

# TECNOLOGIA D'ELABORACIÓ DE FORMATGES



Foto: Formatge de cabra de coagulació enzimàtica. Autora: Roser Romero del Castillo Shelly.

## 01 Introducció

Si ens fem la pregunta sobre què és exactament un formatge, podem dir que és una manera de conservar la llet, que des de sempre s'ha considerat un aliment valuós; de fet, els formatges són un dels aliments més antics i això ha comportat que al llarg dels anys la tecnologia s'hagi anat sofisticant i adaptant als diferents ambients. Un formatge és el resultat de la confluència de tres factors: la matèria primera (la llet), la tecnologia (l'acció humana) i l'ambient (T°, humitat i microorganismes). El resultat, després de milers d'anys d'experimentació i consolidació, és un producte d'alt nivell nutritiu i gastronòmic que presenta centenars de variants.

La definició de formatge de la legislació espanyola és un pèl envessada i diu, textualment, que:

“S'entén per formatge el producte fresc o madurat, sòlid o semisòlid, obtingut per separació del sèrum després de la coagulació de la llet natural, de la desnatada total o parcialment, de la nata, del sèrum d'elaborar mantega o d'una barreja d'alguns o de tots aquests productes per l'acció del quall o altres coagulants apropiats, amb o sense hidròlisi prèvia de la lactosa. Tanmateix, s'entén per formatge el que s'ha aconseguit mitjançant tècniques d'elaboració que compreguin la coagulació de la llet i/o matèries obtingudes de la llet i que donin un producte final que posseeixi les mateixes característiques del producte definit anteriorment i sempre que la relació entre la caseïna i les proteïnes sèriques sigui igual o superior a la de la llet”.

(RD 1113/2006, 29 de setembre, BOE nº 239 de 6 d'octubre de 2006).

D'aquesta definició, els dos aspectes més importants i que són el fonament de la definició del producte són quan diu que és un “*producte obtingut per separació del sèrum després de la coagulació de la llet*” i que *la relació entre la caseïna i les proteïnes sèriques ha de ser igual o superior a la de la llet*”. El primer aspecte es refereix al fet que l'elaboració de formatge és fonamentalment coagular la caseïna i eliminar part de l'aigua de la llet, amb les substàncies que porta dissoltes, cosa que comporta la concentració de la proteïna i el greix de la llet. El segon es refereix al fet que la proteïna predominant ha de ser la caseïna, proteïna majoritària de la llet, és a dir, que un formatge només es pot fer a partir de llet.

## 02 Operacions de la fabricació de formatges

A la figura 1 es poden veure les etapes ordenades (diagrama de flux) de l'elaboració de formatges. Cada etapa es pot realitzar de diverses maneres, les diferents combinacions de les diferents variables donen lloc a la multitud de formatges existents. En els apartats següents s'expliquen les diferents operacions

### 03 Preparació de la llet

En l'entorn de la Unió Europea, la llet per elaborar formatges pot ser de vaca, cabra, ovella o búfala.

L'ideal és treballar amb llet crua, és a dir, que no hagi patit cap tractament tèrmic, però per raons higièniques sovint s'utilitza llet pasteuritzada.

La llet crua conté els microorganismes de la llet adaptats a l'ambient concret de procedència de la llet; aquests microorganismes intervindran en els processos de la maduració que es veuran més endavant, conferint al formatge complexitat i singularitat en relació als de llet pasteuritzada. A més a més, té les proteïnes i minerals de la forma més adequada perquè la coagulació i els processos posteriors es desenvolupin correctament per donar un formatge amb bona textura.

De tota manera, per treballar amb llet crua s'ha de controlar molt bé la procedència de la llet i extreure la higiene, per això sovint la llet es pasteuritza. Si el formatge es madura posteriorment, el tractament tèrmic ha de ser al més baix possible (71-72°C durant 20-15 minuts) per no fer malbé les caseïnes, perdre el menys calci possible i que es desnaturalitzi la mínima quantitat de proteïnes solubles. Això últim és degut al fet que les proteïnes solubles (minoritàries a la llet) no es transformen bé durant la maduració. En canvi, si volem fer un formatge fresc de llet pasteuritzada va bé fer el tractament tèrmic més alt, de l'ordre de 80-85°C durant uns minuts; d'aquesta manera s'higienitza més la llet i precipiten les proteïnes solubles que donaran més rendiment i millor textura al formatge. També es pot fer un tractament tèrmic intermedi amb l'objectiu d'higienitzar la llet tocant el menys possible les proteïnes: és la termització, un tractament d'entre 57 i 68°C uns 15 segons; s'ha de tenir en compte que aquest tractament no garanteix la destrucció de patògens com sí que ho fa el tractament de pasteurització.

Altres tractaments previs de la llet poden ser el desnatat o l'enriquiment amb nata, però usualment en formatgeria artesana es treballa amb la llet tal qual. Una altra pràctica utilitzada en formatgeria és que abans de coagular la llet en l'elaboració de formatges curats, s'hi afegeixin bacteris làctics (ferments) perquè comencin el procés d'acidificació que ajudarà a la coagulació i a la posterior maduració dels formatges; d'aquesta pràctica, se'n diu *maduració de la llet*.

### 04 La coagulació

La llet per elaborar formatges es pot coagular bàsicament de dues maneres: amb enzims (quall) o per acidificació (bacteris làctics). Hi ha una tercera manera que molts autors anomenen 'coagulació mixta', que de fet és una combinació de les altres dues. La manera com s'hagi coagulat la llet per fer el formatge condicionarà el tipus de formatge a elaborar. Explicarem breument en què consisteixen cadascun dels dos sistemes.

#### 04.01 La coagulació enzimàtica

Tradicionalment, la coagulació enzimàtica de la llet es realitza amb el quall. El quall és un extracte del quart estómac (quall) dels remugants lactants; aquest extracte conté l'enzim específic per digerir la llet: la quimosina. En funció de l'edat de l'animal, en l'estómac anirà disminuint la quantitat de quimosina que serà substituïda per pepsines, un grup d'enzims més inespecífics per digerir tot tipus de proteïnes.

Abans d'explicar el mecanisme pel qual la quimosina coagula la llet, s'ha d'explicar com estan estructurades les caseïnes (proteïna majoritària) de la llet. Les caseïnes són un grup heterogeni de proteïnes que a la llet es troben agrupades en unes unitats anomenades micel·les de caseïna; aquestes micel·les es troben en una fina dispersió a la llet, i aquesta dispersió és estable perquè les micel·les tenen càrrega elèctrica negativa (es repel·leixen entre elles), i lliguen molta aigua, és a dir, s'envolten d'un coixí de molècules d'aigua que les manté separades unes de les altres. D'altra banda, una part del calci de la llet es troba a l'interior de la micel·la: és l'anomenat calci micel·lar, lligat a les caseïnes que es situen dins de la micel·la.

Quan s'afegeix la quimosina (o altres enzims semblants), el que fa és hidrolitzar la caseïna de la perifèria de la micel·la, de manera que una part d'aquesta caseïna passa a la part aquosa de la llet, quedant la resta de la micel·la desprotegida perquè ha perdut part de la càrrega elèctrica i de

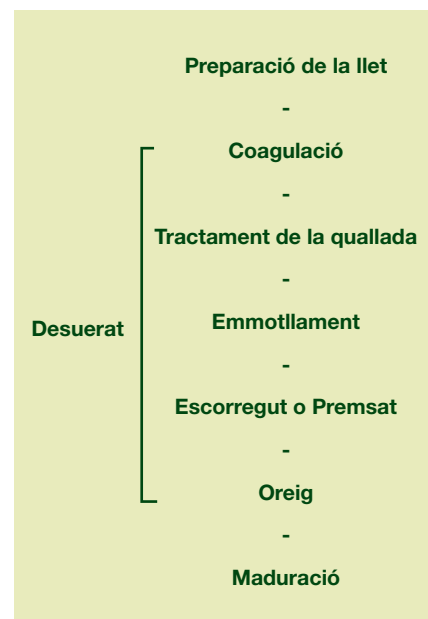


Figura 1. Diagrama de flux de la elaboració de formatges.



Un formatge és el resultat de la confluència de tres factors: la matèria primera (la llet), la tecnologia (l'acció humana) i l'ambient (temperatura, humitat i microorganismes).



La llet per elaborar formatges es pot coagular bàsicament de dues maneres: amb enzims (quall) o per acidificació (bacteris làctics).



Foto: Formatge Garrotxa. Autora: Roser Romero del Castillo Shelly.

l'aigua lligada a la micel·la; les caseïnes que es situen a l'interior de la micel·la reaccionen amb el calci soluble de la llet (el de la fracció aquosa) i es lliguen entre elles formant una xarxa de proteïna i calci que engloba a l'aigua de la llet amb totes els seus soluts i al greix.

El coàgul enzimàtic obtingut és ferm a causa del calci i donarà formatges consistents com el Maó, el Manxec, el Roncal o la Tetilla.

El mecanisme de coagulació de la llet amb herbacol (*Cynara cardunculus*), és el mateix que el que s'explica per a la quimosina, ja que els estams de la flor del card contenen uns enzims semblants però més hidrolítics (trenquen més la caseïna), per la qual cosa donen una mica menys de rendiment, ja que més trossos de proteïna van a parar al xerigot (o sèrum). Els enzims de l'herbacol intervenen posteriorment a la maduració del formatge digerint més la proteïna; un exemple són les tortes del Casar o la Serena, que són quasi líquides per aquest treball dels enzims de l'herbacol que s'utilitza per coagular-les.



**Formatges catalans emblemàtics madurats de coagulació àcida són el Serrat Gros d'Ossera o el Baridà de Bar.**

#### 04.02 La coagulació làctica

En aquest cas, els agents de la coagulació són els bacteris làctics que es sembren a la llet i utilitzen la lactosa (el sucre de la llet) per obtenir energia i la transformen en àcid làctic; aquest àcid a la llet està parcialment dissociat, de manera que es van produint protons que tenen càrrega elèctrica positiva, aquests protons van neutralitzant les càrregues negatives de les micel·les de caseïna fins que estan totes neutralitzades, i això succeeix quan el pH és de 4,6 (punt isoelèctric de les caseïnes); en aquest punt perden l'estabilitat i s'enganxen entre elles, però no a través del calci que a aquest pH és totalment soluble, sinó a través d'enllaços químics febles que donen un coàgul tou i fràgil: és la consistència d'un iogurt, amb la diferència que el iogurt conté tota l'aigua de la llet i en l'elaboració de formatge s'elimina una part de l'aigua.

Bé, això és la teoria; a la pràctica, no s'elaboren formatges només de coagulació àcida, sinó que sempre s'afegeix una mica de quall per donar-hi consistència, ja que sinó és molt difícil fer el desuerat del coàgul. Exemples de formatges de coagulació àcida són els d'untar (tipo 'philadelphia'), el rulo de cabra o el quark. Formatges catalans emblemàtics madurats de coagulació àcida són el Serrat Gros d'Ossera o el Baridà de Bar, ambdós del Pirineu, i de llet de cabra a la qual li va molt bé aquesta tecnologia.

No explicarem aquí les condicions de cadascun dels dos tipus de coagulació o de coagulacions mixtes al cinquanta per cent, com serien alguns

formatges de pasta tova com el camembert, perquè farien aquest article massa llarg.

#### 05 Tractaments de la quallada

##### 05.01 Quallades enzimàtiques

Un cop obtinguda la quallada enzimàtica, s'ha de procedir a realitzar una sèrie d'operacions per desuerar-la. Hi ha dues operacions necessàries: una és tallar la quallada en cubs regulars de grandària variable en funció de si volem desuerar poc (grandària de gra de fava per formatge fresc, mató) o molt (grandària de gra d'arròs per formatge maó o manxec), l'objectiu és augmentar la superfície d'exudació de líquid. L'altra operació necessària és remenar amb cura la sopa de daus de quallada i xerigot que va sortint per ajudar a la sortida del líquid. Durant tot el procés és molt important mantenir la temperatura de coagulació (al voltant dels 32-35°C) per afavorir-ne el desuerat.

Altres operacions que es fan a la quallada i que depenen del tipus de formatge que volem fer són, escalfar el conjunt de daus i xerigot uns 10-15°C per sobre de la temperatura de coagulació, aquesta operació comporta un desuerat més intens i un canvi en la textura del formatge.

Els formatges que s'obtenen són els anomenats de pasta cuita, exemples com per exemple l'Emmental o el Gruyère suís.

L'altra operació opcional és rentar la quallada, que consisteix en eliminar part del xerigot quan

ja s'ha tallat la quallada i substituir-lo per aigua: l'objectiu és eliminar lactosa de manera que els bacteris es desenvolupin més lentament, i s'obtenen formatges de gust més suau.

#### 05.02 Quallades àcides

Aquesta quallada és porosa, desuera espontàniament, i, com que és molt fràgil, es posa directament en els motlles amb cura i es deixa escórrer.

### 06 Emmotllament, premsat i salat

En català, la paraula formatge ve de forma igual que en altres idiomes ('formaggio' en italià o 'fromage' en francès), perquè a la quallada desuorada se li dóna forma. Cada formatge té la seva forma característica que es la seva targeta de presentació. A més a més, la forma influeix en el procés de maduració. Per donar la forma als formatges es posen en motlles; actualment són de plàstic foradat, fàcils de netejar i manipular, però segueixen imitant els materials antics com la trena d'espart (manxec) o la cassoleta de fusta (tronxon).

Un cop posats els formatges en els motlles, o bé s'escorren, cas dels formatges frescos o les quallades àcides, o bé es premsen, cas dels formatges madurats de coagulació enzimàtica, més o menys intensament en funció del tipus de formatge.

La majoria de formatges són salats, ja que la sal, a més a més de donar gust, en els formatges madurats regula l'activitat enzimàtica i microbiàna. El salat es fa a mà amb sal seca (formatges frescos molt tous o quallades àcides) o bé colgant-los en salmorra durant unes hores (formatges madurats de coagulació enzimàtica).

En aquest punt els formatges frescos ja estan llestos per al consum.

### 07 Oreig i maduració

Un cop salats, els formatges que es maduren es deixen assecant en un lloc ventilat, perquè es comenci a formar la crosta. L'oreig pot durar



**Cada formatge té la seva forma característica, que és la seva targeta de presentació.**

unes hores o uns dies en funció del tipus de formatge. Llavors ja està llest per entrar en la cambra de maduració.

La maduració dels formatges s'ha de fer en cambres a temperatures d'entre 8 i 14°C i HR entre el 85 i 95%. Condicions necessàries per al treball dels agents de la maduració, que són els enzims i els microorganismes.



Foto: Formatges de cabra de coagulació àcida. Autora: Roser Romero del Castillo Shelly.



**El resultat de la maduració del formatge és la transformació de la textura, l'augment de la intensitat del gust i de l'aroma, és a dir, la consecució d'un producte complex, valuós nutritivament i sensorial.**

Durant la maduració la quallada pateix una severa transformació, principalment de la proteïna. El greix es transforma en menor mesura en la majoria de formatges. Un exemple de formatges amb lipòlisi elevada són els formatges blaus, la transformació del greix dóna gust i aroma forts als formatges.

Els enzims que intervenen poden ser nadius de la llet, cas de la plasmina o de la lipasa de la llet, dels microorganismes propis de la llet, dels microorganismes afegits amb el cultiu iniciador, dels microorganismes de l'ambient que recull el formatge durant el procés d'elaboració i els del quall utilitzat. Durant aquest procés de transformació de la proteïna principalment, però també del greix, del citrat i altres components minoritaris de la llet es formen moltes molècules com pèptids petits, aminoàcids, àcids grassos de cadena curta i compostos aromàtics.

En funció de la composició de la quallada obtinguda per elaborar el formatge, de les condicions ambientals i del temps, aquest procés serà més o menys intens. El resultat és la transformació de la textura, l'augment de la intensitat del gust i de l'aroma, és a dir, la consecució d'un producte complex, valuós nutritivament i sensorial, si totes les etapes s'han realitzat correctament.

## 08 Innovació en tecnologia formatgera

Les innovacions més importants realitzades en la elaboració de formatge es divideixen en 4 grups:

1. Tractaments sobre la llet: Es tracta d'aplicar tecnologies que incrementin el rendiment, augmentin o retinguin el contingut d'humitat i permetin, també, obtenir noves textures. Els tractaments tèrmics, l'homogeneïtzació convencional o noves tecnologies com les altes pressions hidrostàtiques i la ultrapressió d'homogeneïtzació s'empraran amb aquestes finalitats en un futur proper.
2. Tractaments sobre el formatge: En aquest cas, es poden aplicar tecnologies per millorar el salat, retenir la humitat, reduir la càrrega microbiana, millorar la textura i accelerar la maduració. El salat amb impregnació al buit i les altes pressions hidrostàtiques es mostren interessants per a aquestes aplicacions.
3. Envasat del formatge: El desenvolupament de tecnologies d'envasat com les atmos-

feres modificades, els envasos intel·ligents que controlin l'evolució del producte i els envasos comestibles poden significar un avenç molt important.

4. Desenvolupament de noves varietats de formatge: La utilització de prebiòtics i/o probiòtics, l'alimentació dels animals que aportin components bioactius a la llet o bé la incorporació de components bioactius en el formatge per augmentar la seva funcionalitat, permetran evolucionar els formatges del futur cap a noves varietats.

## 09 Per saber-ne més

CORCY, J.C. / LEPAGE, M. "Fromages Fermiers. Techniques et Traditions". *La Maison Rustique*. París. 1991.

ECK, A. *El Queso*. Editorial Omega. Barcelona. 1987.

ROMERO DEL CASTILLO, R. / MESTRES, J. *Productos Lácteos. Tecnología*. Edicions UPC. Barcelona. 2004.

SCOTT, R. *Fabricación de Queso*. Acribia. Saragossa. 1991.

## 10 Autors



**Roser Romero del Castillo Shelly**  
Professora de Tecnologia dels Aliments.  
Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (UPC)  
roserr.romero.del.castillo@upc.edu



**Buenaventura Guamis López**  
Catedràtic de Tecnologia dels Aliments.  
Facultat de Veterinària de la UAB.  
Planta de Tecnologia dels Aliments UAB, Xit, Xarta  
buenaventura.guamis@uab.es