

TECNOLOGÍA DE LA FABRICACIÓN DEL QUESO. PROCESOS DE MEMBRANA

Prof. Dr. D. JOSÉ FERNÁNDEZ-SALGUERO CARRETERO
Universidad de Córdoba

Muchas veces se oye decir que el queso es tan antiguo como la Humanidad, pero esto no es cierto. Inicialmente, el hombre del Paleolítico era tan sólo cazador, por lo que no se puede suponer que ya elaborase quesos. Tuvieron que pasar miles de años para que el hombre se hiciese sedentario, ganadero y agricultor, entrando en el período Neolítico.

También es sabido que el primer producto de conservación de la leche no fue el queso sino la cuajada. Probablemente surgió por las regiones de Mesopotamia y al parecer obtenido al guardar o transportar leche en recipiente o bolsas hechos con estómagos o cuajares de ternera en donde existían aún renina.

En España es posible que se conociera con la civilización tartesa en la Edad del Bronce, que luego continuó con los cartagineses. En el Norte sobre todo fueron los Celtas los que introdujeron nuevas técnicas de elaboración de quesos y cuajadas. Posteriormente los romanos introdujeron la coagulación con cuajos como higuera, alcachofa, cardo, acedera, etc.

Durante muchos siglos la elaboración del queso fue considerada como un “Arte” que se transmitía de generación en generación y que la expansión bélica de los pueblos se encargó de difundir. Sin embargo, hacia finales del siglo XVIII se aportaron conocimientos científicos al proceso de fabricación y maduración del queso, de forma tal que, pronto, pasó a ser un “Arte con Ciencia”. Estos procesos con bases más científicas fueron perfeccionándose y ya durante el Siglo XIX se crearon plantas de industrialización, de forma que desde hace varias décadas la Tecnología de fabricación del queso ocupa una de las principales actividades de la Industria Láctea.

El queso es un alimento universal, que se produce en casi todas las regiones del globo a partir de la leche de diversas hembras mamíferas. Los quesos se encuentran entre los mejores alimentos del hombre, ya que se trata de un producto concentrado de elevado valor plástico, a tenor por su contenido en proteínas de alto valor biológico, y de elevado valor calórico o energético, por su

riqueza en grasa. Posee además, en cantidades relativamente altas, nutrientes importantes como los minerales Ca y P, así como vitaminas y otros minerales.

Aunque se citan más de 400 variedades de queso y casi 1.000 nombres diferentes muchos de ellos son similares y posiblemente puedan agruparse en 19 tipos diferentes. Esta alta diversidad se debe a diferencias composicionales de la leche utilizada, a los diversificados y complejos procedimientos de preparación y a la intervención de una flora microbiana compleja y variable.

En el proceso de fabricación del queso se distinguen una serie de etapas algunas de las cuales son totalmente imprescindibles. Normalmente la elaboración del queso tiene como primer requisito las consideraciones previas derivadas de la selección y tratamiento de la materia prima. Le siguen otras fases como la de coagulación, desuerado, moldeo, prensado, salazón y finalmente maduración. En la página siguiente se representa un esquema de las etapas básicas del proceso de fabricación del queso.

SELECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA LECHE DE QUESERÍA

La leche de quesería debe reunir una serie de características que las hagan idóneas para su utilización en la fabricación de queso. En realidad la evaluación depende de:

- Caracteres organolépticos.
- Características químicas y físico-químicas como alto contenido en proteínas; la grasa puede ser variable; también ha de poseer una relación equilibrada de sales minerales que son importantes para el proceso de coagulación.
- Calidad higiénica y bacteriológica. Que no contenga antibióticos, antisépticos u otras sustancias inhibidoras tanto de la coagulación como de los microorganismos. Calidad bacteriológica adecuada.

Entre los tratamientos que se le da a la leche de quesería en el procedimiento industrial es una *clarificación* para retirar impurezas, a continuación un *Tratamiento térmico* a nivel de pasteurización con las ventajas siguientes:

- Higienizar: destruir patógenos.
- De carácter técnico, pues al destruir la mayor parte de la flora contaminante, los gérmenes del fermento o estarter se desarrollan más fácilmente.
- También se logra una cierta desnaturalización de las proteínas solubles con lo que aumenta el rendimiento quesero.

Frente a estas ventajas, también produce ciertos inconvenientes:

- El calentamiento hace precipitar sales minerales y destruye el complejo calcio-caseína.
- Las albúminas y globulinas retenidas modifican en cierto modo la textura del queso.
- El proceso de maduración es más lento.

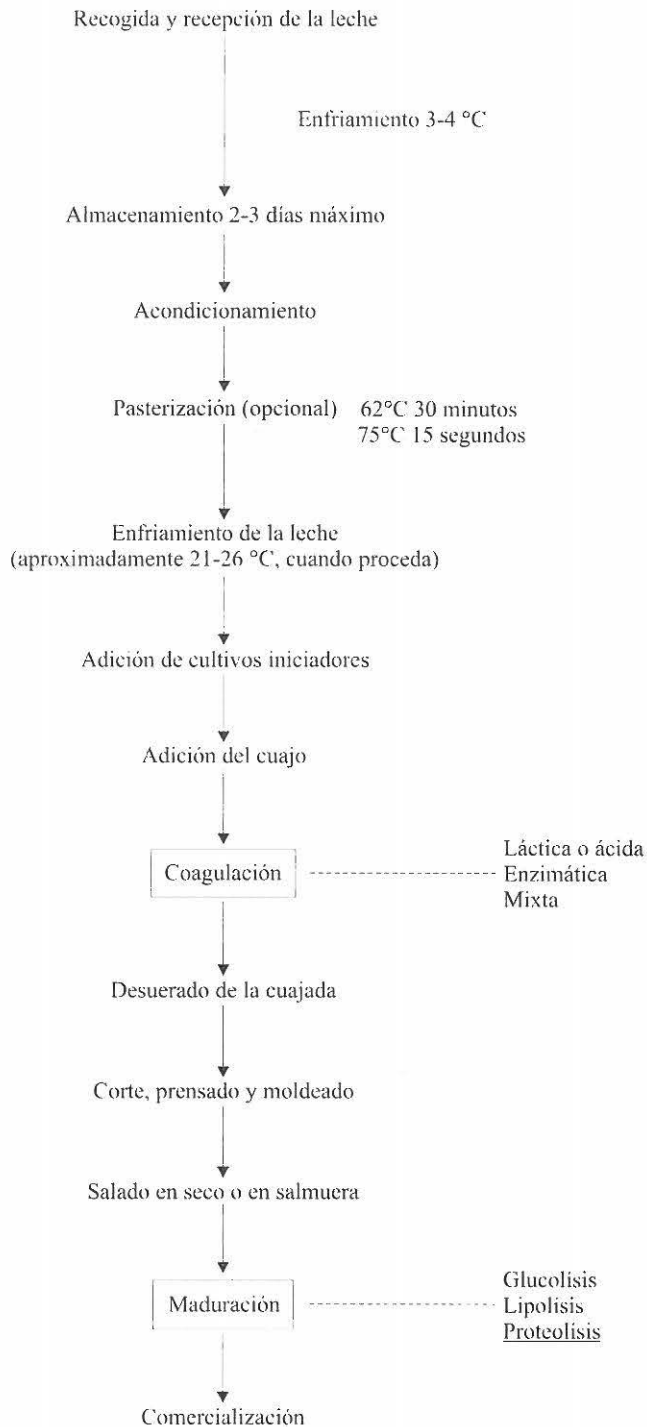
Después de la pasteurización se realiza la siembra y/o maduración de la leche. Cuando se habla de maduración consiste en mantener la leche fresca unas 10-15 h. A 8-10 °C hasta que la acidez descienda a unos 8 SH. Lo normal en leche pasteurizada es que se adicionen cultivos lácticos que aseguren una correcta fermentación láctica y se inhiban las proteolíticas.

La leche destinada a la fabricación del queso debe contener una tasa adecuada de bacterias fundamentalmente lácticas que aseguren una rápida hidrólisis de la lactosa con producción de ácido. Este ácido láctico formado favorece la coagulación de la leche, facilita la retracción del coágulo y la expulsión del suero, controla el desarrollo de proteolíticas y entreobacteriáceas y coliformes.

COAGULACIÓN

La coagulación es una etapa absolutamente necesaria en la fabricación del queso. El fenómeno de la coagulación determina un cambio de estado debido a la precipitación de la caseína, cuyas micelas están en estado coloidal, en estado de sal y se agrupan para transformarse en un gel denominado cuajada. La cuajada se puede obtener por coagulación ácida, consistiría en adicionar ácido o dejar que la leche se acidificara hasta que llega a pH de 4,6 y por coagulación enzimática, es decir por adición de coagulantes que precipitan la caseína. Normalmente la coagulación es mixta.

Los coagulantes empleados en la elaboración del queso son muy diferentes (animales, microbianos, vegetales, etc.) dependiendo tanto de la disponibilidad de los mismos como del tipo de queso elaborado. La quimosina se comercializa obtenida por ingeniería genética en microorganismos transgénicos. Actualmente se está obteniendo las enzimas coagulantes del cardo (*C. Cardunculus*) “cyprosinas” o “cardosinas” por la técnica del ADN recombinante.

ETAPAS BÁSICAS EN LA FABRICACIÓN DE QUESO

El fenómeno de la coagulación se entiende conociendo la estructura de las micelas de caseína y la actuación del cuajo. La diversidad de grupos laterales de los restos animados que forman el encadenamiento peptídico (restos apolares, polares, cargados o no disociados) explica la tendencia general de todas las proteínas a asociarse en solución acuosa mediante enlaces salinos, hidrógeno o hidrófobos. La mayor parte de las “esferoproteínas” se encuentran por ello en forma de oligómeros.

Se sabe que una de las propiedades más destacadas de las alfa-, beta- y kappa-CNs es la de poder asociarse para formar polímeros o complejos, realizándose estas asociaciones principalmente por enlaces hidrófobos, del tipo de los de Van der Waals. La asociación de una decena de moléculas de las cuatro caseínas principales formarían “Submicelas” con diámetro comprendido entre 10 y 20 nm en la leche de vaca. Las submicelas no contendrían Ca, pero fijarían alrededor de un ión Ca por grupo fosfato (de la fosfoserina). Las micelas formadas por asociación de unidades submicelares tienen en su mayor parte un diámetro de alrededor de 100 nm. Existen dos modelos aceptados de agrupación de submicelas para formar micelas el de Slattery y el más satisfactorio de Schmidt.

La acción del cuajo se desarrolla en varias fases:

- **Fase enzimática o “reacción primaria”** en la cual la quimosina ataca a la caseína, pero sólo a la k-CN en el enlace peptídico 105-106 (Fen-Met), las caseínas alfas y beta no experimentan la reacción primaria. Al ser hidrolizada la k-CN se libera el polipéptido caseinoglicopéptido y la k-CN deja de actuar como coloide protector del resto de las caseínas que ya son sensibles al Ca. El Q_{10} de esta reacción se acerca a 3, no necesitando la presencia de Ca iónico y a 0°C se produce todavía a notable velocidad.
- **Fase de coagulación o “reacción secundaria”** en donde en presencia de calcio iónico se forma una red tridimensional de fosfoparecaseinato cálcico que constituye la cuajada, teniendo un coeficiente de temperatura elevada de alrededor de 1,5 por grado. Sin embargo a temperaturas inferiores a 15 °C la reacción se vuelve extremadamente lenta. Se forma definitivamente un gel, por tanto la formación del gel característico depende de la presencia de la k-CN, del Ca iónico y del fosfato de calcio coloidal. Dentro de este gel quedan englobadas cantidades más o menos grandes del resto de los componentes de la leche.
- **Proteólisis general o “reacción terciaria”**, no específica, en la que se produce proteólisis lenta de todas las caseínas. Se basa en que las enzimas del cuajo además de actividad coagulante tienen también actividad proteolítica. La susceptibilidad de ataque no depende de la

especificidad de la enzima sino más bien de la conformación espacial del sustrato. El ataque de las 3 caseínas principales se realiza de forma diferente y algunos enlaces son hidrolizados mucho antes y más fácilmente que otros.

- **Fase de sinéresis del coágulo** en la que se produce su retracción con expulsión del lactosuero.

DESUERADO

El desuerado se puede hacer de varias formas: desuerado natural o espontáneo muy lento, desuerado mecánico para acelerar el proceso que consiste en cortar la cuajada con liras, palos, etc. seguida de agitación e incluso presión y desuerado con proceso de cocción en el que además de cortar la cuajada se calienta hasta temperaturas diferentes que pueden llegar incluso a 50-60°C produciéndose una sinéresis fuerte y en consecuencia un desuerado intenso. El tamaño del grano del queso es diferente normalmente en los quesos de pasta dura, los granos deben ser pequeños al objeto de favorecer el desuerado.

MOLDEO, VOLTEO Y PRENSADO

Aquí la cuajada más o menos trabajada pasa a moldes (normalmente de PVC) donde se comprime para evitar agujeros en su interior. También se voltean dentro del molde para favorecer el desuerado y a continuación se somete a un prensado también de características muy diferentes y utilizando prensas de muy distinto fundamento (mecánica, hidráulicas, neumáticas, etc.).

SALAZÓN

Constituye normalmente una etapa de transición entre el desuerado y la maduración. La salazón tiene diversos objetivos. La concentración media de sal en el queso es del orden de 1 al 2 e incluso el 4%. Normalmente la salazón se lleva a cabo de dos maneras o bien mediante frotamiento de sal seca en la superficie del queso, o bien por inmersión en baño de salmuera que es la modalidad más usual por presentar mejor rendimiento y una distribución más uniforme. También se puede adicionar la sal a la leche (pasta dura) e incluso añadir sal a la cuajada.

I. DEFECTOS DE LA CORTEZA O DEL ASPECTO

Hinchazón: Precoz y Tardía. Desuerado insuficiente. Coliformes (*E. Coli*, *A. Aerogenes*) y levaduras. Fermentación butírica.

Putrefacción y reblandecimiento de la superficie (exceso humedad; levaduras, mohos y proteolíticas con decoloraciones y malos olores).

Grietas. Daños físicos, moldeado defectuoso, desuerado excesivo, coagulación demasiado rápida, cocción excesiva, locales secos o fluctuaciones bruscas de temperatura.

Aplastamientos. Excepto “atortado”.

Enmohecimiento superficial. Excepto corteza enmohecida y azul. *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Momilia*, *Mucor*, *Aspergillus*. En exceso de humedad *Geotrichium*.

Manchado. Mohos (azul *P. Glaucum*, piel sapo *Geotrichium (lactis)*, violeta *P. funiculosum*, rojiza micrococos). Manchas.

Crecimiento de ácaros “polilla del queso” (*Tipolideus*, *Tyroglyphus T. Farinae*) Temp. 17-22 °C. Fumigaciones 12-14 días. Larvas de mosca (*Piophila casei*).

II. DEFECTOS DE LA PASTA

Consistencia blanda, viscosa o pastosa (poca acidez, falta cocido) o demasiado dura, seca y arenosa.

Exceso de ojos (queso abierto). Desuerado excesivo y falta BAL. Fermentación propiónica.

Hinchazón con numerosos ojos *C. Butiricum* y *tyobutiricum* (CO₂+H₂)

Agrietado por acidez excesiva con desmineralización y falta plasticidad.

Putrefacción *C. Sporogenes* (anaerobia, termófila y proteolítica). Pasta mal acidificada.

Defectos del color de la pasta. Diferentes gérmenes o reacciones químicas (nitritos, metales, etc.).

Defectos del aroma y sabor. Fermentaciones anormales, hierbas o piensos, péptidos amargos, etc.

MÉTODOS MODERNOS EN QUESERÍA

La Investigación y Desarrollo hacia los procedimientos de fabricación del queso han ido orientados a cumplir los objetivos siguientes:

Disminución de los costes de producción.

Aumento de los rendimientos: evitando pérdidas y usando procedimientos que retengan más componentes de la leche.

Regularización de las fabricaciones para obtener un producto uniforme, homogéneo y de composición similar.

Mejora de la calidad higiénica evitando contacto con personas y haciendo el proceso más fácil.

Sobre el procedimiento de fabricación la tecnología quesera ha introducido una fuerte mecanización con sistemas automatizados. Otro aspecto importante de esta mecanización es la producción continua de cuajada. En este procedimiento la coagulación no se produce en una cuba, sino en un aparato en forma de columna llamado “coagulador”.

UTILIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE MEMBRANA EN LA ELABORACIÓN DEL QUESO

Los principales procesos de membranas de posible utilización en la elaboración de quesos son tres: HIPERFILTRACIÓN U OSMOSIS INVERSA, la ULTRAFILTRACIÓN y la MICROFILTRACIÓN. Estos tres procesos se diferencian en el tamaño de las partículas o moléculas que son capaces de retener. Mediante HF y UF se consigue eliminar la mayor parte de la porción soluble de la leche antes de la coagulación, de forma que la sinéresis sea escasa o nula y que la mayoría de las seroproteínas se incluyan en el queso.

Utilización de la HF en la elaboración de quesos

Los sistemas de OI se utilizan para eliminar agua de la leche y de esta forma la concentra reduciendo costes de transporte, manipulación, eliminación de suero, aumento del rendimiento, disminución de cultivos iniciadores y de cuajo, etc. Se han hecho tentativas de concentrar leches para elaborar Cheddar eliminando agua de la leche entera en 5, 10, 15 y 20% con lo que se puede utilizar la maquinaria tradicional en la elaboración del queso.

Al igual que se concentra la leche para elaborar quesos, también mediante esta misma tecnología se puede concentrar el suero de quesería antes de su transporte a la planta de evaporación o de su empleo en elaborar quesos de suero.

Utilización de la UF en la elaboración de quesos

Las dos fracciones que se separan por UF se denominan “filtrado” o “permeado” constituido por suero rico en lactosa, sales minerales solubles, NPN y vitaminas; mientras que el “concentrado” o “retentado o retenido” constituido por las partículas coloidales y macromoléculas retenidas (proteínas y grasa) que se concentran respecto a los otros solutos. En la utilización de la UF en quesería se pueden aplicar 3 métodos:

- Concentración baja de la leche hasta un factor de 2,
- Concentración media de la leche hasta un factor de 3 a 5 y
- Concentración alta de la leche hasta un factor de 6 a 8.

Existen diversos tipos de membranas: Acetato de celulosa, de polímeros orgánicos de síntesis, minerales de óxido de circonio sobre un soporte de grafito, etc. Estas membranas se ensamblan en módulos según configuración plana, tubular, de fibra cruzada y de espiral. El funcionamiento de la UF depende de factores dependientes del producto tratado leche o suero o de factores dependientes de la técnica usada. Se usa una temperatura entre 40-55 °C, velocidad de circulación del orden de 4,5 m/s, etc.

A este “prequeso líquido” se le adiciona un fermento iniciador y cuajo para obtener un queso con todos los contenidos sólidos del concentrado. Como los compuestos orgánicos están más concentrados se precisa menos cultivo y menos cuajo.

Los tipos de queso elaborados por UF varían en la estructura de los mismos. Aunque se ha probado su obtención en muchísimas variedades de queso la aplicación industrial más desarrollada es la del queso UF-Feta. La utilización de la UF en quesos duros o semiduros como Gouda, Cheddar o Manchego aún no está totalmente conseguida a escala industrial.

Utilización de la Microfiltración

La MF tangencial para eliminar las bacterias de la leche es una posibilidad tecnológica de utilización. La cantidad de bacterias retenidas es superior al 99,5% aunque la cantidad de bacterias retenidas depende de su morfología y volumen celular. La MF permite prolongar la vida útil de la leche pasteurizada.

La eliminación de las bacterias por MF retiene tanto los patógenos como los no patógenos, por lo que el equilibrio microbiano necesario para la maduración del queso hay que investigarlo y adicionar los cultivos necesarios.