

Processos fisicoquímics a la cuina

Physicochemical processes in the kitchen

Pere Castells Esqué / Fundació Centre Internacional de Cultura de l'Alimentació i Recerca Gastronòmica de Sant Benet de Bages



resum

En aquest article es presenta un dels tallers de ciència i cuina adreçat als alumnes de secundària i realitzat per la Fundació Alícia. En aquest taller «Descobrim fenòmens culinaris», els alumnes experimenten processos d'osmosi i de cocció. La cuina i els aliments constitueixen, sens dubte, un bon context per promoure l'aprenentatge de les ciències i, en concret, de conceptes relacionats amb la química, i amb la ciència en general. L'article aporta el material per a l'alumne, informació complementària per al professorat i les reflexions sobre el desenvolupament del taller. En números anteriors l'autor ha escrit sobre les emulsions i sobre els processos de gelificació.

paraules clau

Osmosi, reaccions de Maillard, caramel·lització, caramels.

abstract

This article presents a science and cooking workshop aimed at secondary students conducted by the Fundació Alícia. In the workshop «Discovering culinary phenomena» students experienced processes of osmosis and cooking. The kitchen and food is certainly a good context for promoting the learning of science and specific concepts related to chemistry, and science in general. The article provides the material for students, information for teachers and reflections on the development of the workshop. In previous issues the author has written about emulsions and about gelling processes.

keywords

Osmosis, Maillard reactions, caramelisation, sweets.

Introducció

La Fundació Alícia ofereix als alumnes de secundària la possibilitat de dur a terme tallers de ciència i cuina, entre els quals es troba el taller «Descobrim fenòmens culinaris» que es presenta en aquest article. Quan els alumnes realitzen tallers de ciència i cuina, realitzen processos culinaris en els quals tenen lloc canvis físics i químics. Aprendre a interpretar-los i a relacionar-los amb els conceptes treballats a l'aula esdevé una manera d'aprendre

ciències a partir d'un context quotidià que, generalment, desperta interès en l'alumnat (figura 1).

Entre els conceptes i models que es treballen a les classes de ciències amb els alumnes de l'ESO, hi ha el *canvi químic* i la seva comparació i diferenciació respecte de canvis físics com, per exemple, els canvis d'estat. Considerem que ha tingut lloc una transformació química quan, a partir d'unes substàncies anomenades *reactius*, s'obtenen unes altres substàncies químicament

diferents que anomenem *productes*. Quan els canvis no produeixen substàncies diferents de les substàncies de partida, diem que es tracta d'un *canvi físic*. Aquesta seria una manera vàlida per diferenciar aquests tipus de canvis amb els alumnes de l'ESO, tot i que en algunes transformacions es fa difícil d'establir el límit entre un tipus de canvi i un altre, ja que tot depèn de les interaccions i de les reordenacions que tenen lloc.

A la cuina trobem nombrosos processos que es poden fer servir com a punt de partida per estudiar tant canvis químics com físics. La major part de les coccions són reaccions químiques complexes entre els components dels aliments. Un exemple són les anomenades *reaccions de Maillard*. Processos com l'osmosi, d'una gran importància en la conservació dels aliments, són processos físics mitjançant els quals es produeixen canvis en les concentracions de solucions.

L'osmosi a la cuina

Aquesta part del taller es presenta a manera de petita investigació; cal que els grups d'alumnes descobreixin la manera de dur a terme i controlar el procés d'osmosi. Els objectius específics del taller són els següents: conèixer el procés d'osmosi, investigar en aplicacions de l'osmosi a la cuina i reflexionar sobre processos culinaris en els quals intervé l'osmosi.

Per què els pernills es conserven posant-hi sal?

El procés d'osmosi és un procés en el qual l'aigua passa, a través d'una membrana semipermeable, d'una solució més diluïda a una altra de més concentrada, de manera que tendeixen a igualar-se les concentracions als dos costats de la membrana.

Aquest procés es pot utilitzar per conservar un aliment o bé per canviar-ne el gust o la textura. Un exemple de conservació és el cas dels pernills. Per osmosi, l'aigua de dins el pernil migra cap a fora i fa possible una certa deshidratació que en possibilita la conservació.

Abans de començar el taller, se subministra als alumnes una fitxa d'informació sobre l'osmosi que poden consultar a mesura que ho necessiten o en el moment que els ho indica la persona responsable del taller. Es pretén que



Figura 1. Alumnes realitzant el taller.

Fitxa informativa «L'osmosi»

Què és?

El procés d'osmosi és un procés en el qual l'aigua passa, a través d'una membrana semipermeable, d'una solució més diluïda a una altra de més concentrada, de manera que tendeixen a igualar-se les concentracions als dos costats de la membrana:

- De manera natural, les membranes de les cèl·lules que constitueixen els teixits animals i vegetals són permeables. Això permet la contínua absorció o l'eliminació de substàncies a través de la membrana.
- En cuinar, moltes vegades es produeixen fenòmens osmòtics.

Explicació dels dos processos de cocció i d'un exemple de conservació d'aliments mitjançant el procés d'osmosi

- **Exemple 1.** Quan cuinem una carn, un peix o altres aliments en un medi aquós (un brou, per exemple):

- a) Si no hi posem sal (clorur de sodi) abans de la cocció, les sals i les substàncies aromàtiques que hi ha a l'aliment passen al medi aquós per tal d'equilibrar la concentració de sals dins i fora. El resultat és que el brou serà molt gustós, però l'aliment serà més insípid.
- b) Si hi posem sal abans de la cocció, les sals minerals i les substàncies aromàtiques que hi ha a l'aliment no passen al brou o a la salsa perquè ja hi ha un equilibri entre dins i fora de l'aliment a cuinar i el medi aquós. El resultat és que l'aliment és gustós i que el brou és insípid.

- **Exemple 2.** En coure carn de vedella a la planxa, si hi afegim sal abans de la cocció, l'aigua de l'interior va cap a l'exterior per equilibrar la concentració salina i queda una carn sense gaire líquid interior i, per tant, dura. Si, en canvi, no hi posem sal, l'aigua interior queda dins i la carn és més tova; afegirem la sal després de la cocció. Evidentment, tot va lligat amb el temps de cocció. Si estem molt de temps cuinant, l'aliment també acabarà perdent els líquids interiors per la destrucció de les membranes i per simple evaporació.

- **Exemple 3.** L'efecte osmòtic ens ha permès de conservar tradicionalment alguns aliments. Afegir molta sal o molt sucre a un aliment provoca la sortida de l'aigua interior dels microbis a través de la seva delicada membrana; en conseqüència, el microbi es col·lapsa i mor. El bacallà, les anxoves i el pernil curat són exemples de l'efecte de la sal. Una mermelada amb més d'un 50 % de sucre ja no necessita cap altra protecció contra els microbis.

cada grup d'alumnes es familiaritzi amb el procés d'osmosi i que pugui experimentar i controlar factors que influeixen en aquest fenomen.

A la part inicial del taller es pregunta als alumnes si coneixen fenòmens osmòtics que hagin vist a la cuina de casa seva. En la conversa, sorgeixen intervencions com ara salar la carn o el peix i el dubte de si és millor salar-los abans o després de la cocció. També es demana si han vist fer brou a casa i si saben en quin moment s'hi afegeix la sal i per què. I els peixos marinats? Mencionen que, a vegades, es cobreixen els peixos o la carn amb sal i també que algunes conserves es fan amb molt de sucre.

Abans de començar a experimentar, els alumnes construeixen maquetes per modelitzar el procés d'osmosi. La construcció de maquetes ajuda molt els alumnes a visualitzar o a fer-se una representació del que passa en un procés osmòtic. L'objectiu és que els nois i les noies construeixin amb peces de Lego una simulació de com passa el dissolvent d'una zona més diluïda a una altra de major concentració a través d'una membrana semipermeable. Per construir les maquetes, es proporciona als alumnes peces de Lego de colors diversos i es proposa que escullin colors diferents per a l'aigua, per als aliments i per a les substàncies que s'afegeixen, com ara la sal o el sucre. Les maquetes han de simular el procés d'osmosi.

El procés d'osmosi es pot modelitzar mitjançant les representacions de la figura 2, que representen el flux d'aigua a través d'una membrana semipermeable des de la solució menys concentrada cap a la solució més concentrada.

A les cèl·lules dels éssers vius, el procés d'osmosi a través de la membrana cel·lular té un paper clau:

– Quan la concentració de sals, proteïnes, carbohidrats o altres components és més gran a l'exterior d'una cèl·lula que a l'interior, l'aigua tendeix a anar cap a fora a través de la membrana semipermeable per igualar les concentracions.

– Quan la concentració és més gran a l'interior de la cèl·lula que a l'exterior, l'aigua tendeix a anar cap a dins per igualar les concentracions.

A continuació, els alumnes han de reproduir processos d'osmosi mitjançant dos experiments, anomenats «Maduixes amb sucre» i «Papas arrugats».

«Maduixes amb sucre»

Es proposa als alumnes d'esbrinar què passa en afegir sucre a trossos de maduixa i se'ls demana de predir què passarà.

S'observa que al recipient on hi ha trossos de fruita no s'esdevé cap fet especial, excepte les oxidacions corresponents. Al recipient que té fruita i sucre, s'esdevé el fenomen osmòtic i l'aigua migra cap a fora, de manera que quedarà la fruita envoltada del líquid (figura 3).

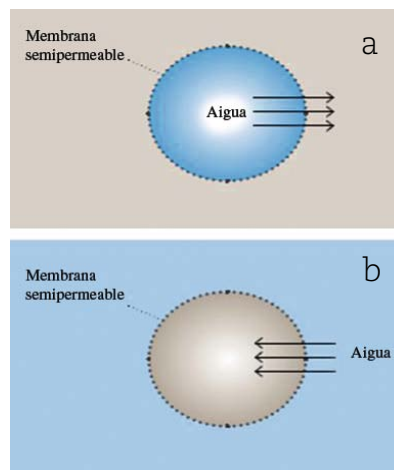


Figura 2. El procés d'osmosi a través d'una membrana semipermeable.

a) Medi intern amb menor concentració que el medi extern.

b) Medi intern amb major concentració que el medi extern.

El fenomen es pot explicar de la manera següent: si posem fruita en aigua, aquesta entrarà per osmosi a l'interior de les cèl·lules de la fruita per igualar les concentracions de sucre, de manera que les cèl·lules acumulen aigua i reboten; si posem massa sucre a l'aigua, l'efecte serà invers i la fruita quedarà arrugada. Cal buscar, doncs, la concentració òptima per preparar la fruita en almívar.

Material per a l'alumne

L'osmosi

- Col·loqueu 100 g de fruites trossegades dins d'un bol.
- Col·loqueu 100 g de fruites trossegades dins un altre bol i afegiu-hi 50 g de sucre.
- Què s'observa en cadascun dels bols amb el pas del temps? (uns minuts).
- S'ha produït algun canvi? I, en el cas que s'hagi produït, a què es pot deure?



Figura 3. Fruites del bosc amb sucre: fenomen de l'osmosi.



Figura 4. Papas arrugás. Font: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/Mojo_verde_y_papas_arrug%C3%A1s.jpg.

«Papas arrugás»

Podríem observar diferències en coure patates amb molta sal o amb poca o gens de sal? Com les coueu a casa vostra?

Els alumnes prediuen les possibles diferències i experimenten per poder observar i contrastar les seves prediccions.

A les Canàries són famoses les patates conreades en terra volcànica i cuinades aprofitant l'efecte osmòtic. Es couen amb una quantitat d'aigua que cobreix just les patates i amb molta sal. L'aigua interior de las patates surt cap a l'exterior per igualar la concentració de sal. El resultat és que les patates s'arruguen i, al mateix temps, en evaporar-se l'aigua superficial, queda una mica de sal cristal·lina sobre la pell (figura 4).

En acabar aquesta part del taller, s'anima els alumnes a continuar experimentant a casa. Se'ls proposa que realitzin els exemples 1 i 2 de la fitxa d'informació de l'osmosi i que observin què passa, tot provant en quins cas el brou i/o l'aliment queden més saborosos. Podran contrastar els resultats de coure peix o carn amb un brou (medi aquós) amb sal o sense sal amb les explicacions contingudes a l'exemple 1 de la fitxa. També podran contrastar els resultats de coure una carn a la planxa amb sal des de l'inici o

bé coure-la afegint la sal al final amb els resultats i les explicacions de l'exemple 2 de la fitxa informativa.

També es proposa als alumnes de predir, observar i explicar altres processos osmòtics culinaris a casa seva amb la intenció de donar resposta a preguntes com ara la següent: per què posem les albergínies i els cogombres en sal una hora aproximadament abans de coure-los? El percentatge en massa de sodi a la sal és del 39,2 %. En principi, tots ells desconeixen que les albergínies se salen per treure'n l'amargor.

El repte és relacionar això amb el procés d'osmosi i trobar l'explicació osmòtica del procés de curació dels pernills, de manera que se'ls pregunta si seria possible que el pernil curat tingués menys sal.

Finalment, es comenta que no només s'empra el clorur de sodi, sinó que hi ha altres sals que s'utilitzen en alimentació, com ara les sals de calci, de potassi, els fosfats, etc.

Ampliació teòrica sobre l'osmosi. Propietats col·ligatives de les solucions. Pressió osmòtica

Per estudiar el concepte *pressió osmòtica*, cal saber que una membrana semipermeable és un teixit o una pel·lícula amb porus que deixen passar les partícules del solvent, però que no són prou grans per deixar passar les partícules del solut. D'aquesta manera, si separem, mitjançant una membrana semipermeable, un solvent i una solució d'un solut en aquest solvent, podem comprovar que les partícules del solvent passen d'un cantó a l'altre en tots dos sentits, però que ho fan més ràpidament del solvent cap a la solució. Quan el sistema aconsegueix l'equilibri, podem dir que el procés global implica que les partícules del solvent, que han passat a través de la mem-

brana cap al cantó de la solució, s'hi han difós. Aquest procés es coneix amb el nom d'osmosi.

Com a resultat de l'osmosi, podem comprovar que hi ha hagut un descens de l'altura del nivell del solvent i un augment de l'altura del nivell de la solució i, per tant, un augment de la pressió hidrostàtica de la solució d'acord amb l'expressió següent:

$$\pi = cRT$$

On π és la pressió hidrostàtica o pressió osmòtica; c és la concentració en mol·dm⁻³; R , la constant dels gasos ideals, i T , la temperatura absoluta.

En aquesta expressió, com més gran és la concentració de la solució, més gran és també la pressió hidrostàtica, és a dir, més gran és la pressió osmòtica.

Cal esmentar que el fenomen de l'osmosi és molt important en organismes vius, ja que les cèl·lules intercanvien nutrients amb el medi aquós per osmosi a través de les membranes cel·lulars. Si la pressió osmòtica del medi és superior a la de la cèl·lula (solució hipertònica), la difusió es produeix des de dins de la cèl·lula cap al medi i la cèl·lula s'encongeix. En canvi, si la pressió osmòtica del medi és inferior a la de la cèl·lula (solució hipotònica), la difusió es produeix des del medi cap a l'interior de la cèl·lula i aquesta s'infla. Quan la pressió osmòtica del medi és igual a la cel·lular (solució isotònica), no es produeix cap difusió neta (figura 5).

L'osmosi és un procés molt important en organismes vius, ja que les cèl·lules intercanvien nutrients amb el medi aquós per osmosi a través de les membranes cel·lulars

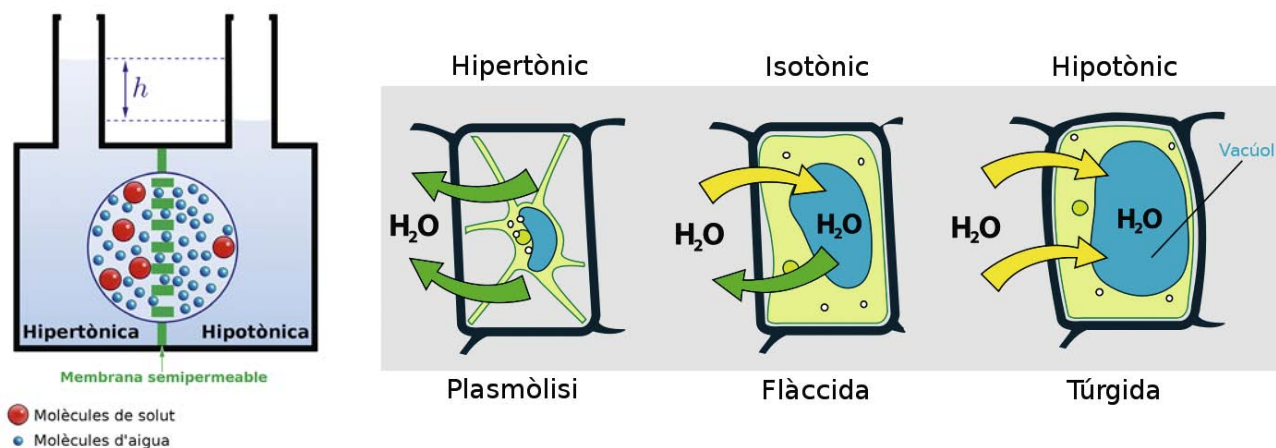


Figura 5. Pressió osmòtica. Font: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/32/Osmosis-ca.svg/1000px-Osmosis-ca.svg.png>; http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turgor_pressure_on_plant_cells_diagram-ca.svg.

Cocció de glúcids i de proteïnes: la caramel·lització i les reaccions de Maillard

En aquesta part del taller, s'intenten reproduir les dues reaccions químiques més característiques que tenen lloc a la cuina: la reacció de Maillard i la caramel·lització. Es planteja com un repte en el qual els alumnes hauran de ser capaços de realitzar reaccions de Maillard i d'investigar la manera de controlar el procés. Els objectius específics del taller són els següents: conèixer les reaccions a la cuina, practicar les reaccions de Maillard i de caramel·lització i reflexionar sobre les reaccions químiques que tenen lloc a la cuina.

Què podem fer per tenir el color caramel?

La caramel·lització que proporciona el color caramel característic dels aliments té lloc per la reacció dels sucres en ser escalfats. Un color similar s'obté quan els sucres reaccionen amb els aminoàcids mitjançant un conjunt de reaccions complexes anomenades *reaccions de Maillard*.

Per tal que els alumnes es familiaritzin amb aquests tipus de reaccions, les experimentin i les puguin controlar, al començament del taller se subministra als alumnes fitxes informatives sobre les reaccions de Maillard i la caramel·lització que podran consultar durant el desenvolupament del taller.

Fitxa informativa. Reaccions de Maillard

Què són?

Conjunt molt complex de reaccions químiques entre aminoàcids i glúcids com a conseqüència d'aplicar una alta temperatura (planxa, forn, brasa, etc.) a alguns aliments, tot donant-los una coloració marró i un gust característic.

Com es produeixen?

En escalfar un aliment, reaccionen un aminoàcid (component de les proteïnes) i un glúcid (glucosa, fructosa, etc.).

Informacions addicionals

- Malgrat que es comencen a produir a temperatures baixes (30-40 °C), fins a partir dels 120 °C no són apreciables.
- Aquestes reaccions poden donar lloc a coloracions fosques (terroses) i a sabors característics. Al mateix temps, es formen petites quantitats de substàncies cancerígenes i algunes altres de sabors desagradables, sobretot a altes temperatures.
- Les coloracions a vegades són desitjables (crosta del pa, galetes, cervesa) i altres vegades, indesitjables (llet, suc de fruita concentrats). Els sabors poden estar molt ben definits (bou rostit, sardina a la brasa, mantega, xocolata, etc.), per la qual cosa la indústria alimentària els utilitza sovint.
- La intensitat de les reaccions depèn de la temperatura, de la quantitat de sucres reductors (monosacàrids i disacàrids, bàsicament) i de la quantitat de proteïnes, però també d'altres factors (pressió, humitat, altres components, etc.).
- El nom prové de Louis Camille Maillard, que va descobrir i definir aquestes reaccions l'any 1912.

Fitxa informativa. Caramel·lització

- S'anomena *caramel·lització* el procés que té lloc en els sucres quan se'ls apliquen temperatures a partir dels 165 °C. S'acolorixen d'un color marró, el color caramel.
- Algunes de les molècules formades tenen un gust amarg i donen una coloració marró a partir d'uns 170 °C.
- Si els sucres s'escalfen en excés, es van desprenent vapor d'aigua, diòxid de carboni i altres productes, l'olor es torna desagradable i, finalment, donen un color negre (és carboni).

Abans d'experimentar, es demana als alumnes que, utilitzant peces de Lego de diferents colors per simbolitzar la carn i el sucre, intentin de construir una estructura que simuli i diferenciï les dues reaccions (caramel·lització i Maillard). Els alumnes discuteixen entre ells i la construcció de les maquetes els ajuda en el procés d'aprenentatge.

Tot seguit, els alumnes realitzen dos experiments: «La cuina de Maillard» i «La caramel·lització».

«La cuina de Maillard»

S'afegeix sucre a una barreja d'aminoàcids i s'escalfa la barreja en una paella. Aquí es pot veure el canvi de color que es dona quan a un aminoàcid se li aplica una temperatura superior als 120 °C: agafa un color marró.

S'experimenta a continuació amb la cocció de dos trossos de carn a diferents temperatures. Per a això, es col·loca un tros de carn en una paella a una temperatura poc elevada i se'n col·loca un altre de característiques similars en una altra paella a una temperatura elevada. Es pregunta als alumnes què s'observa en el color de la carn i quines diferències de gust esperen. En una part, s'arriba a la carbonització del producte i a l'aparició de components amargants (figura 6).

«La reacció de caramel·lització»

Es col·loquen 100 g de sucre en un cassó i s'escalfa lentament. Es pregunta als alumnes què s'observa i quina diferència hi ha entre aquesta reacció i les reaccions de Maillard. Hi ha trossos de caramel que, com que tenen més quantitat d'aigua, fan que aquest s'enganxi més a la boca; el gust a torrat no s'obté fins que no té aquell color marró de caramel. Si es van traient porcions de caramel abans d'arribar als 165 °C, s'hi observen diferències de color i també gustatives.

Taula 1. Característiques dels sabors de les caramel·litzacions i de les reaccions de Maillard

Caramel·lització (més de 165 °C). Involucra àtoms de C H O	Reaccions de Maillard (a qualsevol temperatura, més ràpida a partir dels 120 °C). Involucra àtoms de C H O N S
Dolç (sacarosa, lactosa, fructosa, glucosa i altres sucres).	Potenciadors del gust (pèptids, peptones i aminoàcids).
Àcid (àcid acètic).	Florals (oxazoles).
Amargs (molècules complexes).	De carn i cebes (compostos sulfurosos).
Afruitats (èsters). De nous (furans).	De vegetals verds (piridines i pirazines).
De cirera (acetaldehid).	De xocolata (pirazines).
De mantega (diacetil).	De patates, terrosos (pirazines).
De caramel (maltol).	Els gustos propis de la caramel·lització.



Figura 6. a) Col·locació de la carn en contacte amb altes temperatures. b) Temperatura exterior alta. Inici de les reaccions de Maillard. c) Observació de l'evolució de les reaccions en ambdues cares de la carn. d) Final. Comprovació del procés.

A continuació, es repeteix el procés de caramel·lització afegint suc de llimona. D'aquesta manera, hi ha una hidròlisi parcial de la sacarosa i s'obtenen glucosa i fructosa, alhora que es pot controlar millor la caramel·lització i difícilment es cremarà el sucre (figura 7).

En acabar el taller, es convida els alumnes a continuar experimentant a casa amb l'objectiu de posar en pràctica la multitud de

reaccions que tenen lloc a la cuina. Es proposa que reflexionin i que busquin resposta a les preguntes següents:

- Per què la crosta del pa és més gustosa que la molla?
- Per què s'ha d'untar amb oli una pota de xai abans de posar-la dins del forn?
- Per què la cervesa té aquell color daurat?
- Per què el café torrat té tan bon sabor?

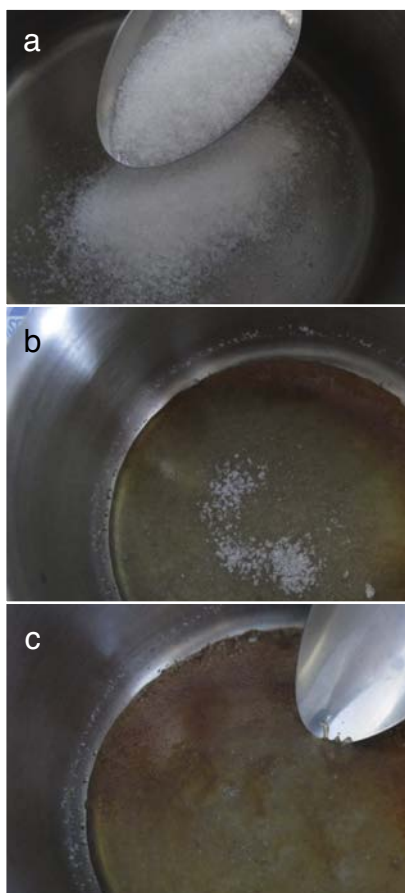


Figura 7.

- a) Col·locació del sucre (sacarosa).
 b) Inici de les reaccions de caramel·lització (temperatures elevades).
 c) Finalització del procés. Comprovació del color i la textura.

Totes aquestes preguntes i altres de similars troben la resposta en les reaccions de Maillard.

Quan se salteja un aliment amb una mica de greix per tal d'aconseguir el característic color torradet, tenen lloc reaccions de Maillard, que es produeixen a les altes temperatures que caracteritzen la cocció amb greix i que pràcticament no es produeixen en bullir els aliments.

A la cuina, per l'acció de la calor, els compostos que pertanyen a la mateixa família que el sucre de taula i els aminoàcids reaccionen entre si donant lloc a la formació de diversos aromes i colors. Es produeixen simultàniament sobre molts compostos; les combinacions són innumerables.

També es proposa com a tasca per fer a casa l'observació i l'expe-

Material per a l'alumne

Reaccions de Maillard

Reacció entre sucre i una barreja d'aminoàcids

- Afegiu 50 g de sucre a una barreja de 50 g d'aminoàcids i escalfeu-ho en una paella.
- Què s'observa en el color dels ingredients? Per què?

Cocció de dos trossos de carn

- Poseu un tros de la carn en una paella a una temperatura baixa.
- Poseu un altre tros de carn en una altra paella a una temperatura alta.
- Què s'observa en el color de la carn i quines diferències de gust cal esperar? Per què?

La caramel·lització

Observar com es va caramel·litzant un sucre

- Col·loqueu 100 g de sucre en un cassó i escalfeu-lo lentament.
- Què s'observa? Quina diferència hi ha entre aquesta reacció i les reaccions de Maillard?
- Aneu traient porcions de caramel abans d'arribar als 165 °C i identifiqueu-ne les diferències gustatives i de color. A què es deuen?

Observar com es va caramel·litzant un sucre després d'afegir-hi unes gotes de suc de llimona

- Repetiu l'experiència anterior, però aquest cop afegint al sucre unes gotes de suc de llimona.
- Què s'observa? Quina diferència hi ha en les dues experiències de caramel·lització? Per què?



Figura 8. Els alumnes preparant els trossos de carn durant el taller.

rimentació de diverses reaccions de Maillard i de caramel·lització:

- Observació del canvi de color que experimenta la carn en contacte amb una font de calor elevada, sigui la planxa, el forn, la brasa, etc. Es pot comprovar que no es produeix aquest efecte al microones, excepte en casos molt excepcionals.

- Observació del canvi de color que es produeix en coure patates fregides.

- Observació i/o elaboració del caramel típic dels flams. Es pot experimentar que si s'hi afegeix una mica d'àcid (suc de llimona), trenquem part de la sacarosa i aquesta es caramel·litz, juntament amb la glucosa i la fructosa.

Ampliació teòrica sobre les reaccions de Maillard i la reacció de la caramel·lització: Adaptació a alumnes de batxillerat

Dins dels processos fisicoquímics que tenen lloc en els aliments, podem destacar l'enfosquiment no enzimàtic, del qual hi ha dos tipus:

- Les reaccions de Maillard.
- La caramel·lització.

Les reaccions de Maillard

Les reaccions de Maillard, que són l'altre tipus d'enfosquiment no enzimàtic, requereixen poca energia d'activació i influeixen en gran manera sobre la qualitat proteica dels aliments i sobre la disponibilitat d'aminoàcids essencials. En aliments amb una alta concentració de sucres reductors i de lisina és on té un major efecte. Les reaccions de Maillard donen melanoïdines acolorides. En ocasions, els seus efectes poden ser indesitjables en alguns aliments, ja que no només produeixen colors i olors, sinó que també poden produir compostos tòxics.

En condicions molt àcides, el mecanisme es veu inhibit. Les altes temperatures també acceleren la reacció, encara que a temperatures de refrigeració es pot donar. Els aliments d'activitat aquosa mitjana són més propensos a patir les reaccions de Maillard. A més a més, el tipus d'aminoàcid present en la proteïna de l'aliment també té una gran influència, ja que, si no hi ha grups «amino» lliures, no es poden portar a terme les reaccions. La lisina, el triptòfan, l'arginina i la histidina poden sofrir aquestes reaccions. Existeix un grup de metalls que poden actuar com a catalitzadors de les reaccions: el coure i el ferro. La presència d'oxigen i de reaccions electromagnètiques també té un efecte catalitzador.

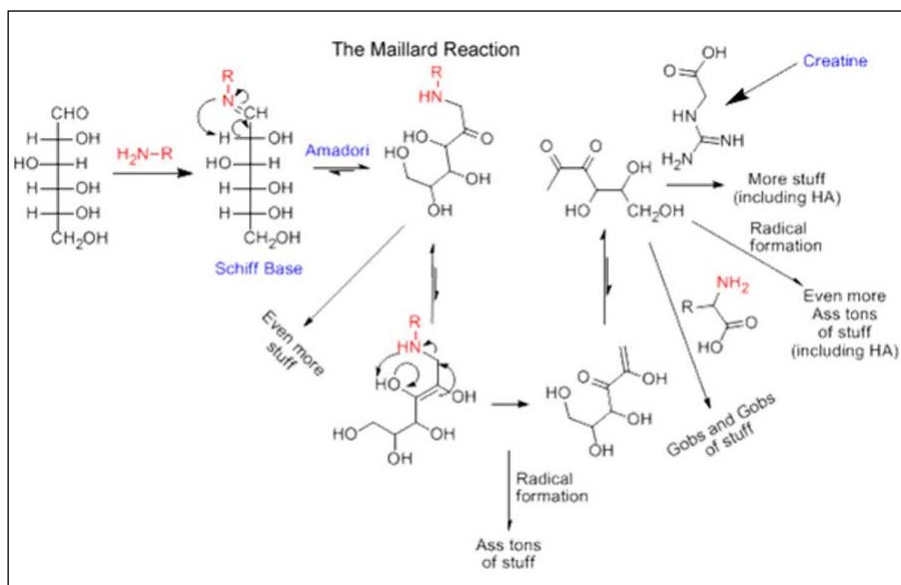


Figura 9. Les reaccions de Maillard.

La manera de controlar la reacció fins a un determinat punt requereix del control dels factors mencionats anteriorment, com, per exemple, la reducció de pH, de la temperatura i de l'activitat d'aigua. Una altra manera de controlar la reacció és afegint sulfits, metabisulfits, bisulfits o anhídrid sulfurós.

El mecanisme de les reaccions de Maillard és complex i es pot dividir en quatre etapes principals: condensació del sucre amb el grup «amino», transposició dels productes de la condensació, reacció dels productes de transposició, polimerització i formació de substàncies acolorides (Badui, 1999).

Tot i així, el principi de les reaccions de Maillard és molt simple. Quan les molècules que contenen el grup químic «amino», compost per un àtom de nitrogen unit a dos d'hidrogen (tal com passa amb els aminoàcids), s'escalfen en presència de sucre, es produeix l'eliminació d'una molècula d'aigua i ambdós components s'uneixen formant el que s'anomena *base de Schiff*. Aquest compost deriva, amb major o menor rapidesa, en un altre anomenat *compost d'Amadori*. Aquest nou compost reaccionarà amb d'altres formant molècules amb

forma d'anella o cíclics, que anomenem *aromàtiques* perquè confereixen les propietats «oloroses» a les substàncies que les contenen.

Les reaccions de Maillard són molt desitjades als forns de pa; aquestes reaccions no només afecten l'olor i el color dels aliments, sinó que, en canviar l'estructura de la proteïna, també en canvia totes les propietats.

Hi ha productes, com els làctics, en els quals els efectes de les reaccions de Maillard són indesitjables.

La caramel·lització

La caramel·lització té lloc quan s'escalfen sucres sobre un punt de fusió. Els productes de la caramel·lització són furans, furanoses, lactones, pirones, aldehids, cetones, àcids, èsters i pirazines de baix pes molecular o de dobles enllaços conjugats, que absorbeixen llum i donen color. La caramel·lització dels sucres es produeix per mecanismes complexos que no es coneixen gaire bé, però, d'altra banda, també tenen lloc la isomerització i la deshidratació dels glúcids. Es pot accelerar la caramel·lització afegint sals i augmentant la temperatura (Badui, 1999).

Informació addicional sobre els caramels

Les solucions de sucre en aigua tenen temperatures d'ebullició i donen caramels de textures diferents en funció de la seva concentració (taula 2).

Si es prepara una solució d'una concentració determinada, a mesura que l'anem escalfant (eliminant aigua), es passarà d'un tipus de textura a un altre. Per exemple: si estem bullint a 123 °C, tot obtenint caramel tou, i el seguim escalfant, podem arribar als 150 °C per obtenir caramel dur.

Industrialment, s'ha associat el nom *caramel* a una mescla de sucre i de xarop de glucosa. Es prepara amb una cocció de manera que s'obté una massa dolça sense sabor de característiques plàstiques, sempre que es mantingui per sobre dels 60 °C.

Si no conté hidrocol·loides, esdevindrà un producte dur: caramel dur.

Si s'hi incorporen hidrocol·loides, pot esdevenir un caramel tou.

Els caramels contenen ingredients addicionals; per exemple, hi ha caramels durs que contenen àcid cítric, maleic, productes làctics, aromes, color, edulcorants intensius com la sacarina o l'aspartame, etc. Endinsar-se en l'estudi de la seva composició i de la seva preparació constitueix un altre bon context per aprendre'n els processos químics i fisicoquímics implicats.

Conclusions

La valoració del taller per part dels alumnes i dels professors que hi assisteixen és molt positiva. Els alumnes treballen en equip i, a través de fenòmens culinaris, construeixen el coneixement científic bàsic per poder predir i interpretar processos d'osmosi, alhora que adquireixen una idea bàsica de les reaccions químiques que tenen lloc en escalfar a altes temperatures els glúcids i els aminoàcids en presència de glú-

Taula 2. Temperatures d'ebullició i textures de caramels formats amb diverses proporcions d'aigua

	T ebullició	Textura
70 % de sucre (70 g de sucre i 30 g d'aigua)	105	Fil fi
75 % de sucre (75 g de sucre i 25 g d'aigua)	108	Fil gruixut
80 % de sucre (80 g de sucre i 20 g d'aigua)	110	Bola petita
82 % de sucre (82 g de sucre i 18 g d'aigua)	111	Bola forta
84 % de sucre (84 g de sucre i 16 g d'aigua)	113	Bufat
87 % de sucre (70 g de sucre i 30 g d'aigua)	116	Bufat fort
91 % de sucre (91 g de sucre i 9 g d'aigua)	123	Caramel tou
93-94 % de sucre	131	Trencat
96-97 % de sucre	150	Caramel fort

cids, tot reproduint processos habituals a la cuina de casa.

La interacció entre els alumnes de cada grup i entre els grups i la persona que condueix el taller és un aspecte clau per assolir els resultats positius, així com la tasca realitzada a l'aula abans i després de la realització del taller.

Bibliografia

- ALÍCIA; ELBULLITALLER (2006). *Lèxic científic gastronòmic*. Barcelona: Planeta.
- BADUI, S. (1999). *Química de los alimentos*. Mèxic: Alambra México.
- BARHAM, P. (2001). *La cocina y la ciencia*. Saragossa: Acribia.
- BECKETT, S. T. (2002). *La ciencia del chocolate*. Saragossa: Acribia.
- CASSI, D.; BOCCHIA, E. (2005). *La ciencia y los fogones de la cocina molecular italiana*. Gijón: Trea DL.
- FLANDRIN, J.-L.; MONTANARI, M. (1996). *Histoire de l'alimentation*. París: Fayard.
- KOPPMANN, M. (2009). *Manual de gastronomía molecular*. Buenos Aires: Siglo veintiuno editores.
- MANS, C. (2010). *Sferificaciones y macarrones*. Barcelona: Ariel.
- McGEE, H. (2007). *La cocina y los alimentos*. Barcelona: Random House Mondadori.
- PÉREZ CONESA, J. (1998). *Cocinar con una pizca de ciencia*. Múrcia: IJK.
- THIS, H. (1997). *Los secretos de los pucheros*. Saragossa: Acribia.

-(2002). *Tratado elemental de cocina*. Saragossa: Acribia.

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



Pere Castells Esqué

és llicenciat en química. Va ser professor de Física i química a l'IES Molí de la Vila (1980-2005). És coordinador i autor dels llibres de text de Química del batxillerat en català de l'editorial McGraw-Hill. L'any 2003 comença a col·laborar amb l'equip de recerca d'elBullitaller. L'any 2004 es fa responsable del Departament de Recerca Gastronòmica i Científica de la Fundació Alícia. És membre de la Junta de l'ACCA. Col·labora amb la revista *Investigación y Ciencia*. En aquests darrers anys, les seves actuacions en l'àmbit de la ciència i de la cuina han estat encaminades a crear un nou corrent de treball entre científics i cuiners per avançar conjuntament en la investigació gastronòmica i científica. És comissari de l'exposició «Matèria condensada. Cuinar ciència» (Arts Santa Mònica). Col·labora en el curs «Science and cooking» amb la Universitat de Harvard.
A. e.: pere@alicia.cat