

## Influencia del contenido graso y de otras variables sobre la capacidad de fusión del queso Cremoso Argentino

Por **Diego J. Mercanti, Irma V. Wolf, Carlos A. Meinardi, Mario C. Candiotti y Carlos A. Zalazar\***

Programa de Lactología Industrial - Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral. Santiago del Estero 2829 - Santa Fe -Argentina. C.P. 3000.  
Tel: 00 54 (0)342 - 453-0302. E-mail: azalazar@fiqus.unl.edu.ar

### RESUMEN

#### Influencia del contenido graso y de otras variables sobre la capacidad de fusión del queso Cremoso Argentino.

En el presente trabajo se estudió la influencia del contenido de materia grasa, pH, grado de maduración e incorporación de proteínas de suero mediante dos vías diferentes sobre la capacidad de fusión del queso Cremoso Argentino.

Utilizando una técnica modificada del test de Schreiber se analizó la capacidad de fusión de distintos quesos experimentales elaborados a escala piloto.

El contenido graso y el grado de maduración afectaron positivamente la capacidad de fusión. La incorporación de proteínas de suero produjo mayores rendimientos pero la capacidad de fusión se vio fuertemente disminuida. No se observó una influencia clara del pH dentro de los límites estudiados.

**PALABRAS-CLAVE:** Fusión - Grado de maduración - Materia grasa - Proteínas de suero - Queso Cremoso Argentino.

### SUMMARY

#### Influence of fat content and other variables on the Cremoso Argentino cheese meltability.

The influence of the fat content, pH, the ripening degree and the incorporation of whey proteins, by two different methods, on the meltability of Cremoso Argentino cheese was examined.

Different experimental cheeses were made at pilot plant scale and their meltabilities were determined by a modified Schreiber test.

Ripening degree and fat content showed a good correlation with the meltability. Though, cheeses with incorporation of whey proteins showed poor meltability, despite their yields increased. No correlation was found between pH and meltability inside the pH working range studied.

**KEY-WORDS:** Cremoso Argentino cheese - Fat content - Meltability - Ripening degree - Whey proteins.

### 1. INTRODUCCIÓN

Los quesos blandos en general son muy utilizados en la preparación de distintos tipos de alimentos procesados por medio del calor. Algunos ejemplos de estas aplicaciones son los sandwiches calientes, las pizzas y los rellenos de distintos tipos.

Para que estas preparaciones puedan presentar una buena calidad es necesario que el queso que se utilice presente muy buenas características de fusión.

La fusión de quesos blandos puede definirse como la facilidad con la cual el queso fluye y se derrama tras un calentamiento. Desde el punto de vista fisicoquímico es un fenómeno muy complejo. Indudablemente, esta propiedad está íntimamente asociada con las características fisicoquímicas del queso, tales como su contenido de materia grasa (Lefevre *et al*, 2000), pH, grado de maduración alcanzado, porcentaje de humedad y la presencia de proteínas de suero cuando éstas son incorporadas. Sin embargo, la incidencia de cada uno de estos factores en particular aún no se ha dilucidado de manera específica.

Por estas razones, últimamente se ha brindado una atención creciente al estudio del comportamiento de distintos tipos de quesos cuando son sometidos a altas temperaturas, orientados tanto hacia la proposición de métodos para la evaluación de la capacidad de fusión (Kosikowski, 1977; Muthukumarappan *et al*, 1999; Kuo *et al*, 2000; Park *et al*, 1984) como hacia el estudio de la influencia de las distintas propiedades del queso sobre esta capacidad (Lefevre *et al*, 2000; Kuo *et al*, 2001; Olson *et al*, 1996).

La mozzarella, a raíz de su aplicación en todo el mundo para la fabricación de pizzas, y debido al uso masivo que para este fin hacen principalmente las cadenas internacionales de producción de este alimento, es uno de los quesos que más ha sido estudiado desde la óptica de su comportamiento a la fusión (Metzger *et al*, 1999; Rudan *et al*, 1998).

El queso Cheddar, por la difusión que ha alcanzado y por el hecho de que encuentra aplicaciones en las que se lo somete al calor, ha sido asimismo objeto de varios estudios sobre su comportamiento frente a altas temperaturas (Lefevre *et al*, 2000; Kuo *et al*, 2000).

Los quesos blandos, a pesar de ser muy utilizados en alimentos calientes, han sido muy poco estudiados en su comportamiento a la fusión. Es así como no encontramos trabajos sobre el Crescenza o el Itálico en Italia, sobre el Nordhollandese en Holanda o sobre el Cremoso en Argentina.

El queso Cremoso Argentino es un tipo de queso blando muy popular y ampliamente consumido en

nuestro país, a tal punto que su producción representa aproximadamente el 50% de la producción total de quesos. Dada su amplia gama de aplicaciones gastronómicas y su empleo en la elaboración de alimentos gratinados, su capacidad de fusión debe ser satisfactoria, convirtiéndose de esta manera en un parámetro fundamental para evaluar la calidad del producto.

El contenido de materia grasa y el grado de maduración han sido indicados como factores que ejercen una notable influencia sobre la capacidad de fusión. La explicación de esta influencia radica en que en el queso recién elaborado las caseínas constituyen una red tridimensional que encierra el agua y la materia grasa. Al debilitarse esta red por la acción proteolítica que se produce durante la maduración, la materia grasa y el agua fluyen con mayor facilidad si el producto es calentado, ocasionando un despararramiento del mismo que lógicamente es mayor cuanto más alto es su contenido graso.

Por otra parte, en este queso es bastante común el arricotamiento. Este problema se presenta debido a un pH inadecuadamente bajo, que confiere al producto una textura dura y quebradiza asociada con una estructura determinada de la matriz proteica. Este problema ha sido extensivamente tratado por distintos autores (Vassal *et al*, 1986; Hynes *et al*, 1999; Todesco *et al*, 1992), sin embargo, no se han detectado antecedentes referidos al estudio de la incidencia de este problema sobre la capacidad de fusión. En esas condiciones el queso no funde por acción del calor sino que conserva su forma original causando un importante defecto en los alimentos en los cuales se usa, principalmente en pizzas.

Las proteínas de suero normalmente son eliminadas en su mayor parte durante la elaboración de quesos. Sin embargo, dada su gran capacidad de retención de agua, muchos fabricantes recurren a su agregado con el fin de aumentar los rendimientos en las elaboraciones de quesos blandos (Lo *et al*, 1998; Zalazar *et al*, 1993). Las mismas pueden ser adicionadas tanto en su forma nativa (obtenidas por ultrafiltración) como desnaturalizadas por calor (ricota), o ser incorporadas mediante un tratamiento térmico más severo que la pasteurización, el cual produce una precipitación "in situ" de las proteínas de suero sobre las caseínas. Estos agregados pueden traer aparejados problemas que afecten la calidad del producto, tanto en lo que respecta a sus caracteres organolépticos como a su capacidad de fusión.

Por todas estas razones, y con la finalidad de aportar más datos relacionados con el comportamiento de los quesos blandos a altas temperaturas, en el presente trabajo se estudió la influencia del contenido de materia grasa, del pH, del agregado de proteínas de suero y del grado de maduración sobre la capacidad de fusión del queso Cremoso Argentino, utilizando quesos elaborados en nuestro labora-

torio, y determinando la capacidad de fusión de cada uno de ellos mediante el empleo del test de Schreiber con algunas modificaciones (Muthukumarappan *et al*, 1999).

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. Elaboraciones de quesos

- a) *Quesos para el estudio de la influencia del contenido de grasa y del agregado de proteínas de suero sobre la capacidad de fusión.*

Para llevar a cabo el estudio de la influencia del contenido graso y de la adición de proteínas de suero sobre la capacidad de fusión se siguió la técnica estándar para la elaboración de queso Cremoso Argentino (Zalazar *et al*, 1999). Como materia prima se utilizó leche entera proveniente de un tambo de la zona. Se realizó el descremado de la misma mediante una descremadora centrífuga y se determinó la concentración de grasa en la crema y en la leche descremada mediante el método de Gerber (Bradley *et al*, 1992). Una vez que las mismas fueron pasteurizadas por separado, ambas fracciones se mezclaron en proporción adecuada para obtener leches con diferentes contenidos de materia grasa. Las mismas se utilizaron en un equipo de laboratorio que permitió la fabricación simultánea de cinco quesos en tinas individuales. En cada tina se procesaron cinco litros de leche de acuerdo al siguiente esquema:

*Tina 1:* Leche entera, con un contenido de materia grasa del  $3,50 \pm 0,15\%$ .

*Tina 2:* Leche parcialmente descremada, con un contenido de materia grasa del  $2,00 \pm 0,15\%$ .

*Tina 3:* Leche entera adicionada de crema, con un contenido de materia grasa del  $4,50 \pm 0,15\%$ .

*Tina 4:* Leche entera adicionada de ricota.

*Tina 5:* Leche entera sometida a un tratamiento térmico consistente en un calentamiento a  $85^\circ\text{C}$  durante dos minutos. En este caso dicho tratamiento reemplazó a la pasteurización.

En la tina 4 las proteínas de suero fueron adicionadas en forma de ricota comercial finamente triturada, suspendida en leche y filtrada, a razón de 4,5% de ricota sobre la leche de elaboración, de modo de utilizar la misma cantidad que se produciría a partir del suero de elaboración del mismo queso (Hynes *et al*, 1998).

En la tina 5, a causa del tratamiento térmico severo, gran parte de las proteínas del suero precipitaron sobre las caseínas, y de este modo quedaron retenidas en la matriz del queso. Posteriormente, la leche se acidificó hasta pH 6,4 haciendo burbujear  $\text{CO}_2$ , con el fin de recuperar las propiedades casearias (tiempo de coagulación y velocidad de endurecimiento de la cuajada) perdidas durante el calentamiento.

Los quesos fueron salados durante 1 hora en salmuera fría ( $4 \pm 1^\circ \text{C}$ ) y madurados en cámara a  $4 \pm 1^\circ \text{C}$  durante 22 días. A los 3 días de elaborados se envasaron al vacío en bolsas de plástico termocontraíbles y se pesaron a fin de determinar el rendimiento, expresado como Kg de queso por cada 100 Kg de leche. De cada tina se obtuvo un pequeño queso de aproximadamente 750 g. Se llevaron a cabo 3 elaboraciones de cada uno de los 5 tipos de queso con fines estadísticos.

b) *Quesos para el estudio de la influencia del pH y del grado de maduración sobre la capacidad de fusión.*

Para el caso del estudio de la influencia del pH de la masa del queso y del grado de maduración sobre la capacidad de fusión, se utilizó la misma técnica de elaboración pero llevada a cabo con un volumen de 100 litros por elaboración, obteniéndose 3 quesos de unos 4 Kg cada uno. Se realizaron dos experiencias idénticas. La leche de elaboración tuvo siempre un contenido graso de  $3,50 \pm 0,15\%$ . La inmersión en salmuera saturada fría ( $4 \pm 1^\circ \text{C}$ ) que se prolongó durante 4 hs., se llevó a cabo de a un queso por vez, cuando el pH de la cuajada llegaba a valores de 5,7, 5,3 y 5,1. Este control se llevó a cabo midiendo el pH de la cuajada cada 10 a 20 minutos.

A los 3 días de elaborados, cada uno de los quesos se fraccionó en cuatro partes, de manera de contar con quesos de aproximadamente 1 Kg para cada tiempo de muestreo, que fueron de 3, 15, 28 y 42 días de maduración, y se envasaron al vacío en bolsas de plástico termocontraíbles, permaneciendo en cámara de almacenamiento hasta el momento del análisis.

## 2.2. Determinaciones fisicoquímicas

La materia grasa en la leche y los quesos se determinó por el método de Gerber (Bradley et al., 1992) y el pH se midió con un pH metro Orion Model 720 (Orion Research Incorporated USA) provisto con un electrodo de vidrio combinado.

El contenido de humedad en los quesos se determinó por el método FIL, secando la muestra en estufa a  $105^\circ \text{C}$  hasta pesada constante (FIL-IDF, 1976).

El grado de maduración se definió como la relación porcentual de nitrógeno soluble a pH 4,6 a nitrógeno total. Ambas fracciones de nitrógeno se determinaron por el método de Kjeldahl (FIL-IDF, 1995).

## 2.3. Ensayos de fusión

Los ensayos de fusión se realizaron utilizando una modificación del test de Schreiber (Muthukumarappan et al., 1999). En cada ensayo se emplearon cilindros de queso de 42 mm de diámetro y 10 mm

de altura obtenidos a no menos de 1 cm de cada borde. Se descartaron aquellos que presentaron una variación de la masa mayor al 5%. Como superficie de ensayo se adoptó un vidrio de 3 mm de espesor. El ensayo se realizó en una estufa con convección natural de aire, cuya superficie fue perfectamente nivelada previo a cada ensayo de fusión, con el objeto de que la muestra de queso se desplace con la misma facilidad en todas las direcciones posibles una vez fundida. Las muestras se mantuvieron a  $4^\circ \text{C}$  durante 30 minutos antes del ensayo de fusión ya que en experiencias previas se observaron variaciones en la determinación de las áreas cuando el queso se encontraba a distinta temperatura en el momento de colocarlo en la estufa. Una vez equilibrada la temperatura de la estufa, las muestras se sometieron al ensayo de fusión propiamente dicho, a  $130^\circ \text{C}$  durante 15 minutos. La temperatura de  $130^\circ \text{C}$  fue elegida en función de que en ensayos anteriores se comprobó que este valor era el más correcto para producir el ablandamiento y escurrimiento del queso Cremoso Argentino sin quemado de bordes o pardeamiento de la superficie.

Para cuantificar la capacidad de fusión de los quesos en estudio, se procedió a la determinación de las áreas de las muestras. A tal fin, las mismas fueron retiradas de la estufa transcurrido el tiempo establecido y enfriadas a  $4^\circ \text{C}$ . Mediante un escáner se procedió a tomar una fotografía digital de la superficie inferior de cada una de ellas. El cálculo de las áreas se llevó a cabo utilizando un programa informático desarrollado específicamente para tal fin por el laboratorio de Física de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral. Este programa se basa en el contraste de colores existente entre la masa del queso fundido y el área circundante. El cálculo de la superficie es directo y se obtuvo sumando los píxeles cuyo color era a la vez similar a uno correspondiente a una zona de la fotografía ocupada por queso (y que era representativa del mismo), y lo más contrastante posible con uno prefijado como "fondo", representativo de la zona exterior. Para realizar la conversión de píxeles a  $\text{cm}^2$ , el programa utilizó escalas horizontales y verticales que fueron previamente calibradas utilizando la imagen de un patrón de dimensiones conocidas, digitalizada con la misma resolución óptica utilizada para las muestras.

Los valores de fusión correspondientes a cada queso se obtuvieron utilizando 4 muestras de cada uno de ellos. Para cada muestra se obtuvo una única fotografía digital, cuya área se determinó promediando 5 lecturas obtenidas mediante la utilización del software correspondiente. El valor de la fusión se expresó como la relación porcentual entre el área después del ensayo y la de antes del mismo.

En la Tabla I se muestran a modo de ejemplo, el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de

Tabla I  
**Promedios, desviaciones estándar y coeficientes de variación de 5 lecturas de área realizadas para el queso con crema correspondiente a la segunda elaboración, utilizando el software correspondiente**

Queso con crema (segunda elaboración)	Área leída (promedio)	Desviación estándar	Coficiente de variación
Muestra N° 1	76.58	0.38	0.49
Muestra N° 2	85.27	0.24	0.28
Muestra N° 3	86.36	0.17	0.20
Muestra N° 4	82.11	0.22	0.27

Tabla II  
**Áreas promedio, desviaciones estándar y coeficientes de variación correspondientes a 4 muestras de cada tipo de queso de la segunda elaboración para el estudio de la influencia del contenido graso y la incorporación de proteínas de suero sobre la capacidad de fusión**

Queso (segunda elaboración)	Área promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación
Testigo	72.15	5.24	7.26
Descremado	70.08	2.56	3.65
Con crema	82.58	4.39	5.31
Con ricota	23.21	1.82	7.82
Con tratam. térmico	53.97	4.82	8.94

variación obtenidos para las cinco determinaciones de área de cada una de las cuatro muestras del queso con crema de la segunda elaboración. En la Tabla II en cambio, se indican las mismas variables estadísticas correspondientes a las cuatro muestras de los cinco tipos de quesos de la segunda elaboración.

Como se puede apreciar, los valores de la Tabla I muestran una muy baja variabilidad del método, mientras que la Tabla II indica una baja variabilidad entre distintas muestras de un mismo queso.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Ensayos variando el contenido de materia grasa y con adición de proteínas de suero

##### a) Rendimientos y composición química

En la Tabla III se muestran los resultados de los análisis químicos y los valores de los rendimientos de los quesos al final de la maduración.

Se puede observar que al emplear leche con un mayor contenido de materia grasa se obtuvieron mayores rendimientos en las elaboraciones. Como era previsto, debido a la elevada capacidad de las proteínas de suero de retener agua, el rendimiento aumentó notablemente en los quesos con la incorporación de las mismas, siendo ligeramente mayor cuando se adicionaron mediante precipitación térmica en la misma leche de elaboración.

Todos los quesos al final de la maduración (22 días) presentaron buen aspecto. Tanto en el caso de los quesos con proteínas de suero precipitadas por el tratamiento térmico como en los adicionados de crema se observó una tendencia a la deformación con el avance de la maduración. Este efecto puede atribuirse al elevado contenido de humedad en el primer caso y al alto tenor de materia grasa en el segundo. Los valores de pH (datos no mostrados) fueron normales (entre 5,25 y 5,35).

##### b) Ensayos de fusión

Los ensayos de fusión se realizaron en los quesos con 22 días de maduración. En la Fig. 1 se

Tabla III  
**Estudio de la influencia del contenido graso y de la adición de proteínas de suero. Rendimientos obtenidos y composición química de los quesos al final de la maduración (22 días). Datos correspondientes a 3 elaboraciones (promedios y desviaciones)**

Queso	Testigo	Descremado	Con crema	Con ricota	Con tratam. térmico
Rendimiento (%)	15.37 ± 0.85	13.50 ± 1.56	17.43 ± 0.67	17.27 ± 0.75	18.07 ± 0.42
Humedad (%)	57.95 ± 2.24	59.31 ± 3.04	53.61 ± 2.51	56.32 ± 5.24	60.67 ± 1.28
Grasa (%)	21.6 ± 1.45	12.4 ± 3.25	25.9 ± 2.67	18.9 ± 1.20	18.5 ± 0.66
Grasa (BS) (%)	51.36 ± 1.91	32.98 ± 3.72	55.75 ± 3.04	43.39 ± 2.46	47.04 ± 0.88
N total (%)	2.42 ± 0.09	2.92 ± 0.25	2.13 ± 0.30	2.51 ± 0.18	2.37 ± 0.10
N total (BS) (%)	5.76 ± 0.37	7.87 ± 0.61	4.60 ± 0.90	5.74 ± 0.36	6.02 ± 0.18
N soluble (%)	0.33 ± 0.01	0.35 ± 0.03	0.33 ± 0.04	0.32 ± 0.02	0.34 ± 0.01
N soluble (BS) (%)	0.78 ± 0.01	0.93 ± 0.15	0.71 ± 0.04	0.72 ± 0.07	0.87 ± 0.04
Grado de mad. (%)	13.49 ± 0.67	11.92 ± 1.29	15.82 ± 3.80	12.66 ± 0.89	14.53 ± 0.86

BS: base seca.

muestran los resultados de estos ensayos para los 5 tipos de quesos elaborados, como promedios para las 3 elaboraciones llevadas a cabo.

El análisis de los resultados de los ensayos de fusión se realizó sobre la base de que un incremento en el área de alrededor del 400% denota una buena capacidad para fundir del producto. Este dato se obtuvo sobre la base de 38 muestras de 23 quesos comerciales que fueron sometidas a ensayos de fusión y en las cuales se observó que este incremento co-

rrespondía a un buen nivel de ablandamiento y extensión.

Como se puede observar, la materia grasa afecta apreciablemente y en forma positiva la capacidad de fusión. Se ve que el queso elaborado con leche entera supera ligeramente el valor de 400%, pero el adicionado de crema alcanza valores superiores al 500%. Actualmente, la mayor inclinación de la población hacia el consumo de alimentos con un contenido de materia grasa reducido hace que la misma se vuelva un subproducto de bajo valor comercial, por lo que su adición al queso cremoso es una alternativa interesante para su comercialización, tanto desde el punto de vista económico como del de la calidad del producto.

Por otro lado, si bien el agregado de proteínas de suero durante la elaboración quesera permite aumentos apreciables en los rendimientos, y por lo tanto es favorable para la industria desde un punto de vista económico, la capacidad de fusión se ve afectada negativamente de manera profunda, obteniéndose productos de baja calidad de fusión. Este efecto es variable, dependiendo de que si las proteínas son adicionadas en forma de ricota o incorporadas a partir de la misma leche de elaboración mediante un tratamiento térmico. En este último caso, el efecto es mucho más pronunciado, siendo el incremento medio del área inferior al 100%.

Las dispersiones grandes que se observan en los datos de la Fig. 1 se deben a la influencia de las distintas variables no controladas, tales como la com-

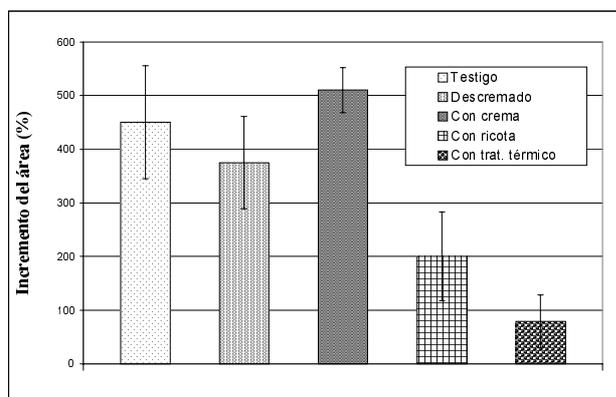


Figura 1

Estudio de la influencia del contenido graso y de la adición de proteínas de suero. Incremento porcentual del área de los quesos después del ensayo de fusión. Promedios y desviaciones de los datos obtenidos para 3 elaboraciones de cada tipo.

posición de la leche y otros parámetros propios de cada elaboración, que pueden afectar de manera sistemática la capacidad de fusión de los quesos obtenidos en una misma elaboración.

### 3.2. Ensayos para el estudio de la influencia del pH y grado de maduración

La Fig. 2 presenta los resultados de fusión obtenidos con el segundo lote de quesos, elaborados a escala piloto.

A los tres días de maduración los quesos de pH 5,1, 5,3 y 5,7 presentaron índices de maduración de  $6,22 \pm 0,53$ ;  $7,72 \pm 0,66$  y  $7,27 \pm 0,23$  respectivamente, a los quince días  $10,04 \pm 0,07$ ;  $9,67 \pm 0,08$  y  $9,74 \pm 0,22$ , a los veintiocho días  $11,95 \pm 0,48$ ;  $12,20 \pm 0,31$  y  $11,19 \pm 0,33$  y a los cuarenta y dos días  $12,46 \pm 0,78$ ;  $13,95 \pm 0,18$  y  $13,52 \pm 0,60$ .

Se puede observar que independientemente del pH, cuando el grado de maduración supera el 10%, cosa que sucede aproximadamente a los 28 días, todos los quesos alcanzan valores de fusión satisfactorios, que a los 42 días de maduración se aproximan bastante a aquellos correspondientes al queso testigo del otro ensayo.

De los resultados anteriores se desprende que el pH es una variable que, al menos dentro de los límites estudiados (5,1 a 5,7) no afecta sensiblemente a la fusión, y que dentro de ese rango su influencia, si la hubiere, estaría ocluida por otras variables. Posiblemente, si se trabajase con valores de pH inferiores a 5,0 esta influencia podría notarse con mayor intensidad, debido a que es por debajo de este valor que la disminución en la mineralización de la cuajada haría sentir con mayor intensidad el efecto del arricotamiento.

### 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran claramente que tanto el contenido de materia grasa como el grado de maduración son dos variables que al aumentar inciden en forma favorable en la capacidad de fusión de los quesos. Con relación al aumento del grado de maduración, como se dijo anteriormente, al debilitarse la red proteica, se posibilita en gran medida la capacidad de la materia grasa para fluir por acción del calor. Lefevre *et al.* (2000) estudiaron la influencia del tiempo de maduración sobre 4 elaboraciones de queso Cheddar encontrando un fuerte incremento en la capacidad de fusión hasta los primeros diez días de maduración, atenuándose este incremento en los días posteriores.

En nuestras experiencias se observó que al aumentar el contenido de la materia grasa a valores cercanos a los correspondientes a un queso doble crema se obtenían incrementos del área de fusión que llegaban a más del 500%. Estos resultados están de acuerdo con los informados por Olson *et al.*

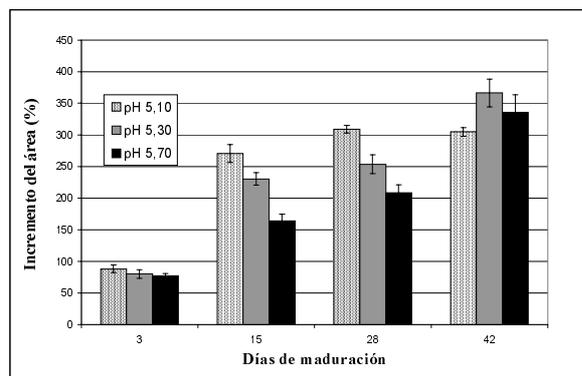


Figura 2  
Estudio de la influencia del pH y grado de maduración. Incremento porcentual del área de los quesos después del ensayo de fusión. Promedios y desviaciones de los datos obtenidos para 2 elaboraciones de cada tipo.

(1999), quienes indican que los cambios del 18 al 45% en la grasa sobre base seca tienen poca influencia sobre la capacidad de fusión del queso Cheddar, pero cuando este valor supera el 45%, se produce un drástico incremento en la capacidad de fusión. Lefevre *et al.* (2000) informan también una alta correlación ( $r^2 = 0,90$ ) entre el contenido de materia grasa y la capacidad de fusión para cinco tipos diferentes de queso, y sugieren que el contenido graso es uno de los factores determinantes de la capacidad de fusión del queso.

Con respecto a la incorporación de proteínas de suero, no se han hallado datos en la bibliografía sobre su influencia en la capacidad de fusión. En nuestros ensayos se observó que esta adición es notoriamente nociva. Este hecho puede explicarse teniendo en cuenta la afinidad de estas proteínas, especialmente la  $\beta$ -lactoglobulina, por la  $\kappa$ -caseína a altas temperaturas, lo que estaría provocando en cierta manera un refuerzo de la red proteica y consiguiendo una mayor dificultad para el escape de la grasa. En el caso del agregado de proteínas de suero sin calor, también se produciría un depósito de estas proteínas sobre la red, lo cual estaría ocasionando un efecto similar.

Con respecto a la influencia del pH, en los estudios llevados a cabo no se pudo observar una influencia marcada de esta variable sobre la fusión. El hecho sin embargo, puede atribuirse a que los límites estudiados, entre 5,1 y 5,7, no habrían tenido en cuenta valores bajos cercanos a 4,9, en los cuales la importante desmineralización de la cuajada provoca el efecto de arricotamiento que conlleva la dificultad a la fusión, tal como lo fuera informado para el caso de la mozzarella por Rowney *et al.* (2000). Es de aclarar que para alcanzar estos valores de pH en las cuajadas habría que haber recurrido a un fermento de actividad acidificante mucho más potente que los usados en el presente estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo agradecen al Lic. Hugo Koffman del laboratorio de Física de la FIQ por el desarrollo del software para la medición de las áreas de los quesos fundidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bradley, R.L., Arnold, E., Barbano, D.M., Semerad, R.G., Smith, D.E. and Vines, B.K. (1992) Chemical and physical methods en *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*, p. 433-531, Marshall, (Ed.), APHA, Washington.
- FIL-IDF 4: 1958 (1976) Determinazione della materia secca del formaggio e del formaggio fuso en *Norme FIL-IDF definizioni, metodiche de analisi e di prelievo del latte e derivati*, Parte I<sup>a</sup>, p. 29-30, Associazione Italiana Tecnici del Latte, Parma.
- FIL-IDF 20B: 1993 (1995) Determinazione del azoto total nel latte en *Norme FIL-IDF definizioni, metodiche di analisi e di prelievo del latte e derivati*, Parte IV<sup>a</sup>, p. 74-107, Associazione Italiana Tecnici del Latte, Parma.
- Hynes, E., Meinardi, C.A., Candiotti, M., Sabbag, N., Zualet, G., Zalazar, C.A. y Costa, S. (1998) Elaboración y maduración de queso Cremoso Argentino adicionado con proteínas de suero. *Revista Argentina de Lactología*, **16**, 13-23.
- Hynes, E., Delacroix Bouchet, A., Meinardi, C. and Zalazar, C. (1999) Relation between pH, degree of proteolysis and consistency in soft cheeses. *J. Dairy Tech.*, **54**, 24-27.
- Kosikowski, F. (1977) Cheese and Fermented Milk Foods. F.V. Kosikowski & Assoc., Brooktondale, NY.
- Kuo, M., Wang, Y. and Gunasekaran, S. (2000) A viscoelasticity index for cheese meltability evaluation. *J. Dairy Sci.*, **83**, 412-417.
- Kuo, M. and Wang, Y. (2001) Effect of heat treatments on the meltability of cheeses. *J. Dairy Sci.*, **84**, 1937-1943.
- Lefevre, I., Dewettinck, K. and Huyghebaert, A. (2000) Cheese fat as driving force in cheese flow upon melting. *Milchwissenschaft*, **55**, 563-566.
- Lo, C. and Bastian, E. (1998) Incorporation of native and denatured whey proteins into cheese curd for manufacture of reduced fat Havarti-type cheese. *J. Dairy Sci.*, **81**, 16-24.
- Metzger, L. and Barbano, D. (1999) Measurement of postmelt chewiness of mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.*, **82**, 2274-2279.
- Muthukumarappan, K., Wang, Y.C. and Gunasekarant, S. (1999) Short Communication: Modified Schreiber Test for Evaluation of Mozzarella Cheese Meltability. *J. Dairy Sci.*, **82**, 1068-1071.
- Olson, N., Gunasekaran, S. and Bogenrief, D. (1996) Chemical and physical properties of cheese and their interactions. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **50**, 279-294.
- Park, J., Rosenau, J. and Peleg, M. (1984) Comparison of four procedures of cheese meltability evaluation. *Journal of Food Science*, **49**, 1158-1170.
- Rowney, M., Roupas, P., Hickley, M. and Everet, D. (1999) Factors affecting the functionality of mozzarella cheese. *The Australian Journal of Dairy Technology*, **54**, 94-102.
- Rudan, M., Barbano, D. and Kindstedt, P. (1998) Effect of fat replacer (Salatrim) on chemical composition, proteolysis, functionality, appearance and yield of reduced fat mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.*, **81**, 2077-2088.
- Todesco, R., Resmini, P. and Aquili, G. (1992) Indici chimico analitici del formaggio Crescenza correlabili alla sua struttura. *Ind. Latte*, **28**, 41-53.
- Vassal, L., Monnet, V., Le Bars, D., Roux, C. and Gripon, J.-C. (1986) Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages du type Camembert. *Lait*, **66**, 341-351.
- Zalazar, C. A., Meinardi, C.A. y Candiotti, M.C. (1993) Influencia de distintos tipos de aditivos sobre el rendimiento del queso cremoso argentino. *Revista Argentina de Lactología*, **5**, 65-73.
- Zalazar, C. A., Meinardi, C.A. y Hynes, E. (1999) Quesos Típicos Argentinos. Producción y características: una revisión. Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe (Argentina).

Recibido: Junio 2003  
Aceptado: Diciembre 2003