

Caracterización del lactosuero y requesón proveniente del proceso de elaboración de queso cocido (asadero) región Sonora
Characterization of whey and whey cheese requesón from the production of asadero cheese (cooked cheese) Sonoran region

Miguel A. Mazorra Manzano¹

Hibrain Ramírez Montejo¹

María Elena Lugo Sánchez¹

Aarón F. González Córdoba¹

Belinda Vallejo Córdoba¹

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., (CIAD). Laboratorio de Biotecnología de Lácteos, Química y Autenticidad de Alimentos

Autor para correspondencia: Miguel A. Mazorra-Manzano, Email: mazorra@ciad.mx

Resumen

El proceso que más utiliza la industria quesera artesanal mexicana para agregar valor al lactosuero es la producción de requesón. Sin embargo, el perfil tecnológico del lactosuero depende de las características fisicoquímicas que posee. El objetivo del presente estudio fue caracterizar el lactosuero primario (LPQC) y secundario (LSQC) proveniente de la producción de queso cocido (asadero) de Sonora, y del requesón elaborado a partir de estos. El LPQC tuvo un contenido de sólidos alrededor de 6.6 % similar ($p \geq 0.05$) al lactosuero dulce de queso fresco (LQF, control), aunque con un menor pH (5.3 vs 6.5) y contenido de proteína (0.4 vs 0.7 %). Por el contrario, el LSQC tuvo un alto contenido de sólidos, proteína y grasa (9.4, 1 y 4.2 %, respectivamente). La composición química del requesón elaborado con LSQC presentó un mayor contenido de sólidos y grasa, respecto al requesón elaborado con LPQC y con LQF (control). Los parámetros de firmeza, adhesividad y cohesividad de todos los requesones estuvieron en un rango

de 0.05-0.18 (N), 0.07-0.26 (-N) y 0.40-0.84 respectivamente, obteniéndose menores valores de firmeza y adhesividad en requesón de LPQC, y una mayor cohesividad en requesón de LSQC ($p < 0.05$). Las características fisicoquímicas del lactosuero de queso cocido determinaron la composición química y características de color y textura en el requesón elaborado.

Palabras clave: lactosuero; requesón; queso ricota; queso de suero; quesos artesanales

Abstract

The most common process that Mexican artisanal cheese industry applies to whey to add value, is the production of requesón (whey cheese). However, the technological profile of the whey depends on its physicochemical characteristics. The objective of the present study was to characterize the primary (LPQC) and secondary (LSQC) whey from the production of artisanal “coccid cheese” (asadero), and the properties of requesón cheese made from these types of whey. The LPQC had 6.6% of solids content similar ($p \geq 0.05$) to sweet whey from fresh cheese manufacture (LQF, control), although a lower pH (5.3 vs 6.5) and protein content (0.4 vs 0.7 %). On the contrary, the LSQC had a high content of solids, protein and fat (9.4, 1 and 4.2 %, respectively), characteristic that was reflected in a higher content of solids and fat in requesón made from this whey, in comparison with the composition of requesón made with LPQC and LFC. Firmness (N), adhesiveness (- N) and cohesiveness parameters of requesón samples were in a range of 0.050-0.18 (N), 0.07-0.26 (-N) and 0.40-0.84, respectively, obtaining lower values of hardness and adhesiveness in requesón from LPQC, and a greater cohesiveness in requesón from LSQC ($p < 0.05$). In conclusion, the physicochemical characteristics of whey from cheesemaking determined the chemical composition as well color and textural properties of requesón (whey cheese).

Keywords: whey cheese; ricotta; artisanal cheese; requesón cheese; whey valorization

Recibido en: 08/07/2019

Aceptado en: 07/10/2019

Introducción

En los últimos años se ha incrementado la producción de quesos a nivel mundial con un crecimiento anual del 2.6 % y con esto el volumen de lactosuero generado, el cual se estima que es de alrededor de 190 millones de ton/año (Yadav *et al.*, 2015, 756). Este lactosuero contiene más del 50 % de los sólidos totales de la leche, compuesto principalmente por lactosa, proteína y grasa. Una gran parte del lactosuero es transformado en diversos productos alimenticios, ya sea mediante su uso directo en forma líquida o en polvo, concentrados de proteína, lactosa y derivados, ocupando actualmente un lugar sobresaliente en el mercado de ingredientes alimentarios (Mollea *et al.*, 2013, 549). Las proteínas del lactosuero son indiscutiblemente el componente de mayor importancia, ya que poseen excelentes propiedades funcionales, nutricionales y biológicas, características altamente demandadas en las áreas de la nutrición, salud y formulación de alimentos (Panghal *et al.*, 2018, 520). Sin embargo, a pesar del alto valor nutricional y económico de éste y otros componentes, se estima que más del 50 % del lactosuero que genera la industria quesera, principalmente la artesanal, no se aprovecha y se arroja al medio ambiente, generando graves problemas de contaminación de suelos, cuerpos de agua y mantos freáticos (Yadav *et al.*, 2015, 756).

En la actualidad existen diversas investigaciones para aprovechar el lactosuero, sin embargo, muchas de estas opciones son difíciles de implementar por la industria quesera artesanal debido al rezago tecnológico o por el bajo volumen de leche que procesan (Ramírez-Navas, 2012, 69). La baja tecnificación y la falta de capital financiero de esta quesería limita sus opciones para generar productos de valor agregado a partir del lactosuero (Mollea *et al.*, 2013, 549; Poveda, 2013, 397), por lo que se requiere de procesos tecnológicos viables acordes a la realidad de la quesería artesanal. Una estrategia común y adecuada para aprovechar el lactosuero por la industria quesera es la producción de requesón (queso de suero). Este proceso permite recuperar una gran cantidad de sólidos del lactosuero, principalmente proteína y grasa. Además, es un proceso sencillo que requiere de poca infraestructura tecnológica, ya que únicamente consiste en aplicar un tratamiento térmico al lactosuero con un ajuste del pH hacia la región ácida y separar la proteína agregada, así como otros sólidos atrapados (e.g., grasa y lactosa).

El queso cocido (asadero) es un producto típico del estado de Sonora, México, con características de queso tipo-filata, que se elabora generalmente de manera artesanal (Cuevas-

González *et al.*, 2017, 4459). Su manufactura parte de una coagulación mixta (i.e., enzimática y ácida) de leche cruda, mediante la adición de cuajo y su acidificación con lactosuero ácido (previamente fermentado por las bacterias nativas) o ácidos orgánicos. El lactosuero generado después retirar la cuajada y durante su reposo, en su gran mayoría no se aprovecha y se desconocen las características fisicoquímicas que posee, lo que trae como consecuencia la pérdida de componentes valiosos (i.e., proteínas, grasa y lactosa) y oportunidades para su aprovechamiento mediante la elaboración de productos a partir de lactosuero. El objetivo del presente estudio fue caracterizar fisicoquímicamente el lactosuero (primario y secundario) proveniente de la elaboración de queso cocido regional sonorense y evaluar su perfil tecnológico para elaborar requesón.

Materiales y Métodos

Materia prima

El lactosuero primario (LP), corresponde al líquido drenado (color amarillo-verdoso) después de cortar la cuajada. El lactosuero secundario (LS, color blanco lechoso semejante a la leche) corresponde al líquido que se drena después de dejar reposar la cuajada antes del malaxado durante la elaboración de queso cocido. El LP y LS representan el 90-95 % y 5-10 % respectivamente del volumen total de lactosuero generado en el proceso. Los lactosueros de queso cocido (asadero) primario (LPQC) y secundario (LSQC) utilizados en este estudio se obtuvieron de una quesería semitecnificada, ubicada en la comunidad de San Pedro El Saucito en Hermosillo, Sonora. Por otro lado, el lactosuero dulce proveniente de elaboración de queso fresco regional (LQF) se obtuvo de un productor artesanal del Ejido La Victoria, Hermosillo, Sonora, México. Ambas queserías utilizan leche bronca en la elaboración de los quesos. Las muestras de lactosuero fueron transportadas en contenedores plásticos de 20 litros a las instalaciones del

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD) en Hermosillo, Sonora y procesadas en un tiempo no mayor a 2 h después de su obtención. Se conservaron porciones de 500 mL de muestra en congelación (- 20 °C) para su posterior análisis.

Elaboración de requesón (queso de lactosuero)

En la elaboración de requesón a partir de LQF, el pH se ajustó a 5.2 con ácido cítrico antes del tratamiento térmico utilizando. El LPQC y LSQC no requirieron ajuste por encontrarse a pH ácido (5.2-5.4). El proceso consistió en calentar el lactosuero a una temperatura de 93-98 °C por 15 min con agitación constante y un reposo de 30 min a temperatura ambiente para su enfriamiento (45-55 °C). Posteriormente, la solución se filtró con una manta cielo para recuperar los sólidos agregados. La manta con los sólidos retenidos se dejó drenar en refrigeración (5-10 °C) por aproximadamente 12 h para obtener el requesón. La composición química, características de textura y color del requesón fueron determinadas en fresco. Así mismo, se evaluaron muestras de requesón comercial de producción artesanal e industrial (con marca registrada) con fines comparativos.

Caracterización fisicoquímica

La composición química de las muestras de lactosuero y requesón se determinó de acuerdo con las metodologías descritas en la AOAC (2002). Los contenidos de humedad y cenizas se determinaron mediante el método de pérdida de peso en estufa (100 ± 5 °C, 4 h) y su incineración en mufla (550 °C, 5 h), respectivamente. El contenido de proteína se determinó por el método de micro Kjeldahl, mientras que el contenido de grasa cruda por el método de Babcock. El pH de las muestras se determinó con un potenciómetro Hanna modelo HI5222 (Hanna Instruments Inc.,

Woonsocket, RI USA). La acidez titulable (AT, °D) se determinó en 9 mL de lactosuero con 3 gotas de solución indicadora (fenolftaleína) y titulando con NaOH 0.1N.

Análisis de textura

El análisis de textura del requesón se realizó con un texturómetro (TMS-PRO, Food Technology Corporation, USA). Las muestras de requesón se colocaron en microplacas de seis pozos (área 9.5 cm², DI 34.8 mm, Volumen 16.8 mL) completamente llenos de muestra. La prueba consistió en aplicar una doble penetración de 7.5 mm utilizando un aditamento cilíndrico (12.7 mm diámetro × 18 mm altura) a una velocidad de cabezal de 1 mm s⁻¹ y tiempo de espera de 10 s entre penetraciones. La determinación de textura en cada muestra se realizó por triplicado. Los gráficos fueron analizados mediante el programa Texture Lab Pro para la determinación de los parámetros de firmeza (N), adhesividad (N) y cohesividad.

Determinación de color

Los parámetros de color L, a y b y diferencia total de color de las muestras de requesón se determinaron utilizando un colorímetro portátil (Chroma meter CR-400, Konica Minolta®, Tokyo, Japan). Un total de 100 g de muestra se colocaron en bolsas plásticas transparentes Ziploc® para realizar cinco lecturas a cada una de las muestras.

Análisis estadístico

Los datos de composición proximal, pH, acidez, color y parámetros de textura fueron analizados mediante ANOVA simple (utilizando el tipo de lactosuero como factor) seguida por comparación de medias por prueba de Tukey (alfa = 0.05), empleando el programa GraphPad Prism versión 5.0 (2007, GraphPad Software Inc., USA).

Resultados y discusión

Propiedades fisicoquímicas del lactosuero de queso cocido

La Tabla 1 muestra la composición química del lactosuero queso fresco (LQF) y de los lactosueros primario y secundario generados durante la producción de queso cocido (LPQC y LSQC, respectivamente). Todas las variables evaluadas fueron diferentes entre LPQC y LSQC ($p < 0.05$). El contenido de sólidos en las cuatro muestras analizadas de LPQC osciló en el rango de 6.36 a 6.79 %, observándose un bajo contenido de grasa (0.3-0.4 %) y proteína (0.3-0.4 %). Las características de pH y acidez titulable oscilaron entre 5.2-5.4 y 32-36 °D, respectivamente. Por el contrario, las muestras de LSQC presentaron una gran variabilidad en su composición química, principalmente en el contenido de proteína (0.8-1.1 %) y grasa (3.0-5.5 %), lo cual influyó en la fluctuación del contenido de sólidos totales (8.4-11.1 %). Dicha variabilidad puede deberse a que la producción de queso cocido artesanal es un proceso no estandarizado lo cual conlleva a una variabilidad en el producto elaborado, y por consiguiente en las características fisicoquímicas del lactosuero que se genera. Dicha variabilidad ya ha sido reportada por Cuevas-González *et al.* (2017, 4459) quienes al analizar lactosueros primarios de QC elaborados con diferente proceso de acidificación, encontraron diferencias en el contenido de sólidos (4-6.7 %) proteína (0.72-0.9 %) y grasa (0.3-0.7 %) ($p < 0.05$). Por otro lado, Paredes-Montoya *et al.* (2014, 11) reportaron que el lactosuero de queso Chihuahua, posee un mayor contenido de sólidos (7.63 vs 6.6 %), y proteína (0.76 vs 0.35 %) que el LPQC encontrado en este estudio. Sin embargo, se

encontró un menor contenido en sólidos (7.63 vs 9.43 %) y proteínas (0.76 vs 0.96 %) que en LSQC. Las características fisicoquímicas del lactosuero dependen del tipo de queso que se elabora, pH del proceso, tipo de cuajo utilizado, temperatura de cuajado, corte y trabajo de la cuajada (Guerrero-Rodríguez *et al.*, 2010, LA321), por lo que la estandarización de los procesos es de suma importancia para reducir la pérdida de componentes valiosos en el lactosuero.

Tabla 1. Medias (\pm d.e.) del contenido de sólidos totales, proteína, grasa, minerales, acidez titulable (AT) y pH en los diferentes tipos de lactosuero.

Muestra ¹	Sólidos Totales (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Minerales (%)	AT ² (°D)	pH
LQF	7.0 \pm 0.2 ^b	0.7 \pm 0.1 ^b	0.4 \pm 0.1 ^b	0.4 \pm 0.1 ^b	9.7 \pm 1.5 ^c	6.5 \pm 0.1 ^a
LPQC	6.6 \pm 0.2 ^b (6.36-6.79)	0.4 \pm 0.1 ^c (0.30-0.40)	0.4 \pm 0.1 ^b (0.30-0.40)	0.6 \pm 0.1 ^a (0.60-0.64)	34.8 \pm 1.9 ^b (32-36)	5.3 \pm 0.1 ^b (5.2-5.4)
LSQC	9.4 \pm 1.2 ^a (8.38-11.06)	1.0 \pm 0.2 ^a (0.8-1.1)	4.2 \pm 1.0 ^a (3.0-5.5)	0.6 \pm 0.0 ^a (0.60-0.62)	43.3 \pm 6.7 ^a (38-50)	5.3 \pm 0.1 ^b (5.2-5.3)

¹ **LQF:** Lactosuero de Queso Fresco; **LPQC:** Lactosuero Primario de Queso Cocido; **LSQC:** Lactosuero Secundario de Queso Cocido.

² **AT:** Acidez Titulable.

^{a-c} Medias en columnas con diferente literal son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Los valores son el promedio y desviación estándar de 4 diferentes muestras analizadas en duplicado. Valores entre paréntesis representan el rango.

Composición química del requesón

La producción de queso de suero (requesón) es un proceso común y adecuado para darle valor agregado al lactosuero por la industria quesera artesanal. Las características fisicoquímicas del lactosuero utilizado para tal fin pueden determinar el rendimiento y las propiedades del producto elaborado. El LSQC presentó un alto contenido de grasa (ca. 4.2 %) y proteína (ca. 1 %) (Tabla 1), lo cual es una materia prima apropiada para recuperar componentes, o para elaborar productos como el requesón. En el mismo sentido, aunque el contenido de proteína (0.35 %) en LPQC es menor al reportado para lactosuero de queso fresco y queso Chihuahua (0.7–1.0 %) (Paredes-Montoya *et al.*, 2014, 11), su aprovechamiento en la producción de requesón sigue siendo adecuada para recuperar dichos componentes.

La Tabla 2 muestra la composición química del requesón elaborado a partir de LPQC y LSQC, así como la de un requesón elaborado con lactosuero de queso fresco (LQF, control) y requesones comerciales (artesanal y de marca).

Tabla 2. Medias (\pm d.e.) del contenido de humedad, proteína, grasa, minerales y carbohidratos en los diferentes tipos de requesón.

Requesón	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Minerales (%)	Carbohidratos (diferencia)
LPQC	73.4 \pm 1.1 ^a	10.0 \pm 1.1 ^b	8.0 \pm 0.9 ^b	0.6 \pm 0.0 ^a	7.1
LSQC	59.1 \pm 0.4 ^b	12.9 \pm 1.4 ^a	28.0 \pm 1.0 ^a	0.6 \pm 0.0 ^a	1.3
Marca comercial	75.2	12.3	4.2	2.7	5.6
Artesanal Regional	71.2	11.5	7.3	1.8	8.3
LQF (Control)	76.7	9.4	6.7	0.5	6.7

¹ Requesón elaborado con LQF: Lactosuero de Queso Fresco; **LPQC**: Lactosuero Primario de Queso Cocido; **LSQC**: Lactosuero Secundario de Queso Cocido.

^{a-b} Medias en columnas con diferente literal son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Valores son el resultado del análisis de una muestra por duplicado. Los valores para requesón de LPQC y LSQC representan el promedio y desviación estándar de dos muestras analizadas en duplicado.

El requesón se caracteriza por ser un producto con un alto contenido de humedad > 70 %, contenido que es mayor al 60–67 % reportado para queso fresco por Torres-Llanez *et al.* (2006, 683). Todas las muestras de requesón, con la excepción del elaborado con LSQC, tuvieron un contenido de humedad > 70 %. La composición química del requesón de LQF es similar al requesón obtenido con LPQC. Aunque el contenido de grasa fue ligeramente mayor (8 vs 6.6 %) y el contenido de grasa en el requesón de LPQC fue más similar al del requesón artesanal regional (7 %). No obstante, todos los requesones, con la excepción del requesón de LSQC, se encuentran en el rango de 4-13 % de contenido de grasa, reportado para requesón (Villarruel-López *et al.*, 2016, 178). El requesón elaborado con LSQC tuvo una composición química diferente a todas las muestras de requesón, observándose un mayor contenido de grasa que los otros requesones (ca. 4-8 % vs 28 %). Lo anterior se debe principalmente al mayor contenido de grasa en el LSQC (ca 4.2 %) utilizado para su elaboración (Tabla 1). Un alto contenido en grasa también se ha reportado para los quesos Ricotta (16 %) y Requeijão cremoso (20 %) (Belsito *et al.*, 2017, 869; Ortiz-Araque *et al.*, 2018, 340). Para poder obtener un requesón con menos grasa a partir de LSQC y no afectar la aceptabilidad del producto, la grasa puede ser removida mediante un descremado, antes de ser sometido a este proceso. Otra característica importante para considerarse en el uso de LPQC y LSQC, es su pH ácido, el cual resultó adecuado para el proceso de precipitación térmica durante la obtención de requesón. Es importante mencionar que el menor contenido de minerales en el requesón elaborado con LPQC, LSQC y LQF, en comparación con el requesón artesanal y el de marca comercial (ca. 0.6% vs 1.7-2.7 %), se debe principalmente a que en la elaboración de estos últimos se les añade sal (e.g. 1-2 %) (Ramírez-Rivas y Chávez-Martínez, 2017, 828).

Características de color y textura en requesón

El requesón posee características nutricionales relevantes por su alto contenido de proteína de calidad. Es un producto que se caracteriza por poseer características de color blanco, textura blanda, granulosa y untable, con sabor neutro, aunque puede contener sal añadida para resaltar su sabor. La Tabla 3 muestra las características de color (L^* , a^* , b^*). Se puede observar que todas las muestras de requesón presentaron valores mayores de 88.4 lo que indica una alta luminosidad (L^* , blancura) con un color blanco característico de requesón. Valores para L en el rango de 90.9-93.2 han sido reportados para queso de suero Requeijão (Duarte *et al.*, 2015, 321). El mínimo valor de L^* fue en requesón de LSQC, valor que puede estar asociado al mayor contenido de grasa. En a^* (rojo-verde), existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las distintas muestras de requesón, dicha diferencia fue menor a 1.7.

Tabla 3. Medias (\pm sd) en los parámetros de color L^* , a^* , b^* de las distintas muestras de requesón.

Muestra de Requesón ¹	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
LPQC	89.5 ± 0.1^d	-2.0 ± 0.1^b	9.5 ± 0.4^c	6.1 ± 0.4^a
LSQC	88.4 ± 0.3^e	-2.8 ± 0.2^a	15.0 ± 0.9^a	6.0 ± 0.7^a
Marca Comercial	95.8 ± 0.1^a	-1.3 ± 0.1^d	9.1 ± 0.2^c	6.6 ± 0.2^a
Artesanal Regional	94.5 ± 0.1^b	-1.6 ± 0.1^c	13.4 ± 0.5^b	2.6 ± 0.3^b
LQF (control)	92.4 ± 0.1^c	-1.1 ± 0.1^e	14.8 ± 0.3^a	--

¹ **LQF:** Requesón de Lactosuero de Queso Fresco; **LPQC:** Requesón de Lactosuero Primario de Queso Cocido; **LSQC:** Requesón de Lactosuero Secundario de Queso Cocido.

^{a-d} Medias en columnas con diferente literal son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Los valores son el promedio \pm desviación estándar de 5 mediciones. Parámetro de color L^* = Luminosidad (blancura, blanco-negro); a^* = rojo-verde; b^* = amarillo-azul.

ΔE^* = diferencia de color respecto a requesón de LQF (control).

En b^* (amarillo-azul), los valores oscilaron de 9.5 a 15, siendo los valores más bajos para el requesón elaborado con LPQC y para el requesón comercial, presentando un mayor valor el requesón LSQC, el cual podría estar asociado al mayor contenido de grasa. Finalmente, el requesón artesanal regional fue el que presentó menor diferencia en el color total respecto al requesón control (elaborado con LQF) como era de esperarse ya que este también se elabora tradicionalmente a partir de lactosuero de queso fresco.

Por otro lado, la Fig. 1 muestra las características de firmeza, cohesividad y adhesividad de las muestras de requesón. Se observa que la firmeza de las muestras osciló en el rango de 0.052 a 0.180 Newtons (N) y el requesón de LPQC mostró la menor firmeza ($p < 0.05$), mientras que el resto de ellos presentó valores más cercanos entre ellos. No obstante, dichos valores son ligeramente menores al valor de 0.200 N reportado para requesón de lactosuero de queso Chihuahua (Ramírez-Rivas y Chávez-Martínez, 2017, 828). La firmeza del requesón puede afectarse por el contenido de proteínas séricas (Guerrero-Ramos *et al.*, 2015, 273). El requesón es un producto parecido al queso Ricotta; sin embargo, el requesón artesanal mexicano puede ser considerado como un auténtico queso de suero, ya que éste se elabora a partir de lactosuero quesero, mientras que el queso Ricotta, además de lactosuero, contiene sólidos de leche entera (líquida o en polvo) y por consiguiente una mayor proporción de proteínas caseicas/séricas.

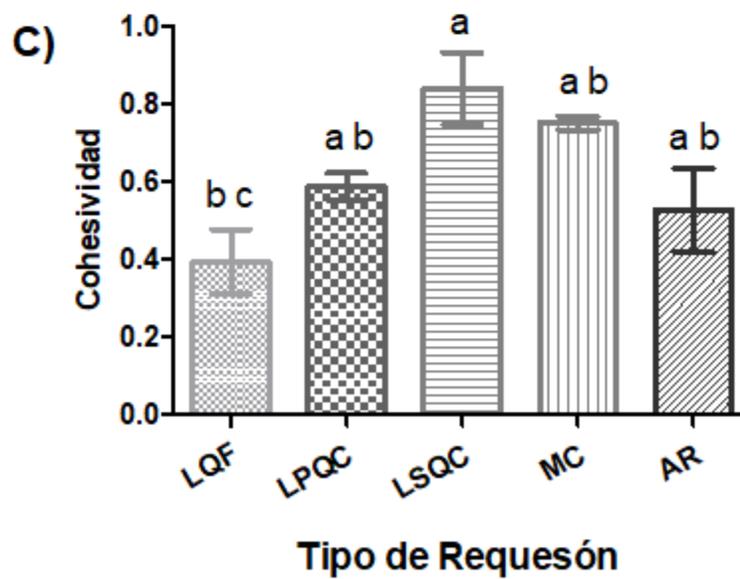
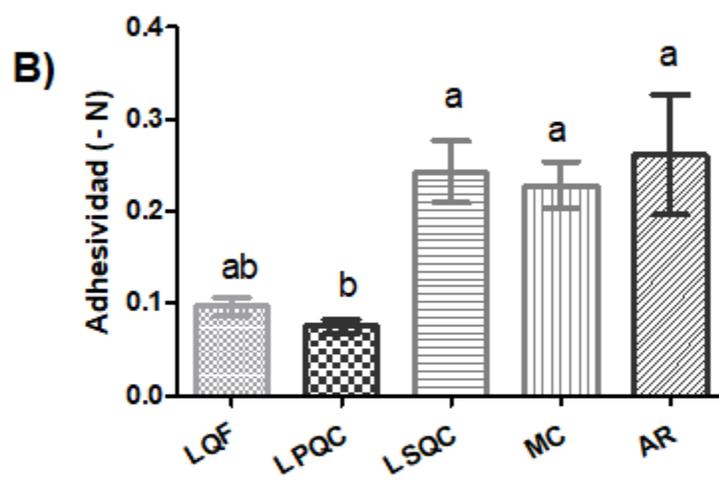
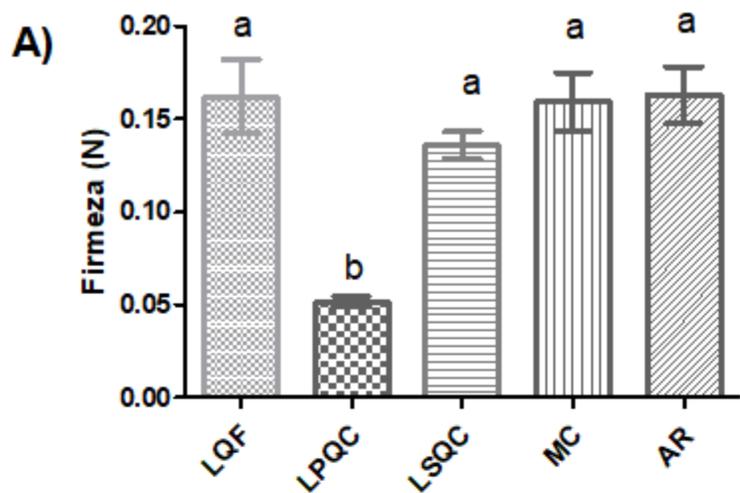


Fig. 1. Parámetros de textura en requesón: A) Firmeza, B) Adhesividad y C) Cohesividad.

LQF: Requesón de Lactosuero de Queso Fresco; **LPQC:** Requesón de Lactosuero Primario de Queso Cocido; **LSQC:** Requesón de Lactosuero Secundario de Queso Cocido; **MC:** Requesón de Marca Comercial; **AR:** Requesón Artesanal Regional.

Valores representan el promedio \pm desviación estándar, **n**=3. Letras diferentes indican diferencias significantes ($p < 0.05$)

La información sobre la textura de quesos de suero es escasa, en especial sobre requesón mexicano. La firmeza de queso Ricotta de vaca ha sido reportada en el rango de 0.100 a 0.200 Newtons (N) dependiendo del contenido de grasa y tipo de acidificación (Besbes *et al.*, 2002, 601; Borba *et al.*, 2014, 1279; Ortiz-Araque *et al.*, 2018, 340), mientras que para requesón de lactosuero de cabra se ha reportado una firmeza de 0.316 a 0.424 N (Pizzillo *et al.*, 2005, 33). La cohesividad fue similar en la mayoría de las muestras de requesón analizadas (0.40-0.84) ($p>0.05$) y estuvieron dentro del rango de valores reportados para queso Ricotta (0.46-56) (Besbes *et al.*, 2002, 601; Borba *et al.*, 2014, 1279). La adhesividad osciló en el rango de 0.070 a 0.260 (-N), con menores valores en LQF y LPQC. Valores de adhesividad de 0.096-0.113 (- N) han sido reportados para requesón elaborado con lactosuero de queso Chihuahua (Ramírez-Rivas y Chávez-Martínez, 2017, 828). Valores menores de adhesividad han sido reportados para queso Ricotta (-0.047 a -0.058 N) y Ricotta cremoso (-0.062 N) (Gallina *et al.*, 2008 167; Borba *et al.*, 2014, 1279).

Rendimiento del proceso de elaboración de requesón

El rendimiento estimado para requesón de LQF (control) y LPQC, osciló entre 6 y 7 %, es decir, por cada 10 L se obtuvieron alrededor de 650 g de requesón. Por otro lado, el rendimiento obtenido con LSQC fue de 8-11%, o sea alrededor de 1 kg por cada 10 L de lactosuero. Esta diferencia era de esperarse, ya que el LSQC posee un mayor contenido de proteína y grasa (sólidos recuperables), los cuales representan alrededor del 55% de los sólidos totales (principalmente por el alto contenido de grasa), mientras que en LQF los sólidos recuperables solo representan el 16%. En lo que respecta a la recuperación de sólidos del lactosuero se observó que durante la elaboración de requesón con LSQC se puede recuperar hasta un 50 % de los sólidos presentes en el lactosuero, debido principalmente al alto contenido de grasa y proteína (sólidos recuperables). Por otro lado, cuando se utilizaron LQF y LPQC, sólo se recuperó alrededor del 26 % de los sólidos. El rendimiento para queso Ricotta elaborado únicamente con lactosuero ha ido reportado alrededor del 7 % (Sulieman *et al.*, 2012, 108) pero este se

incrementa hasta el 10.74 % al elevar el contenido de proteína a 7.1 % (Salvatore *et al.*, 2014, 4686). Cuando el queso Ricotta se elabora con leche entera, el rendimiento puede incrementarse hasta un 12 % y aumenta al incrementar el contenido de grasa en la leche (Ortiz-Araque *et al.*, 2018, 340).

Conclusiones

El lactosuero que se genera durante la producción de queso cocido regional de Sonora posee componentes valiosos como proteína y grasa que pueden ser recuperados mediante la producción de requesón. El requesón obtenido con lactosuero primario de queso cocido posee características fisicoquímicas semejantes al requesón elaborado con lactosuero de queso fresco regional. Los altos contenidos de sólidos, proteína y grasa en el lactosuero secundario de queso cocido incrementaron el rendimiento y el contenido de estos componentes (principalmente grasa) en el requesón elaborado. Finalmente, se concluye que el rendimiento, composición y características de textura y color del requesón dependen de la composición fisicoquímica del lactosuero que se utiliza para su elaboración.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por el apoyo otorgado al Proyecto de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales PDCPN2014-1, No. 248100.

Referencias

- AOAC. 2002. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Belsito, P.C., Ferreira, M.V.S., Cappato, L.P., Cavalcanti, R.N., Vidal, V.A.S., Pimentel, T.C., Esmerino, E.A., Balthazar, C.F., Neto, R.P.C., Tavares, M.I.B., Zacarchenco, P.B., Freitas, M.Q., Silva, M.C., Raices, R.S.L., Pastore, G.M., Pollonio, M.A.R. and Cruz,

- A.G. 2017. Manufacture of Requeijão cremoso processed cheese with galactooligosaccharide. *Carbohydrate Polymers*. 174: 869-875.
- Besbes, S., Blecker, C., Attia, H., Massaux, C. and Deroanne, C. 2002. Comparison of Ricotta cheese made by high pressure treatment with that produced by heat treatment of weat whey. *Sciences des Aliments*. 22: 601-615.
- Borba, K. K. S., Silva, F.A., Madruga, M.S., C. Ramos do Egypto Queiroga, R., Souza, E.L. and Magnani, M. 2014. The effect of storage on nutritional, textural and sensory characteristics of creamy Ricotta made from whey as well as cow's milk and goat's milk. *International Journal of Food Science and Technology*. 49: 1279-1286.
- Cuevas-González, P.F., Heredia-Castro, P.Y., Méndez-Romero, J.I., Hernández-Mendoza, A., Reyes-Díaz, R., Vallejo-Cordoba, B. and González-Córdova, A.F. 2017. Artisanal Sonoran cheese (Cocido cheese): an exploration of its production process, chemical composition and microbiological quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 97: 4459-4466.
- Duarte, R.V., Moreira, S.A., Fernandes, P.A.R., Fidalgo, L.G., Santos, M.D., Queirós, R.P., Santos, D.I., Delgadillo, I. and Saraiva, J.A. 2015. Preservation under pressure (hyperbaric storage) at 25°C, 30°C and 37°C of a highly perishable dairy food and comparison with refrigeration. *CyTA-Journal of Food*. 13: 321-328.
- Gallina, D.A., Van Dender, A.G.F., Yotsuyanagi, K. and Rodrigues de Sá, P.B.Z. 2008. Influence of storage temperature on the texture profile and colour characteristics of UHT Requeijão cremoso. *Brazilian Journal of Food Technology*. 11: 167-174.
- Guerrero-Ramos, C., Salas-Valerio, W.F. and Baldeón-Chamorro, E.O. 2015. Evaluación instrumental de la textura del queso elaborado con suero concentrado por ultrafiltración. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 81: 273-282.
- Guerrero-Rodríguez, W.J., Gómez-Aldapa, C.A., Castro-Rosa, J., González-Ramírez, C.A. and Santos-López, E.M. 2010. Caracterización Físicoquímica del Lactosuero en el Valle de Tulancingo. En: *Memorias del XII congreso nacional de la Ciencia y Tecnología de Alimentos*. LA321-LA328. UANL, Guanajuato, México.
- Mollea C., Marmo L. and Bosco F. 2013. Valorization of Cheese Whey, a By-Product from the Dairy Industry. In: *Food Industry*. I. Muzzalupo (Ed.), pp. 549-588. InTech, London, UK.

- Ortiz-Araque, L.C., Darré, M., Ortiz, C.M., Massolo, J.F. and Vicente, A.R. 2018. Quality and yield of Ricotta cheese as affected by milk fat content and coagulant type. *International Journal of Dairy Technology*. 71: 340-346.
- Panghal, A., Patidar, R., Jaglan, S., Chhikara, N., Khatkar, S.K., Gat, Y. and Sindhu, N. 2018. Whey valorization: current options and future scenario – a critical review. *Nutrition and Food Science*. 48: 520-535.
- Paredes-Montoya, P., Chávez-Martínez, A., Rodríguez-Figueroa, J.C., Aguilar-Palma, N., Rentería-Monterrubio, A.L. and Rodríguez-Hernández, G. 2014. Características fisicoquímicas y microbiológicas de suero de leche de queso Chihuahua. *Investigación y Ciencia*. 22: 11-16.
- Pizzillo, M., Claps, S., Cifuni, G.F., Fedele, V. and Rubino, R. 2005. Effect of goat breed on the sensory, chemical and nutritional characteristics of Ricotta cheese. *Livestock Production Science*. 94: 33-40.
- Poveda, E. 2013. Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición*. 40: 397-403.
- Ramírez-Navas, J.S. 2012. Aprovechamiento industrial de lactosuero mediante procesos fermentativos. *Publicaciones e Investigación*. 6: 69-83.
- Ramírez-Rivas, I.K. and Chávez-Martínez, A. 2017. Efecto del ultrasonido aplicado al suero de leche previo al calentamiento en la elaboración de requesón. *Interciencia*. 42: 828-833.
- Salvatore, E., Pes, M., Falchi, G., Pagnozzi, D., Furesi, S., Fiori, M., Roggio, T., Addis, M.F. and Pirisi, A. 2014. Effect of whey concentration on protein recovery in fresh ovine Ricotta cheese. *Journal of Dairy Science*. 97: 4686-4694.
- Suliman, A.M.E., Eljack, A.S. and Salih, Z.A. 2012. Quality Evaluation of “Ricotta” Cheese Produced at Laboratory Level. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*. 2: 108-112.
- Torres-Llanez, M.J., Vallejo-Córdoba, B., Díaz-Cinco, M.E., Mazorra-Manzano, M.A. and González-Córdova, A.F. 2006. Characterization of the natural microflora of artisanal Mexican Fresco cheese. *Food Control*. 17: 683-690.
- Villarruel-López, A., Castro-Rosas, J., Gómez-Aldapa, C.A., Nuño, K., Torres-Vitela, M.R., Martínez-González, N.E. and Garay-Martínez, L.E. 2016. Indicator microorganisms, Salmonella, Listeria monocytogenes, Staphylococcal enterotoxin, and physicochemical

parameters in requeson cheese. *African Journal of Food Science and Technology*. 10: 178-184.

Yadav, J.S.S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R.D. and Surampalli, R.Y. 2015. Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances*. 33: 756-774.