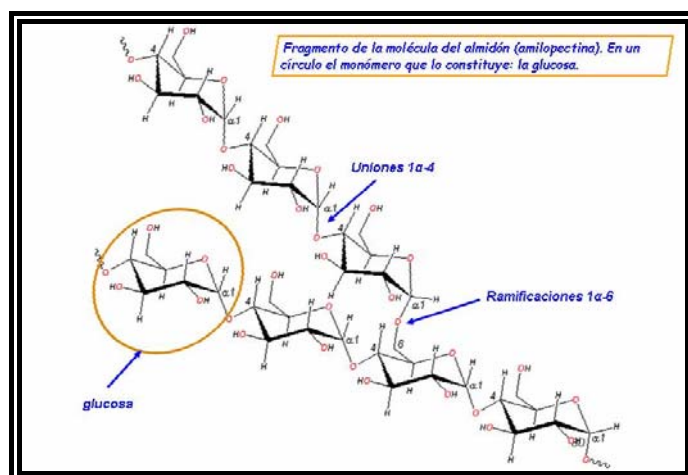
<http://www.ual.es/docencia/jfernand/ATA/Tema5/Tema5-HidratosCarbono.pdf>



http://docencia.izt.uam.mx/epa/quim_alim/material_adicional/almidon_celulosa.pdf

L'amilopectina està formada per cadenes ramificades de D-glucosa unides per enllaços $\alpha(1-4)$ i $\alpha(1-6)$, i de la mateixa manera que l'amilosa conté molts grups -OH. No retrograda ni forma gels, però té molta capacitat espessant. Atès que l'amilopectina està formada per cadenes curtes i ramificades no pot arribar a formar complexos amb

coloracions blaves com fa l'amilosa. En aquest cas a l'afegir I_2 a l'amilopectina dóna coloracions de color vermell púrpura.



http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/2BCH/B1_BIOQUIMICA/t13_GLUCIDOS/diapositivas/Diapositiva 77.JPG

La proporció d'amilosa i amilopectina d'un midó és molt variable, depèn del tipus de planta de la qual prové (patata, blat, blat de moro, varietats diferents d'arròs, etc.). És per aquest motiu que a la cuina s'apliquen de manera diferent; a vegades convé utilitzar la farina de blat i altres vegades per a algunes salses o pastissos va millor utilitzar la de blat de moro (Maizena). En alguns embotits o carns cuites s'hi afegeix midó de patata i pel que fa als arrossos, un cop cuits, si són de gra llarg (basmati, patna, etc.), queden més solts que si són de gra curt, que tenen tendència a quedar enganxats, empastats, etc.

Al cuinar aliments que contenen midó, s'observen diversos canvis. Alguns d'aquests canvis es poden relacionar amb els següents fenòmens, a) gelatinització, b) gelificació i c) retrogradació del midó:

a) Gelatinització del midó. Al coure arròs, patates, pasta, al preparar beixamel i cremes pastisseres o al fer natilles, etc., s'observa com s'inflen els grans d'arròs, les pastes augmenten de mida (canalons, espaguetis, fideus, etc.) i les salses es tornen més espesses. Això en la terminologia científica es diu gelatinització.

El midó és dispersa bé en aigua freda, però no es pot dissoldre (la mida de les seves partícules és massa gran com per fer dissolucions vertaderes), però si s'escalfa una mescla d'aigua amb una bona proporció o quantitat de midó, els grànuls absorbeixen aigua i s'inflen, augmenta la viscositat i canvia la textura de l'aliment. Per l'acció de la

calor es trenquen els enllaços intermoleculars entre les cadenes d'amilosa i amilopectina del midó, les cadenes del polisacàrid se separen, i sobretot les amilopectines surten del grànul de midó i queden en suspensió.

La temperatura de gelatinització varia segons quina sigui la composició química del midó, fet que es produeix, aproximadament, entre 60° C i 70° C. Si es sobrepassa aquesta temperatura pot produir-se un trencament total dels grànuls; en conseqüència baixa la viscositat: l'arròs es passa i la salsa perd viscositat i es torna menys espessa que abans.

Si no es controla bé la temperatura de cocció, un arròs amb poca amilosa i molta amilopectina pot quedar com enganxós.

b) Gelificació del midó. Si després d'escalfar una mescla de midó i aigua, es deixa refredar amb certa rapidesa, les cadenes del polisacàrid (principalment l'amilasa) estableixen entre elles nous enllaços moleculars formant una xarxa o gel que atrapa les molècules d'aigua absorbida. L'arròs queda cuit i dur, els espaguetis o els macarrons queden fets i *al dente*. La beixamel o el puré de pèsols al refredar-se es tornen com una pasta dura i poc agradable o difícil de menjar.

Els midons que tenen molta proporció d'amilases i baixa proporció d'amilopectines tenen una capacitat de gelificació millor que els que tenen la proporció d'amilopectines més elevada que la d'amilases. Per exemple, el midó de blat de moro, que conté més amilases que el blat, gelifica millor i també l'arròs de gra llarg, que té una elevada proporció d'amilasa queda solt i no s'enganxa.

c) Retrogradació del midó. Quan el refredament és més lent o ha passat un temps, l'amilosa surt del grànul de midó i queda en forma d'hèlix amb una estructura ordenada i cristal·lina però diferent a la que tenia abans. Els components del midó s'ordenen d'una forma semicristal·lina que té consistència rígida. Hi ha sinèresi i pèrdua d'aigua. Si es torna a escalfar ja no pot tornar a presentar l'aspecte i les condicions que es donaven en la gelatinització, el procés d'inflament dels grànuls de midó no és totalment reversible.

Exemples de retrogradació del midó a la cuina: el pa revingut que s'endureix amb el temps perd aigua perquè hi ha recristal·lització de l'amilosa; l'arròs que sobra si es guarda a la nevera queda com sec i rígid, sobretot en la part externa (per aquesta raó

s'aconsella no guardar les sobres de l'arròs); una beixamel o un puré de pèsols que es queden freds presenten un aspecte compacte com una pasteta i al tornar-los a escalfar i intentar afegir-hi aigua es formen grumolls ja que els grànuls de midó s'enganxen entre sí i l'aigua no pot penetrar al seu interior. La indústria alimentària aplica diferents additius per evitar el reveniment del pa i d'altres productes similars, que són lípids tipus monoglicèrids (E-471) classificats en el grup dels emulsionants que eviten la retrogradació del midó interposant-se entre les cadenes helicoïdals de l'amilosa.

Cal afegir que els ingredients d'un plat de cuina o d'un aliment preparat són sempre diversos i tots aquests fenòmens de gelatinització, gelificació o retrogradació es veuen alterats amb la presència de greixos, sals, sucres, proteïnes, àcids, etc. Les salses o els pastissos, a més a més dels diferents tipus de farines (midons), contenen oli, mantega, sal, sucre, llet, etc. que modifiquen el comportament dels midons, i també aporten sabor i aroma.

Per exemple, el sucre (sacarosa) disminueix la viscositat i la força del gel ja que la sacarosa té molta afinitat amb l'aigua i l'absorbeix. Alguns greixos (com els monoglicèrids) formen uns complexos amb les estructures moleculars del midó que provoquen canvis en l'estructura de l'amilosa i eviten la seva retrogradació. En salses fetes amb oli o mantega, els greixos eviten la formació de grumolls.

Al coure arròs la quantitat d'aigua que pot entrar en el grànul de midó dependrà de la concentració i de la naturalesa dels ingredients de l'aigua o del medi de cocció. Així, per exemple, si hi ha molta proporció d'oli en l'aigua de cocció, hi haurà menys aigua disponible per inflar els grànuls de midó. O també si la concentració en sucre del líquid extern és elevada, penetrarà menys aigua als grans d'arròs i no s'inflaran tant.

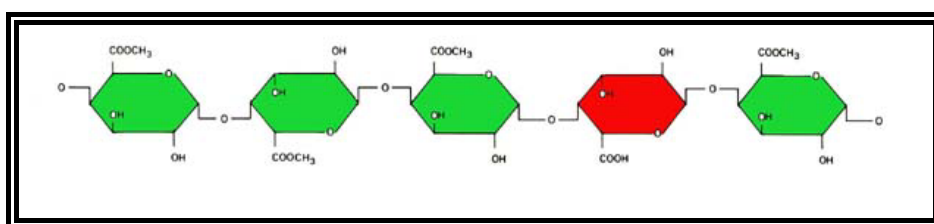
“Arroz con leche, [...] tened siempre en cuenta este detalle: no azucaréis el arroz con leche hasta que esté bien cocido. De este modo los granos se hincharán mucho más”. De Trévis (1962:40).

L'hidròlisi química del midó consisteix en la reacció del midó amb un àcid en calent. Primer es produeix el trencament de les cadenes del polisacàrid en molècules més senzilles com la maltosa i les dextrines i al final s'obtenen molècules de glucosa. Per això en cuina es diu que “l'àcid trenca el midó”, així una beixamel amb llimona ja no

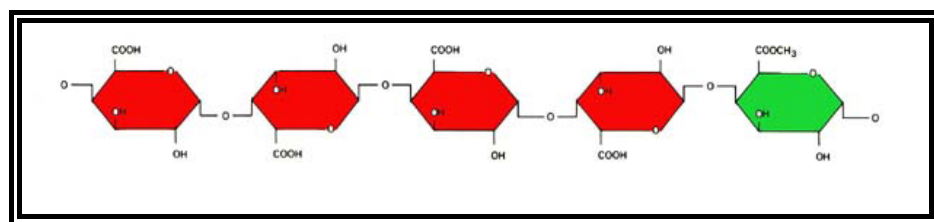
quedaria com una salsa, ja que la capacitat d'espessir no la té una molècula petita com la glucosa, si bé si que la tenen les grans cadenes d'un polisacàrid.

3.4.2.3.2. Les pectines

Formen part de les parets de les cèl·lules vegetals sobretot en fruites àcides i pomes. Són heteropolisacàrids amb cadenes de arabinosa, galactosa i una espècie de monosacàrid àcid anomenat àcid galacturònic ($C_6H_7O_2 \cdot H_2O$) que es pot trobar en forma àcida (grup carboxil, $-COOH$) o amb el grup carboxil esterificat amb metanol ($-COOCH_3$, metilat)



Pectina d'alt metoxil (molts grups carboxils metilats, color verd)



Pectina de baix metoxil (pocs grups carboxils metilats, color verd)
<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucars/pectinas.html>

“Para un aspic de frutos, se hierven los zumos con pepitas de manzana, ricas en pectina”. Peysson (1999:22).

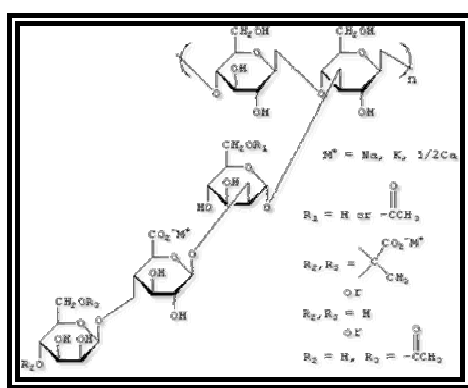
3.4.2.3.3. Altres polisacàrids que són hidrocol·loides

Els hidrocol·loides són un nombrós grup de macromolècules que entre altres destaquen per les seves capacitats de gelificar, espessir i estabilitzar escumes i emulsions.

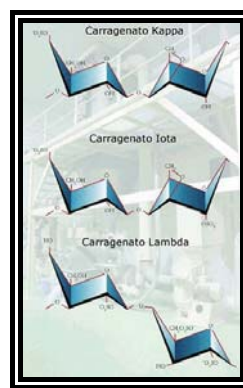
La majoria dels hidrocol·loides són polisacàrids d'origen vegetal (algues, llavors i cereals), molt sovint s'anomenen gomes, tenen diverses aplicacions i es distribueixen amb diferents noms comercials.

“Gomas. En la cocina se usa alguna vez goma tragacanto, por ejemplo como aglutinante cuando se hace la mayonesa y se corta. No hay nada mejor para reparar el mal que añadir una disolución espesa de goma tragacanto, en cantidad mínima, desde luego”. Rodero (1943:45).

En alimentació a més a més del midó o la pectina s'utilitzen altres polisacàrids hidrocol·loides que reben noms com **agar**, **carragenat**, **garrofi**, **guar**, **xantana**, **gellan**, **alginat**, **metilcel·lulosa**, etc. Són alguns del additiu que la indústria alimentària afegeix legalment a una àmplia gamma d'aliments: gelats, begudes, postres, pastissos, salses, cremes, flams, carns cuites, nates, galetes, etc.



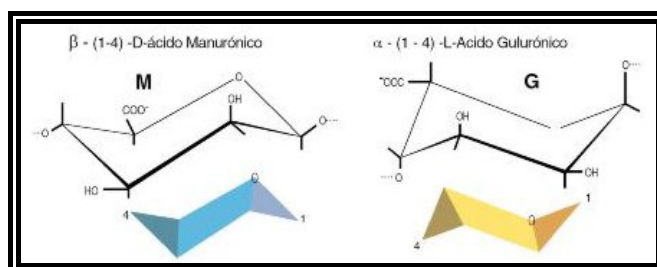
Xantana

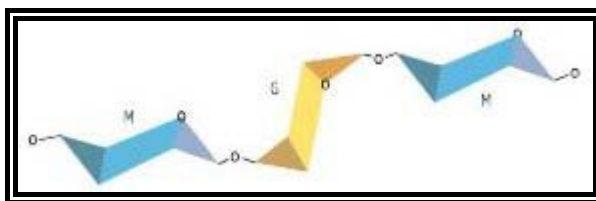


Tres tipus diferents de carragenats

<http://www.cpkelco.com/xanthan/index.html> <http://www.ceamsa.com/Assets/imagenes/EstructuraMolecular.jpg>

Actualment, en cert tipus de cuina innovadora s'utilitzen els hidrocol·loides per crear textures noves o cuinar plats molt sofisticats amb mesclures i ingredients diferents que sense ells no seria possible elaborar, com ara escumes de fruites, de verdures o de salsa de soja, postres gelificats, *caviar* de pastanaga o de meló, espaguetis d'oli, raviolis de mango, etc.





Alginats.

<http://www.kimica.jp/spanish/portada.htm>

A la nostra cuina tradicional es van incorporant productes d'altres cultures, per exemple es fàcil trobar a les botigues de dietètica les algues agar que són aquestes algues transparents que són presents en la clàssica amanida que ens serveixen als restaurants xinesos. L'agar té un gran poder gelificant i en microbiologia s'utilitza per fer estudis de cultius de microorganismes, però també serveix per cuinar. Una gelatina de fruites o de verdures es pot elaborar amb agar. L'agar podria ser una alternativa a la gelatina (proteïna d'origen animal) per a totes les persones que prefereixen alimentar-se amb vegetals o no volen o no poden menjar aquests tipus de proteïnes.

3.4.2.4. Plats de cuina i polisacàrids

Hi ha molts plats de cuina en els quals els polisacàrids i les seves propietats funcionals són molt importants. La majoria de les vegades les proteïnes i els greixos també són components importants dels ingredients dels aliments, per tant les seves propietats funcionals també intervenen en la cuina. A continuació es descriuen processos culinaris d'alguns grups de plats elaborats amb polisacàrids.

Els processos fisicoquímics que tenen lloc en les diferents fases d'elaboració del pa són diversos i força interessants. L'elaboració del pa tradicionalment ha estat un procés domèstic, actualment poques famílies elaboren el seu propi pa i normalment es compra ja fet. Un petit sector de la població prefereix elaborar el pa a casa, però en general utilitza màquines especialitzades i compra preparats que contenen tots els ingredients amb els millorants panaris semblants als que actualment utilitza la indústria alimentària (relacionat amb l'elaboració del pa; 3.1.1.3.2, els enzims de la massa del pa; 3.4.1.2.3, capacitat de retenció d'aigua de les proteïnes i 3.4.2.3.1, el midó).

3.4.2.4.1. Patates

Amb la calor de cocció en aigua, en oli, al forn o al microones el midó de les patates és gelatinitza (58°C-66°C).

Els grànuls de midó absorbeixen aigua (la patata mateixa conté un 79% d'aigua), part de les amilases surten fora dels grànuls de midó i queden en l'aigua de cocció. Després d'aquest procés les patates es tornen comestibles. Ara bé, si es couen massa temps o a elevades temperatures es trenquen les cèl·lules vegetals que contenen els grànuls de midó, que surten fora de la cèl·lula, l'estructura de la patata es desfà i queda com una pasta. En aquest mateix sentit les batedores o el passapurés trenquen les estructures i contribueixen a obtenir la textura que es busca en el puré de patates.

Segons la composició química del midó de la patata els grànuls queden més o menys compactats o tenen tendència a separar-se. Hi ha patates adequades per fregir o coure i altres que serveixen millor per als purés.

3.4.2.4.2. Pasta

Les pastes anomenades italianes formen part de la nostra cultura culinària i són ingredients imprescindibles de molts plats de cuina. Hi ha milers de maneres de preparar la pasta, des de la pasta bullida i servida amb una mica d'oli d'oliva, passant per la pasta acompanyada amb múltiples salses fins a les receptes més sofisticades.

La majoria de la pasta es fabrica amb un blat ric en proteïnes que amb la calor i l'aigua de cocció es desnaturalitzen i gelifiquen, és a dir es forma un gel que atrapa l'aigua. La cocció de la pasta també gelatinitza els grànuls de midó que també absorbeixen aigua, augmenten de mida i la fan comestible. Convé que el gel de proteïnes es formi abans de la gelatinització del midó, així les fraccions de les molècules de midó no poden sortir de la xarxa, mentre que si aquestes molècules passen a l'aigua de cocció la pasta queda enganxosa i es forma escuma. Tot el que pot contribuir a estabilitzar el gel de proteïnes millora la cocció, la pasta no s'enganxa i queda uniformement cuïta. Evidentment si la pasta es posa a bullir en molta quantitat d'aigua els trossets de pasta tenen menys possibilitat d'enganxar-se.

Moltes pastes contenen ou, el qual incrementa la quantitat de proteïnes i afavoreix l'estabilització del gel proteic.

També l'addició de substàncies que aporten càrregues (ions) contribueix a estabilitzar el gel. En aquest sentit, a vegades es recomana no fer servir aigua mineral o poc ionitzada (millor aigua de l'aixeta) o afegir-hi sal. En aquest cas, la sal no augmenta el

punt d'ebullició de l'aigua, ja que la concentració de la sal no és suficient per detectar un increment ebulloscòpic. El que és segur és que aporta sabor.

La pasta pot quedar més solta si es cou amb salses que contenen proteïnes, com carn, peix i vegetals. Com a conseqüència del fenomen d'osmosi, el flux de molècules cap a fora dels grànuls de midó disminueix.

Sovint es recomana afegit oli a l'aigua de cocció ja que és immiscible amb l'aigua l'únic avantatge que pot tenir aquesta pràctica és que després l'oli s'interposarà entre els trossets de pasta i evitarà que s'enganxin quan es refredi. En canvi, pot ser útil quan es preparen canalons o empanadilles. Als restaurants i a les llars italianes, normalment, no afegeixen oli a l'aigua de cocció i en Itàlia coneixen els secrets per cuinar bé la pasta.

Per últim si la pasta es cou massa temps, l'aliment pot perdre molts nutrients: a més temps de cocció més midó passa a l'aigua.

3.4.2.4.3. Arròs

L'arròs conté 70%-80% de midó i al voltant de 8% de proteïnes. Al coure l'arròs els grànuls de midó gelatinitzen, absorbeixen aigua amb les molècules que hi ha dissoltes, que són les que aporten l'aroma i donen sabor al plat.

L'arròs de gra llarg conté un alt percentatge d'amilosa i poca amilopectina. L'alt contingut d'amilosa fa que els grànuls de midó es mantinguin units més fortament, a l'aigua de cocció no surten tantes molècules de midó (amilopectines) i és menys probable que els grans quedin enganxats. L'arròs queda solt, brillant i esponjós. S'utilitza per fer arròs blanc, amanides, etc.

L'arròs de gra curt conté menys amiloses i més amilopectines que el de gra llarg. Absorbeixen més líquid, queden més saborosos però més enganxosos. Són bons per preparar risottos, sushi, etc. També s'utilitzen per fer paelles, i per aconseguir que quedi el gra solt, el que es fa és retirar-lo del foc quan encara està al *dente*, es deixa reposar 5 minuts, durant els quals acaba d'absorbir líquids i arriba al punt exacte de cocció solt, i havent absorbit tot el sabor del medi de cocció.

3.4.2.4.4. Melmelades, confitures i geles

Des del punt de vista científic tots aquests plats són gels i el gelificant és la pectina continguda a les fruites.

A la paret de les cèl·lules vegetals es troben les substàncies pèctiques (àcids pèctics, pectines i protopectines). Aquestes substàncies també formen part de l'àrea intercel·lular de manera que constitueixen una espècie de ciment que uneix les cèl·lules entre si. Les pectines són dispersables en aigua i les protopectines tot i que no ho són, poden convertir-se en substàncies dispersables quan s'extreu de la fruita en aigua calenta. La protopectina predomina a la fruita no madura, però si la fruita està massa madura les pectines perden la seva capacitat de gelificació. Per això convé utilitzar fruites madures o lleugerament immadures.

“Per fer codonyat és important fer bullir les peles i les grunes dels codonys perquè tenen molt poder de gelificació”, Roca (2005:238).

La quantitat de pectina depèn també de la classe i de la part de la fruita. Taronges, pomes, codonys, raïm i fruites amb baies tenen més proporció de pectines que préssecs, maduixes o albercocs. La closca, l'àrea central i l'albedo (la part blanca que hi ha a sota de la pell i entre els grills dels cítrics) contenen més pectina que les altres parts de les fruites.

“Se prenen los codonys antes de madurar del tot, se netejan de aquella especie de borra que tenen en [41] la superficie, se obran per lo mitj, y trets los cors, se couhen ab un poch de aygua clara, despres se expremen, y se cola; y lo demes com en los anteriores. Segons las reglas establertas en aquest tractat poden emplearse per lo mateix objecte las pomas, albaricochs prunas &c., atenent sempre á la naturalesa y qualitat de cada fruyta, porque á vegadas convé, que sia madura enterament com lo albaricoch; otras no, com la poma &c”. La Cuynera catalana (137-1839).

Per fer una bona confitura es necessiten quatre ingredients: fruita (amb un alt contingut de substàncies pèctiques), sucre, llimona i aigua. Cada ingredient té una funció específica i per obtenir una confitura ideal ha d'haver-hi un equilibri entres ells.

Hi ha dues formes de pectina que es troben en equilibri, la molècula completa amb grups carboxil ($-\text{COOH}$) i la molècula ionitzada ($-\text{COO}^-$). Si s'aplica energia calorífica (per fer confitures s'escalfen els ingredients) i es modifica el pH fins valors entre 2,6 i 3,4 (l'àcid cítric de la llimona aporta ions H^+) es desplaça l'equilibri cap a la forma completa, les molècules de pectina no poden unir-se a les de l'aigua i al baixar la temperatura s'estableixen nous enllaços entre les cadenes de les pectines (interacciones hidrofòbiques entre els grups metoxils dels polímers) formant una xarxa o gel que és l'estructura de les melmelades, confitures o gelees. Les molècules d'aigua queden atrapades a la xarxa i unides a les molècules de sucre, que és l'altre ingredient important en l'elaboració d'aquests tipus de preparats culinaris. No hem d'oblidar que el sucre afavoreix l'extracció de les pectines de les cèl·lules per un fenomen d'osmosi.

Algunes fruites com les pomes no àcides o les prunes contenen una òptima quantitat de pectines, però una insuficient quantitat d'àcid. Per aquesta raó convé afegir-hi llimona.

Els ions Ca^{+2} , presents en aliments com la llet, poden unir-se a dos grups $-\text{COO}^-$ de dos polímers de pectina diferents i afavorir així la formació de la xarxa tridimensional o gel pèctic. El mateix efecte el produirien els ions Cu^{+2} dels recipients de cocció, però la seva ingesta pot arribar a ser tòxica per a l'organisme.

La indústria alimentària extreu i transforma les pectines de les fruites i elabora pectines de diversos graus de metilació, les quals tenen diferents propietats i aplicacions i s'han d'utilitzar en condicions molt concretes. Així per exemple, les condicions generals de gelificació del grup de pectines d'alt grau de metilació són les següents: calor; un pH entre 1,5 i 3,8 i que hi hagi una quantitat de sòlids solubles (usualment sucre) de més del 55%. En aquestes condicions i al refredar es formarà un gel bastant rígid.

3.5. Algunes reaccions rellevants a la cuina

Hi ha múltiples reaccions que destaquen en els processos culinaris, algunes han anat sortint al llarg dels diferents apartats, altres, tot i que aquí no hi són, no deixen de ser rellevants.

A continuació es descriuen dues reaccions que aporten color i sabor als plats: la caramel·lització i la famosa reacció de Maillard.

3.5.1. Caramel·lització

A la cuina **caramel·litzar sucre** és transformar-lo per l'acció de la calor (el sucre és el disacàrid anomenat sacarosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$). Normalment, s'afegeix aigua al sucre i s'escalfa per sobre de la temperatura de fusió. Es posa directament al foc i també es pot fer al microones. S'obté un producte marró que flueix i té una aroma molt característica (usualment forma part de l'elaboració de flams i postes similars).

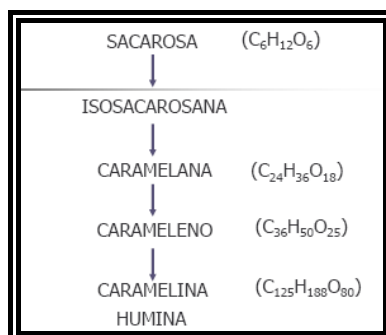
A l'hora de caramel·litzar sucre s'ha de vigilar molt el temps i la temperatura. Si la reacció dura massa temps o la temperatura és molt elevada es pot arribar a produir una substància insoluble i negra que aportaria sabors amargs als aliments.

Per a la reacció de caramel·lització **no cal oxigen si bé** ha d'haver-hi sucres reductors. Escalfant els edulcorants que són polialcohols que no són reductors (mannitol, sorbitol, $CH_2OH(CHOH)_4CH_2OH$, etc), no es poden produir els colors i aromes propis de la caramel·lització, per això s'afegeixen colorants a alguns dolços elaborats amb aquests tipus de molècules.

La caramel·lització del sucre es **veu facilitada si es fa en medi àcid o bàsic**, en aquest cas els pigments produïts són diferents (a la indústria alimentària utilitzen diversos àcids i bases per caramel·litzar sucres reductors).

És una reacció química en la qual es formen molts compostos, fins a 100, uns són polímers complexos amb enllaços dobles i conjugats que són els responsables del **color** (tipus melanoïdines de Maillard) i altres són de baix pes molecular i volàtils que aporten **aroma**, com ara alcohols (maltol), aldehids, esters, etc.

És un mecanisme molt complex, a $154^{\circ}C$ el sucre liqua, a $160^{\circ}C$ la sacarosa se separa en glucosa i fructosa i a $200^{\circ}C$ al principi es forma un pigment, el caramelana, $C_{24}H_{36}O_{18}$, que és soluble en aigua i de sabor amarg, i més tard es forma un compost anomenat carameleno, $C_{36}H_{50}O_{25}$. Si es continua escalfant es forma un pigment molt fosc i insoluble en aigua, la humina.



Productes obtinguts en la caramelització de la sacarosa
http://docencia.izt.uam.mx/epa/quim_alim/material_adicional/Carbohidratos.pdf

El **sabor típic de caramel** és el resultat de nombrosos compostos derivats de la deshidratació, fragmentació, condensació i polimerització de la sacarosa, incloent-hi diacetil, àcids acètic i fòrmic i productes típics del sabor de caramel com la acetilformoïna (4-hidroxi-2,3,5-hexano-triona) i la 4-hidroxi-2,5-dimetil-3 (2H)-furanona.

Si es continua escalfant el sucre, es produeix carboni de color negre (piròlisi) i de sabor molt amarg i desagradable.

3.5.2. Reacció de Maillard o reaccions d'enfosquiment no enzimàtic

3.5.2.1. Una mica d'història

Louis Camille Maillard (1878-1936), metge francès que es dedicava a l'estudi de la bioquímica cel·lular, el 1912 va presentar els resultats de la seva investigació a l'acadèmia de França: si s'escalfaven dissols en aigua aminoàcids i sucres la reacció produïa uns compostos de color groc marró.

Les reaccions i els productes de la química de Maillard s'han continuat estudiant des de la Medicina i cada vegada més des de la Ciència dels Aliments. El seu estudi s'utilitza tant per a la interpretació de malalties com per a la comprensió de determinats processos culinaris. En l'organisme les reaccions de Maillard són més lentes i es relacionen amb algunes malalties d'envelliment.

Temps després de la mort de Louis Camille Maillard es va descobrir que les aromes i pigments que es generen en determinats aliments al cuinar-los tenen origen en la reacció dels sucres i aminoàcids que els mateixos aliments contenen. Avui en dia, no hi ha cap llibre de la Ciència dels Aliments que no faci referència a aquesta reacció

química, i és més, en el món de la gastronomia i la restauració cada vegada hi està més present. Sovint es confon amb la caramel·lització malgrat que per a la reacció o conjunt de reaccions que formen part de la caramel·lització no és necessària la presència del grup amino.

Actualment, la reacció de Maillard encara no està ben definida, se sap que són un conjunt de reaccions complexes que produeixen productes de color marró i aporten aromes i sabors als aliments.

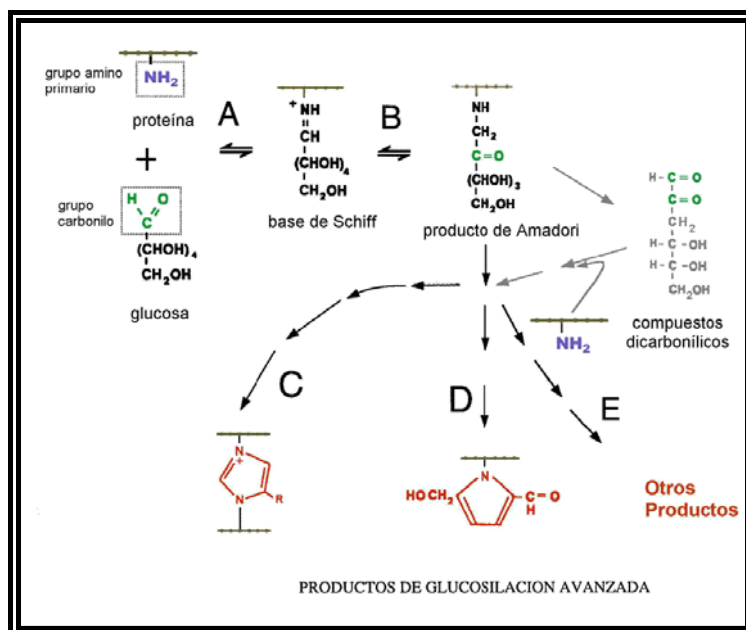
3.5.2.2. La reacció de Maillard

Anomenada també reacció d'enfosquiment no enzimàtic per diferenciar-la de la reacció d'enfosquiment enzimàtic en la qual sí que es necessita la participació d'enzims (veure apartat 3.1.2.3.2).

S'entén per reacció de Maillard el conjunt de reaccions químiques que comencen amb la reacció de condensació que es produeix entre molècules que contenen grups **amino** primaris (-NH_2), com per exemple proteïnes, polipèptids i aminoàcids, i molècules que contenen grups **carbonil** lliures (-C=O), com per exemple àcid ascòrbic, aromes naturals i sucres reductors (glucosa, lactosa, galactosa, maltosa).

Després es produeixen diverses reaccions, de reagrupament, de fragmentació, de degradació i de polimerització que produeixen molts compostos intermedis que reben noms com *bases de Schiff*, *productes d'Amadori*, *de Strecker*, etc. Avui en dia, no tots aquests compostos estan ben identificats. Se sap que es produeixen compostos com pirazines, furanones, furanotioles, el bis-2-metil-3-furil-disulfur (relacionada amb l'olor de la carn ben feta), pirrols, hidroximetilfurfural, maltol, isomaltol, diversos aldehyds i cetones, etc.

Perquè es notin els efectes de la reacció de Maillard la temperatura ha de ser elevada (alguns autors parlen de més de 100°C , altres de 130°C o de 140°C , tot dependrà del tipus d'ingredients, del medi i de les condicions de cocció. Experimentalment es comprova que, per exemple, la carn que es posa a bullir per fer brou no té el mateix color, sabor ni olor que la carn feta a la planxa o al forn.



Reacciones iniciales de Maillard
<http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen3/numero2/articulos/index.html>

3.5.2.3. Els efectes de la reacció de Maillard

Relacionats amb els processos culinaris, es podrien assenyalar dos grups importants de compostos que es produeixen en la reacció de Maillard, entre altres un grup de compostos tipus aldehids i cetones, que són molècules petites, volàtils i aporten els **sabors i aromes**, i un altre grup de compostos pigmentats d'elevada massa molecular (melanoïdines), que aporten els **colors** daurats i marrons als aliments.

Hi ha múltiples plats de cuina on es produeix la reacció de Maillard. Són especialment apreciats els colors marrons de la carn, del peix i del pollastre fets a la planxa, al forn, en barbacoa, etc. També agraden els colors foscos que agafen les truites de patata, de verdures o de bacallà, els arrebossats, etc.

Quan s'elaboren pans, pastissos, galetes o postres que contenen ou, el color daurat indica que estan fets i tindran millor sabor, a més a més es detecten olors agradables que indiquen que s'han acabat de cuinar.

Moltes vegades es posa una mica d'ou a sobre de coques, pastes, empanades, etc. per decorar i millorar el seu aspecte i el seu sabor. Tothom sap que la ceba dona més sabor als aliments quan al fregir-la agafa un color marró. En sofregits, sopes de ceba o en aliments fets al forn la ceba ha de tenir el punt daurat de Maillard. Hi ha també moltes salses no blanques que es fan amb farina o amb ou a les quals per elaborar-

les sempre s'ha d'aplicar calor. Així mateix l'arròs que queda enganxat a la paella és més gustós.

Determinats processos de la indústria alimentària afavoreixen la reacció de Maillard, com per exemple l'elaboració del cafè torrefacte, de la cervesa, de la xocolata, fruits secs, etc.

També es produeixen canvis en la textura (la reacció de Maillard pot influir en la solubilitat i els tipus d'enllaços entre proteïnes), es poden produir compostos beneficiosos (antioxidants) o altres tòxics (mutàgens, en carn, peix o llet, i especialment en aliments que contenen creatina) i pot haver-hi una pèrdua nutritiva de l'aliment (àcid ascòrbic o vitamina C, sucres i aminoàcids, sobretot de l'aminoàcid essencial lisina).

La reacció de Maillard es produeix en el processat de determinats aliments i els seus efectes no sempre són desitjables, per això la indústria alimentària tracta de minimitzar-la. S'ha de tenir en compte en processos que requereixen tractaments tèrmics, per exemple al pasteuritzar, esterilitzar o deshidratar. En aquest últim procés, a més a més d'haver d'aplicar calor, s'elimina aigua i això fa que augmenti la concentració dels components i puguin reaccionar més fàcilment. Així, per exemple, abans d'elaborar ovoproductes (deshidratats o pasteuritzats) s'eliminen els sucres per evitar la producció de compostos de color marró i sabors no desitjables. També és mira d'evitar la reacció de Maillard al processar aliments com la llet, els sucres concentrats i les fruites deshidratades.

3.5.2.4. Els factors dels quals depèn la reacció de Maillard

En general, es pot dir que la reacció de Maillard ve condicionada per cinc factors: a) la naturalesa i concentració dels reactius, b) el pH del medi, c) l'activitat de l'aigua, d) la temperatura i e) la composició i concentració dels altres components dels aliments.

a) Naturalesa i concentració dels reactius. En els ingredients amb els quals es preparen els diferents plats de cuina hi ha d'haver els reactius inicials de la reacció de Maillard o s'han de produir en el mateix procés culinari. La reactivitat dels diferents sucres depèn de la disponibilitat del grup carbonil, de si és monosacàrid o disacàrid,

etc. La sacarosa no és un sucre reductor, però es transforma en fructosa i glucosa amb calor i en presència d'àcids.

Els tipus d'aminoàcids, la classe de molècules amb grups carbonils lliures i les seves concentracions influiran en la velocitat de la reacció i en la quantitat de productes generats. Per exemple, la carn conté diversos tipus d'aminoàcids i de sucres que poden reaccionar a l'atzar segons com siguin les condicions del procés culinari.

b) El pH del medi. Les reaccions de Maillard es produeixen a qualsevol pH, però el seu màxim rendiment és a un pH entre 6 i 8. Sembla que determinades reaccions de les primeres fases es veuen incrementades a pH bàsics. A un pH àcid es produeix, en general, menys reaccions de Maillard.

c) L'activitat de l'aigua o aigua disponible. En general, a més activitat d'aigua més reaccions de Maillard, ja que hi ha més disponibilitat dels reactius.

d) La temperatura. Sembla que la reacció de Maillard pot començar a temperatures no gaire elevades. De fet es produeix en productes emmagatzemats durant llarg temps i a la temperatura del cos humà, però perquè els seus efectes (color, sabor, aroma) es puguin apreciar han de superar els 130°C-140°C. Si les temperatures són molt elevades (per sobre de 200°C) s'arriben a produir més productes cancerígens i de sabor desagradable. En els aliments cuinats al microones o en un medi molt humit no s'arriben a produir les reaccions de Maillard, en canvi els fregits, els fets al forn, a la brasa aconseguixen temperatures òptimes per aquesta reacció. Convé que la mida de les peces de carn o peix sigui petita perquè la reacció de Maillard té lloc en la superfície dels aliments on la temperatura arriba a ser de més de 100° C.

e) Composició i concentració d'altres components dels aliments cuinats. Si al cuinar s'afegeix sucre, ou o farina s'incrementen les reaccions de Maillard. La sacarosa es pot hidrolitzar i incrementar així el nombre de molècules amb grups carbonils disponibles, l'ou ja conté sucres i proteïnes que són els reactius inicials de la reacció de Maillard, i les llargues cadenes del midó de la farina es trenquen i s'obtenen molècules de maltosa.

L'ou i la farina s'utilitzen molt sovint per arrebossar aliments. Amb els arrebossats, a més a més d'estructurar millor una peça de carn o de peix i de donar una determinada

forma a una massa (croquetes, hamburgueses, etc.) s'aconsegueix obtenir el color daurat i les aromes pròpies d'aquests plats.

La salsa *roux* es fa escalfant mantega i farina, les quals aporten proteïnes, midons i greixos. Durant la cocció se separen els sucres del midó i reaccionen amb els aminoàcids de la mantega i la farina, obtenint així els colors daurats i les aromes pròpies d'aquesta salsa.

En les postres si s'utilitzen edulcorants com els poliols (polialcohols) que no són reductors, no es poden produir els colors i aromes de la reacció de Maillard.

L'enfosquiment o daurat de la carn es pot accelerar afegint-hi líquids ensucrats a sobre. En aquest cas a més a més de la reacció de Maillard es produeix la reacció de caramel·lització, que també aporta sabor i aroma.

Els sabors no només són produïts en les reaccions de Maillard i de caramel·lització, també s'obtenen de les reaccions de degradació de Strecker: reaccions d'aminoàcids amb àcids orgànics i àcids grassos alliberats en les reaccions de degradació de lípids, en les quals es generen aldehids aromàtics. Per exemple, un pernil curat acumula sabors i aromes de les dues reaccions; Maillard i Strecker.

I per acabar i ja que es parla de color i cuina, com es pot relacionar la cuina amb els fotons?.

“¿Por qué se dora la carne?

Cuando doramos un filete en una sartén o a la parrilla, ¿por qué se dora y no se pone, por ejemplo, de color verde o rojo?

En primer lugar, recordemos que el color marrón no es más que un amarillo intenso. Lo que hacemos en realidad es “amarillear” intensamente los alimentos, es decir, utilizamos el calor para crear altas concentraciones de compuestos químicos amarillos.

Dicho esto, ¿por qué amarillo? Una sustancia se ve amarilla cuando de todos los colores del espectro de la luz solar, lo que llamamos “luz blanca” absorbe

principalmente la luz azul. Si se le elimina la parte del azul, en la luz reflejada que ven nuestros ojos aumenta el color complementario, el amarillo.

¿Por qué, entonces, absorben los alimentos “dorados” sobre todo la luz azul? (Sígame; nos estamos acercando.)

Cuando una molécula absorbe una partícula de energía luminosa visible (un fotón), es el electrón el que hace el trabajo y, como contrapartida, el que pasa a un estado superior de energía; se le empuja escaleras arriba, por decirlo de alguna manera. Entre los electrones de las distintas moléculas los hay más o menos selectivos con la cantidad de energía que absorben: el número de escalones que están dispuestos a ascender y, por lo tanto la energía luminosa que están dispuestos a absorber. En esto se basa la teoría cuántica.

Los compuestos químicos poliméricos producidos en las reacciones de Maillard y en la caramelización están formados por moléculas de gran tamaño que tienen sus electrones bien sujetos y que, en consecuencia, absorben principalmente los fotones de luz de más energía. De todos los colores que percibe el ojo humano, el de energía más alta es el azul; al absorberlo, la luz que queda se ve amarilla o, si es más intensa, marrón”. Wolke, R.L. (2005:282).

ANNEX 2

1. Fitxa de lectura
2. Qüestionari
3. Full d'observació
4. Protocol de pràctica. Postres gelificades
5. Gràfiques de les preguntes 4, 5, 6 i 10 del qüestionari
6. Mapa conceptual
7. Quadre de la degustació les postres gelificades
8. Fotos de l'alumnat de batxillerat cuinant al laboratori

1. Fitxa lectura

1. Font (llibre, revista, pàgina Web...)

2. Títol

3. Autor

4. Dia i temps de lectura

5. Localització de temes objecte d'estudi.

5.1. Cinemàtica del processos fisicoquímics.

5.2. Oxidació

5.3. Àcids i bases. pH.

5.4. Polímers (proteïnes i polisacàrids)

5.5. Reaccions diverses

6. De cada tema (el contingut):

- El fenomen està explícit
- Hi ha aplicació amb plats de cuina, descriu el plat
- Explica el fenomen amb detall
- Fa propostes de variacions o proves.
- Altres

7. De cada tema (la forma):

- Llenguatge divulgatiu, s'entén, assequible a la comprensió d'alumnat de batxillerat...
- Fa referència a cuina domèstica
- Els plats que es proposen poden agradar a l'alumnat
- Pot servir per obrir vies d'orientació professional (restauració, indústria alimentària, nutrició, recerca...).

8. Bibliografia

9. Observacions

2. Qüestionari

Llegeix bé cada pregunta i marca amb una creu la resposta corresponent. Marca només una creu per pregunta. Excepte la pregunta 9 en la que pots marcar les creus que creguis convenientes.

1.- Curs

☐ Primer

☐ Segon

2.- Batxillerat

☐ Ciències

☐ Tecnològic

3.- Sexe

☐ Noia

☐ Noi

4.- Et podria ajudar a entendre millor els fenòmens o conceptes de ciències cuinar al laboratori de Química?

☐ Gens

☐ Una mica

☐ Bastant

☐ Molt

5.- T'agradaria estudiar Química observant i analitzant els canvis que tenen lloc en els aliments en cuinar-los?

☐ Gens

☐ Una mica

☐ Bastant

☐ Molt

6.- L'explicació científica de la gelificació et sembla que té a veure amb?

☐ Química

☐ Física

☐ Biologia

☐ Química, Física i Biologia

☐ Química i Física

☐ Química i Biologia

☐ No ho sé

☐ Física i Biologia

7.- Haves fet alguna vegada flam d'ou?

☐ Sí

☐ No

8.- Si has contestat que sí a la pregunta anterior, digues si la recepta que feies era?

☐ De la teva mare

☐ Del teu pare

☐ D'una revista o llibre

☐ D'una amiga

☐ D'un amic

☐ Teva

☐ D'una altra dona

9.- En la teva família, la persona o les persones que en general saben més de cuina són?

☐ La mare

☐ L'avi

☐ El pare

☐ Les germanes o alguna de les germanes

☐ L'àvia

☐ Els germans o algun dels germans

10.- Els carragenats són additius que utilitza la indústria alimentària i cada vegada més es fan servir en la cuina innovadora i de moda. Et sembla que conèixer i entendre la ciència de la cuina i els aliment pot ser una professió amb futur?

☐ Sí

☐ Sí, però a mi no m'interessa

☐ No

☐ No, però t'ajuda a cuinar bé

11.- **Com expliques la formació de gel en un dels casos següents: el flam d'ou, la gelatina de fruites o el flam d'agar de fruites?**

UTILITZA CONCEPTES COM: energia calorífica, estructura tridimensional, molècules, enllaç químic, forces atractives i repulsives, xarxa, gel, desnaturalització de proteïnes, canvi d'estructura, etc.

12.- Quan s'escalfa una dissolució aquosa de sucre o de sal, la dissolució continua sent líquida.

Quan hem escalfat i, posteriorment, hem deixat refredar les barreges d'ingredients dels postres gelificats, que contenien proteïnes i polisacàrids, els líquids s'han transformat en sòlids o semisòlids, és a dir, **s'ha format un gel.**

Quina diferència hi deu haver entre un grup de substàncies, com el sucre o la sal, i un altre grup de substàncies, com les proteïnes o els polisacàrids, perquè es comportin de diferent manera quan les barregem amb aigua i les escalfem?

13.- De cara a futures experiències i recerques educatives, quins suggeriments se t'acudeixen?

T'agraeixo molt la teva participació en aquesta activitat de la meua recerca. Quan tingui els resultats us els faré arribar.



3. Full d'observació

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
S'entén el protocol de la pràctica? (Veure si tenen dubtes, quines, si el segueixen correctament, etc)				
El temps és suficient?				
Nombre de noies i nois en el grup				
Participen per igual noies i nois? (observar i apuntar si es reparteixen la feina, etc)				
Aporten idees sobre receptes, comenten com ho fan a casa?				
Fan comentaris sobre l'explicació científica dels processos culinaris? (Anotar-ne alguns)				

Pregunten altres qüestions que no estan escrites en el protocol? (Anotar temes)				
Fan comentaris sobre si els agrada o no l'activitat? (Anotar-ne alguns)				

4. Protocol de la pràctica. Postres gelificades

Primera sessió

1.- INTRODUCCIÓ. Conceptes generals

Biomolècules (principis immediats). Sucres i polisacàrids, lípids i proteïnes.

Gelificació (Formació d'un gel). Formació de xarxa tridimensional i immobilització d'aigua o de dissolució aquosa.. L'aigua o la dissolució queda atrapada entre l'estructura o xarxa tridimensional. El líquid passa a ser com un semilíquid o un semisòlid. No és un canvi d'estat com per exemple ho és l'evaporació o la congelació de l'aigua.

Per formar la xarxa tridimensional s'han de trencar enllaços químics entre molècules i formar enllaços químics nous, això requereix energia i a la cuina s'utilitza **l'energia calorífica**

Les proteïnes són macromolècules amb estructures tridimensionals (primària, secundària, terciària i quaternària).

Alguns exemples de proteïnes molt útils en la cuina són les **ovoalbúmines** de la clara d'ou, el **col·lagen** de la pell i dels tendons -del que s'obté la gelatina culinària-, **les caseïnes** de la llet, etc.

La gelificació proteica consisteix en la formació d'un **gel** o xarxa proteica ordenada a partir de proteïnes prèviament **desnaturalitzades**. Podem desnaturalitzar les proteïnes aplicant **energia calorífica**. La calor fa que es trenquin enllaços i se'n formin altres de nous. La xarxa proteica reté aigua o líquids amb substàncies dissoltes o disperses en ella.

Perquè el gel es mantingui estable ha d'haver-hi, en les cadenes polipeptídiques de les proteïnes, un equilibri entre les forces atractives (electrostàtiques de diferent signe, ponts d'hidrogen, ponts disulfur) i les forces repulsives (interacció proteïna i aigua, electrostàtiques del mateix signe).

Exemples de plats de cuina que són gels proteics; els flams d'ou, els iogurts, crema catalana, algunes salsitxes tipus Frankfurt, els guisats de peus de porc, alguns gelats fets amb llet, els postres anomenats gelatines, etc.

Els polisacàrids (polímers) són macromolècules formades per cadenes lineals o ramificades de subunitats anomenades monòmers.

Exemples de polisacàrids usats en gastronomia: el **midó** de la farina dels cereals i el de les fècules -que és un polímer de la glucosa-, l'**agar** i els **carragenats** (E 407) - additius alimentaris obtinguts per tractament d'algunes algues, que són

heteropolisacàrids de la galactosa- i les **pectines** de les fruites que estan formades per cadenes d'àcid galacturònic.

La gelificació també és una propietat d'alguns polisacàrids. Alguns d'ells són altament hidròfils, “amants” de l'aigua i en determinades condicions **-calor**, addició de sals, àcids, etc.- poden transformar la seva estructura i configurar una xarxa o “gel” més o menys rígid que atrapa els líquids. L'estabilitat del gel format dependrà, igualment que en el cas del gel de proteïnes, de l'equilibri de forces atractives i repulsives dels diferents enllaços químics.

Exemples de plats de cuina que són gels de polisacàrids (o que utilitzen polisacàrids gelificants en la seva preparació): les mermelades i confitures, els flams en pols (Royal, Mandarín, etc), els succedanis de caviar, de farcits d'olives o angules, les famoses sferificacions del Bulli, etc.

2.- PRÀCTICA

Cuinar 4 tipus diferents de postres gelificades, A, B, C, D.

	A Flam d'ou	B Gelatina de fruites	C Flam d'agar de fruites	D Flam en pols Royal
Llet	150 ml	-	-	250 ml
Aigua	-	150+150 ml	-	-
Suc fruita	-	-	300 ml	-
Sucre	30 g	50 g	Opcional	grams?
Ou	1 ou	-	-	-
Gelatina	-	10 g	-	-
Agar	-	-	3 g	-
Carragenat*	-	-	-	grams?
Fruites	-	Diverses	Diverses	-
Aromes**	Opcional	Opcional	Opcional	grams?
Caramel***	Opcional	-	-	Opcional

* L'etiqueta del Flam en pols Royal diu que conté; sucre, carragenat (E 407), aromes, sal i colorants, el pes del sobre és aproximadament de 60 g.

**Aromes. Ratlladura de llimona, vainilla, canyella.

***Si voleu podeu caramel·litzar una mica de sucre, posant a escalfar suament 1 culleradeta de sucre amb la mateixa quantitat d'aigua (es pot fer al microones de minut

en minut i en recipient que no sigui metàl·lic). També podeu fer servir caramel líquid preparat.

3.- INGREDIENTS

Llet. Aigua. Suc de fruita. Sucre (sacarosa). Ous. Gelatina en pols o en làmines. Agar (algues d'agar). Aromes (llimona, vainilla, canyella). Fruites diverses (llimona, pomes, plàtan, maduixes, kiwis, taronges, panses, etc). Caramel líquid.

4.- MATERIAL

Motlles metàl·lics i gots de plàstic de 250 ml. Culleres. Balança. Proveta. Forn. Fogonet. Termòmetre. Recipient per batre i mesclar (plats, cristal·litzador, etc). Gots de precipitats o recipients de cuina que es puguin posar al foc. Retolador permanent. Tisoires. Culleretes.

5.- PREPARACIÓ

1.- Netegeu bé el material. Marqueu amb retolador permanent 4 motlles amb les lletres A, B, C i D.

2.- Feu el següent:

Per A (Flam d'ou)



1.- Barregeu el sucre i les aromes en pols o ratlladura de llimona i afegiu la barreja a la llet. Incorporeu-hi l'ou batut. Poseu-ho tot en el motlle. Si voleu abans podeu caramel·litzar una mica de sucre en el motlle.

2.- Fiqueu el motlle al forn i al bany Maria. Escalfeu fins a 180-200° C vigilant que quedi ben fet (dintre del flam n'hi ha prou amb què arribi a 85 °C). 1 hora o més segons el tipus de forn.

3.- Retireu-ho del forn. Deixeu-ho refredar a la nevera.

Per B (Gelatina de fruites)



- 1.- Poseu en un got o recipient (que es pugui posar al foc) 150 ml d'aigua freda. Afegiu-hi la gelatina en pols (sempre la gelatina a l'aigua, no l'aigua a la gelatina, ja que la gelatina està deshidratada i es formarien grumolls), remeneu-ho i deixeu que s'hidrati uns minuts. També es pot fer amb làmines de gelatina (llegiu les instruccions).
- 2.- Afegiu-hi el sucre i aromes. Escalfeu-ho fins 95° C (sense que arribi a bullir)
- 3.- Traieu el got del foc, afegiu-hi la resta del l'aigua (150 ml) i remeneu-ho per així començar el refredament. Deixeu-ho reposar una estona.
- 4.- Talleu les fruites en talls petits i ompliu el motlle. Vesseu el líquid amb la gelatina dissolta dins del motlle. Deixeu-ho refredar a la nevera.

Per C (Flam d'agar de fruites)

- 1.- Escalfeu el suc de fruita amb unes gotes de llimona i sucre, si el voleu fer més dolç.
- 2.- Quan comenci a bullir afegiu-hi l'agar (talleu les algues d'agar en trossets petits). Remeneu-ho uns minuts fins que es dissolgui tot i ho retireu del foc. Deixeu-ho reposar una estona sense que gelifiqui.
- 3.- Talleu les fruites en talls petits i ompliu el motlle. Vesseu el líquid amb l'agar dissolt dins del motlle. Deixeu-ho refredar a la nevera.

Per D (Flam de pols Royal)

Seguiu les instruccions del preparat en pols, agafant només la meitat de les quantitats.

Segona sessió

3.- Desemmotlleu (si cal, fiqueu el B en aigua calenta, així es fon la gelatina i surt més fàcilment) i observeu la textura del gel (tou, rígid, no s'ha fet gel, etc), el color, el sabor (agradable, fastigós, dolç, massa dolç, insípid, etc), la sinèresi (ha sortit molt líquid, ha sortit poc líquid, no ha sortit gens de líquid, etc).

Postres gelificats	Textura	Color	Sabor	Sinèresi
A				
B				
C				
D				

6.- EXPLICACIÓ CIENTÍFICA DELS PROCESSOS CULINARIS

En A, flam d'ou.

Quan s'escalfa la mescla d'ingredients es desnaturalitzen les proteïnes de l'ou (al voltant del 66°), l'energia calorífica aplicada es necessita per trencar enllaços químics entre proteïnes i per formar enllaços químics nous, de manera que les proteïnes es tornen a organitzar formant la xarxa o estructura anomenada gel proteic que reté, per una banda, l'aigua amb el sucre afegit, la lactosa de la llet i altres substàncies hidrosolubles i, per l'altra banda, una fase dispersa formada per gotetes dels greixos del rovell de l'ou i de la llet.

Els sucres (sacarosa i lactosa) es dissolen fàcilment en l'aigua, després de fer el flam, continuen dissolts? Com es pot comprovar?

I si poséssim sal comuna, es modificaria l'equilibri entre les forces electrostàtiques que interaccionen entre les estructures de les proteïnes?

(La sal comuna és clorur de sodi i recordeu que l'enllaç químic entre el clor i el sodi és enllaç iònic)

Si s'afegeix sal com a ingredient, podeu descriure quines conseqüències podria tenir en la formació del gel?

En B, gelatina de fruites.

La gelatina usada en la cuina s'obté a partir del col·lagen.

El col·lagen és una proteïna formada per 3 cadenes de aminoàcids enrotllades entre si en forma d'espiral, com si fos una trena. Quan el col·lagen s'escalfa a més de 70°, les tres cadenes de l'hèlix se separen, la proteïna es desnaturalitza. Es podria dir que el col·lagen desnaturalitzat és la gelatina que es fa servir en la cuina, ja no té l'estructura helicoïdal, ara té una estructura com de fils estirats.

Primer s'ha d'hidratar (es ven en pols o en làmines, deshidratat), així les molècules de l'aigua s'interposen entre les de la gelatina. Després s'ha d'escalfar ja que la gelatina només és dissol en aigua calenta. Quan es refreda els fils es repleguen a l'atzar (es formen nous enllaços) fins que queda una estructura rígida, la xarxa del "gel", que atrapa la dissolució aquosa. És millor refredar lentament, per donar temps a les estructures moleculars per poder formar unions més fortes que donaran un gel més ferm.

Des del punt de vista de la Química, com es podria interpretar la diferent textura i sinèresi (exsudació de líquids) de la gelatina respecte la textura i sinèresi del flam d'ou?

En C, flam d'agar de fruites.

L'agar no es dispersa bé en fred, s'ha d'escalfar. Les cadenes de polisacàrids que constitueixen l'agar estan desenrotllades i plegades a l'atzar. Al refredar (pèrdua d'energia calorífica) es formen nous enllaços químics entre diferents parts de les cadenes i es forma la xarxa tridimensional o "gel" que atrapa la dissolució aquosa.

Hem comprovat que les proteïnes i els polisacàrids poden formar gels. Tenen alguna cosa comuna en la seva estructura? Quina deu ser?

Per quina raó no es podem formar gels amb dissolucions de sucre o de sal?

Un gel de proteïnes o polisacàrids pot arribar a retenir en la seva xarxa tridimensional fins a un 99% d'aigua (nosaltres hem posat 3 g d'agar en 300 ml de suc). Quina podria ser l'explicació científica?

En D, flam preparat, en pols.

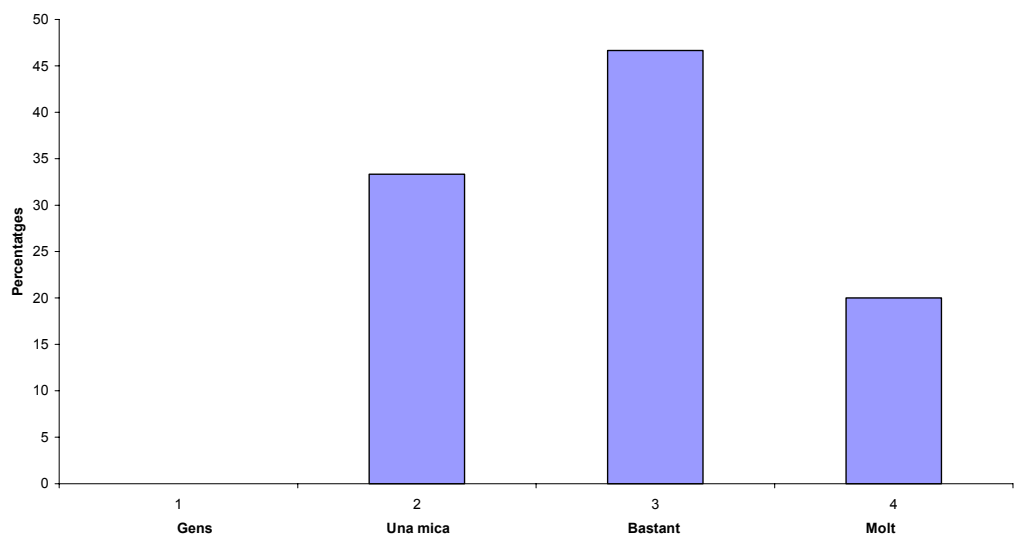
Quina seria l'explicació científica?



5. Gràfiques de les preguntes 4, 5, 6 i 10 del qüestionari

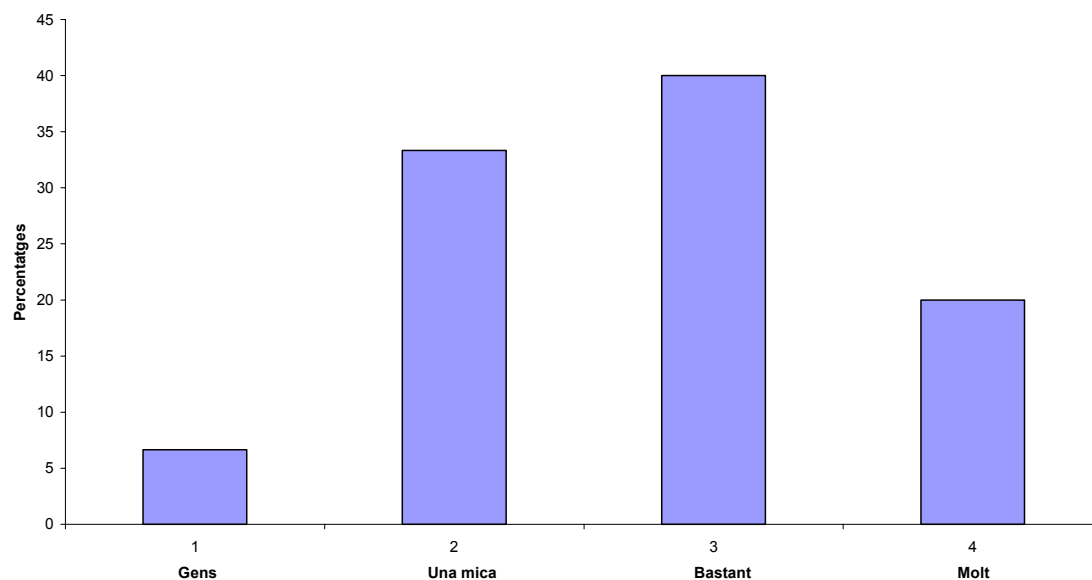
Gràfica I. Pregunta n° 4

Cuinar al laboratori de Química em podria ajudar a entendre millor els fenòmens o conceptes de ciències.



Gràfica II. Pregunta n° 5

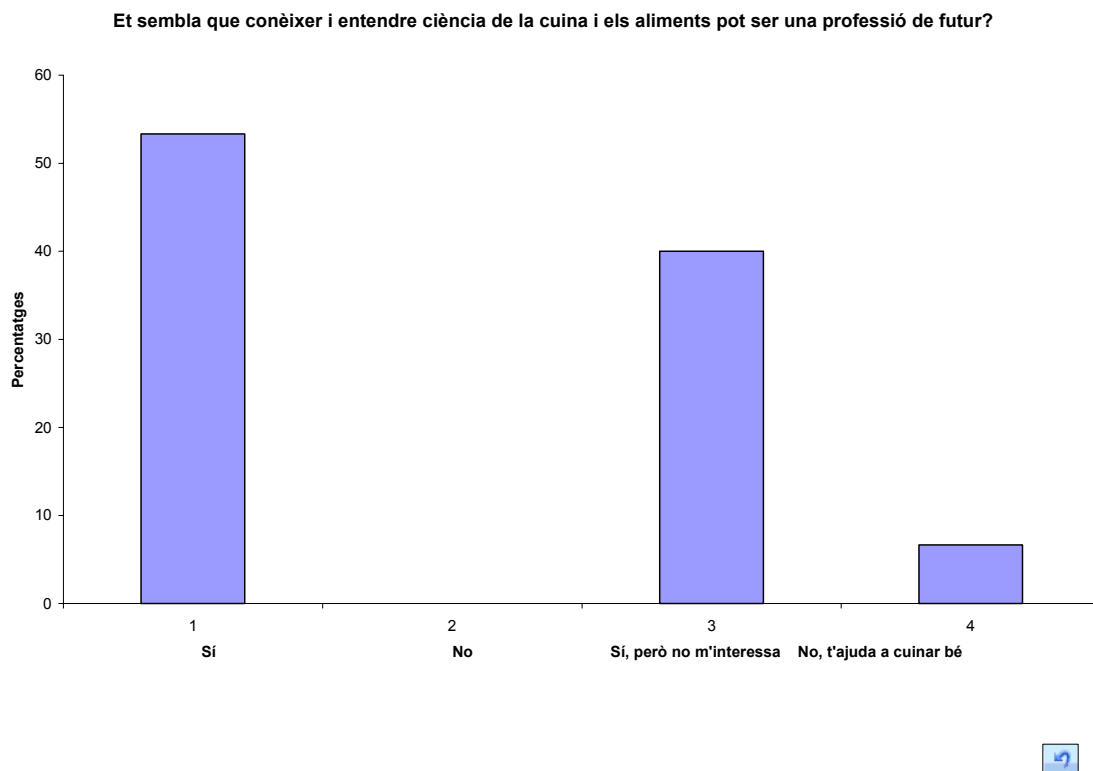
T'agradaria estudiar Química observant i analitzant els canvis que tenen lloc en els aliments en cuinar-los?



Gràfica III. Pregunta n° 6



Gràfica IV. Pregunta 10

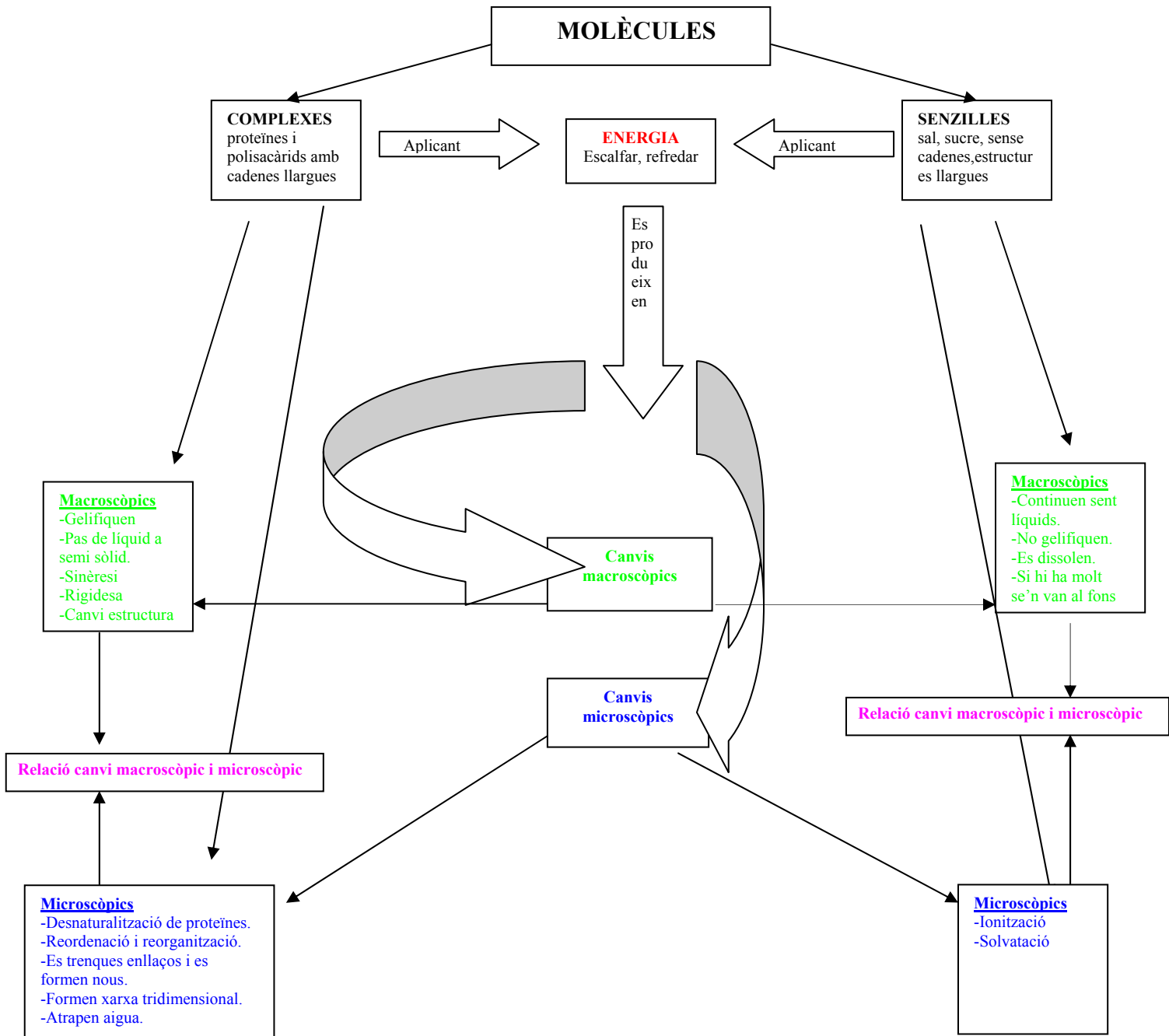


6. Mapa conceptual

[Relació canvis macroscòpics i microscòpics i energia](#)

[Relació energia i canvis macroscòpics](#)

[Relació energia i canvis microscòpic](#)



7. Degustació de les postres gelificades

Tastar les postres i omplir el quadret d'observacions, a més de ser una activitat que va motivar molt a l'alumnat, va ser una eina molt efectiva per reflexionar i comparar les diferents postres gelificades i així poder trobar informació i arguments que ajudessin a contestar els interrogants plantejats al protocol de la pràctica i a les preguntes obertes del qüestionari.

Era un treball en equip, s'havia de consensuar el que cada grup decidia anotar en el quadre (no sempre és fàcil, sobre tot en el cas del sabor que és més subjectiu que el color o la sinèresi).

Al laboratori de Química mai es pot provar el que es fa ja que, generalment, és tòxic i perillós. Pel contrari, en aquesta pràctica era necessari tastar el que havien fet, formava part de l'estudi, del procés d'aprenentatge i de la recerca d'informació.

POSTRES GELIFICATS	TEXTURA	COLOR	SABOR	SINÈRESI
A FLAM D'OU (resultats dels 4 grups del cada centre)	Centre 1 1.Tou	Centre 1 1.Opac	Centre 1 1.Dolç	Centre 1 1.Bastant
	2.Tou, amb forats, no s'obre al produir-hi força	2.Groc claret per baix marró	2.Agradable, dolç, la vainilla no es nota	2.Una mica
	3.Tou	3.Crema	3.Agradable	3.Sí, el que més
	4.Tou i amb forats	4.Groc marró	4.Dolç	4.Molta
	Centre 2 1.Sua compacte i amb forats	Centre 2 1.Groc tirant a blanc	Centre 2 1.Dolç	Centre 2 1.Sí, bastant
	2.Tou i porós	2.Beix al interior i marró a l'exterior	2.Molt dolç amb essència a vainilla	2.Molt líquid.
	3.Molt tou	3.Groc ou	3.Ou	3.Bastant
	4.Rígid amb forats i grumolls	4.Groc	4.Ou caramel, dolç	4.Sí, degut al caramel

B	Centre 1 1.Més rígida que A	Centre 1 1.Transparent	Centre 1 1.Insípida	Centre 1 1.No en té
	2.Rígid	2.Taronja claret	2.La part de la gelatina fastigós, la de la fruita sabor a fruita	2.No hi ha
GELATINA DE FRUITES (resultats dels 4 grups de cada centre)	3.No s'ha fet gel, no era bona la proporció? ⁴	3.Rosa (era gelatina de maduixa)	3.Insípida	3.Tot era líquid no ha gelificat
	4.Un got molt sòlid, l'altre no s'ha fet gel	4.Transparent	4.Agradable, desagradable, insípida	4.El que ha gelificat no
C	Centre 2 1.Rugosa, gelatinosa, aquosa.	Centre 2 1.Vermellós	Centre 2 1.Maduixa	Centre 2 1.No
	2.Dura i gelatinosa	2.Transparent i vermell per les maduixes	2.Insípida	2.Gens de líquid
FLAM D'AGAR DE FRUITES (resultats dels 4 grups de cada centre)	3.Tova	3.Transparent	3.Plàtan bastant dolç	3.No
	4.Gelatinosa, una mica planxa	4.Rosa transparent	4.Fruita	4.No
C	Centre 1 1.Rígid, granulat	Centre 1 1.Opac	Centre 1 1.Agredolç	Centre 1 1.No en té
	2.Rígid	2.Taronja	2.Agradable, curt de sucre	2.Una mica
FLAM D'AGAR DE FRUITES (resultats dels 4 grups de cada centre)	3.Rígid	3.Color de préssec	3.A suc de préssec, falta sucre	3.No
	4.Rígid	4.Mescla de groc i vermell	4.Massa dolça, fastigós	4.No
C	Centre 2 1.Lluent	Centre 2 1.Groc	Centre 2 1.Suc de préssec, kiwi	Centre 2 1.Una mica
	2.Compacte	2.Ocre	2.Insípida	2.Res de líquid
FLAM D'AGAR DE FRUITES (resultats dels 4 grups de cada centre)	3.Compacte	3.Taronja	3.Préssec poc dolç	3.No
	4.No ha gelificat tenia suc de pinya ⁵	4.Taronja	4.Mescla de sabors	4.Sí, a causa de la poca gelificació

⁴ Es va perdre un sobre de gelatina en pols, es va comprar una gelatina de maduixa (la que hi havia en el supermercat del barri) i es van posar les mateixes proporcions del protocol de la pràctica sense mirar instruccions.

⁵ En la resta dels grups es va posar suc de préssec.

D FLAM EN POLS (resultats dels 4 grups de cada centre)	Centre 1 1.Rígid sense granulacions 2.Rígid 3.Rígid tirant cap a tou 4.Rígid	Centre 1 1.Opac 2.Groc claret “pels colorants” 3.Crema 4.Groc	Centre 1 1.Dolç 2.Agradable, dolç 3.Insípid, falta sucre 4.Dolç	Centre 1 1.No massa 2.Una mica 3.Sí 4.No ha sortit aigua però sí caramel
	Centre 2 1.Suau, esponjós 2.Gelatinós 3.Tou 4.Rígid	Centre 2 1.Groguenc tirant a crema 2.Groc 3.Groc vainilla 4.Groc	Centre 2 1.Dolç 2.Dolç amb aroma de vainilla 3.Bo, dolç 4.Caramel	Centre 2 1.Sí, com el de l'ou però menys quantitat 2.Una mica de líquid 3.Molta 4.No



8. Fotos de l'alumnat de batxillerat cuinant al laboratori

