

Desarrollo de quesos frescos funcionales y saludables a partir de leche bovina

Pavón, Y.^{1,2}; Galante, M.³; Boeris, V.³; Risso, P.^{3,4}; Lazzaroni, S.^{1,2}; Rozycki, S.*¹

¹Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA) - Facultad de Ingeniería Química (FIQ) - Universidad Nacional del Litoral (UNL). Santa Fe, Argentina.

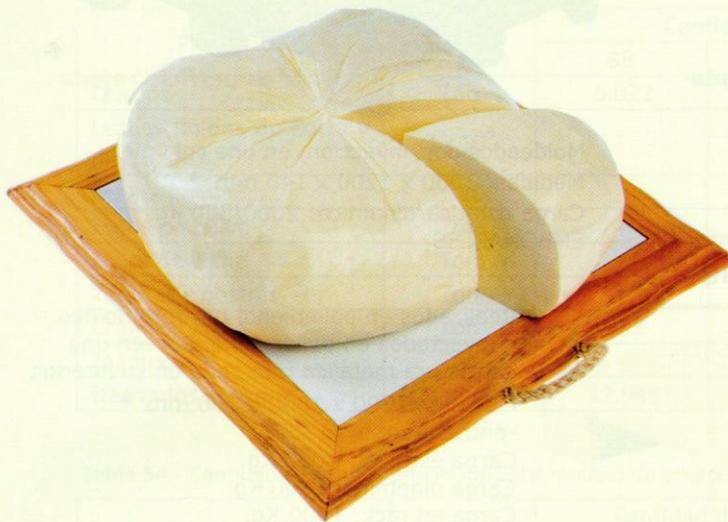
²CONICET, Argentina.

³Universidad Nacional de Rosario (UNR) - Conicet, Argentina.

⁴Instituto de Física de Rosario (IFIR) - Conicet, Argentina.

*sdrozycki@hotmail.com / srozycki@fiq.unl.edu.ar

Este trabajo recibió el Premio en el Área Alimentos – Concurso Innovar 2014 – Tecnópolis – Buenos Aires



Resumen

La industria alimentaria enfrenta el desafío de desarrollar nuevos alimentos funcionales que mejoren el estado nutricional general de la población, con la finalidad de prevenir la incidencia de enfermedades surgidas como consecuencia de deficiencias nutricionales y de la ingesta excesiva con la dieta de compuestos tales como el colesterol (Col). El objetivo de este trabajo fue elaborar un queso fresco tipo cuartirolo, fortificado con zinc (Zn^{2+}) y con contenido de Col reducido, y compararlo con un queso tradicional. Para cumplir con este objetivo se elaboraron cremas con 10% de materia grasa (MG), a partir de la mezcla de crema de leche y de leche descremada, a las cuales se les extrajo el Col mediante el empleo de β -ciclodextrina como agente extractor, en condiciones tecnológicas optimizadas. A partir de las mismas, y por agregado de leche descremada fluida hasta lograr una concentración de 3% de MG similar a una leche estandarizada, fueron elaborados los quesos con y sin la adición de sales de Zn^{2+} ($ZnSO_4$ / $ZnCl_2$). Adicionalmente, se elaboraron quesos testigos (sin

extracción de colesterol ni agregado de zinc) y controles (con extracción de colesterol y sin agregado de zinc). A cada uno se le determinó la concentración de Zn^{2+} y el porcentaje de extracción de Col (%Ext Col). Además se realizaron determinaciones fisicoquímicas, reológicas/texturales y sensoriales. Se obtuvo un queso fortificado en un 85% con Zn^{2+} y con contenido de Col reducido en más del 93%, con características sensoriales semejantes al queso tradicional.

Introducción

El estudio del proceso de coagulación de la leche bovina y de los productos derivados es de gran importancia para la provincia de Santa Fe y sus zonas de influencia, ya que es una de las cuencas lecheras más importante de Latinoamérica. Debido al significativo incremento en la demanda de alimentos funcionales, la incorporación de valor agregado a los quesos y, al mismo tiempo, el cuidado en el mantenimiento de las características organolépticas de los mismos es de sumo interés para nuestra región.

El Zn^{2+} es uno de los de los elementos traza más importantes que interviene como co-factor de más de 200 reacciones enzimáticas, lo que convierte a la deficiencia de su consumo en una problemática nutricional mundial. En los últimos años la deficiencia de Zn^{2+} ha afectado tanto a países desarrollados como en vías de desarrollo. La fortificación o enriquecimiento de los alimentos con nutrientes esenciales es utilizada desde hace más de 50 años como una forma de prevenir la incidencia de enfermedades debidas a deficiencias nutricionales. Por lo tanto, la fortificación de alimentos con minerales esenciales como el Zn^{2+} puede ser tenida en cuenta como una forma de contrarrestar la deficiencia en su ingesta.

La leche y los alimentos derivados de la misma son buenos candidatos para la incorporación de Zn^{2+} , no

sólo por su alto consumo mundial sino también por su elevado valor nutricional y por su efecto regulador de los procesos de digestión y de absorción de este mineral. Otra característica que hace de los productos lácteos como yogures y quesos una opción lógica para la fortificación con Zn^{2+} es su pH bajo, que aumenta su solubilización y biodisponibilidad.

Otro problema actual de importancia es la hipercolesterolemia, que se produce en parte por la incorporación de Col con la dieta, ya que el producido en el hígado alcanza para la mayoría de los requerimientos diarios del organismo. Este exceso promueve enfermedades cardíacas y/o cerebrovasculares. Actualmente, los productos con contenido de Col reducido son aquellos a los cuales se les reduce el porcentaje de materia grasa (%MG). Un problema que enfrentan estos productos es que, tanto la reducción parcial como total de MG, tienen grandes efectos sobre el sabor y la textura de los mismos, lo que perjudica su aceptabilidad.

Durante los últimos años se han investigado la estructura y las propiedades de las ciclodextrinas (CDs) y sus complejos para diferentes aplicaciones en alimentos, farmacología y biotecnología. Una aplicación interesante de las CDs es que pueden utilizarse para la separación de componentes no deseados de productos lácteos como leche, crema o quesos (Singh, Sharma *et al.*, 2002). Dentro de la familia de las CDs se encuentra la β -ciclodextrina (β -CD), oligosacárido cíclico compuesto por uniones α -(1-4) de siete unidades de glucosas, que contiene una cavidad central en su arreglo molecular, la cual forma un complejo de inclusión con varios compuestos químicos, entre ellos el Col. Las β -CD son además no tóxicas y químicamente estables. Por lo tanto, el uso de β -CD resulta ventajoso para la remoción de Col en la industria alimentaria.

El objetivo del proyecto consistió en desarrollar y evaluar un queso fresco funcional, con contenido de colesterol reducido y suplementado con sales de Zn^{2+} , para consumo masivo, con miras a evitar el riesgo nutricional y/o cardiovascular, conservando el sabor y la textura del alimento tradicional.

Materiales y métodos

Elaboración de la crema con contenido de Col reducido

Se homogeneizó una crema con 10% de MG, obtenida por mezcla de crema de leche (Manfrey CTCE Ltda., Santa Fe, 48 % MG) y de leche descremada (Milkaut SA, Santa Fe, % MG despreciable) en un homogeneizador a válvula (Simes S.A., Santa Fe) de dos etapas a 70°C. Para la extracción de Col se utilizaron las condiciones optimizadas mediante un diseño experimental realizado previamente, adicionando β -CD (Kleptose®/Roquette, Ferromet SRL, Bs. As.), agitando la mezcla y luego centrifugando adecuadamente, con el objetivo de separar el complejo que forma la β -CD con el Col, quedando en el sobrenadante la crema con Col reducido.

Elaboración de quesos frescos con Colesterol reducido y fortificados con Zn^{2+}

Las cremas con contenido reducido de Col fueron llevadas al 3% de MG con el agregado de leche descremada, fueron pasteurizadas/termizadas por calentamiento a 65°C durante 20 min y llevadas a baño termostático a 40°C para dar comienzo a la elaboración de los quesos. La misma se llevó a cabo según el diagrama de flujo mostrado en la figura 1.

Para la elaboración de los quesos se utilizó fermento lácteo liofilizado STD (Diagrama S.A., Santa Fe), cloruro de calcio anhidro de calidad pro-análisis (Cicarelli SA, Bs. As.) y cuajo de origen bacteriano (Chy-Max®, Chr. Hansen, Bs. As.). Para la fortificación se utilizaron dos tipos de sales: sulfato de zinc ($ZnSO_4$) (Novalquim SRL, Bs. As.) y cloruro de zinc ($ZnCl_2$) (Cicarelli SA, Bs. As.).

Se prepararon quesos testigos (QT) elaborados a partir de cremas tradicionales, no sometidas al tratamiento de extracción de Col, y quesos controles (QC), los cuales se prepararon con las cremas con contenido de Col reducido pero sin agregado de sales de zinc, con la finalidad de ser comparados con los quesos fortificados con las distintas sales de Zn^{2+} : $QZnSO_4$ y $QZnCl_2$.

Productos para la Industria Láctea

Sales fundentes **JOHA®** para la elaboración de quesos fundidos. Estabilizantes para yogur, bebidas lácteas y productos estériles UAT. - **BK GIULINI Alemania** - Recubrimientos alimenticios para quesos con y sin fungicidas. Productos para tratamientos ambientales - **DOMCA España**. - Cuajos - **Milar** - Conservantes Enzimas - Antiapelmazantes. Fermento propionico liofilizado - **ABIASA Canadá** - Sistemas de detección rápida microbiológica (bioluminiscencia). Automatización de finales de línea y pintadoras para quesos en líneas continuas **PREMA**.



INGENIERO LOPEZ
Y ASOCIADOS S.R.L.

SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD
CERTIFICADO ISO 22000:2005



BK Giulini



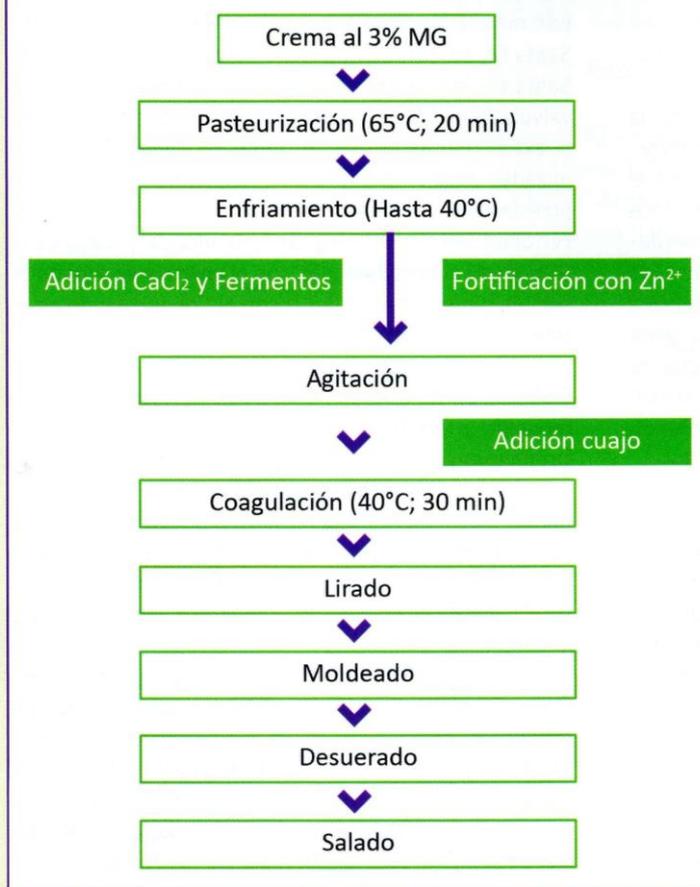
DANISCO
First you add knowledge...



Lote 178 Parque Industrial Sauce Viejo
(3017) Santa Fe, Argentina

Tel / Fax : 0054-342-4995535 / 4995666
ventas@ilasrl.com.ar - www.ilasrl.com.ar

Figura 1 - Diagrama de flujo del proceso de elaboración de Queso Fresco Funcional tipo cuartirolo



Determinación del porcentaje de extracción de colesterol

Para la cuantificación del Col las muestras se diluyeron previamente de manera tal que tengan un porcentaje de MG final del 3%, se saponificaron con KOH y se realizó una extracción del Col de las muestras saponificadas con n-hexano (Lee, *et al.*, 1999; Pavón, *et al.*, 2014). Posteriormente, se procedió a la cuantificación del Col extraído mediante el empleo de un kit enzimático colorimétrico comercial (laboratorios Wiener SAIC, Bs. As.), determinándose la absorbancia de las muestras a una longitud de onda de 510 nm en un espectrofotómetro UV-Visible (Spekol 1200)(Pavón, *et al.* 2014).

Determinación de la concentración de zinc

El contenido de Zn²⁺ de los quesos obtenidos fue cuantificado mediante espectroscopía de absorción atómica. Dicho análisis se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) (Rosario, Santa Fe).

Determinación del porcentaje de humedad relativa

Se pesaron 2 g de cada una de las muestras de queso (se registró el peso exacto en todos los casos) y se coloca-

ron en cápsulas de porcelana. Cada una de éstas fue llevada a estufa a una temperatura de 104±1°C con la finalidad de evaporar el agua de la muestra. Las muestras se pesaron periódicamente hasta alcanzar peso constante.

Determinaciones de color

Se tomaron imágenes de los quesos bajo las condiciones de iluminación apropiadas (Mendoza y Aguilera, 2004) usando una cámara de alta resolución Nikon (Coolpix P520). Estas imágenes fueron procesadas haciendo uso del programa Photoshop, con la finalidad de obtener los parámetros L*, a* y b*, en donde L* es la luminosidad y adquiere los valores de 0 (negro) a 100 (blanco), y los parámetros a* (del verde al rojo) y b* (del azul al amarillo) son los componentes cromáticos que adquieren los valores que van desde -120 a +120 (Yam y Papadakis, 2004).

Ensayo de capacidad de fusión (derretibilidad)

La derretibilidad o extensión durante el fundido se refiere a la capacidad de los trozos de queso desmenuzados de fluir y fusionarse formando una masa derretida cuando se calientan. En cada ensayo se colocaron sobre placas de Petri cilindros de queso de 37 mm de diámetro y 12 mm de altura obtenidos a no menos de 1 cm de cada borde. El ensayo

se realizó en una estufa con convección natural de aire cuya superficie se encontraba nivelada previo a cada ensayo de fusión. Las muestras se mantuvieron a 4°C durante 30 min antes del ensayo. Posteriormente, se sometieron a 130°C durante 15 min. Transcurrido ese tiempo, las muestras fueron retiradas de la estufa y enfriadas a 4°C. Se procedió a determinar las áreas para cuantificar la capacidad de fusión de los quesos. Los ensayos de fusión se realizaron por triplicado en los quesos con 20 días de maduración (Mercanti *et al.*, 2004).

Determinación de la firmeza

Mediante un test de penetración fue determinada la firmeza cuando la sonda elegida para el ensayo penetró 10 mm a los quesos en estudio. Muestras cilíndricas de 4cm de diámetro fueron penetradas por un cilindro de 2cm de diámetro, a temperatura ambiente (20-21°C), a una velocidad de 10 mm/min y usando un equipo Multitest 2.5-d (Mecmesin) acoplado a un dinamómetro digital (celda de carga de 100N). Todos los ensayos de penetración fueron llevados a cabo en el centro de la muestras. Fueron realizadas cinco determinaciones para

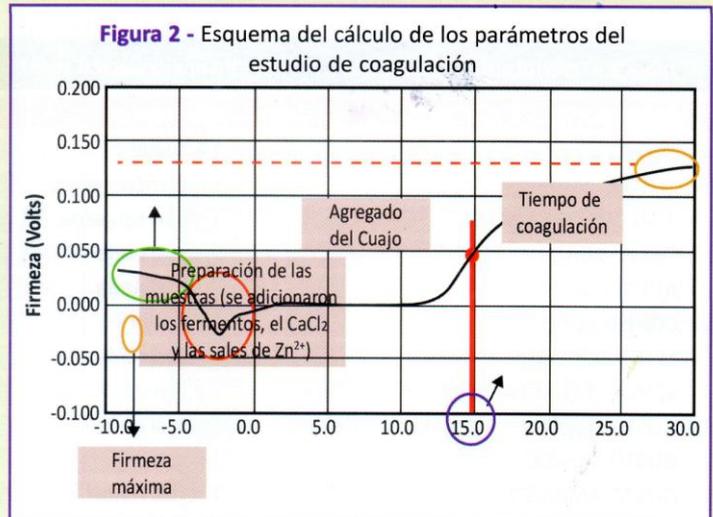
cada tipo de queso analizado, siempre con una muestra nueva (Sánchez, Beauregard et al., 1995).

Ensayos de coagulación

Se realizó un seguimiento del proceso de coagulación de las leches con contenido de grasa ajustado al 3%, con las que se elaboraron los distintos quesos en estudio (Quesos testigo, control y con el agregado de la distintas sales de Zn^{2+}) utilizando un electrodo sensor de platino que es introducido en las mismas. Éste midió la resistencia del sistema a la transferencia de calor a lo largo del tiempo, la cual aumenta al ir aumentando la viscosidad (coagulación) del medio. Distintos parámetros, tales como la firmeza máxima alcanzada por la cuajada y el tiempo en el que ocurre la coagulación (t_c), fueron obtenidos a partir de las figuras que surgen de graficar la firmeza (volt) vs el tiempo. La firmeza máxima se calcula como el valor constante de firmeza alcanzado cuando la gráfica asintótica alcanza un plateau (extremo derecho). El valor del tiempo de coagulación (t_c) se calcula como el valor del tiempo en el punto de inflexión de la gráfica. En la figura 2 se muestra, en forma esquemática, el cálculo de los parámetros estudiados.

Análisis sensorial

El análisis sensorial comprende una variedad de herramientas poderosas y sensibles para determinar la aceptación a nuevos alimentos (Drake, 2007). En el presente trabajo, el mismo fue realizado por el panel sensorial del Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA), dependiente



de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), Santa Fe, Argentina. Muestras de aproximadamente 30 g, codificadas aleatoriamente y termostatazadas a 10°C, fueron evaluadas a los 25 días de maduración por nueve panelistas entrenados en la evaluación sensorial de este tipo de productos. Los descriptores se evaluaron en escalas continuas de 10 cm, no estructuradas, ancladas en los extremos. La tabla 1 indica los descriptores y extremos utilizados.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente para cada tipo de queso estudiado mediante Test ANOVA y Test de LSD (mínima diferencia significativa) para un 95% de confianza ($p < 0,05$).

Tenemos un desafío constante:

Lograr que los buenos resultados perduren en el tiempo.

600 unidades compresoras Howden para NH_3 instaladas y más de 55 años de experiencia, nos convierten en la empresa líder en sistemas frigoríficos industriales.

VMC Refrigeración S.A.
 Soluciones en refrigeración industrial.

Howden
 Representante y montador exclusivo para Latinoamérica.

T: +54 03492 432277/87
 ventas@vmc.com.ar / www.vmc.com.ar
 Rafaela / Santa Fe / Argentina

Tabla 1. Descriptores y referencias utilizadas en la evaluación sensorial de quesos frescos tipo cuartirolo

| Descriptor | Referencias | |
|----------------------|-------------------|-----------------|
| OLOR | 1 = suave | 9 = intenso |
| COLOR | 1 = blanco neutro | 9 = amarillento |
| ASPECTO DE LA MASA | 1 = con agujeros | 9 = ciega |
| ELASTICIDAD | 1 = casi nada | 9 = mucha |
| ADHERENCIA | 1 = casi nada | 9 = mucha |
| COHESIVIDAD | 1 = budín | 9 = salchicha |
| MASTICABILIDAD | 1 = casi nada | 9 = mucha |
| SENSACIÓN AL PALADAR | 1 = áspera | 9 = cremosa |
| GUSTO DULCE | 1 = casi nada | 9 = mucho |
| GUSTO SALADO | 1 = suave | 9 = intenso |
| GUSTO AMARGO | 1 = casi nada | 9 = mucho |
| GUSTO ÁCIDO | 1 = casi nada | 9 = mucho |
| SABOR A CREMA | 1 = suave | 9 = intenso |
| SABOR METÁLICO | 1 = casi nada | 9 = mucho |
| ASTRINGENCIA | 1 = leve | 9 = intensa |
| FLAVOR RESIDUAL | 1 = casi nada | 9 = mucho |

Resultados y discusión

Cuantificación del porcentaje de extracción de Colesterol de las cremas bases para la elaboración de los quesos

Se cuantificó el %Ext Col de las cremas bases (10% MG) que se utilizaron para la elaboración de los quesos, dando por resultado una extracción algo mayor al $93 \pm 1\%$ de Col.

Determinación de la concentración de Zn^{2+}

Los resultados obtenidos para la determinación de la concentración de Zn^{2+} se muestran en la tabla 2. En la misma se exhiben la concentración de Zn^{2+} encontrada en las distintas muestras de queso, el porcentaje de rendimiento de los quesos (peso de cuajada obtenida cada 100 g de crema usada para su elaboración) y los valores correspondientes al porcentaje de fortificación con Zn^{2+} (porcentaje de Zn^{2+} recuperado en el queso luego de la fortificación). Se puede observar que el Zn^{2+} agregado a la crema con la que se elaboraron los quesos quedó retenido en más del 85% en el producto final. Estos resultados ponen en evidencia lo ya reportado con anterioridad, que existe una fuerte interacción entre las

moléculas de Zn^{2+} y las micelas de caseína (Pomastowski *et al.* 2014).

Estudio de la firmeza (penetrometría)

La firmeza de los quesos se muestra en la figura 3. En la misma se observa una marcada diferencia (estadísticamente significativa) entre los QT y los que recibieron el tratamiento de extracción del Col con la β -CD (QC, QZnSO₄ y QZnCl₂). La dureza de estos últimos a los 10 mm de penetración resultó menor que la de los QT. Esto es debido a que el proceso de homogeneización mecánica al que se sometieron las cremas (en el protocolo de extracción de Col) afecta la estructura de las proteínas, ocasionando que las caseínas se incorporen dentro de la membrana de los glóbulos de grasa, lo que da lugar a una estructura más débil (Kwak, Nam *et al.* 2001).

Análisis de color (imágenes digitales)

En las figuras 4A y 4B se pueden observar las imágenes de los quesos en estudio y los valores que tomaron los parámetros de color para cada una de las muestras, respectivamente. Se puede observar que los valores de luminosidad (L^*) se mantienen constantes para los distintos tipos de quesos analizados. Por otra parte, los

Tabla 2: Concentraciones de Zn^{2+} en los quesos

| Muestra | [Zn^{2+}] (mg/Kg) | % Rendimiento de los quesos | % Fortificación con Zn^{2+} |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Queso Testigo | 33 \pm 2 | 12.2 \pm 0.5 | |
| Queso Control | 26 \pm 2 | 13.1 \pm 0.5 | |
| Queso con ZnCl ₂ | 129 \pm 8 | 13.5 \pm 0.1 | 87 \pm 7 |
| Queso con ZnSO ₄ | 131 \pm 8 | 14 \pm 1 | 94 \pm 7 |

valores de los parámetros a^* y b^* cambian significativamente en los quesos elaborados a partir de las cremas sometidas al tratamiento de extracción de Col con respecto a los quesos elaborados a partir de cremas tradicionales. Esta alteración en los valores de a^* y b^* que presentaron las muestras de QC, QZnSO₄ y QZnCl₂, con respecto a los valores hallados para los QT, se corresponden con una disminución en la intensidad de los matices de los colores verdes y amarillos, respectivamente.

Determinación del porcentaje de humedad relativa

En la tabla 3 se muestran los valores de porcentaje de humedad obtenidos para los quesos en estudio. Los mismos variaron muy levemente entre las muestras estudiadas, salvo para el queso control que mostró tener un porcentaje de humedad significativamente inferior ($p < 0,05$) que el resto de las muestras analizadas.

Ensayos de derretibilidad

El QT presentó mayor derretibilidad (mayor área final luego del ensayo de fusión) que el QC y los adicionados con sales de Zn²⁺, observándose diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Esto estaría relacionado con el proceso de homogenización, el que afectaría significativamente esta propiedad funcional. Entre el QC y los adicionados con sales de Zn²⁺ no hubo diferencias significativas entre las áreas de fusión. Las áreas iniciales y finales obtenidas se muestran en las figuras 5 y 6.

Figura 3 - Firmeza de los quesos (penetración con sonda cilíndrica)

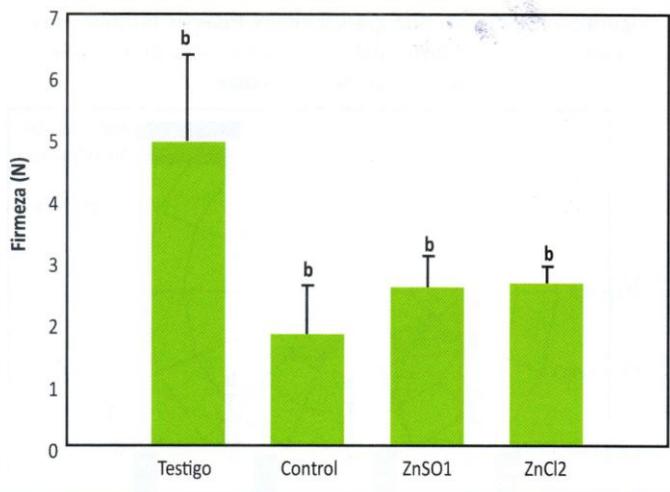


Tabla 3: Porcentaje de humedad relativa de los quesos

| Muestra | % de humedad |
|-------------------------|-------------------------|
| Queso Testigo | (56,4±0,5) ^a |
| Queso Control | (53,9±0,4) ^b |
| Queso ZnSO ₄ | (55,8±0,9) ^a |
| Queso ZnCl ₂ | (55,8±0,1) ^a |

Ensayos de coagulación

Mediante el seguimiento del proceso de coagulación de las cremas, luego del agregado del cuajo, se obtuvieron los parámetros: tiempo de coagulación (t_c) y firmeza máxima alcanzada por la cuajada. Los resultados se muestran en la tabla 4.

Figura 4 - A) Imágenes de las muestras en condiciones apropiadas de iluminación (1-QT; 2-QC; 3-QZnSO₄; 4-QZnCl₂. B) Parámetros de Color

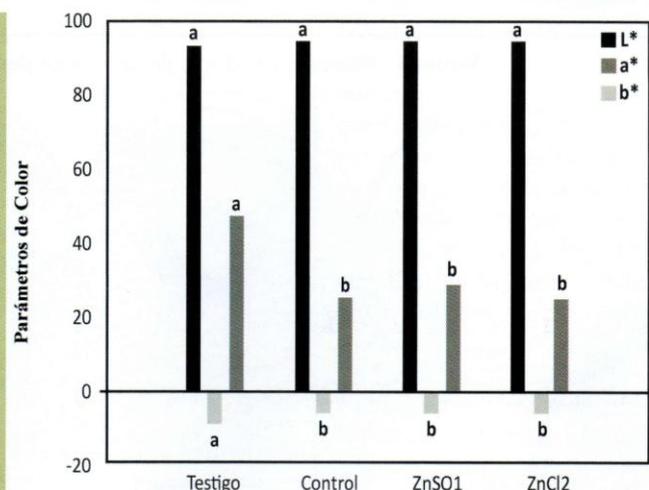
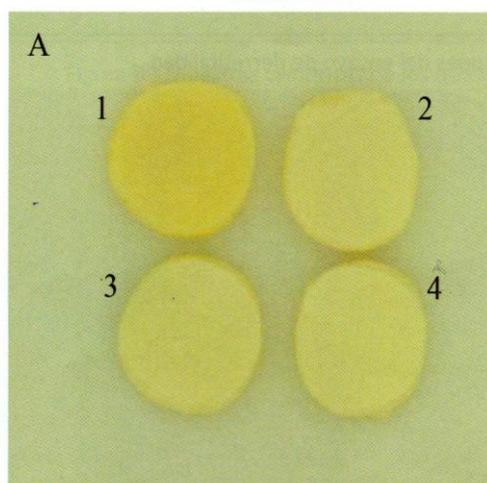
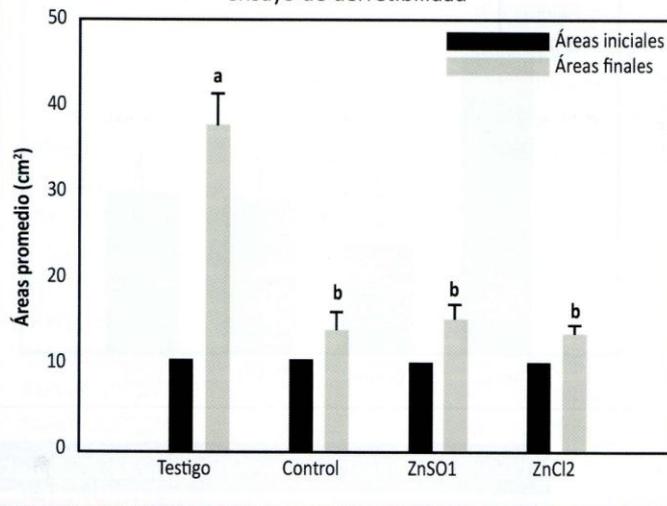


Figura 5 - Representación gráfica de las áreas de las muestras cilíndricas de los quesos, determinadas antes y después del ensayo de derretibilidad



Los ensayos de coagulación mostraron valores de tiempos de coagulación (tc) y firmeza máxima del coágulo normales, sin pequeñas diferencias significativas entre las muestras (generalmente menor 10%) (Tabla 4). De la misma se desprende que la firmeza máxima de la cuajada prácticamente no cambia, con los tratamientos realizados en las cremas y leche (extracción del Col y adición de sales de Zn²⁺, respectivamente), mostrando un valor levemente menor en el caso de la fortifica-

ción con la sal ZnSO₄. En cuanto al tiempo de coagulación se puede observar que fue mayor (aprox 2,5 min.), con respecto al testigo, en el caso de las leches con colesterol reducido con ZnSO₄ y menor para el caso del Control (aprox 1,5 min.). La leche a la que se le adicionó ZnCl₂ tuvo un tiempo de coagulación prácticamente igual que la testigo. Aun así el rango de sus valores se considera normal, con respecto a los valores obtenidos para un queso tradicional.

Análisis sensorial

Las características sensoriales de los quesos fueron evaluadas en el presente trabajo por un panel sensorial entrenado. Los resultados del mismo se muestran en la figura 7, donde se presentan los valores promedio que adquirieron los descriptores para cada una de las muestras.

A partir del valor promedio de los descriptores podemos interpretar que el olor a crema se detectó en mayor intensidad en el QT, mientras que fue menor en el caso del QZnSO₄. Para el caso del QZnCl₂, no se observaron diferencias estadísticamente significativas con el QT y QC, pero sí en el caso del QZnSO₄. En cuanto al color característico, fue más intenso y estadísticamente diferente en el caso del QT comparado con el resto. El aspecto de la masa fue homogéneo, no presentándose diferencias estadísticamente significativas

Tabla 4. Parámetros de coagulación

| Tipo de crema | Firmeza máxima (Volts) | Tiempo de coagulación (min) |
|-------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Testigo | 0,13 ± 0,01 ^a | 12,54 ± 0,91 ^a |
| Control | 0,13 ± 0,02 ^a | 11,04 ± 0,78 ^a |
| ZnSO ₄ | 0,11 ± 0,01 ^a | 15,00 ± 1,05 ^b |
| ZnCl ₂ | 0,13 ± 0,02 ^a | 12,64 ± 0,98 ^a |

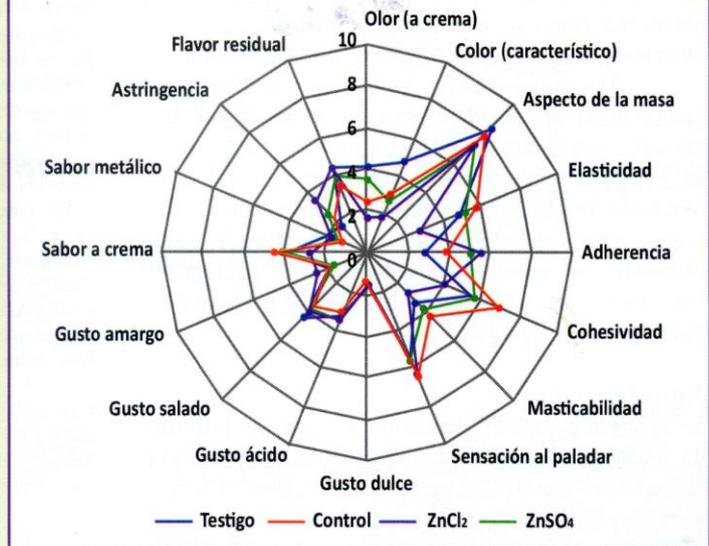
Figura 6 - Muestras cilíndricas de los quesos después del ensayo de derretibilidad



entre las muestras, siendo los puntajes altos y cercanos al extremo superior (9,0). Para el caso de la elasticidad, se observó que el QZnSO₄ presentó menor elasticidad que las demás muestras, siendo esta diferencia estadísticamente significativa. La adherencia al paladar fue mayor en los casos de los quesos adicionados con sales, ocurriendo lo contrario para el QT. La cohesividad fue menor para el QZnSO₄ y mayor para el QT. Todos los quesos presentaron similar masticabilidad y sensación al paladar, no detectándose diferencias estadísticamente significativas entre las muestras para ambos descriptores. El gusto dulce fue calificado como "casi nada perceptible" en todas las muestras, por lo que el remanente de β-CD no estaría influyendo en la percepción de este descriptor. El gusto ácido, salado y amargo fue poco percibido entre las diferentes muestras, no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre las mismas. El sabor a crema se detectó de manera similar en todas las muestras, por lo tanto, el proceso de extracción de Col no alteró las propiedades organolépticas propias de éstas. No se detectó prácticamente sabor metálico. La astringencia fue muy baja para las diferentes muestras, no encontrándose diferencias significativas entre las mismas.

Los resultados de la evaluación sensorial son consistentes con lo reportado anteriormente por Gulbas y Saldamli (Gulbas y Saldamli, 2005), Abd-Rabou *et al.* (Abd-Rabou, Zaghoul *et al.*, 2010) y por Kahraman y Ustunol (Kahraman y Ustunol, 2012). Estos autores estudiaron el efecto sobre las características sensoriales en diferentes tipos de productos lácteos, distintos de queso fresco, y reportaron que la fortificación con Zn²⁺ no afecta negativamente (en las concentraciones ensayadas) las características sensoriales de los alimentos.

Figura 7 - Comparación de los valores promedio obtenidos de los descriptores para cada muestra de queso analizada



Conclusiones

Se elaboraron quesos frescos con una exitosa reducción del contenido de Col mayor al 93% y fortificación con Zn²⁺ (superior al 85%). Una porción de 30 g de queso fresco aporta un 56% de la dosis diaria recomendada (IDR) para hombres adultos y el 80% de la IDR para las mujeres (CAA, Código Alimentario Argentino). En cuanto a las características sensoriales de los quesos fortificados con Zn²⁺ y con contenido de Col reducido, resultaron ser muy similares a las del QT. El sabor dulce se detectó en muy baja intensidad, indicando que los restos del compuesto β-CD que podrían haber quedado como remanente de su uso para la extracción del Col de las cremas, no tuvieron incidencia significativa sobre el sabor del producto. Además, se descartó que la presencia de las sales de Zn²⁺, en las concentraciones ensayadas, le confieran un gusto metálico y astringente a los quesos fortificados.

Las diferencias encontradas en los ensayos de firmeza, derretibilidad y de color son atribuibles al proceso de homogeneización mecánica al que fueron sometidas las cremas con el objetivo de extraer el Col, y no a la adición de las sales de Zn²⁺. No obstante, estas diferencias no afectaron de forma negativa a las características organolépticas de los quesos analizados.

Existe la posibilidad de llegar a una solución de compromiso y lograr un producto en el cual se

Figura 8 - Muestras cilíndricas de los quesos después del ensayo de derretibilidad



limite la extracción de colesterol para mejorar algunas características importantes que determinan la calidad del mismo, como por ej. disminuir el nivel de extracción de colesterol para mejorar la derretibilidad.

Teniendo en cuenta todo lo mencionado, se ha podido desarrollar un producto que además de presentar una ventaja nutricional, como lo es el aporte extra de Zn^{2+} , y una característica funcional, como lo es la reducción de Col, pudo mantener las características organolépticas del queso tradicional, sin afectar sensiblemente las variables tecnológicas de elaboración (parámetros de coagulación). Los quesos obtenidos se muestran en la figura 8.

Agradecimientos

Se agradece al Área de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA-FIQ) de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), responsable Lic. Nora Sabbag, y a los miembros del panel entrenado. Se agradece a la UNL por su programa CAI+D, proyecto PI 501 201101 00427 LI; al FONCYT, proyecto PICT 1354/2011; al CONICET por su programa de Becas Doctorales; a las empresas Heladerías Veneto S.A., Simes S.A., Santa Fe Ingeniería S.A., Diagramma S.A.; Lácteos Rocío del Campo SC, Biofe S.A., Milkaut S.A., Ferromet S.R.L., y al Ingeniero Carlos Meinardi (INLAIN - FIQ - UNL).

Bibliografía

Abd-Rabou, N. S., A. H. Zaghoul, F. L. Seleet and M. A. El-Hofi (2010). Properties of Edam cheese fortified by dietary zinc salts. *Journal of American Science*,6:

Auty, M. A., M. Twomey, T. P. Guinee and D. M. Mulvihill (2001). Development and application of confocal scanning laser microscopy methods for studying the distribution of fat and protein in selected dairy products. *Journal of Dairy Research*,68: 417-427.

Doube, M., M. M. Kłosowski, I. Arganda-Carreras, F. P. Cordelières, R. P. Dougherty, J. S. Jackson, B. Schmid, J. R. Hutchinson and S. J. Shefelbine (2010). BoneJ: Free and extensible bone image analysis in ImageJ. *Bone*,47: 1076-1079.

Drake, M. (2007). Invited review: Sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*,90: 4925-4937.

Gulbas, S. Y. and I. Saldamli (2005). The effect of selenium and zinc fortification on the quality of Turkish white cheese. *International journal of food sciences and nutrition*,56: 141-146.

Hildebrand, T. and P. Rügsegger (1997). A new method for the model-independent assessment of thickness in three-dimensional images. *Journal of microscopy*,185: 67-75.

Ingrassia, R., J. P. Costa, M. E. Hidalgo, M. Mancilla Canales, H. Castellini, B. Riquelme and P. Risso (2013). Application of a digital image procedure to evaluate microstructure of caseinate and soy protein acid gels. *LWT - Food Science and Technology*,53: 120-127.

Kahraman, O. and Z. Ustunol (2012). Effect of zinc fortification on Cheddar cheese quality. *Journal of Dairy Science*,95: 2840-2847.

Kwak, H., C. Nam and J. Ahn (2001). Low Cholesterol Mozzarella Cheese Obtained from Homogenized and B-Cyclodextrin-Treated Milk. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*,14: 268-275.

Lee, D. K., J. Ahn and H. S. Kwak (1999). Cholesterol Removal from Homogenized Milk with β -Cyclodextrin. *Journal of Dairy Science*,82: 2327-2330.

Mendoza, F. and J. Aguilera (2004). Application of image analysis for classification of ripening bananas. *Journal of Food Science*,69: E471-E477.

Mercanti, D.; Wolf, I; Meinardi, C; Candioti, M.; Zalazar, C. Influencia del contenido graso y de otras variables sobre la capacidad de fusión del queso Cremoso Argentino. *Grasas y Aceites* 296 Vol. 55. Fasc. 3 (2004), 296-302.

Pavón, Y. L., S. M. Lazzaroni, N. G. Sabbag and S. D. Rozycki (2014). Simultaneous effects of gelatin and espina corona gum on rheological, physical and sensory properties of cholesterol-reduced probiotic yoghurts. *International Journal of Food Science & Technology*.

Pomastowski, P., M. Sprynskyy and B. Buszewski (2014). The study of zinc ions binding to casein. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*,120: 21-27.

Sanchez, C., J. Beauregard, M. Chassagne, J. Bimbenet and J. Hardy (1995). Effects of processing on rheology and structure of double cream cheese. *Food research international*,28: 547-552.

Singh, M., R. Sharma and U. Banerjee (2002). Biotechnological applications of cyclodextrins. *Biotechnology advances*,20: 341-359.

Yam, K. L. and S. E. Papadakis (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*,61: 137-142.





Ordeñadora Directa al tarro Modelo ALAMO



- Regulador de vacío (600 lts de 20 a 50 kpa) -Pulsador Neumático Simultáneo AR 1208 (60% 55 ppm)
- Grifo de corte de vacío -Balde trampa de 17 lts. (2 bajadas) o de 40 lts (3 a 6 bajadas) en polietileno rotomoldeado con base para motor y bomba integrado
- Bomba de vacío Álamo de 180 lts/min (2 bajadas), VM 350 de 350 lts/min (para 3 y 4 bajadas) o VM 500 de 450 lts/min (para 5 a 6 bajadas)
- Tapa tarro en polipropileno -Colector de 300 cc de capacidad para vacas de acero/policarbonato
- Casquillo de acero inoxidable de 2.5 mm -Pezonera gran capacidad 12 x 21
- Cañería para vacío en PVC de 50 mm con soportes y accesorios.

OPCIONALES:

- Tarro lechero de 40 lts en acero inoxidable o polietileno rotomoldeado
- Lavadora de grupos
- Motor eléctrico 1 HP (para 2 bajadas), 1.5 HP (para 3 y 4 bajadas) o 2 HP (para 5 y 6 bajadas)

Omega Ind. Met. de Solari S.A. Breuning 858 (2535) El Trébol (Santa Fe) Argentina
 Tel: 03401 422775 Fax: 03401 421669 ventas@omegasolarisa.com.ar www.omegasolarisa.com.ar

