

# Mozzarella y pastas hiladas [PARTE II]

## COAGULANTE

El cuajo de ternera, que consiste principalmente en *quimosina* (80%) con un pequeño porcentaje de *pepsina* bovina, es el coagulante tradicional. El coagulante de quimosina pura, producido por fermentación es ahora ampliamente utilizado en todo el mundo. Los cuajos microbianos siguen siendo usados, aunque su utilización ha declinado considerablemente en algunos mercados con la introducción de quimosina pura, principalmente debido a las pérdidas de rendimientos producidas por los coagulantes microbianos y bovinos.

Como en toda elaboración de quesos, también en la elaboración de mozzarella el coagulante tiene por papel primordial la coagulación de la leche y de esa forma inicia el proceso de selectiva concentración que finalmente determina la composición química del queso. La actividad y especificidad del coagulante usado en la elaboración, como así también la estabilidad térmica y la extensión de inactivación térmica durante el hilado causan gran impacto sobre la proteólisis, las características funcionales y el comportamiento de maduración.

## PARÁMETROS A TENER EN CUENTA

### Cocción en la tina

Las funciones principales de la etapa de cocción son el control de la humedad y contenido de calcio en la cuajada para el hilado y en el producto final. Esto es complementado, en parte, por el control de la actividad del starter y los tiempos de acidificación. La humedad se puede incrementar en la mozzarella si se disminuye la temperatura de cocción, siempre y cuando se mantenga, en cuanto a los tiempos, la producción de ácido por parte del starter, si esto no ocurre, es decir, se alargan los tiempos de acidificación por bajar la temperatura, la humedad comienza a descender nuevamente por el mayor tiempo de desuerado. Por esto es imprescindible encontrar el equilibrio entre dosis de inoculación, tiempo de acidificación y temperatura de cocción.

### pH final de acidificación

Por lo antes expuesto, se puede acidificar hasta distintos valores de pH; valores de 5.30-5.40 para acidificaciones muy rápidas, con baja relación calcio/proteína y cuando se madure la masa por mucho tiempo y valores de 5.05-5.15 cuando las condiciones son inversas. Por debajo de 4.9, la estructura y el hilado se habrán perdido por una desmineralización excesiva y una proteína muy desestabilizada.

La masa (ante el resto de las variables iguales, inclusive el tiempo de maduración) obtenida a un menor pH, producirá un queso con una consistencia menos fibrosa y más gomosa y derretida, que requiere una menor maduración del producto final para alcanzar una funcionalidad óptima. Contrariamente, la masa en el mayor valor del rango de pH, resulta en un mayor pH del queso, levemente mayor proporción calcio/proteína, indicativa de una masa más estructurada y fibrosa que requiere mayores tiempos de maduración del producto para

alcanzar una funcionalidad óptima. Por lo tanto, los requisitos de maduración pueden manipularse cambiando el pH de la masa. Estos resultados son consistentes con la práctica de la industria de hilar la cuajada *en verde* (a pH alto) para favorecer un envejecimiento más lento y una mayor vida útil, y cuando está *madura* (a pH bajo), si es para un queso de corta maduración.

### Maduración de la masa, previo al hilado

En el caso del sistema en continuo, esta etapa no existe porque con agua caliente y con masa caliente a pH adecuado, el hilado ocurre en buenas condiciones, aunque existe una aceptable pérdida de sólidos que arrastra el agua de calentamiento. No se puede hacer a vapor directo porque la proteína poco madura y en su estado casi nativo no lo resiste, por lo tanto no hilará formando una estructura rígida de hilos cortos y con gran pérdida de humedad y sólidos, principalmente grasa.

En cambio, para el caso del sistema discontinuo es fundamental, debido a que es necesaria una proteólisis mínima para soportar el vapor directo, para poder hilarse correctamente y por ende no perder humedad ni sólidos lácteos; es más, en este sistema el vapor inyectado es tomado por la masa aumentando la humedad del producto final. Hay que tener en cuenta que durante el madurado, el pH (por la misma maduración) aumenta entre 0.1 y 0.4 dependiendo del tiempo, la temperatura de madurado y el cultivo utilizado. Por esto es que una masa, una vez madura puede hilarse con un pH de hasta 5.5-5.6, dependiendo del pH final de acidificación y del rebote o aumento que tuvo en la maduración. Lo más importante es lo mencionado anteriormente, es decir, *lograr el pH adecuado al final de la acidificación luego a la elaboración en tina*.

### Hilado y moldeo

En el sistema discontinuo, el hilado se puede efectuar en una máquina tipo batea con inyección de vapor, con brazos de amasado y tornillos sin fin, o bien una máquina tipo amasadora de pan, con la adaptación de la inyección de vapor.

El hilado implica dos pasos: en el primero, la masa es cortada o triturada y entibiada con vapor hasta al menos 55-65°C, lo cual es necesario para transformarse en una masa de consistencia plástica y trabajable. En el segundo paso, la masa es trabajada por los brazos para transformarse en una cinta fibrosa de características unidireccional. Luego, dependiendo del método (manual o automático) se debe moldear la masa en un molde o directamente bolsa que le aportará su forma final. El moldeo tiene además una función de pre-enfriado, de forma que el bloque conservará su forma una vez retirado del molde. El hilado tiene un gran impacto sobre la microes-



Amasadoras para proceso discontinuo.

Productos en crecimiento y que son una buena alternativa de producción



Amasadora para proceso continuo.

estructura y la composición química (y rendimiento) del queso, y además representa un tratamiento térmico sustancial, todo lo cual afecta las características funcionales del queso.

**Efecto en la microestructura:** el hilado transforma la matriz proteica tridimensional de la cuajada del queso en una red de fibras proteicas paralelamente alineadas.

**Efecto en la composición química:** la masa en óptimas condiciones toma el agua proveniente del vapor, aumentando su humedad, pero si no se encuentra en condiciones o el calentamiento y amasado son incorrectos, la masa perderá grasa y agua siendo el resultado final un menor contenido de grasa y humedad en el queso final, y por lo tanto, rendimientos menores.

**Efectos térmicos:** para el moldeo, la pérdida de temperatura debe ser la mínima posible, ya que la cuajada debe mantener su consistencia plástica y deformable para convertirse en un bloque uniforme libre de pliegues y arrugas. Por ello, el tratamiento térmico de la masa incluye no sólo el tiempo de permanencia en el amasado, sino también el tiempo entre la salida del mismo hasta el enfriado que ocurre en el molde.

Los tiempos y temperaturas del tratamiento influyen profundamente dos aspectos del queso que son fundamentales para el proceso de maduración final: la actividad del starter y la actividad coagulante residual. Tanto el *S. thermophilus* como el *Lb. bulgaricus* son aptos para sobrevivir al proceso de hilado y permanecer metabólicamente activos cuando el hilado se efectúa a temperaturas en el extremo inferior del rango de hilado (ej: cuajada a 55°C). Incrementos en la temperatura durante el hilado dentro de un rango crítico (aproximadamente entre 62 y 66°C, por ejemplo) provocan abruptos descensos en los microorganismos viables. El coagulante residual es en gran parte responsable de la proteólisis primaria en la mozzarella. Los coagulantes microbianos son estables térmicamente a 55°C y permanecen activos luego del hilado. Sin embargo, la quimosina y otros coagulantes van inactivándose progresivamente a temperaturas de hilado mayores. En resumen, ambos coagulantes y las actividades de los starters parecen ser extremadamente dependientes de la temperatura en este rango crítico. De esto se deduce que una diferencia de unos pocos grados en la temperatura de la cuajada durante el hilado puede ocasionar importantes dife-



rencias en las características microbiológicas de la mozzarella durante la maduración y hasta se lo puede considerar un producto pasteurizado.

### Salado

El salado puede efectuarse por salmuera o por el agregado de Cloruro de Sodio (sal) directo sobre la masa.

**Salado directo:** genera una cuajada más dura que generalmente requiere de una velocidad menor y/o más alta temperatura durante el hilado. Es importante optimizar la operación de moldeo ya que la cuajada salada es más dura y propensa a resistir la fusión en un bloque uniforme que la cuajada sin salar. Este método facilita el trabajo manual y de tiempos del salado en salmuera.

**Salado en salmuera:** una importante diferencia en el salado de la mozzarella, en comparación con otros quesos es que se utilizan temperaturas bajas (ej: 1-4°C) para asegurar un rápido enfriado del queso tibio. Es importante mantener estos valores, porque al aumentar la temperatura de salmuera, aumentan las pérdidas de humedad.

Los gradientes de temperatura que persisten en el queso debido a un enfriamiento incompleto durante la salmuera (por ejemplo, calor en el centro, frío en la superficie) pueden convertirse en fuerzas adicionales para la migración de humedad hacia el exterior. De esto se deduce que la confluencia de estos tres factores (sal, temperatura y gradientes de pH) pueden explicar por qué algunas mozzarellas, desarrollan una humedad extrema en la superficie durante la maduración, ostentando una superficie defectuosa blanda y húmeda. Ambos sistemas pueden combinarse.

### Maduración de la mozzarella

Casi no necesita maduración ya que en mayor o menor medida se produjo antes del hilado, aunque es de importancia una maduración posterior para acentuar las características organolépticas. La maduración es lenta debido a que de acuerdo a las temperaturas de hilado, el producto fue pseudo-pasteurizado, atenuando el proceso enzimático de maduración.



En el próximo Aportes concluiremos con este tema donde trataremos *propiedades microbiológicas, proteolíticas y físico-químicas y funcionalidad de la mozzarella (capacidad de fundido, elasticidad, amarronamiento, liberación de aceite y defectos)*.