

## Características fisicoquímicas y microbiológicas de suero de leche de queso Chihuahua

### Physicochemical and microbiological characteristics of Chihuahua cheese whey

Pedro Paredes Montoya<sup>1</sup>, América Chávez Martínez<sup>1</sup>, José Carlos Rodríguez Figueroa<sup>1</sup>, Nelson Aguilar Palma<sup>1</sup>, Ana Luisa Rentería Monterrubio<sup>1</sup>, Gabriela Rodríguez Hernández<sup>1\*</sup>

Paredes Montoya, P., Chávez Martínez, A., Rodríguez Figueroa, J. C., Aguilar Palma, N., Rentería Monterrubio, A. L., Rodríguez Hernández, G., Características fisicoquímicas y microbiológicas de suero de leche de queso Chihuahua. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 62: 11-16, mayo-agosto 2014.

#### RESUMEN

Se caracterizaron fisicoquímica y microbiológicamente 25 muestras de suero de leche colectadas de diferentes queserías ubicadas en el estado de Chihuahua. Con tal propósito se determinaron los valores de pH, fosfatasa alcalina, materia seca, ceniza, grasa, proteína, densidad, acidez titulable, lactosa, calcio, cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias, coliformes, mohos y levaduras. Los resultados indicaron que 56% de las queserías no pasteurizan la leche que se utiliza en la fabricación de queso. Se encontraron diferencias en el contenido de grasa y densidad, mayor en los sueros provenientes de quesos pasteurizados. No se encontraron diferencias en el contenido de coliformes, bacterias mesofílicas aerobias, mohos y levaduras entre los sueros pasteurizados y sin pasteurizar. Lo anterior sugiere que existen variaciones en el proceso de elaboración de queso tipo Chihuahua, en la calidad de la materia prima y en la manipulación del suero en las diversas queserías.

#### ABSTRACT

Physicochemical and microbiological 25 whey samples were characterized from different cheese dairies productions in the state of Chihuahua. For this

**Palabras clave:** suero, queso Chihuahua, microbiología, calidad fisicoquímica, pasteurización.

**Keywords:** whey, cheese Chihuahua, physicochemical quality, microbiological quality, pasteurization.

**Recibido:** 3 de octubre de 2013, **aceptado:** 28 de mayo de 2014

<sup>1</sup> Facultad de Zootecnia y Ecología, Maestría en Ciencias en Tecnología de Productos de Origen Animal, Universidad Autónoma de Chihuahua.  
\* Autor para correspondencia: gabryodher@gmail.com

purpose pH, alkaline phosphatase, dry matter, ash, fat, protein, density, acidity, lactose, calcium, total count of aerobic mesophilic bacteria, coliforms, molds and yeasts values were evaluated. Results indicated that 56% of sampled dairies do not pasteurize used milk. Significant differences were found in the fat content and density. No significant differences in the content of coliforms, mesophilic aerobic bacteria and molds and yeasts were found. Unpasteurized whey showed significantly higher fat content than pasteurized; however, the microbiological quality was similar in both. This suggests that there are variations in the processing of Chihuahua cheese, in the quality of raw material and the handling of wheys at various dairies.

#### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el PROY-NMX-F-721-COFOCAL-2012, el suero de leche es la parte líquida obtenida después de llevarse a cabo la separación de la cuajada. Se estima que se generan cerca de 9 L de suero por cada kilogramo de queso elaborado. Históricamente se ha considerado a este subproducto lácteo como un desecho y se descarta de la forma más económica posible, como por ejemplo vertiéndose al drenaje, lo cual es un problema ambiental, debido a su demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 35-45 kg/L (Fox et al., 2000), o bien es procesado como producto de un valor relativamente bajo (Onwaulata y Hunt, 2008). Esto a pesar de que retiene el 55% de los nutrientes originales de la leche (Walstra et al., 2001; Smithers, 2008) y contiene proteínas de alto valor biológico como las  $\alpha$ -lactoalbúminas,  $\beta$ -lactoglobulinas, seroalbúminas e inmunoglobulinas, además de lactoferrina y lactoperoxidasa que se encuentran presentes en cantidades menores (Onwaulata y Hunt, 2008).

Existen dos tipos de suero: dulce y ácido. El suero ácido se obtiene cuando el queso se elabora acidificando la leche con un ácido orgánico o mineral o por la acción de bacterias ácido lácticas (BAL) y presenta un pH de 4.6. El suero dulce se obtiene al llevarse a cabo la coagulación por acción enzimática, presenta un pH de 5.6 y se obtiene al elaborar queso Chihuahua, cheddar y manchego, entre otros. Este puede presentar variaciones en su composición dependiendo si hubo o no acción de BAL durante el proceso de manufactura y antes de la separación del suero y también varía según el tipo de cuajo empleado. Ambos sueros presentan diferencias en su composición; en general, el dulce tiene un pH más elevado, mayor contenido de sólidos totales, proteínas, lactosa, lípidos y menor cantidad de calcio y fósforo (Onwaulata y Hunt, 2008).

En la actualidad existen tecnologías que concentran, separan y fraccionan las proteínas de este subproducto. Sin embargo, estas son costosas y de difícil acceso para los productores de queso del estado de Chihuahua en México (Marshall et al., 2004).

El estado de Chihuahua es el cuarto productor de leche a nivel nacional con una producción de 930 millones de L, de los cuales el 28% se destina a la fabricación de queso (SIAP, 2012), principalmente queso Chihuahua, cheddar, fresco, menonita y artesanal. Cabe mencionar que para la elaboración de estos quesos la leche puede ser o no sometida a tratamiento térmico. Por esto, la caracterización fisicoquímica y microbiológica del suero obtenido de la fabricación del citado queso constituye un paso relevante previo a la utilización del mismo como ingrediente o alimento funcional (Montero et al., 2009).

Este estado además se encuentra dividido en 12 regiones por sus características geográficas, meteorológicas y sociodemográficas, y son las regiones de Chihuahua, Delicias, Camargo y Cuauhtémoc las principales en producción de queso (SAGARPA, 2011). También es reconocido internacionalmente por la producción de queso que lleva su nombre, y a la fecha, se desconoce la calidad fisicoquímica y microbiológica del suero que se obtiene como subproducto de la elaboración de este producto, por lo cual se requieren estudios para caracterizar el generado de la elaboración de queso Chihuahua y que exista información para regular su

producción y manejo. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas de 25 muestras de suero que se obtuvieron de la elaboración del queso estudiado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los laboratorios de Nutrición Animal, Microbiología y Bioquímica de la Facultad de Zootecnia y Ecología y en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

Se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de sueros provenientes de las cuatro regiones productoras de queso Chihuahua, contando con 25 muestras de suero, cubriendo un total de siete municipios: Región de Delicias (13 queserías), Región de Camargo (cuatro queserías), Región de Cuauhtémoc (cuatro queserías) y Región de Chihuahua (cuatro queserías) (Figura 1).

Las muestras fueron colectadas, etiquetadas y transportadas al laboratorio con refrigerante y se almacenaron a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de su análisis fisicoquímico (fosfatasa alcalina, pH, materia seca, cenizas, proteína, densidad, acidez titulable, lactosa y calcio) y microbiológico (cuenta total de coliformes, bacterias mesófilas aerobias, mohos y levaduras). Todos los análisis se realizaron por triplicado.



Figura 1. Regiones monitoreadas del estado de Chihuahua para las 25 muestras de suero de leche.

### Métodos y técnicas de laboratorio

El pH se midió con un potenciómetro marca Hanna modelo HI 98129 de acuerdo a la NMX-F-317-S-1978, la determinación de fosfatasa alcalina se realizó por el método cualitativo colorimétrico según la NMX-F-702-COFOCALEC-2004, materia seca se cuantificó por calentamiento según el PROY-NOM-211-SSA1-2002, cenizas por el método de calcinación según la NMX-F-066-S-1978, materia grasa por el método de Gerber según la NMX-F-387-1982, proteína por el método de Kjeldahl según la NMX-F-513-1988, densidad conforme a la NMX-F-424-S-1982, acidez por titulación conforme a la NMX-F-511-1988, lactosa por titulación según NOM-155-SCFI-2003, calcio con un potenciómetro Corning Pinnacle modelo 542, cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias conforme a la NOM-092-SSA1-1994, coliformes totales conforme a la NOM-113-SSA1-1994, mohos y levaduras conforme a la NOM-111-SSA1-1994.

Para efectuar los contrastes entre los posibles niveles de los factores explicativos en la variabilidad de las características del suero por región se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el procedimiento de un solo factor de efectos fijos, a un nivel de  $\alpha = 0.05$  comparando por familia de posibles pares de combinaciones de los niveles de cada factor mediante la prueba de Tukey, el modelo se representa de la siguiente forma:

$$y_{ij} = \mu + \tau_j + e_{ij}$$

donde:

$y_{ij}$  = es la  $i$ -ésima observación en el  $j$ -ésimo nivel del factor explicativo fijo.

$\mu$  = es la media general de la variable de interés.

$\tau_j$  = es el efecto aditivo del  $j$ -ésimo nivel del factor fijo.

$e_{ij}$  = Es el  $i$ -ésimo error aleatorio del modelo, en el  $j$ -ésimo nivel del factor fijo.

Para efectuar el contraste entre queserías que pasteurizaban la leche y las que no lo hacían se ajustó un modelo lineal con dos factores explicativos de efectos fijos a un nivel de  $\alpha = 0.05$ , comparando los resultados con la prueba de Tukey, con el programa estadístico SAS/STAT® (SAS institute Inc., 2004, versión 9.0).

## RESULTADOS

En relación con la práctica de pasteurización se encontró que 56% de las queserías no pasteurizaban

la leche, y las regiones de Camargo y Cuauhtémoc presentaron mayor cantidad de queserías que no realizaban esta práctica (75% en ambos casos). La Tabla 1 presenta los promedios de composición de los sueros por región, existieron diferencias significativas entre las mismas en el porcentaje de grasa, en densidad y en la presencia de enzima fosfatasa alcalina. Los sueros de Camargo presentaron mayores concentraciones de grasa ( $P = 0.021$ ) y densidad ( $P = 0.036$ ), mientras que la región de Chihuahua presentó mayor cantidad de sueros derivados de leche pasteurizada ( $P < 0.05$ ).

Al comparar fisicoquímicamente los sueros provenientes de procesos donde se pasteuriza y no se pasteuriza la leche se observó únicamente diferencia significativa en el contenido de grasa, este valor fue el mayor para los provenientes de la no pasteurizada ( $P = 0.09$ ) (Figura 2).

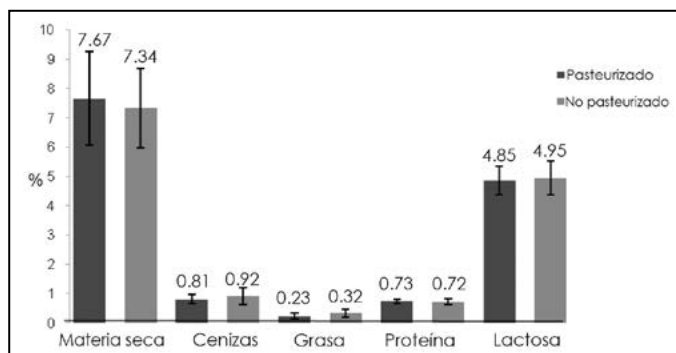


Figura 2. Características fisicoquímicas de suero de queso Chihuahua pasteurizado vs. no pasteurizado.

Las características microbiológicas de los sueros provenientes de leche pasteurizada y sin pasteurizar no mostraron diferencia significativa (Figura 3).

Se analizó si existía interacción entre las regiones analizadas y el efecto de pasteurizar o no la leche, misma que resultó no significativa ( $P > 0.05$ ); es decir, no influye la pasteurización con el lugar de procedencia de la leche.

Al comparar los resultados con los valores establecidos en el proyecto de norma PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012 (Tabla 1), se observó que la mayoría de éstos se encontraron dentro de los rangos establecidos para cenizas, proteína, lactosa y densidad; sin embargo, la acidez, el pH y la grasa estuvieron fuera de los límites establecidos, los primeros dos por debajo y el último por arriba de los límites del proyecto de norma.

**Tabla 1.** Características fisicoquímicas y microbiológicas de suero de queso Chihuahua por región

Parámetro	Región				Norma PROY-NMX-F-721- COFOCALEC-2012
	Chihuahua (n= 4)	Delicias (n= 13)	Camargo (n= 4)	Cuauhtémoc (n= 4)	
	----- % -----				
Materia seca	7.63 ± .97 <sup>a</sup>	7.33 ± 1.78 <sup>a</sup>	8.24 ± 1.28 <sup>a</sup>	7.57 ± .45 <sup>a</sup>	-----
Cenizas	0.64 ± 0.11 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.53 mín.
Proteína	0.77 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.70 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.74 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.73 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.72 mín.
Lactosa	4.8 ± 0.67 <sup>a</sup>	5.02 ± 0.47 <sup>a</sup>	4.95 ± 0.82 <sup>a</sup>	4.60 ± 0.32 <sup>a</sup>	4.70 mín.
Grasa	0.18 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.26 ± 0.10 <sup>b</sup>	0.41 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.10 máx.
Calcio	0.007 ± 0.005 <sup>a</sup>	0.011 ± 0.005 <sup>a</sup>	0.011 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.009 ± 0.006 <sup>a</sup>	-----
Acidez titulable	0.40 ± 0.45 <sup>a</sup>	0.57 ± 0.39 <sup>a</sup>	0.37 ± 0.34 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.07 - 0.12
Fosfatasa alcalina	25 <sup>a</sup>	54 <sup>b</sup>	75 <sup>b</sup>	75 <sup>b</sup>	-----
	----- Media ± desviación estándar -----				
pH	5.45 ± 0.90 <sup>a</sup>	5.47 ± 0.80 <sup>a</sup>	6.04 ± 0.60 <sup>a</sup>	6.18 ± 0.50 <sup>a</sup>	6.4 - 6.7
Densidad g·cm <sup>-3</sup>	1.024 ± .002 <sup>b</sup>	1.023 ± .002 <sup>b</sup>	1.034 ± .008 <sup>a</sup>	1.031 ± 0.010 <sup>b</sup>	1.023 - 1.026
Coliformes Log <sub>10</sub> UFC·ml <sup>-1</sup>	5.50 ± 1.4 <sup>a</sup>	3.62 ± 1.3 <sup>a</sup>	8.11 ± 0.68 <sup>a</sup>	5.15 ± 1.21 <sup>a</sup>	2.00 máx.
Mesofílicas aerobias Log <sub>10</sub> UFC·ml <sup>-1</sup>	7.72 ± 1.76 <sup>a</sup>	5.68 ± 1.61 <sup>a</sup>	9.51 ± 1.02 <sup>a</sup>	7.52 ± 0.98 <sup>a</sup>	4.00 máx.
Mohos y Levaduras Log <sub>10</sub> UFC·ml <sup>-1</sup>	< 1 <sup>*</sup>	3.04 ± 0.94 <sup>a</sup>	< 1 <sup>*</sup>	< 1 <sup>*</sup>	-----

Valores con superíndices diferentes: diferencias  $P < 0.05$ .

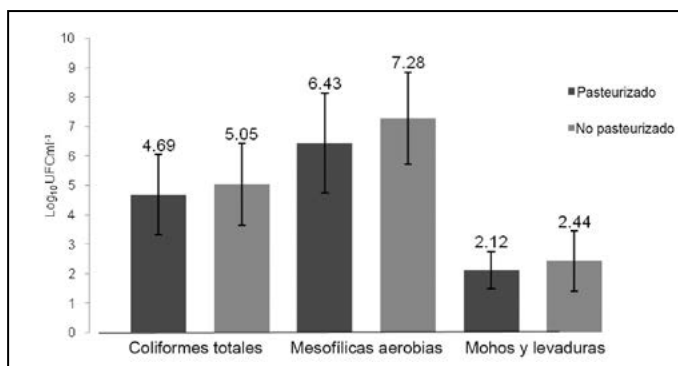
1<sup>\*</sup> = Límite de detección.

Microbiológicamente, todos los sueros muestreados presentaron valores superiores a los establecidos por el proyecto de norma.

## DISCUSIÓN

Los resultados sugieren que existió variabilidad en la cantidad de grasa y por consiguiente en los valores de densidad de los sueros provenientes de la elaboración de queso Chihuahua. La densidad, al igual que el contenido de grasa fue mayor en los sueros provenientes de la región de Camargo, lo anterior se debe a la relación directa que existe entre estos dos valores: a mayor contenido de grasa, mayor densidad (Villegas, 2004). La variación en el contenido de grasa entre las diferentes regiones puede deberse a modificaciones en el proceso de elaboración de queso o a diferencias en la alimentación del ganado lechero, y por consecuencia, en el perfil fisicoquímico

de la leche. El promedio general de materia seca de las regiones analizadas fue de 7.69% (76.9 g/L), lo cual está cerca del valor reportado de 70 g/L por Fox et al. (2000). Este indicador es de gran importancia en la evaluación de la calidad del suero como



**Figura 3.** Características microbiológicas de suero de queso Chihuahua pasteurizado vs. no pasteurizado.



materia prima, porque de manera indirecta señala la cantidad de agua presente en el mismo y determina el rendimiento del suero.

En relación con el contenido de cenizas, el valor promedio fue 0.70% (7.02 g/L), valores reportados con anterioridad indican que el rango en el contenido de cenizas en suero dulce varía entre 5 y 5.2 g/L (Fox et al., 2000). El promedio de proteína en los sueros fue de 0.73% (7.3 g/L), esto colocó a las regiones dentro del rango de 6 a 10 g/L reportado por Onwaulata y Hunt (2008) y González (2009). Este valor es de gran importancia debido a la cotización comercial que presenta hoy día la proteína de suero. El contenido promedio de lactosa fue de 4.84% (48.4 g/L), mismo que coincide con lo reportado por algunos autores como González (2009) y Miranda et al. (2009), con oscilación entre 40.7 y 52.7 g/L.

El promedio de calcio fue de 0.0095% (0.095 g/L), resultados que se encuentran por debajo de los reportados por Alais (2003), de 0.48 g/L a 0.55 g/L. Cabe mencionar que los niveles de calcio en la leche están relacionados con la cantidad de calcio encontrado en la dieta y en el suelo de la región en la que se encuentre el ganado (Alais, 2003). Este parámetro también se ve influenciado por la adición de  $\text{CaCl}_2$  durante la elaboración del queso. El promedio de pH de las muestras fue 5.75, menor al rango establecido por Miranda et al. (2009) de 5.82 a 7.42 para suero dulce; como consecuencia, el promedio de acidez titulable (0.46% de ácido láctico) se situó por arriba de los valores reportados



**Figura 4.** Desuerado o sinéresis en la elaboración de queso Chihuahua.  
Fotografía de Gabriela Rodríguez Hernández.

de 0.14% a 0.18% de ácido láctico (Villegas, 2004). Lo anterior puede deberse al uso y tipo de cultivo láctico empleado para la elaboración del queso, así como a la forma de almacenamiento del suero posterior a su obtención.

En relación con la práctica de pasteurización y aún cuando la norma NMX-F-738-COFOCALEC 2011 establece como requisito la pasteurización de la leche de manera previa a la elaboración del queso Chihuahua, existieron empresas que no cumplieron con esta norma. Esto pudo deberse a que no contaban con el equipo para llevar a cabo este paso o al hecho de que aún teniendo el equipo necesario no lo utilizan, ya que su uso aumenta el costo de producción. Finalmente, al comparar los resultados con los valores establecidos por el proyecto de norma PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012, se encontró que el pH, y por consiguiente la acidez, estuvieron fuera de los límites indicados, lo que sugiere que los sueros no son almacenados y manejados de manera adecuada.

## CONCLUSIONES

La composición fisicoquímica del suero obtenido de la elaboración de queso Chihuahua es multifactorial. Se consideran entre los principales factores que afectan su calidad: la inclusión de cultivos lácticos durante el proceso de manufactura, la calidad inicial de la leche con la que se elabora el producto y el tipo de almacenamiento que se le da al suero resultante de la elaboración de queso. Aun cuando se encontraron diferencias en algunos componentes, los sueros provenientes de la elaboración de este tipo de queso presentaron una composición comparable a la de los sueros dulces. Sin embargo, estos no presentaron una buena calidad sanitaria, por lo que es recomendable que se pasteuricen antes de su uso. Por consiguiente, para mejorar la calidad integral de los sueros que se producen en el estado es necesario que los productores estandaricen los procesos de elaboración de queso Chihuahua y que establezcan sistemas que garanticen las buenas prácticas de manufactura y el manejo sanitario de los sueros. Esto es primordial, sobre todo si se aprueba el proyecto de norma PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012, ya que los parámetros de proteína, lactosa, ceniza y densidad de los sueros se encontraron, en su mayoría, dentro de los límites establecidos por ésta. Sin embargo, no cumplieron con los valores de acidez, pH, cuenta total de mesofílicos aerobios y coliformes establecidos por dicho proyecto de norma.

## LITERATURA CITADA

- ALAIS, C. *Ciencia de la leche*. 4 ed., España: Revereté, pp. 202-228, 2003.
- FOX, F. P. et al. *Fundamentals of cheese science*. USA: Aspen Publishers, Inc., pp. 514-522, 2000.
- GONZÁLEZ, C. M. *Crioconcentración del suero de leche*. México: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2009.
- MARSHALL, K. Therapeutic Applications of Whey Protein, *Alternative Medicine Review*. *Rev. Alternative Medicine Review*, 9: 2, 2004.
- MIRANDA, M. O. et al. Características físico-químicas de suero de queso dulce y ácido producidos en el combinado de quesos de Bayamo, Bayamo, Cuba. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 19: 1, 2009.
- MONTERO, L. M. et al. Suero de leche fermentado con lactobacilos para la alimentación de becerros en el trópico. *Revista Agrociencia*, 43: 6, 2009.
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. *Foodstuff determination of ashes*. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-317-S-1978. Determinación de ph en alimentos. *Determination of pH in foods*. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-387-1982. Alimentos. Leche fluida determinación de grasa butírica por el método de gerber. *Foods. Fluid milk determination of butterfat by the gerber method*. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-424-S-1982. Productos alimenticios para uso humano. Determinación de la densidad en leche fluida. *Food products for human use. Determination of the density in fluid milk*. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-511-1988. Alimentos. Determinación de acidez en leche reconstituida. *Foods. Acidity determination in reconstituted milk*. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-513-1988. Alimentos. Determinación de proteínas en leche reconstituida. Método de Kjeldahl-gunning. *Foods determination of protein in reconstituted milk method*. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-702-COFOCALEC-2004. Sistema Producto Leche – Alimentos – Lácteos – Determinación de fosfatasa residual en leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado, helados y sorbetes – Método de prueba.
- NMX-F-738-COFOCALEC-2011. Sistema producto leche alimentos lácteos - queso chihuahua - denominación, especificaciones y métodos de prueba.
- NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- NOM-155-SCFI-2003. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Denominaciones, especificaciones físicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
- ONWAULATA, C. I. y HUNT, P. J. *Whey processing Functionality and Health Benefits*. USA: Blackwell, pp. 15-24, 2008.
- PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012. Sistema producto leche-alimentos-lácteos-suero de leche (líquido o en polvo)- especificaciones y métodos de prueba.
- PROY-NOM-211-SSA1-2002. Proyecto de norma oficial mexicana, productos y servicios. Métodos de prueba físicoquímicos. Determinación de humedad y sólidos totales en alimentos por secado en estufa.
- SIAP-SAGARPA (SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA-SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). *Producción Anual*. México. 2012.
- SAGARPA (SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN). *Plan Rector 2011. Comité Sistema Producto Leche de Chihuahua*, A. C. México. 2011.
- SMITHERS, G. Whey and whey proteins From 'gutter-to-gold'. *Journal International Dairy Journal*, 18, 2008.
- VILLEGAS, G. A. *Tecnología Quesera*. México: Trillas, pp. 84-85, 2004.
- WALSTRA, P. et al. *Ciencia de la Leche y Tecnología de los Productos Lácteos*. España: Acriba, pp. 132-148, 2001.