

INCORPORACIÓN DE LA PROTEÍNA DEL SUERO LÁCTEO EN UN QUESO FRESCO¹

José Rafael Arce-Méndez², Eduardo Thompson-Vicente³, Sandra Calderón-Villaplana³

RESUMEN

Incorporación de la proteína del suero lácteo en un queso fresco. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de proteína de suero (PS) en un queso fresco. Se obtuvo el rendimiento, composición química proximal, contenido de triptófano, propiedades de textura y agrado sensorial de consumidores. El estudio se realizó en una quesería del cantón de San Carlos, Costa Rica, durante el año 2011. La proteína recuperada del suero se incorporó en el proceso de elaboración del queso previo de agregar el cuajo microbiano, y se evaluaron cuatro niveles de adición, incluido un control. Los quesos suplementados presentaron un agrado entre 6,8 y 7,1. Los productos con adición de 75 y 120 g de PS/kg leche no mostraron diferencias significativas respecto al queso sin suplementar; en tanto que, el agrado del queso con 150 g PS/kg leche fue menor al presentado por control ($p < 0,05$). Un análisis de conglomerados indicó la existencia de dos grupos de consumidores: uno, formado por el 65% de los panelistas, donde el agrado no fue afectado por la proteína suplementada, y otro donde la adición de proteína de suero afectó negativamente esta valoración. La incorporación de proteína de suero en el queso produjo un aumento significativo en el rendimiento y en la relación proteína/agua y una reducción en su contenido de grasa ($p < 0,05$). Sin embargo, hubo cambios en la estructura del queso que provocaron la disminución de algunas propiedades de textura y generaron cambios en sus propiedades sensoriales que redujeron el agrado del producto en un grupo representativo de consumidores.

Palabras clave: análisis sensorial, productos lácteos, utilización de subproductos.

ABSTRACT

Addition of whey protein to fresh cheese. This work has been conducted in order to assess the effect of adding whey protein (WP) to fresh cheese. The yield, proximal chemical composition, tryptophan content, and texture and consumer sensorial acceptance were obtained. The study was conducted at a cheese factory located in San Carlos, Costa Rica, in 2011. The protein obtained from whey was added during the cheese manufacturing process, before adding the microbial rennet; and four enrichment levels were evaluated, including one control. The supplemented cheese showed an acceptance rating between 6.8 and 7.1. Products with 75 and 120 g of added whey protein per kilogram of milk showed no significant differences versus non-supplemented cheese, while the preference towards the cheese with 150 g WP/kg was less than that of the control ($p < 0.05$). A cluster analysis revealed the existence of two consumer groups: one, accounting for 65% of the members of the panel, whose preference was unaffected by the protein supplemented; and, the other group where the added protein affected their liking negatively. Adding whey protein to the cheese resulted in a significant increase in yield and in the protein-to-water ratio, as well as a reduction in fat content ($p < 0.05$). Nevertheless, there were structural changes in the cheese that caused the reduction of certain texture properties, generating changes in their sensory properties that reduced the preference of a representative group of consumers towards the product.

Keywords: sensorial analysis, dairy products, byproducts utilization.

¹ Recibido: 12 de agosto, 2014. Aceptado: 16 de junio, 2015. Este trabajo forma parte de la Tesis de Licenciatura en Tecnología de Alimentos del primer autor, como parte del Proyecto 735-A6-057 inscrito en Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José, Costa Rica. jrarce@costarricense.cr

³ Universidad de Costa Rica, Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Apartado 11501-2060. San José, Costa Rica. eduardo.thompson@ucr.ac.cr, sandra.calderon@ucr.ac.cr



INTRODUCCIÓN

La industria láctea es un sector muy dinámico de la agroindustria costarricense con un crecimiento anual promedio del 7% para el período 1980-2012. La producción de leche fluida reportada para el año 2012 fue de 101,5 millones de kg, de los cuales el 60% se procesó en el sector industrial, mientras que el restante 40% se utilizó en el sector informal-artesanal (González, 2012). Se estima que el 18% de la leche recibida en la industria se destina para la producción de queso (González, 2012); en tanto que, la mayor parte de la leche procesada por el sector informal (81%) se utiliza para la elaboración de este producto (Barrientos y Villegas, 2010).

Tradicionalmente, la producción de queso en Costa Rica, al igual que en toda Centroamérica, se ha caracterizado por el dominio de los quesos frescos, que son aquellos que están listos para consumir inmediatamente después de su fabricación. Su consumo presenta una preferencia entre un 80 y 90% respecto a los denominados quesos maduros y es el tipo de queso más común en las plantas artesanales (Barrantes, 1999).

El rendimiento promedio de un queso fresco, respecto a la leche fresca utilizada, está alrededor de un 15% en peso, en tanto que el resto se convierte en un subproducto conocido como suero o lactosuero, obtenido luego de la separación de la cuajada. Se considera que aproximadamente un 80% de los costos de elaboración del queso corresponde al valor de la leche empleada, por lo que este rubro se convierte en el de mayor atención (Barrantes, 1999).

El suero lácteo es un líquido translúcido, de color verde amarillento por su alto contenido de riboflavina, y representa de 80 a 90% del volumen total de la leche empleada en el proceso. En este subproducto se retienen cerca del 50% de los nutrientes presentes en la leche original: compuestos por lactosa que aporta más del 75% de los sólidos presentes; una fracción proteica compuesta por β -lactoglobulina (50%), α -lactoalbúmina (19%), inmunoglobulinas (12%), proteosa-peptonas (12%) y seroalbúmina (6%) (Walstra et al., 2006), que representa el 20% de las proteínas presentes en la leche. Entre las vitaminas presentes en el suero están la riboflavina, la niacina, el ácido pantoténico y la vitamina B12, mientras que, entre los minerales se encuentran calcio, fósforo, sodio, potasio y magnesio (Mandal et al., 2012).

El lactosuero es el principal subproducto de la industria láctea y posee una alta carga contaminante debido a su rico contenido de nutrientes. Su mayor componente, la lactosa, contribuye a una apreciable demanda bioquímica y química de oxígeno (Koutinas et al., 2009). La carga contaminante de 1000 l de lactosuero equivale a la contenida en las aguas negras producidas en un día por 450 personas (Inda, 2000).

Tradicionalmente, en las industrias queseras artesanales el suero ha sido considerado como un producto de desecho de poco valor cuya disposición debe realizarse de la forma más económica posible; por ello, se destina para la alimentación animal o es descargado en fuentes de agua o alcantarillados ocasionando un grave problema de contaminación. Sin embargo, por su valor nutricional y tecnológico se estima que se puede asignar al lactosuero un valor cercano al 10% de la leche fluida entera (Inda, 2000). Se han planteado diversas propuestas de valorización del lactosuero: mediante su empleo como materia prima para elaborar productos tales como requesón, bebidas refrescantes saborizadas, bebidas análogas de leche, quesos procesados, lactosuero en polvo, dulce de leche y bases para helados (Inda, 2000). En las queserías de pequeño tamaño, el aprovechamiento del suero está limitado, ya que es un producto muy perecedero y no se puede almacenar sin procesar por más de dos días.

La proteína presente en el lactosuero es muy buena fuente de varios aminoácidos esenciales, particularmente, es rica en aminoácidos sulfurados (metionina y cisteína) y en aquellos de cadenas ramificadas (leucina, isoleucina y valina) (Smithers, 2008). Posee un valor biológico (VB) excepcional, 15% superior al de la proteína del huevo y al de otras fuentes proteicas comerciales, donde el parámetro VB es una medida de la forma en que determinado nutriente es absorbido y utilizado por el cuerpo. Debido a su valor nutritivo, esta proteína es utilizada en formulaciones de productos para atletas de élite, fisicoculturistas y aquellas personas con problemas de salud (Smithers, 2008).

Las proteínas del suero pueden ser recuperadas de forma sencilla, mediante un proceso que involucra un tratamiento térmico, la adición de un ácido orgánico (acético o cítrico) para ajustar el pH y de una sal de calcio (Smithers, 2008). Con este proceso se produce la desnaturalización y coagulación de las proteínas que pueden ser separadas del suero por filtración.

Las proteínas del suero desnaturalizadas pueden incorporarse en el proceso de elaboración del queso, mezclándolas con la leche antes que se efectúe la coagulación y se forme la cuajada. De esta forma, se puede aumentar el rendimiento del queso y enriquecer su contenido nutricional. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que los procesos de coagulación y de sinéresis de la cuajada pueden verse afectados, tanto más cuanto mayor sea la proporción de proteína desnaturalizada; y que, bajo estas condiciones, es difícil de alcanzar el contenido de agua deseado en el queso y la calidad del producto obtenido puede ser, hasta cierto punto, perjudicada (Walstra et al., 2006).

Según Inda (2000), "...la competitividad de la industria de quesería reside en optimizar los rendimientos en quesería (sic) y, además, en darle el mayor valor agregado posible al lactosuero resultante". Por ello, se considera importante que los productores de queso cuenten con opciones asequibles a sus condiciones tecnológicas y de presupuesto que les permitan utilizar el lactosuero para darle un valor económico y evitar la contaminación del medio ambiente.

Más allá de estos beneficios, la proteína del lactosuero puede utilizarse para complementar el valor nutricional de la caseína presente en el queso, ya que contiene aminoácidos esenciales que son limitados en ella; destacándose entre ellos el triptófano. La concentración de triptófano en la α -lactoalbúmina y la β -lactoglobulina presentes en el suero es de 0,11 y 0,28 mol/kg de proteína respectivamente, en tanto que su concentración en la caseína es solo de 0,06 mol/kg (Walstra et al., 2006).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de proteína de suero en un queso fresco.

MATERIALES Y MÉTODOS

La elaboración del queso se realizó en una planta quesera ubicada en el cantón de San Carlos, Costa Rica, durante el año 2011. Los análisis químicos se llevaron a cabo en los laboratorios de la misma empresa, con excepción de la determinación del contenido de triptófano, efectuada en Minnesota Valley Testing Laboratories, Estados Unidos de Norte América. Los análisis sensoriales y de textura se realizaron en los laboratorios del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), sede Rodrigo Facio

de la Universidad de Costa Rica, Montes de Oca y en los laboratorios de la citada empresa.

Materia prima

Se utilizó leche íntegra de vaca, libre de antibióticos, ordeñada con equipo mecánico y enfriada a 4 °C, con un contenido de células somáticas menor a 3×10^5 unidades/ml y un recuento total directo menor o igual a 8×10^4 bacterias/ml.

Obtención de la proteína de suero

El suero lácteo empleado se obtuvo como subproducto de la elaboración de queso fresco en la planta de producción. Para la extracción de la proteína se siguió el procedimiento descrito por Inda (2000) con modificaciones. Inicialmente, determinado volumen de suero se neutralizó con una solución 40 g/l de NaOH hasta obtener un pH de 7,0 a 7,1, se calentó a una temperatura de 85 °C y se agregaron 4 ml/l de solución 420 g/l de CaCl_2 con agitación continua por 5 minutos. Posteriormente, el suero se calentó hasta 90 °C y se agregaron, con una agitación muy leve, 5 ml/l suero de una solución de ácido cítrico 50 g/l para obtener una acidez titulable expresada como ácido láctico (ATECAL) de 0,70 a 0,80%.

El producto se dejó reposar para permitir la coagulación de la proteína que se presentó en forma de cúmulos de algodón flotando sobre el suero. El precipitado se separó empleando un tamiz de acero inoxidable, se envasó en un recipiente plástico y se almacenó en refrigeración a 5 °C hasta su utilización.

Elaboración del queso

Se elaboró el queso fresco, a partir de 20 kg de leche íntegra de acuerdo con el proceso descrito en la Figura 1. La proteína recuperada se agregó a la leche en la tina de procesamiento, previo a la adición del cuajo microbiano, con agitación para asegurar su distribución homogénea y para su integración en la formación de la estructura de la cuajada.

Establecimiento de la cantidad de proteína de suero a utilizar en el queso enriquecido

Se elaboraron cuatro lotes de queso fresco para evaluar cuatro niveles de adición de proteína de suero

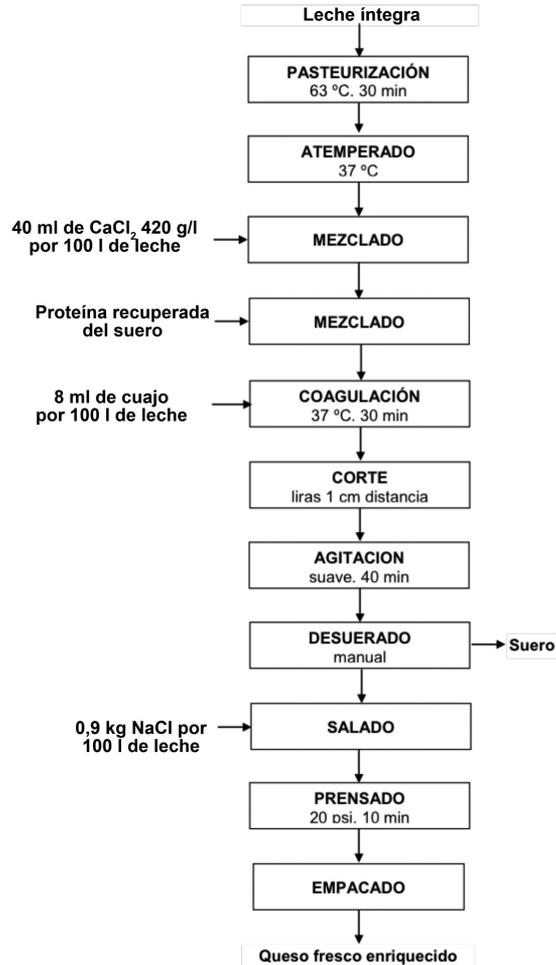


Figura 1. Diagrama de elaboración de queso fresco enriquecido con proteína de suero. Costa Rica. 2011.

Figure 1. Flowchart of the whey protein enriched fresh cheese manufacturing process. Costa Rica. 2011.

(0, 75, 120 y 150 g bs/20 kg de leche fresca), entre los cuales se encontraba un control correspondiente a un queso elaborado sin agregar proteína. Para cada tratamiento se midió el rendimiento del queso, calculado como el porcentaje en masa del producto elaborado respecto a la leche empleada y el nivel de agrado general de los quesos obtenidos. Se utilizó un diseño irrestricto aleatorio con cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno. Se realizó un análisis de variancia de las variables de respuesta, estableciendo como significativas aquellas diferencias con valores de $\alpha < 0,05$. Cuando se presentaron diferencias, se hizo

una comparación entre medias mediante la prueba de Tukey empleando el programa SPSS.

En la elaboración de los quesos de los diferentes tratamientos, se empleó como variable la cantidad de proteína adicionada en base seca (bs). No se formuló con base al producto recuperado húmedo, pues la concentración de la proteína presente fue variable entre los diferentes lotes. De esta forma, se tuvo una medición más certera de la cantidad de proteína empleada en la formulación de los diferentes tratamientos. La cantidad máxima agregada (150 g bs) equivale a la proteína que se obtuvo del suero producido en la fabricación de queso a partir de 20 kg de leche fresca; por tanto, se podría decir que esta cantidad equivale a la adición de un 100% de la proteína recuperada.

Evaluación sensorial de los productos

Primeramente, se aplicó una prueba triangular, con el fin de establecer si los quesos elaborados con adición de proteína de suero eran percibidos como diferentes respecto al queso fabricado sin suplementar. Esta prueba de diferencia es un método efectivo para determinar si se han producido variaciones perceptibles en el producto como resultado de cambios en los ingredientes o en el proceso de elaboración (Meilgaard et al., 2006). Es posible que dos muestras sean diferentes en su formulación, pero que las personas no perciban esta diferencia. Los desarrolladores de productos exploran esta posibilidad cuando ellos reformulan un producto empleando diferentes ingredientes, pero al mismo tiempo no desean que el consumidor detecte una diferencia (Lawless y Heymann, 2010). La prueba fue realizada por un panel de veinticinco jueces entrenados del CITA y se empleó el método triangular de acuerdo con la norma ISO 4120:2004 (E), acreditado bajo la norma guía INTE: ISO/IEC: 17025, versión 2005. Los datos se analizaron estadísticamente de acuerdo con el procedimiento sugerido por Brockhoff y Schlich (1998). La prueba se llevó a cabo en dos sesiones, donde se probaron tres conjuntos de muestras de queso, presentadas de forma aleatoria y balanceada, como cubos de 1 cm de arista a temperatura ambiente. Entre muestras los analistas se enjuagaron con agua potable y consumieron un pedazo de galleta de soda para limpiar el paladar.

La prueba de agrado se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Stone y Sidel (2004)

y Meilgaard et al. (2006), con un panel de 81 jueces consumidores de queso que evaluaron los tratamientos haciendo uso de una escala hedónica (agrado/desagrado) no estructurada de diez puntos, con anclas en sus extremos: 0 (me desagrada mucho) y 10 (me agrada mucho); y que además, cuenta con un indicador del punto medio con el fin de facilitar al juez consumidor la localización del punto de indiferencia (Cardello y Schutz, 2006; Lawless y Heymann, 2010). Esta prueba es sencilla de aplicar y no requiere entrenamiento o experiencia por parte de los consumidores y es un método sensorial efectivo que permite detectar el nivel de agrado que un producto representa para una población en particular.

Se empleó el mismo procedimiento de preparación, distribución aleatoria y presentación de las muestras de queso descrito en las pruebas de diferencia. Se utilizó un diseño experimental irrestricto aleatorio con cuatro tratamientos. Para la evaluación de los resultados se realizó un análisis de variancia con un 95% de nivel de confianza; cuando se presentaron diferencias entre tratamientos se realizó una comparación entre medias mediante la prueba de Tukey. Adicionalmente, los resultados de la prueba de agrado se utilizaron para efectuar un análisis de conglomerados (clusters) mediante el programa SAS 9® y el método de Ward (Salvador, 2001) con una significancia del 95%.

Comparación del contenido de proteína y de triptófano del queso enriquecido y del queso control

Con base en el resultado de la sección anterior, se estableció la cantidad de proteína de suero idónea para adicionar al queso fresco. Para ambos quesos, enriquecido y control, se analizó su composición química, su contenido de proteína y la concentración de triptófano. Se empleó un diseño experimental irrestricto aleatorio con dos tratamientos y tres repeticiones, y los resultados se evaluaron estadísticamente mediante la prueba de t-student con una significancia de $\alpha < 0,05$. Se calculó el rendimiento obtenido del triptófano y el error asociado a $1 - \beta = 0,80$, empleando las tablas de Neter (Neter et al., 1990).

Evaluación de la textura de los quesos

El análisis de perfil de textura (TPA) es la medición instrumental más ampliamente utilizada en la evaluación de la textura de los quesos y es a

la vez, una prueba imitativa (Muthukumarappan y Karunanithy, 2011). La muestra es comprimida en dos ocasiones sucesivas por medio de un pistón plano en imitación a la acción de mordida en la boca (Gunasekaran y Mehmet, 2003).

Se determinaron las propiedades fuerza de corte y de penetración, y los parámetros del TPA (dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, masticabilidad y resiliencia); se midieron con un texturómetro Texture Analyser TA.XT. Plus (Stable Micro Systems, Reino Unido), de acuerdo con parámetros descritos en el Cuadro 1. Se usó un diseño experimental irrestricto aleatorio con dos tratamientos y tres repeticiones, y se aplicó la prueba t-student para comparar los promedios de las propiedades evaluadas, con un nivel de significancia de $\alpha \leq 0,05$. Los análisis se realizaron por quintuplicado, para cada repetición de los dos tipos de queso elaborados.

Análisis químicos

Se emplearon los métodos estándar para productos lácteos de APHA (2004): contenido de sólidos totales, proteína y grasa en la leche con un equipo MilkoScan FT120™ (Foss, Dinamarca), de acuerdo con el método 15.121 multicomponent method, infrared milk analysis: fat, protein, lactose, total solids; class A2; contenido de humedad y sólidos con el método 15.115 moisture/solids, microwave oven; class B; y el contenido de grasa en el queso con método 15.083 babcock cream; class A; cheese; class B. El análisis de proteína en el queso se realizó por el método Kjeldahl, AOAC 988.05 (AOAC, 2005) y la determinación de triptófano se realizó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), mediante la metodología propia de Minnesota Valley Testing Laboratories (EUA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de los quesos frescos con inclusión de diferentes cantidades de proteína de suero lácteo se muestra en el Cuadro 2. La adición de 150 g de proteína provocó un aumento significativo de un 8% en el rendimiento del queso producido ($p < 0,05$) respecto al rendimiento del tratamiento control; mientras que, la incorporación de proteína de los tratamientos 2 y 3, no produjo diferencias significativas en el rendimiento obtenido al compararlo con el control ($p > 0,05$).

Cuadro 1. Parámetros de medición de las propiedades de textura de un queso fresco elaborado con y sin la adición de proteína de suero. Costa Rica. 2011.

Table 1. Measuring parameters of the texture properties of fresh cheese produced with and without added whey protein. Costa Rica. 2011.

Parámetros	Propiedad		
	Perfil de textura	Fuerza de corte	Fuerza de penetración
Sonda	Disco acrílico, 45 mm diámetro	Cuchilla 3 mm, cuña de 45°	Cilindro acero inoxidable 5 mm diámetro
Deformación de la muestra (%)	50	50	50
Velocidad previa (mm/s)	2,0	1,0	2,0
Velocidad ensayo (mm/s)	2,0	2,0	1,0
Velocidad posterior (mm/s)	5,0	10,0	2,0
Tiempo entre ciclos (s)	5,0	-	-

Cuadro 2. Rendimiento del queso fresco elaborado con incorporación de proteína de suero en diferentes cantidades. Costa Rica. 2011.

Table 2. Yield of fresh cheese made adding different amounts of whey protein. Costa Rica. 2011.

Tratamiento	Proteína agregada por 20 kg de leche fresca (g base seca)	Rendimiento ¹ (g/100 g leche)
1 (control)	0	17,4 ± 0,7 a
2	75	17,2 ± 0,6 a
3	120	17,9 ± 0,5 ab
4	150	18,8 ± 0,2 b

¹ Promedio ± intervalo de confianza (0,05) / Average ± confidence interval (0.05).

Valores seguidos por diferentes letras en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos / Values showing different letters in the corresponding columns represent significant differences ($p \leq 0,05$) between treatments.

La presencia de proteína de suero semidesnaturalizada y la formación de complejos con la caseína producen una mayor retención del medio acuoso y una disminución en la sinéresis (McSweeney, 2007; Law y Tamine, 2010), con el consecuente aumento en el rendimiento en los quesos enriquecidos. Este comportamiento ha sido reportado en diferentes investigaciones (Lo y Bastian, 1998; Hinrichs, 2001; López-Fadiño, 2006; Lobato-Calleros et al., 2007; Salazar, 2012).

Los resultados de la prueba triangular aplicada a los diferentes tipos de queso se presentan en el Cuadro 3. Esta evaluación sensorial permite al investigador conocer si existe diferencia perceptible entre dos productos sin tener que especificar la naturaleza de la posible diferencia (Meilgaard et al., 2006). Todos los tratamientos donde se agregó proteína fueron percibidos como diferentes al compararlos con el queso control, lo que indica que la adición de proteína recuperada, aun en la menor cantidad (75 g bs), generó diferencias en las propiedades sensoriales del queso que fueron detectadas por los panelistas.

Cuadro 3. Análisis de la prueba triangular de tratamientos con diferente incorporación de proteína de suero en un queso fresco. Costa Rica. 2011.

Table 3. Triangular test analysis of treatments with different levels of whey protein added to fresh cheese. Costa Rica. 2011.

Tratamientos comparados	Respuestas correctas/ Total de juicios	Probabilidad asociada
1 versus 2	21/25	$p < 0,001$
1 versus 3	21/25	$p < 0,001$
1 versus 4	26/50	$p < 0,01$

Los diferentes tipos de quesos enriquecidos presentan un agrado alrededor a 7 en la escala hedónica (Cuadro 4), lo que muestra que existe cierta

Cuadro 4. Análisis de la prueba de agrado de tratamientos con diferente incorporación de proteína de suero en un queso fresco (n = 81). Costa Rica. 2011.

Table 4. Acceptance test analysis of treatments with different levels of whey protein added to fresh cheese (n = 81). Costa Rica. 2011.

Tratamiento	Agrado ¹
1 (control)	7,6 ± 0,4 a
2	7,0 ± 0,4 ab
3	7,1 ± 0,5 ab
4	6,8 ± 0,5 ab

¹ Promedio ± intervalo de confianza (0,05) / Average ± confidence interval (0.05).

Valores seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos / Values showing different letters represent significant differences ($p \leq 0,05$) between treatments.

satisfacción al consumir el producto por encima del punto de indiferencia que es una calificación de 5 (ni me gusta, ni me disgusta).

El queso control presentó un nivel de agrado significativamente mayor al del queso del tratamiento 4 ($p < 0,05$), producto de la mayor cantidad de proteína de suero adicionada; en tanto que el agrado de los tratamientos 3 y 4 no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) respecto al queso sin inclusión de proteína. Por otro lado, al comparar los quesos con los diferentes niveles de inclusión de proteína, no se encontraron diferencias en el agrado expresado por los consumidores ($p > 0,05$). Estos resultados indican que una adición de 150 g de proteína de suero (PS) en el queso elaborado, produjo una disminución del agrado mostrado por los consumidores. En algunos estudios, se ha encontrado que la adición de concentrado de proteína de suero en la elaboración de quesos provoca defectos en el sabor y la textura de estos (Baldwin et al., 1986, Fox et al., 2000, Hinrichs, 2004) lo que puede producir una sensación de desagradado en el consumidor.

El análisis de conglomerados de la prueba de agrado (Figura 2) mostró la existencia de dos grupos homogéneos diferentes significativamente ($p < 0,0001$), en donde no se presentaron diferencias significativas entre los jueces de cada grupo. Esta técnica analítica es de gran utilidad en estudios de consumidor, pues permite establecer grupos dentro de un panel de

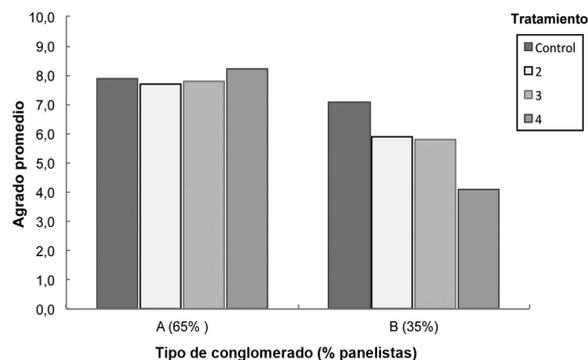


Figura 2. Análisis de conglomerados de un panel de agrado de queso fresco (n = 80) elaborado con incorporación de proteína de suero en diferentes niveles. Costa Rica. 2011.

Figure 2. Cluster analysis of consumer acceptance panel (n = 80) of fresh cheese produced with different levels of added whey protein. Costa Rica. 2011.

consumidores mediante una clasificación basada en las semejanzas de sus preferencias (Brenes, 2008).

El conglomerado A, formado por la mayoría de los panelistas, presentó un agrado muy parecido para los diferentes tipos de quesos evaluados con una calificación cercana a 8. Para este grupo de consumidores, el nivel de satisfacción mostrado no pareció ser afectado por la incorporación de las diferentes cantidades de proteína de suero en los quesos. Esta información indica que dos de cada tres consumidores expresaron un buen agrado por un queso adicionado con proteína de suero. Por otro lado, el segundo grupo (conglomerado B) se conformó por consumidores que otorgaron a los quesos calificaciones de agrado menores a las dadas por los panelistas del grupo A. Para las personas de este conglomerado, la adición de proteína de suero afectó negativamente la valoración de agrado de los quesos: le brindan un promedio de agrado de 7,1 al queso control, en tanto que el elaborado con la mayor adición de seroproteína le otorgaron una calificación de 4,1, la cual expresa su desagradado por este tipo de queso. Este grupo estuvo formado por consumidores más exigentes, que poseen capacidad de percibir las diferencias entre los tipos de quesos y son sensibles a la adición de proteína recuperada en su elaboración. Los anteriores resultados indican que una tercera parte de los consumidores presentó una menor satisfacción

por un queso con proteína de suero, respecto a la obtenida al probar un queso sin adición.

Con base en los resultados de las pruebas sensoriales discutidos, se decidió escoger el queso elaborado con adición de 150 g proteína bs/20 kg leche (tratamiento 4) para comparar su composición química y sus propiedades de textura respecto a un queso elaborado sin la adición de proteína, debido a que presentó un aumento significativo en el rendimiento y a que su agrado fue percibido de forma similar al producto control.

El rendimiento y la composición de los quesos evaluados se muestra en el Cuadro 5. Se confirmó que la adición de la proteína de suero provocó un aumento significativo en el rendimiento del queso elaborado ($p < 0,05$) de un 12%. La relación proteína/agua para el queso suplementado fue de 5,25; y para el queso control este valor fue de 4,74, lo que demuestra que la presencia de las proteínas del suero en el queso incrementó su capacidad de retención de agua.

Cuadro 5. Composición química y rendimiento de dos tipos de queso fresco: con y sin adición de proteína de suero ($n = 3$). Costa Rica. 2011.

Table 5. Chemical composition and yield of two types of fresh cheese: with and without added whey protein ($n = 3$). Costa Rica. 2011.

Componente	Sin adición	Con adición
Rendimiento (g/100 g leche)	18,8 ± 0,8 a	21,1 ± 0,6 b
Humedad (g/100 g queso)	66,6 ± 0,9 a	68,1 ± 1,7 a
Grasa (g/100 g queso)	15,5 ± 1,0 a	13,3 ± 0,7 b
Proteína (g/100 g queso)	14 ± 2 a	13 ± 1 a
Triptófano (mg/100 g queso)	185 ± 2 a	181 ± 9 a

¹ Promedio ± intervalo de confianza (0,05) / Average ± confidence interval (0.05).

Valores seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos / Values showing different letters represent significant differences ($p < 0,05$) between treatments.

El aumento en el rendimiento se atribuye tanto a la incorporación de las seroproteínas como a una mayor retención de suero en la matriz del queso. Estas proteínas están involucradas en la formación de la estructura de la cuajada, que consiste básicamente de una matriz proteica continua e hidratada donde se

encuentra una fase discontinua de glóbulos de grasa. La adición de proteína de suero semidesnaturalizada, provoca un aumento en la capacidad de ligar agua de la cuajada y reduce la sinéresis de tal forma que queda retenida una mayor cantidad de líquido en el queso (McSweeney, 2007; Law y Tamime, 2010). Por ello, el producto enriquecido presentó un mayor rendimiento.

Por otro lado, el contenido de grasa del producto control fue mayor que en el queso con adición de proteína ($p < 0,05$), lo que refleja que la cuajada perdió su capacidad de retener lípidos. Las caseínas presentan fuertes regiones hidrofóbicas mientras que las proteínas séricas poseen un mayor balance entre residuos hidrofílicos e hidrofóbicos (Salazar, 2012). Con la incorporación de la proteína sérica se aumentó la afinidad de la cuajada por el agua, pero a su vez, se podría estar disminuyendo la afinidad por los lípidos.

Los contenidos de proteína y del aminoácido triptófano fueron similares en ambos tipos de queso ($p > 0,05$). Sin embargo, si se toma en cuenta el rendimiento mayor para el queso adicionado, resulta que en este se recuperó una mayor cantidad de proteína (2,74 g/100 g leche) en comparación con el queso control (2,63 g/100 g leche). Un resultado similar se encuentra con la cantidad de triptófano recuperada, en el queso enriquecido fue de 38,2 mg/100 g leche, entre tanto, en el queso control fue de 34,2 mg/100 g, lo cual reflejó un aumento significativo ($p < 0,05$) del 10% en la recuperación de este aminoácido esencial.

La textura es una característica empleada para diferenciar entre variedades de quesos y es considerada por los consumidores como determinante en la evaluación de la calidad y la preferencia (Foegeding et al., 2003). La evaluación sensorial de esta propiedad es compleja dado que en la boca se perciben propiedades tanto táctiles (sensación de boca, suavidad, aspereza, humedad) como mecánicas (dureza, cohesividad, resiliencia) (Foegeding et al., 2003).

La comparación de las propiedades de textura de los quesos evaluados se presenta en el Cuadro 6. La fuerza de penetración en el queso suplementado fue significativamente menor a la presentada por el queso control ($p < 0,05$), con una reducción de esta propiedad bastante notoria (58%); sin embargo, al comparar la fuerza de corte de ambos tipos de quesos, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). La adición de proteína de suero provocó cambios en la estructura del queso (Lobato-Calleros et al., 2007), lo cual se reflejó en el presente estudio donde se

Cuadro 6. Comparación de las propiedades de textura de dos tipos de queso fresco: con y sin adición de proteína de suero. Costa Rica. 2011.

Table 6. Comparison of texture properties of two types of fresh cheese: with and without added whey protein. Costa Rica. 2011.

Parámetro	Tratamiento ¹	
	Sin adición	Con adición
Fuerza de penetración (N)	1,75 ± 0,22 a	1,11 ± 0,12 b
Fuerza de corte (N)	0,62 ± 0,05 a	0,57 ± 0,04 a
Perfil de textura	Dureza (N)	15,7 ± 1,3 a
	Elasticidad	0,85 ± 0,03 a
	Adhesividad (N s)	-0,32 ± 0,11 a
	Cohesividad	0,67 ± 0,03 b
	Masticabilidad (N)	8,9 ± 0,7 b
	Resiliencia	0,32 ± 0,02 b

¹ Promedio ± intervalo de confianza (0,05) / Average ± confidence interval (0.05). Valores seguidos por diferentes letras indican diferencias significativas (p<0,05) entre tratamientos / Values showing different letters represent significant differences (p<0.05) between treatments.

produjo una menor fuerza de penetración que denotó un producto más suave. Este resultado concuerda con lo reportado por Hinricks (2001) quien señala que la adición de proteína de suero provoca una textura más suave en diferentes tipos de queso.

El análisis de perfil de textura (TPA) es la medición instrumental más ampliamente utilizada en la evaluación de la textura de los quesos y es a la vez, una prueba imitativa (Muthukumarappan y Karunanithy, 2011). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que los quesos son sistemas complejos, lo cual provoca que sea muy difícil establecer relaciones causa-efecto entre variables, propiedades y fenómenos (Lobato-Calleros et al., 2007).

La incorporación de proteína de suero al queso fresco provocó una disminución significativa en las propiedades de cohesividad, masticabilidad y resiliencia (p<0,05). La cohesividad se relaciona con la resistencia interna que provoca el cuerpo del producto, y es la deformación que puede soportar el producto antes de la ruptura provocada en la masticación. La masticabilidad denota “la energía necesaria para masticar el alimento”; en tanto que, la resiliencia refleja “el grado en que la muestra recupera su posición original” (Gunasekaran y Mehmet, 2003; Chacón-

Villalobos y Pineda-Castro, 2009). La disminución de estas propiedades refleja que la adición de la proteína de suero provocó una menor resistencia mecánica del queso en la masticación, el empleo de menor energía en este proceso y que resulte un producto con un mayor grado de deformación.

El análisis de TPA indicó que al comparar los quesos con y sin incorporación de proteína de suero, no se produjeron variaciones significativas en los parámetros de dureza, adhesividad y elasticidad (p>0,05). La dureza es “la fuerza necesaria para provocar cierta deformación en el queso”, en tanto que la elasticidad es “el grado de recuperación de la forma original”, luego de aplicada la primera compresión. La adhesividad es “la fuerza necesaria para superar la de atracción entre la superficie del alimento y aquellos materiales con los que entra en contacto”, en este caso la sonda del texturómetro (Gunasekaran y Mehmet, 2003; Chacón-Villalobos y Pineda-Castro, 2009). Por tanto, se requiere una fuerza similar para deformar ambos tipos de queso, cuya elasticidad y adhesividad fueron semejantes.

En los casos donde se presentaron diferencias, los valores de las propiedades de textura de los quesos a los que se les adicionó proteína fueron menores, lo que indica que su inclusión afectó su estructura,

corroborando lo indicado por Muthukumarappan y Karunanithy (2011) quienes afirman que la naturaleza de la matriz proteica influye de forma decisiva en sus atributos de textura.

La firmeza de la red proteica del queso depende de su contenido de humedad, que al aumentar debilita la estructura, dado que las proteínas deben estar más alejadas entre sí. En su estudio, Lobato-Calleros et al. (2007) encontraron que la sustitución de grasa láctea por concentrado de proteína de suero, provocó modificaciones en algunas características de textura del TPA de un queso blanco fresco, al igual que en el presente estudio. La reducción en la firmeza de la cuajada, al agregar un concentrado de proteína de suero, se debe a que disturba la estructura regular del gel (Steffl et al., 1999).

La fuerte interrelación entre la estructura de los alimentos y su textura es bien conocida. Con base en datos espectroscópicos, Dufour et al. (2001) señalan que la textura de un queso es reflejo de su estructura a nivel molecular. El principal componente de la estructura del queso es una matriz de caseína en la cual se atrapan los glóbulos grasos; el agua y el suero están ligados a la caseína y rellenan los intersticios de la matriz. Esta red es afectada de forma crítica por los contenidos relativos de proteína, grasa y agua (Gunasekaran y Mehmet, 2003).

La adición de proteína de suero en un queso fresco afecta su composición química, produce un incremento en la relación proteína/agua, e induce cambios en su estructura por interacciones entre los grupos seroproteína-caseína y seroproteína-agua. Al parecer, las seroproteínas interfieren en el enlazamiento de las cadenas de caseína, probablemente debido a la formación de enlaces disulfuro entre las moléculas de β -lactoglobulina y la κ -caseína, y forman enlaces de hidrógeno con el agua presente en la matriz del queso (Lobato-Calleros et al., 2007).

En conclusión, se puede establecer que la adición de proteína desnaturalizada, recuperada del suero lácteo en la formulación de un queso fresco, produjo un aumento en el rendimiento y en la relación proteína/agua. Sin embargo, esta adición produce cambios en la estructura del queso que provocó la disminución de algunas propiedades de textura y también se generan cambios en sus propiedades sensoriales que reducen el agrado del producto en un grupo representativo de consumidores. Similares resultados obtuvieron Fox et al. (2000) al evaluar la adición de concentrado

de proteína de suero en la elaboración de tipos de queso como el gouda y el cheddar con un aumento en el contenido de humedad y el rendimiento, pero se produjeron defectos en el cuerpo del queso (grasoso, suave) y problemas en el sabor (astringente). De igual forma, Baldwin et al. (1986) obtuvieron un aumento en el rendimiento y una disminución en el contenido de grasa en la fabricación de queso cheddar, pero encontraron defectos en el sabor y un gusto atípico (poco limpio). Hinrichs (2004) también concluye que la adición de proteína de suero produce un aumento en el rendimiento, pero puede resultar en una menor calidad en las características de sabor y textura.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2005. Official methods of analysis. 18 ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- APHA (American Public Health Association). 2004. Standard methods for the examination of dairy products. 17 ed. American Public Health Association, WA, USA.
- Baldwin, K., R. Baer, J. Parsons, S. Seas, K. Spurgeon, and G. Torrey. 1986. Evaluation of yield and quality of Cheddar cheese manufactured from milk with added whey protein concentrate. *J. Dairy Sci.* 69:2543-2550.
- Barrantes, E. 1999. Evolución de la industria quesera en Centroamérica. En: *Memorias XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales 1999*, San José, Costa Rica. 19-23 Jul. 1999. p. 545-553.
- Barrientos, O., y L. Villegas. 2010. Sector agropecuario. Cadena productiva de leche. Políticas y acciones. MAG y SEPSA, CRC.
- Brenes, L. 2008. Evaluación del concepto y estudio de la aceptación de un producto a base de café variedad *Coffea arabica* L. empacado para infusión en bolsitas "tipo té". Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San José, CRC.
- Brockhoff, P., and P. Schlich. 1998. Handling replications in discrimination tests. *Food Qual. Prefer.* 9:303-312.
- Cardello, A.V., and H.G. Schutz. 2006. Sensory and consumer sciences laboratory, supporting sciences and technology. In: Y.H. Hui, editor, *Handbook of food science, technology, and engineering*, vol 2. CRC Press, Boca Ratón, FL, USA. p. 56-1-56-13.
- Chacón-Villalobos, A., y M. Pineda-Castro. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo "Crottin de Chavignol". *Agron. Mesoam.* 20:297-309.

- Dufour, E., M. Devaux, P. Fortier, and S. Herbert. 2001. Delineation of the structure of soft cheeses at the molecular level by fluorescence spectroscopy -relationship with texture. *Int. Dairy J.* 11:465-473.
- Foegeding, E., J. Brown, M. Drake, and C. Daubert. 2003. Sensory and mechanical aspects of cheese texture. *Int. Dairy J.* 13:585-591.
- Fox, P., T. Guinee, T. Cogan, and P. McSweeney. 2000. *Fundamentals of cheese science*. Aspen Publisher, MD, USA.
- González, M. 2012. Situación actual y perspectivas del sector lácteo costarricense. Visión de la Cámara Nacional de Productores de Leche. En: *Memorias Congreso Nacional Lechero 2012*. 21-22 nov. 2012. San Carlos, CRC.
- Gunasekaran, S., and M. Mehmet. 2003. *Cheese rheology and texture*. CRC Press, Boca Ratón, FL, USA.
- Hinrichs, J. 2001. Incorporation of whey proteins in cheese. *Int. Dairy J.* 11:495-503.
- Hinrichs, J. 2004. Mediterranean milk and milk products. *Eur. J. Nutr.* 43:12-17.
- Koutinas, A., H. Papapostolou, D. Dimitrellou, N. Kopsahelis, E. Katechaki, A. Bekatorou, and L. A. Bosnea, 2009. Whey valorisation: A complete and novel technology development for dairy industry starter culture production. *Bioresour. Technol.* 100:3734-3739.
- Inda, A. 2000. Optimización del rendimiento y aseguramiento de la inocuidad en la industria de quesería. OEA y GTZ, MEX.
- Law, B., and A.Y. Tamine. 2010. *Technology of cheese making*. 2nd ed. Willey Blackwell, Oxford, GBR.
- Lawless, H.T., and H. Heymann. 2010. *Sensory evaluation of food. Principles and practices*. 2nd ed. Springer, NY, USA.
- Lo, C., and E. Bastian. 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.
- Lobato-Calleros C., J. Reyes-Hernández, C. Beristain, Y. Hornelas-Uribe, J. Sánchez-García, and E. Vernon-Carter. 2007. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat. *Food Res. Intl.* 40:529-537.
- López-Fadiño, R. 2006. High pressure-induced changes in milk proteins and possible applications in dairy technology. *Int. Dairy J.* 16:1119-1131.
- Mandal, S., M. Puniya, K.P.S. Sangu, S. Singh, R. Sing, and A. Kumar. 2012. Dairy by-products: wastes or resources? In: M. Chandrasekaran, editor, *Valorization of food processing by-products*. CRC Press, Boca Ratón, FL, USA. p. 617-648.
- Meilgaard, M., G. Vance, and B. Thomas. 2006. *Sensory evaluation techniques*. 4 ed. CRC Press, Boca Ratón, FL, USA.
- McSweeney, P.L.H. 2007. *Cheese problems solved*. Woodhead, GBR.
- Muthukumarappan, K., and C. Karunanithy. 2011. *Texture*. In: L. Nollet, and F. Toldrá, editors, *Sensory analysis of foods of animal origin. Milk and dairy foods*. CRC Press, FL, USA. p. 341-350.
- Neter, J., W. Wasserman, and M.H. Kutner. 1990. *Applied linear statistical models: regression, analysis of variance and experimental design*. 3rd ed. McGraw-Hill, NY, USA.
- Salazar, D. 2012. Estudio del efecto de la incorporación de concentrados de proteínas del suero de quesería en la elaboración de queso fresco con reducido contenido de grasa, para promover un mayor aprovechamiento del suero generado en las queserías del cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua. Tesis MSc., Universidad Técnica de Ambato, Ambato, ECU.
- Salvador, M. 2001. Análisis de conglomerados o cluster. <http://www.5campus.org/leccion/cluster> (consultado 1 abril 2014).
- Smithers, G. 2008. Whey and whey proteins -From 'gutter to gold'. *Int. Dairy J.* 18:695-704.
- Steffl, A., R. Schreiber, M. Hafenmair, and H-G. Kessler. 1999. Influence of whey protein aggregates on the renneting properties of milk. *Int. Dairy J.* 9:403-404.
- Stone, H., and J. Sidel. 2004. *Sensory evaluation practices*. 3 ed. Elsevier, CA, USA.
- Walstra, P., J. Wouters, and T. Geurts. 2006. *Dairy science and technology*. 2nd ed. CRC Press, Boca Ratón, FL, USA.

