



FLAMS

Claudi Mans i Teixidó

Departament d'Enginyeria Química i Metal·lúrgia
Universitat de Barcelona

A la Dra. M. C. amb afecte. Ens explicava que els líquids eren incomprendibles.

QUE NADAL ÉS COM UN FLAM

Cap a finals dels cinquanta els meus pares van anar a veure el Pessebre Vivent d'Engordany, a Andorra, que feia pocs anys que l'Esteve Albert¹, activista cultural, havia iniciat. Era a l'aire lliure, amb un fred que pelava, i en van tornar amb una nadala que no sabien, i que tenia com a tornada «... i neva, i ne-eva i ne-e-va!». Molts anys més tard ens vam adonar que es tractava de la nadala *Pels fills d'Adam i d'Eva*, popular francesa, que aquí va traduir en F. Pujol, i que realment en la tornada diu «i d'Eva, i d'E-eva, i d'E-e-va!». Fonèticament és fàcil derivar de «d'Eva» a «neva», i més si es tracta de l'hivern.

Aquesta nadala s'ha convertit en l'oficial de la nostra família, especialment per una frase que conté:

*El dimoni llança un bram
i encès d'ira es subleva
que a Betlem s'ha encès un flam
que il·lumina els fills d'Adam
i d'Eva, i d'Eva i d'Eva*

...
*Per Nadal alcem el clam
tant si plou com si neva
que Nadal és com un flam
que enarbora als fills d'Adam
i d'Eva, i d'Eva, i d'Eva.*

La lletra és summament culta, amb conceptes importants. Però això de que Nadal sigui com un flam que han encès a Betlem, ens entusiasma. Es deu tractar d'un flam al rom...

Aquesta nadala no és l'únic poema on surten els flams ardents. Llegiu un tros de *La Cançó del Pros Bernart* (1867) de Manuel Milà i Fontanals (Vilafranca del Penedès 1818 - 1884):

*Un matí de bon dia,
al gall cantant
dels monts de ponent puguen
fumera i flam*

Sí, evidentment, estic jugant amb les paraules. Aquests flams dels poemes no són flams, són arcaïsmes per dir el que avui en diem flames.

Mirem els diccionaris. Els termes *flam* –l'aliment–, i el castellà *flan* tenen el mateix origen: deriven del francès *flan*, amb documentació des del s. XIV, i que derivava del terme fràncic² *flado*, que venia de l'alt alemany *flado*, pastís pla. Avui els francesos no fan servir gaire el terme *flan*, prefereixen dir-ne *crème caramel*. Tampoc els alemanys (*pudding*), els anglesos (*egg custard*), o els italians (*budino*). Els flams actu-

als sembla que tenen els orígens cap al s. XVIII. Per cert que, derivat del *flado*, a Morella i a diversos punts de Mallorca fan unes postres amb ous i formatge anomenats *flaons*, tasteu-los. I el flam xinès? Doncs a la Xina fan un producte que, en transcripció fonètica, seria *dan ta*, el *flam xinès*³, un nom tipificat en els llibres de cuina. Però, pel que he llegit, hi suquen peixos bullits, gambes...

Per acabar amb els aspectes etimològics erudits, *Flâm*⁴ és un poblet al fons del fiord d'Aurlands, un braç del Sojnejorden, un dels punts

¹ Dosrius, 1914 - Andorra la Vella, 1995.

² Llengua germànica parlada pels francs a l'Edat Mitjana.

³ Per exemple, *1080 recetas de cocina*, de Simone Ortega, Alianza Editorial, Madrid (1972 1ª ed., nombroses reedicions).

⁴ El noruec té tres lletres que nosaltres no tenim, i que posen al final del seu alfabet. Són les següents: **æ** (en majúscules **Æ**), que sona entre les nostres **a** i **e** tancada; **ø** (**Ø**) que sona entre **o** i **e** tancades; i **å** (**Å**) que sona com la **o** tancada. Flâm es pronuncia, doncs, *Flom*. La **o** noruega es pronuncia com **o** o com **u**, segons les ocasions, com la **o** del català central (lloro jo ho pronuncio *lloru*, i Molló, *Mulló*).

més turístics de Noruega. Qui hi pogués estar ara, i no aquí treballant.

—*Prou de disquisicions, entrem ja en matèria. I en els seus estats.*

ELS ESTATS DE LA MATÈRIA. UNA APROXIMACIÓ QUOTIDIANA

Lector, agafa un flam, aboca'l al plat i mira-te'l intentant esbrinar-ne els secrets. De què es tracta, d'un sòlid o d'un líquid? Bé, aparentment és un sòlid, manté una forma definida. Té, però, una estabilitat precària, quan el mous fa *bloing bloing* i pot desmuntar-se amb certa facilitat, cosa que passa a vegades quan s'enganxa a les parets, o quan s'ha sacsejat amb força el recipient. Als iogurts els passa el mateix, encara més acusat, i també a la crema —la catalana, l'anglesa i la crema pastissera—, sobre tot si tenen poc midó. En canvi, a les *natillas* ja se les podria classificar com a semilíquids. Ja fa temps, a tu i a mi ens van ensenyar que la matèria es presenta en tres estats, sòlid, líquid i gas. Però tot això dels flams, les cremes i els iogurts ens supera l'esquema elemental.

—*Ho recordo bé. A classe de ciències, la primera vegada que ens van parlar dels estats de la matèria ens van posar com a exemple l'aigua, que diuen que veiem habitualment en els tres estats, sòlid en la neu, la calamarsa i els glaçons⁵, líquida en forma d'aigua-aigua, i vapor com el fum blanc que desprenen les olles quan l'aigua bull, o en els núvols.*

I només en aquesta primera afirmació ja hi ha dos errors, o, almenys, un error i una incitació a l'error conceptual. L'error és evident: quan veiem els fums blancs no estem veient aigua en fase vapor, sinó gotetes d'aigua líquida condensada, procedents del vapor, però que no són vapor sinó líquid. El vapor no es veu, el núvol de *vapor* el ve-

iem blanc per la dispersió de la llum quan travessa una matèria particulada, les gotetes. Si realment l'aigua estigués en forma de vapor no el veuríem, les molècules d'aigua són massa petites per dispersar la llum visible. Els operaris de calderes de vapor saben molt bé que una fuita de vapor d'alta temperatura —la que crema de veritat— no és visible a simple vista perquè no arriba a condensar en el punt de la fuita. Els núvols els veiem perquè són gotetes, no vapor. Nosaltres mateixos expel·lim vapor amb la respiració tant a l'estiu com a l'hivern, però només a l'hivern, quan fa fred i condensa, veiem el *vapor* blanc que surt de la boca i del nas.

El segon error és més una inducció a l'error que un error en si. Quan es subratlla que el vapor es desprèn de l'aigua quan bull, no es fa present que sempre, bulli o no, es desprèn vapor d'aigua d'una superfície d'aigua —o del gel— a qualsevol temperatura.

—*Comencem bé, doncs. Amb l'exemple més senzill ja ens n'han colat dos... No ens podem fiar de res.*

A veure si hi posem una mica d'ordre, en tot això dels estats de la matèria. Si mirem al diccionari què diu de diverses substàncies, veurem que la major part de definicions comencen dient quin és el seu estat físic, resumit en sòlid, líquid i gas. I després ho complementen amb el color, l'olor, la duresa, la toxicitat... L'estat físic és un concepte intuïtiu, elemental, i immediat, tot i que, realment, en aquests conceptes tan simples ja hi ha una certa abstracció que val la pena explicitar. Al marge de les definicions —força deplorables, en general— dels diccionaris, tots tenim clar que un sòlid té forma i volum propis, que un líquid pot canviar de forma però no de volum, i s'adapta al recipient, i que un gas no té ni forma ni volum propis, i omple el recipient que el conté. Observem que estem fent la classificació basant-nos en dos criteris: el

	Flueix?	
	SÍ	NO
Es manté el volum?	SÍ	líquid gas
	NO	sòlid —

Taula 1. Una primera classificació dels estats de la matèria.

manteniment o no del **volum**, i l'adaptabilitat al recipient, que depèn de la capacitat de **fluir** de la substància. La taula 1 ho resumeix.

Aquest esquema elemental s'aplica a tot, barreges o substàncies pures. I com tots els esquemes elementals, té limitacions considerables, Citem-ne algunes:

- És destacable que, essent la massa la variable que es manté en les transformacions, aquí sigui el volum el que usem per definir l'estat físic, i més encara quan tant el volum com la fluïdesa depenen de la temperatura.
- No hi ha una frontera definida entre fluir o no —pensem en una maionesa, en la plastilina, en el *Blandi-blub*— i, per tant, la fluïdesa és una qüestió de graus. La **reologia**⁶ és la ciència que mesura i caracteritza les propietats de deformació i flux de les substàncies. Per això, per ser precisos, hauríem de parlar no de fluïdesa, sinó de viscositat, o, en termes més generals, de característiques reològiques. En parlarem en un altre article.
- Aquestes definicions de sòlid, líquid i gas són aplicables a quantitats de substància a escala de l'home; a escales microscòpiques o macroscòpiques aquestes definicions i les conseqüències que se'n deriven perden validesa. Per exemple, els gasos de l'atmosfera no *ocupen tot*

⁵ Malgrat la forma habitual dels glaçons, el gel d'aigua no cristal·litza en el sistema cúbic, sinó en l'hexagonal...

⁶ Del grec *reos*: fluir, brollar.

el recipient perquè no hi ha recipient, es mantenen a la terra per la gravetat, com vàrem tenir ocasió de comentar en un article anterior⁷. O els líquids, que en el punt que toquen el recipient, es corben formant un menisc. O els punts de contacte líquid-gas, que no són un pla matemàtic ben definit —una *interfície*—, sinó tota una zona —una *interfase*— on les propietats entre el líquid i el gas van canviant de forma gradual.

També ens explicaven a classe els canvis d'estat relacionats amb el subministrament o eliminació de calor. D'aquí en sortien els conceptes de fusió i cristallització, vaporització i condensació, i sublimació i desublimació⁸. I ens van dir que els punts de fusió i d'ebullició són característiques específiques de cada substància.

—A la meua classe hi posàvem objeccions. Preguntàvem per què la fusta no es fonia. O com és que la cera⁹ no fonia en un punt donat, sinó que s'anava estovant fins que finalment fonia.

Tots aquests dubtes, i altres de similars, són també limitacions de l'esquema conceptual, limitacions que no ens explicitaven. Ens explicaven l'esquema com una veritat universal, i prou. I aquest és l'error. L'esquema conceptual de sòlid-líquid-gas amb punts de fusió i ebullició ben definits no s'aplica a quasi cap de les substàncies quotidianes amb les que ens topem cada dia, i podria ser que aquest divorci estigui a la base del pensament de molta gent de que una cosa és el que t'expliquen —la *teoria*— i una altra les coses de cada dia, les coses que passen a la *pràctica*.

A mi no em ve a la memòria cap substància que, com l'aigua, ens la trobem en els tres estats clàssics de forma habitual. I tampoc em venen al cap gaires substàncies que les trobem en dos estats en equilibri. L'alcohol sí, el tenim líquid i veiem com s'evapora. Quan escalfem oli

a la paella sembla que a alta temperatura comenci a bullir perquè desprèn vapors, però no, el que fa es descompondre's per la temperatura, i els vapors són components volàtils procedents de la descomposició. Altres líquids quotidians —les begudes amb gas, el vi, la cervesa, els netejadors líquids, els sucus de fruites, els detergents líquids...— normalment no els fem bullir ni els congelem; a més són barrejes. La mantega o la margarina veiem com es fonen, però no tenen tampoc una fusió clara, passen per una situació pastosa. En altres casos, com amb l'aigua oxigenada, a part que és una dissolució, hi ha canvis químics que no ens deixen veure bé els canvis d'estat. No, no és fàcil usar exemples quotidians.

De molts cossos no és possible decidir si es tracta d'un sòlid o d'un líquid, perquè les definicions basades en propietats observables són ambigües. Entre aquestes substàncies de difícil classificació hi ha la major part de substàncies i matèries que ens trobem en la nostra vida quotidiana: la major part d'aliments procedents de la biosfera, moltes de les substàncies de neteja i d'higiene personal, la major part d'aliments preparats, etc., etc.

—Tot plegat és força complicat.

Doncs encara ho complicarem més. Quasi totes aquestes substàncies de difícil classificació que hem enumerat, són **barreges**, i moltes són barrejes molt complexes. I quan més complexa és la barreja, tant més complexes poden ser les propietats.

Jo crec que per agafar una idea ordenada de les característiques de les substàncies cal classificar-les amb criteris senzills i clars, el màxim d'objectius. Per a mi, el més simple és fer la classificació de les substàncies observant-ne el **grau d'heterogeneïtat** que mostren. Amb tres preguntes en tindrem prou per classificar totes —quasi totes— les substàncies:

1. La substància, vista a simple vista, ¿és heterogènia?
 - Si la resposta és que no, es tracta d'una substància homogènia a simple vista, i passem a la pregunta següent.
 - Si la resposta és que sí, es tracta d'una barreja, i per procediments mecànics podem separar-ne els components fins a tenir substàncies homogènies a simple vista.
2. La substància homogènia a simple vista, si la miréssim amb un microscopi, ¿seria heterogènia?
 - Si la resposta és que no, es tracta evidentment d'una substància homogènia al microscopi, i passem a la pregunta següent.
 - Si la resposta és que sí, que és heterogènia, es tracta d'una barreja. Per exemple, si és un sòlid metàl·lic, es tractarà probablement d'un **aliatge**. Si és una substància pastosa o translúcida, serà un **sistema dispers**, en parlem després. En tots dos casos, hi haurà procediments més o menys costosos de separació dels components de la barreja, sempre per procediments que no canviaran la composició de cap dels components.

⁷ L'article és: *Satisfan els grups de degans la distribució de Maxwell-Boltzmann?*, NPQ 408/2002, 10-13.

⁸ Aquests canvis d'estat s'anomenen *transicions de primer ordre*, que es caracteritzen per canvis bruscos de volum (i d'entropia). Hi ha un altre conjunt de canvis estructurals denominats *transicions de segon ordre* (superconductivitat, ferromagnetisme, superfluïdesa) que no corresponen a una lliçó d'estar per casa, hauríem d'explicar-ho a l'aula.

⁹ Al meu col·legi anàvem a moltes processons, i el tema de la cera el teníem molt per la mà, i, ai, pels vestits també.

3. La substància homogènia al microscopi, ¿pot ser separada en components mitjançant procediments que no involucrin reaccions químiques?

- Si la resposta és que no, es tracta d'una substància pura o espècie química.
- Si la resposta és que sí, es tracta d'una dissolució o d'una microemulsió.

—*Alto les atxes!*¹⁰. Estàs fent trampa!

Tens raó, trepitgem terreny delicat. Sóc conscient que aquesta darrera pregunta és gairebé una petició de principi. Efectivament, ¿com es defineix una substància pura o espècie química? És aquella que no pot ser dividida en les seves parts constituents si no és per reaccions químiques. Però, ¿què és una reacció química? Amb els conceptes que hem introduït fins ara, una reacció química és aquell procés que transforma unes espècies químiques en altres. Estem en un argument quasi-circular.

—*Doncs sí que anem bé...*

Bé, hi ha una escapatorià, una argúcia que ens salva. Considerem la destil·lació, per exemple. Barregem benzè i toluè i destil·lem-ho. Veiem que tornem a obtenir benzè i toluè separats. La destil·lació, doncs, no canvia la naturalesa química de les substàncies, no involucra reaccions químiques. Mai? Bé, alguna vegada sí. La calor pot descompondre substàncies. Però en destil·lació això s'observa relativament poc. Per tant, la destil·lació és, en termes generals, una operació física. Allò que es pot separar en components mitjançant una destil·lació, probablement es tracta d'una barreja.

—*Però, podem estar-ne segurs del tot?*

Del tot, no. Podríem imaginar que al barrejar benzè i toluè reacci-

onen entre si donant una substància nova, i després al destil·lar la barreja la descomposem pel calor. Però podem fer l'experiment per a qualsevol proporció de benzè i toluè, i en tots els casos obtenim els components originals. Seria molt improbable que sempre i en totes proporcions formessin compostos químics. A més, hi ha altres maneres de separar barreges de benzè i toluè, i per tant és gairebé segur que no formen cap compost, sempre es tracta d'una barreja. El mateix podem dir de la cristallització, de l'extracció líquid-líquid, de moltes operacions unitàries físiques (que són físiques precisament perquè no involucren reaccions químiques...).

En termes generals, doncs, podem afirmar que si una determinada substància es separa en components usant alguna de les operacions de separació físiques, molt probablement es tracta d'una barreja. Aquest tercer criteri l'hem d'usar amb peus de plom, però podem usar-lo. Però hauríem de millorar-ho.

ELS ESTATS DE LA MATÈRIA. UNA APROXIMACIÓ ATÒMICO-MOLECULAR

Arribats a aquest punt, crec que hem de canviar de punt de vista. No podem seguir amb la via d'aproximació experimental elemental, hem d'atacar el problema des de dins, des dels àtoms. Hem de fiarnos del que ens diuen els científics, que són entesos en la matèria, i que han estudiat la matèria i els seus components. I ens han explicat que hi ha àtoms, molècules, ions agrupats en cel·les unitàries, etc. I que aquestes partícules —diem-ne partícules, per entendre'ns— s'estructuren, segons la seva naturalesa i les condicions de l'entorn, en diverses disposicions formant enllaços interatòmics i intermoleculars.

Els científics fan servir també dos criteris per classificar les substàncies. Des del punt de vista de l'es-

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

Taula 2. Els estats de la matèria en perspectiva estructural.

tructura atòmico-molecular distingeixen tres grans grups de substàncies, segons el **grau d'ordenació** de les seves partícules:

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

L'altre criteri és el **grau de capacitat** de la matèria, és a dir, fins a quin punt estan properes les partícules entre si. Segons aquest criteri distingeixen entre **matèria condensada** i **matèria no condensada**, sempre referint-nos a les substàncies ordinàries que trobem a la Terra. Si miréssim densitats galàctiques ens trobaríem amb estrelles nanes blanques que tenen densitats de moltes tones per mil·lilitre. Això sí que és matèria condensada i no la llet condensada, que n'hi diuen *condensada* però volen dir *concentrada*.

La classificació de les substàncies pures usant criteris moleculars,

¹⁰ Parlant de cera, una *atxa* —en castellà, una *hacha*— és un ciri de dimensions considerables, quadrangular i de quatre blens que porten certs participants caracteritzats de les processons. Solen anar al davant dels *passos* o *misteris*. Les ordres «*Alto les atxes!*» i «*Endavant les atxes!*» les dona el responsable de marcar el ritme de la processó.

	FASE CONTÍNUA		
	gas	líquid	sòlid
FASE DISPERSA gas	GAS	GAS/LÍQUID escuma	GAS/SÒLID escuma sòlida
líquid	LÍQUID/GAS aerosol, boira	LÍQUID/LÍQUID emulsió	LÍQUID/SÒLID fang, llot
sòlid	SÒLID/GAS fum	SÒLID/LÍQUID suspensió	SÒLID/SÒLID aliatge

Taula 3. Classificació dels sistemes dispersos segons Ostwald.

basats en el grau d'ordenació i en el grau de condensació de la matèria és la de la taula 2.

També, com en el cas de la taula 1, podem constatar que aquestes propietats no són només de sí o no, sinó que admeten una certa gradació. En el cas del grau de condensació, en sentit estricte hi ha una continuïtat entre un gas i un líquid, si bé és poc habitual observar-ho, jo no ho he vist mai.

Obro parèntesi. Expliquem-ho breument, això anterior. Imaginem l'aigua i el vapor d'aigua: són ben diferents. Però a mida que n'augmentem la temperatura i la pressió, el vapor es va densificant, molt més ràpidament que el líquid, i a unes condicions de 220 atmosferes i 374 °C les densitats del vapor d'aigua i de l'aigua líquida coincideixen: no es pot distingir visualment si allà tenim un líquid o un gas. D'aquest punt se'n diu **punt crític**, i és de gran interès científic i tècnic. Sembla una cosa rara, però ja hi ha força processos dissenyats per treballar en condicions supercrítiques: el CO₂ en condicions supercrítiques extreu molt bé perquè és un fluid molt poc viscos; l'etilè que va de Tarragona a Martorell per canonada seguint l'autopista circula també en condicions supercrítiques. Un dia n'hauríem de parlar més. Tanco parèntesi.

—Tanca, tanca el parèntesi i no et desviïs, que estaves intentant millorar-ho i el que fas és complicar-ho...

Tens raó, tornem. L'esquema de la taula 2, com el de la taula 1, és

general, per a tot tipus de substàncies, barrejes o no. Però val la pena fer-hi alguns comentaris. Pel que fa als gasos, tot és clar. Cap ordre, partícules a gran distància entre elles, poca interacció. Això val per a gasos purs i també per a barrejes de gasos. Només a alta pressió i baixa temperatura es desvien del comportament ideal.

La major part de les substàncies de pes molecular baix i de menys de 20 àtoms en la seva molècula es presenten, normalment, en els tres estats clàssics de la matèria: sòlid, líquid i gas. El sòlid serà un sòlid cristal·lí dels de la taula 2. El líquid serà un líquid típic, i bullirà passant a vapor. Hi ha, no obstant, excepcions.

Les altres substàncies pures de pes molecular més elevat tenen estructures que poden ser més complexes. Per exemple, certes substàncies orgàniques s'estructuren en forma del que s'anomena **cristalls líquids**—cristalls, perquè estan parcialment ordenats; líquids, perquè tenen una certa fluïdesa—. Són les **mesofases** de la taula 2.

Els polímers típics, els plàstics, les fibres, són barrejes de moltes cadenes polimèriques de diferent nombre de monòmers, a vegades amb diferents conformacions espacials, i per tant es comportaran com a substàncies d'ordre intermedi. Podríem dir que són formades per un conjunt desordenat de porcions ordenades, com si fos una pila desordenada de llibres: cada llibre té una ordenació, però el conjunt no té ordre, o en té poc. En canvi, els

vidres típics són, estructuralment parlant, líquids subrefredats o sòlids amorfs, amb molt poca o gens estructura interna. Es comporten com a sòlids, però de fet són líquids d'enorme viscositat¹¹.

Fins ara estem parlant només de substàncies pures, si parlant de polímers podem parlar de substàncies *pures* quan de fet són barrejes de cadenes de la mateixa composició quantitativa però de diferent llargària. Si ara considerem les barrejes, podem imaginar que poden estructurar-se en formes molt variades i de molts nivells de complexitat, que aniran des de les simples dissolucions fins a tot tipus de sistemes dispersos. I, com sol passar a la vida quotidiana, els sistemes dispersos, que són les barrejes més complicades, són les més abundoses.

Un **sistema dispers** és, en termes generals, una barreja en què hi ha una fase contínua normalment líquida, aquosa o oliosa, i una altra fase, oliosa o aquosa, o sòlida o gasosa dispersa en la primera en forma de gotetes, de partícules o de bombolletes. Són sistemes dispersos totes les emulsions, suspensions, aerosols, fums, etc. En Wilhelm Ostwald, cap el 1920 va fer una classificació que segueix essent actual, reproduïda a la taula 3, en que, usant els tres conceptes elementals sòlid-líquid-gas, introdueix tots els tipus principals de sistemes dispersos¹².

Però jo el que vull és parlar dels flams...

¹¹ Hi ha una afirmació—una llegenda urbana— que diu que els vidres de les vidrieres de l'Edat Mitjana han fluït una mica i que per això es pot detectar que els vidres són una mica més gruixuts a les parts baixes que a les més altes. Sembla que no és cert, que el vidre tardaria milions d'anys a fluir de manera perceptible.

¹² Més recentment s'han preparat sistemes dispersos nous: microemulsions, nano-emulsions, liposomes, vesícules... Ja en parlarem un dia.

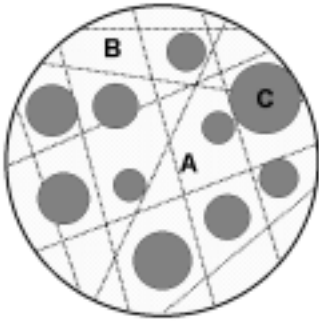


Figura 1. Estructura esquemàtica d'un flam. A: cadenes de proteïna. B: fase continua aquosa. C: fase dispersa greixosa.

EL FLAM, UN SISTEMA DISPERS

De què és fet un flam? De rovell d'ou, sucre, llet, aromes... I químicament?

- Un rovell d'ou és constituït per un 49 % d'aigua, un 17 % de proteïnes, i un 32 % de greixos (lecitina, colesterol, triglicèrids) amb un 2 % d'hidrats de carboni i minerals, i vitamines A, B, D, E i K. Aquests components, immiscibles entre si, constitueixen ja un sistema dispers, una fase contínua aquosa amb proteïnes i sucres que té dispers en la seva massa els greixos en forma de petites gotetes emulsionades.
- El sucre és, òbviament, sacaroza, una de les substàncies d'ús massiu més pures que trobem a la indústria.
- La llet és un altre sistema dispers, composta en promig per un 87 % d'aigua, un 4 % de greixos, i un 9 % de sòlids lactis, dels que un 3 % són proteïnes (principalment caseïna), un 5 % sucres (lactosa) i la resta sals minerals, enzims, àcids i vitamines. Estructuralment és una emulsió on la fase contínua és la dissolució aquosa de l'aigua amb els sucres, algunes proteïnes solubles, les sals i certes vitamines, i amb les gotetes de greixos disperses en la massa aquosa, formant el que se'n diu una **emulsió oli-en-aigua**, abreujadament **o/w**. A

més, la fase aquosa és una suspensió col·loïdal de micel·les de les proteïnes. Aquestes micel·les són molt més petites que les gotetes de greix.

Per fer el flam ho barregem tot. Tindrem una substància de consistència líquida viscosa, que estructuralment serà una emulsió o/w. L'oli: són les gotetes de greix de la llet i del rovell d'ou. La fase aquosa, que és la fase contínua, és la suspensió aquosa de micel·les de proteïnes, que té els sucres dissolts, els de la pròpia llet i el sucre que hem afegit.

Ho escalfem tot al bany maria o al forn, a una temperatura superior a la de desnaturalització de la proteïna, que per a les proteïnes de l'ou és de uns 66 °C. Les proteïnes estan enrotllades en una estructura complicada típica, i la calor o els àcids fan que es desenrotllin. Llavors les molècules de proteïna s'estructuren formant una xarxa tridimensional. Això és la desnaturalització de les proteïnes, un procés irreversible que genera el que es coneix com a **gel**. L'estructura tridimensional és com una esponja, com la clara d'un ou dur. Aquesta estructura reté la dissolució aquosa ensucrada, que al seu torn conté les gotetes de greix disperses en la solució aquosa.

En resum, el flam és una estructura complexa formada per: una fase contínua sòlida, constituïda per la proteïna coagulada (les fibres indicades amb **A** de la figura 1); una altra fase contínua líquida, constituïda per una dissolució aquosa de sucres (indicat amb **B** en la figura); i una fase dispersa formada per les gotetes dels greixos del rovell d'ou i de la llet, als que no els ha passat quasi res (indicat amb **C**). Tot això a simple vista no ho veiem, però amb un microscopi veuríem les gotetes de greix. Les cadenes de proteïna no, són massa fines, però capaces de retenir la fase contínua líquida. Una mica de líquid se n'escapa sempre, fent aquell su-

quet que, en els iogurts, a molta gent li fa fàstic. Aquest despreniment de líquid es diu **sinèresi** i es pot frenar amb additius com els carragenats, dels que parlarem més endavant.

Els llibres de cuina de casa no es posen d'acord sobre les temperatures i temps de cocció dels flams. He vist receptes de l'Ignasi Domènech (*La Teca*) i de la Dolors Domènech (*Cuina Catalana d'avui*) que fan els flams al bany maria durant 30 minuts i sobre tot que no bulli l'aigua; però la Simone Ortega (*1080 recetas de cocina*) també ho fa al bany maria, 20 minuts tapat i 15 minuts destapat, amb aigua bullint. La Glòria Baliu (*Cocina rápida para la mujer que trabaja*) ho fa al bany maria durant 35 minuts, no diu si bullint l'aigua o no. Però és que el llibre d'instruccions del microones diu que es pot fer flam al microones amb un temps de cocció de 13 minuts. I inclús en José Ma. Busca i un llibre d'autor anònim de l'editorial De Vecchi proposen fer flam amb l'olla a pressió, al bany maria també i durant només 10 minuts. És a dir, que ens trobem amb autors que sobre tot l'aigua no bulli, i en canvi d'altres en que l'aigua no només bull, sinó que ho fa a més de 110 °C. I tots els flams deuen sortir bons... Aquest seria un tema de recerca interessant, la relació entre l'estructura, la cinètica de la coagulació de les proteïnes i les característiques organolèptiques del flam.

¹³ Els carragenats són derivats del *carrageen*, paraula irlandesa que designa uns mucíl·lacs aquosos col·loïdals obtinguts d'algues vermelles dels gèneres *Chondrus* o *Eucheuma*, denominades en anglès *Irish moss*, molsa d'Irlanda. Els carragenats o carragenina són polisacàrids lineals de pes molecular de fins a 500000 Dalton formats per unitats de galactosa i 3,6 anhidrogalactosa, que poden ser sulfatats fins a un 40 % en pes d'ions sulfat. Una sola indústria en fa dotzenes de tipus diferents, cada un d'ells apropiat per a ser addicionat a un tipus d'aliment preparat.

Els flams *de polvos*, flams, flams no ho són. Els *polvos* de flam **Royal** (figura 2 dreta) són sucre, estabilitzant (E-407, que són carragenats¹³), aromes, sal i colorants (E-102 tartracina, E-110 groc taronja S, i E-124 Ponceau 4R). La llet l'hi ha de posar l'usuari. I el flam xinès **Mandarín** és encara més simple (figura 2 esquerra). Els *polvos* són simplement midó de blat de moro, carragenats, espessidor (E-410, farina garrofi), sal, vainilla i colorants E-102 i E-110. En aquest darrer flam el consumidor hi ha d'afegir la llet i el sucre; si seguim per aquest camí hi haurà envasos en que només hi haurà la recepta, sense producte dins. De fet, aquests productes proporcionen uns flams amb poca estructura proteínica gelificada i amb pocs greixos, només els procedents de la llet. La textura la donen bàsicament les farines i el carragenats, que engloben la fase aquosa ensucrada, que conté emulsionats els greixos dispersos procedents de la llet. Les mateixes tres fases que en un flam genuí, però de composició diferent. La textura diferent ve donada per la diferent proporció de components gelificants o espessidors.

...

Els sistemes dispersos són barreges més o menys complexes, i tenen unes propietats derivades de les estructures que les componen. El flam és una estructura gelificada, i per tant amb una component elàstica. Però l'estructura és molt dèbil i es pot derruir fàcilment amb una mica d'esforç. Comportament parcialment de sòlid elàstic quan se'l sotmet a un petit esforç, però que mostra un comportament fluid si l'esforç és una mica més gran i més perllongat. Típic comportament viscoelàstic, ni sòlid ni líquid. O tots dos alhora.

Altres barreges tindran altres tipus de comportaments. Els iogurts i els iogurts batuts són aproximadament la mateixa substància, però en els iogurts batuts hem trencat

la mínima estructura de gel que tenia el iogurt original. Les salses maoneses i la llet són emulsions en que la fase externa és aquosa, i el greix és dispers en forma de gotetes. Però la proporció de greix que hi ha en cada cas és molt diferent. En la llet n'hi ha un petit percentatge, i per tant la llet es comporta des del punt de vista de la viscositat com l'aigua, flueix fàcilment. En canvi, en la maonesa hi ha disperses tantes gotetes de greix, tan petites i tan enganxades a l'aigua, que la matriu d'aigua en la que estan disperses no manifesta les propietats d'aigua. La maonesa es comporta com a gairebé sòlid –aguanta ben tesa la mà de morter amb la que l'hem preparat, i si aboquem el morter no cau– però amb un petit esforç la fem lliscar sobre el menjar.

Hem avançat força des de l'esquema elemental sòlid-líquid-gas. Veiem que els sistemes complexos, i especialment les barreges, presenten comportaments que cal que siguin explicats des de coneixements més sofisticats. Cal tenir idees i esquemes conceptuals ben sòlids per poder explicar els fenòmens quotidians de forma fluïda...



Figura 2. Etiquetes dels flams Mandarín (esquerra) i Royal (dreta).

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, José Miguel; Stanley, David W. (1999). *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering* (2^a ed), Aspen Publishing Co. Gaithersburg, Md, USA. 432 pàg.
- Albaladejo, Eulàlia (1993). *La química de la cocina*, Ed. La Magrana, Barcelona. 150 pàg.
- Cobb, Vicki (1972). *Experimentos científicos que se pueden comer*, Ed. Adara, La Corunya, 148 pàg.
- Guinier, André (1980). *La structure de la matière: du ciel bleu à la matière plastique*, Hachette-CNRS, Paris.
- Herberts, Don (1980). *Mr. Wizard's supermarket science*, Random House, New York. 96 pàg.
- Solsona, Núria (2002). *La química de la cocina*, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Madrid. 95 pàg.
- This, Hervé (1993). *Les secrets de la casserole*, Ed. Belin, Paris. 221 pàg. Hi ha trad. castellana. 🌐