

RELACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ESTRUCTURAL SOBRE LA TEXTURA DEL QUESO CHANCO

CHEMICAL AND STRUCTURAL RELATIONSHIP ON CHANCO CHEESE TEXTURE

Javier Leiva V.¹

¹ Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración, Universidad de La Frontera, Casilla 54-D, Temuco, Chile. Autor para correspondencia E-mail: javier.leiva.vega@gmail.com

RESUMEN

La textura es reconocida como una propiedad importante de calidad para la aceptación de alimentos afectando la percepción del consumidor. El objetivo del estudio fue determinar la relación de la composición química y estructural sobre los parámetros sensoriales e instrumentales de textura del queso Chanco. La elasticidad, firmeza, adhesividad y cohesividad fueron evaluadas mediante análisis descriptivo cuantitativo y análisis de perfil de textura. Los parámetros químicos (pH, humedad, contenido graso, nivel de sal) y estructurales (relación de aspecto, solidez, convexidad) fueron medidos sobre las mismas muestras de quesos. El análisis de componentes principales permitió ordenar los parámetros estudiados en grupos diferenciados entre sí. El contenido graso mostró correlación positiva y significativa con la cohesividad sensorial ($R = 0,92$, $p < 0,05$), firmeza instrumental ($R = 0,98$, $p < 0,05$) y adhesividad instrumental ($R = 0,99$, $p < 0,05$). Los parámetros estructurales no mostraron relación sobre la textura sensorial e instrumental. Basado en los resultados del estudio, se concluye que el contenido graso tiene influencia directa sobre los parámetros sensoriales (cohesividad) e instrumentales (firmeza y adhesividad) de textura. Los parámetros estructurales (solidez y convexidad) están correlacionados con parámetros químicos (pH y contenido graso), por lo tanto, ellos tienen influencia indirecta sobre los parámetros sensoriales e instrumentales de textura.

Palabras clave: firmeza, cohesividad, contenido graso, componentes principales.

ABSTRACT

The texture is an important property in food quality and acceptability, affecting consumer perception of food. The aim of this study was to determine the relationship between both chemical and structural composition and the sensory and instrumental parameters of Chanco cheese texture. Springiness, hardness, adhesiveness and cohesiveness were evaluated by quantitative descriptive analysis and texture profile analysis. Chemical parameters (pH, humidity, fat content) and structural parameters (aspect ratio, solidity, and convexity) were measured on the same cheese samples. Principal component analysis was used to classify the parameters studied into differentiated groups. Fat content showed a significant positive correlation with sensory cohesiveness ($R = 0.92$, $p < 0.05$), instrumental firmness ($R = 0.98$, $p < 0.05$) and instrumental adhesiveness ($R = 0.99$, $p < 0.05$). No relationship was found between structural parameters and sensory and instrumental texture. Based on the results of this study, it is concluded that fat content has a direct influence on sensory (cohesiveness) and instrumental parameters (hardness and adhesiveness) of texture. Structural parameters (solidity and convexity) are correlated with chemical parameters (pH and fat content). Therefore, they have an indirect influence on sensory and instrumental parameters of texture.

Key words: hardness, cohesiveness, fat content, principal components.

Recibido: 29 agosto 2011. Aceptado: 9 noviembre 2011.

INTRODUCCIÓN

La textura es considerada una manifestación sensorial de las propiedades mecánicas, estructurales y de superficie en los alimentos, y es detectada a través de los sentidos del tacto, la vista y la audición (Szczeniak, 2002). En relación con el queso, la textura se limita generalmente a las sensaciones experimentadas al masticar, sugiriendo el rol predominante de las características mecánicas (Foegeding y Drake, 2007). El léxico establecido para textura abarca tres áreas: respuesta táctil, primera mordida, y rompimiento durante la masticación (Rogers et al., 2009).

La textura es reconocida como una propiedad importante de calidad y que afecta la percepción del consumidor y la aceptación del producto. Desde el punto de vista de la ingeniería de alimentos, las propiedades de textura son el resultado de la interacción entre la estructura y la composición química cuando los ingredientes son sometidos a una serie de transformaciones. Así, las propiedades de textura pueden ser descritas a través de propiedades intrínsecas, las cuales, de acuerdo a las teorías existentes, pueden ser definidas seleccionando adecuadamente los ingredientes composicionales y los parámetros de procesamiento a modo de producir alimentos texturalmente atractivos (Wilkinson et al., 2000; Di Monaco et al., 2008). El procesamiento de alimentos busca preservar, transformar, destruir o crear estructuras. Por ejemplo, la preservación de la estructura es un objetivo principal. La transformación estructural se vuelve esencial en el procesamiento industrial de alimentos, mientras que la creación de estructura es la principal tarea en el desarrollo y mejora del producto (Aguilera, 2000).

En el queso, la textura es una propiedad física influenciada por la composición de la leche, procedimientos de elaboración, y condiciones de maduración. Dos de los factores más importantes que influyen esta propiedad son las condiciones de las partículas de caseína en el queso y la extensión de la proteólisis. Estos factores son afectados por varias condiciones ambientales tales como pH, temperatura y fuerza iónica. Una alta proporción de quesos termina siendo usada como ingrediente, por ejemplo, en pizza, lasagna, y panes. En la mayoría de las aplicaciones, las características físicas y reológicas del queso son frecuentemente más importantes que los atributos sensoriales (Lucey et al., 2003).

En alimentos, las propiedades de textura frecuentemente utilizadas son la elasticidad, firmeza, cohesividad y friabilidad (Foegeding y Drake, 2007). Varios estudios se han dedicado a investigar las propiedades sensoriales e instrumentales de textura (Liu et al., 2000; Sesmat y Meullenet,

2001; Truong et al., 2002; Adhikari et al., 2003). La firmeza sensorial fue correlacionada con la firmeza instrumental del queso Reggianito, aunque los coeficientes de correlación no resultaron altos (Hough et al., 1996). Correlaciones lineales fueron encontradas entre las mediciones sensoriales e instrumentales de textura para el queso Mahon (Benedito et al., 2000). Otro estudio encontró que la firmeza, elasticidad y cohesividad fueron mejor predichas a través de datos instrumentales (Breuil y Meullenet, 2001). Los parámetros sensoriales e instrumentales de textura del queso Cheddar fueron afectados por el contenido de humedad, pH y condiciones de maduración (Everard et al., 2006).

El queso Chanco es considerado un producto madurado típico chileno, de consistencia semidura a semiblanda, mantecoso, de textura abierta, con abundantes ojos mecánicos o irregulares, distribuidos uniformemente en la masa del queso (Brito et al., 1995; INN, 1999). El objetivo del estudio fue determinar la relación de la composición química y estructural sobre los parámetros sensoriales e instrumentales de textura del queso Chanco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de queso

Se analizó queso Chanco comercial elaborado en dos industrias lácteas de la Provincia de Osorno. Se analizaron tres muestras ($n = 6$) de queso por industria. Las industrias y muestras de queso fueron seleccionadas al azar (INN, 1961). El queso fue muestreado a los 21 días de maduración (INN, 1999). Durante el periodo de análisis las muestras de quesos fueron mantenidas a una temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$.

Análisis químico

En las muestras de queso se evaluó en duplicado el pH, método potenciométrico (INN, 1979a); humedad, método termogravimétrico (INN, 1978); contenido graso, método Gerber van Gulik (INN, 1979b); y nivel de sal, método de Volhard (AOAC, 2000).

Análisis estructural

Las parámetros estructurales medidos en el queso fueron rasgos de superficie (relación de aspecto, convexidad) y rasgos de área (solidez) (Impoco et al., 2007). Mas antecedentes con respecto a la obtención de parámetros estructurales fueron publicados anteriormente (Leiva et al., 2009).

Análisis sensorial

La evaluación sensorial de textura la realizaron 13 panelistas entrenados, para lo cual se realizó un análisis descriptivo cuantitativo, ya que ésta técnica trata de definir y medir las propiedades del alimento de manera objetiva (DeLahunty y Drake, 2004). Se emplearon escalas sensoriales de 1 a 7 para expresar la intensidad percibida en cada propiedad de textura. Los panelistas trabajaron en forma individual, con un número de dos muestras por sesión, analizando cada muestra por duplicado. Antes de realizar la evaluación, las muestras fueron estabilizadas a $15 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 1 h. El perfil sensorial de textura abarcó los siguientes parámetros: elasticidad (aptitud de la muestra de queso de recuperar rápidamente su espesor inicial después de haber sido comprimida y deformada), firmeza (resistencia que presenta la muestra a un pequeño desplazamiento de las mandíbulas), adhesividad (trabajo que es necesario realizar con la lengua para despegar la muestra adherida al paladar y los dientes), y cohesividad (firmeza de las uniones internas en la muestra de queso) (Foegeding y Drake, 2007).

Análisis instrumental

La elasticidad, firmeza, adhesividad y cohesividad fueron medidas según el método de análisis de perfil de textura (Foegeding y Drake, 2007). Se utilizó un analizador de textura (Stable Micro Systems, TA-XT2i, Godalming, Surrey, UK). Muestras cilíndricas de queso de 2 cm de altura y 3,7 cm de diámetro fueron sometidas a una doble compresión uniaxial hasta un 50% de deformación, con el propósito de obtener perfiles de textura. El equipo operó a una velocidad de desplazamiento constante de 1 mm s^{-1} , con un tiempo de espera y post compresión de 2 s cada uno. Las mediciones fueron hechas en duplicado tomando cada medición un tiempo total de 5 s, a una temperatura de $18 \pm 2^\circ\text{C}$.

Análisis de datos

Para el análisis de los datos obtenidos se empleó el programa computacional Statgraphics Plus 4,0 (Llovet et al., 2000) y los métodos utilizados fueron: análisis de componentes principales y análisis de correlación (Cuadras, 2002; Pérez, 2004). La Tabla 1 muestra la simbología utilizada para describir los parámetros estudiados.

Tabla 1. Identificación de los parámetros de textura en estudio de calidad de queso Chanco.
Table 1. Identification of texture parameters of Chanco cheese quality.

Parámetro	Símbolo
Parámetros sensoriales:	
- Elasticidad	X1
- Firmeza	X2
- Adhesividad	X3
- Cohesividad	X4
Parámetros instrumentales:	
- Elasticidad	X5
- Firmeza	X6
- Adhesividad	X7
- Cohesividad	X8
Parámetros químicos:	
- pH	X9
- Humedad	X10
- Contenido graso	X11
- Nivel de sal	X12
Parámetros estructurales:	
- Relación de aspecto	X13
- Solidez	X14
- Convexidad	X15

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de componentes principales

La Fig. 1 muestra la representación gráfica a través de análisis de componentes principales de los

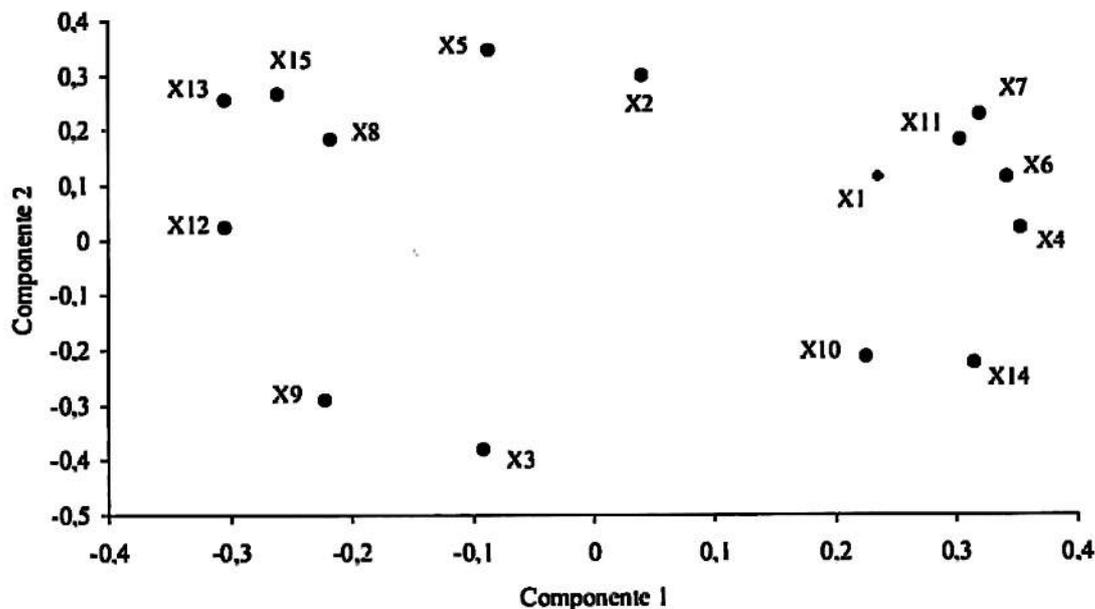


Fig. 1. Componentes principales entre los parámetros sensoriales, instrumentales, químicos y estructurales del queso Chanco.

Fig. 1. Principal components between sensory, instrumental, chemical and structural parameters of Chanco cheese.

Los parámetros sensoriales, instrumentales, químicos y estructurales, se ordenaron en grupos diferenciados entre sí basado en la fuerte correlación expresada como una combinación lineal de ellos. La adhesividad y firmeza instrumental junto con la cohesividad sensorial y contenido graso se agruparon entre sí. Las parejas firmeza y elasticidad sensorial, elasticidad instrumental y relación de aspecto, cohesividad instrumental y nivel de sal, y adhesividad sensorial con pH también se agruparon.

La humedad resultó agrupada con la solidez y convexidad estructural. En otras investigaciones, el análisis de componentes principales mostró agrupamientos de acuerdo al tiempo de maduración, sitios muestreados y condiciones de almacenamiento para el queso argentino Port Salut (Verdini et al., 2007). El mismo método multivariante permitió clasificar los parámetros sensoriales e instrumentales de textura de acuerdo a la rigidez, viscosidad y chiclosidad para quesos frescos (Brown et al., 2003).

Se observó un acercamiento entre la firmeza instrumental y la elasticidad sensorial, coincidiendo con lo afirmado por Meullenet et al. (1998). Por

parámetros sensoriales, instrumentales, químicos y estructurales, los cuales quedaron representados en un 83,8%. Anteriormente, Leiva y Figueroa (2009) estudiando la textura del queso Chanco, obtuvieron un mapa sensorial con una representación del 80,9% de los parámetros estudiados.

el contrario, los parámetros sensoriales de adhesividad y cohesividad se posicionaron distantes, coincidiendo con las débiles relaciones observadas por Foegeding et al. (2003).

Varios parámetros sensoriales (firmeza, elasticidad y cohesividad) e instrumentales (firmeza y adhesividad) de textura se ubicaron cercanos al contenido graso, concordando, de esa forma, con la importancia que le atribuye Koca y Metin (2004) a la influencia del contenido graso sobre las propiedades de textura.

En el presente trabajo la relación de aspecto y nivel de sal se ubicaron cercanos entre sí. Los parámetros instrumentales que se vieron influenciados con el nivel de sal fueron la elasticidad y cohesividad. La relación de aspecto tiene directa influencia sobre la estructura del queso propiciando el estrés y la fractura de ésta, visualizándose el queso como un producto quebradizo (Leiva et al., 2009). Otros autores indican que la presencia de sal da lugar a un aumento de la firmeza y estrés en la estructura del queso (Guinee y Fox, 2004). En un modelo de queso con humedad elevada, tanto la firmeza como la adhesividad aumentan cuando el nivel de sal es incrementado (Floury et al., 2009).

La adhesividad sensorial se ubicó cercana al pH y a parámetros estructurales (solidez y convexidad), y alejada del contenido graso. La adhesividad sensorial se relaciona con el porcentaje de recuperación (capacidad del queso para recuperarse de la deformación), parámetro que ayuda a describir la estructura del queso (Brown et al., 2003). El pH tiene una influencia importante tanto en la estructura como en la textura del queso (Metzger et al., 2001). Los defectos sensoriales en el queso a menudo se asocian a un bajo contenido graso (Rogers et al., 2009). Estos antecedentes permiten entender el comportamiento

entre la adhesividad sensorial y los parámetros químicos (pH y contenido graso) y estructurales (solidez y convexidad) del queso Chanco.

Análisis de correlación

Los coeficientes de correlación de los parámetros estudiados se presentan en la Tabla 2. Al igual que en otros estudios (Tunick y Van Heekken, 2002; Pereira et al., 2005; Liu et al., 2009) se observaron numerosas correlaciones, tanto positivas como negativas, entre los parámetros estudiados.

Tabla 2. Matriz de coeficientes de correlación entre los parámetros sensoriales, instrumentales, químicos y estructurales del queso Chanco.
Table 2. Matrix of coefficients of correlation between sensory, instrumental, chemical and structural parameters of Chanco cheese.

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15
X2	0,78														
X3	-0,56	-0,81													
X4	0,66	0,15	-0,31												
X5	-0,31	0,06	-0,50	-0,15											
X6	0,57	0,15	-0,44	<i>0,97*</i>	0,07										
X7	0,70	0,45	-0,71	0,89	0,16	0,94									
X8	0,11	0,66	-0,40	-0,61	0,06	-0,59	-0,28								
X9	-0,37	-0,31	0,77	-0,68	-0,53	-0,83	-0,90	0,25							
X10	0,68	0,16	0,22	0,58	-0,78	0,37	0,27	-0,32	0,17						
X11	0,61	0,30	-0,62	<i>0,92*</i>	0,19	0,98	<i>0,99*</i>	-0,43	<i>-0,91*</i>	0,25					
X12	-0,23	0,29	0,05	-0,88	0,00	-0,90	-0,70	0,87	0,64	-0,33	-0,81				
X13	-0,45	0,16	-0,26	-0,72	0,68	-0,58	-0,40	0,60	0,08	-0,81	-0,44	0,66			
X14	0,40	-0,24	0,21	0,84	-0,51	0,73	0,51	-0,77	-0,25	0,74	0,58	-0,83	-0,96		
X15	0,31	-0,25	0,46	0,50	-0,89	0,32	0,14	-0,46	0,20	0,81	0,17	-0,45	-0,91	0,84	

Las correlaciones marcadas con cursiva, negrita y asterisco son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

La cohesividad sensorial mostró una correlación positiva ($p < 0,05$) con la firmeza instrumental y el contenido graso. Al respecto, Rudan et al. (1999) afirman que existe una relación directamente proporcional entre cohesividad, firmeza y contenido graso. Por lo tanto, el descenso del contenido graso genera un aumento de la densidad proteica, y por consiguiente, se desmejora la cohesividad y firmeza. Otros estudios afirman que la cohesividad y firmeza están estrechamente correlacionados con la composición química de los quesos (Lawlor et al., 2001; Pereira et al., 2005). Sin embargo, un estudio en quesos de cabra canarios mostró una correlación negativa ($p < 0,01$) entre la cohesividad y el contenido graso (Álvarez et al., 2007).

La firmeza instrumental presentó una correlación positiva ($p < 0,05$) con la adhesividad instrumental y el contenido graso. En cambio, apareció una correlación negativa ($p < 0,05$) con el nivel de sal. Según Álvarez et al. (2007) la firmeza de los quesos presenta una correlación positiva ($p < 0,01$) con el contenido graso, en contradicción con lo referido por diversos autores (Gwartney et al., 2002; Kheadr et al., 2002), y una correlación negativa ($p < 0,01$) con la humedad de diferentes quesos.

La adhesividad instrumental mostró una correlación positiva ($p < 0,05$) con el contenido graso. En cambio, apareció una correlación negativa ($p < 0,05$) con el pH. Al respecto, Lawlor et al. (2001) sostienen que la adhesividad está estrechamente correlacionada con la composición de los quesos.

Se observaron correlaciones negativas ($p < 0,05$) entre el pH y el contenido graso, y entre la relación de aspecto frente a la solidez y convexidad. Estos resultados permitieron confirmar los reportes anteriores informados por Leiva et al. (2009). En primer lugar, el estudio citado hace referencia a la formación de la matriz proteica dentro de los gránulos de cuajada (contenido graso), y a la forma como los gránulos de cuajada son fusionados (pH). En segundo lugar, la capacidad de la estructura para formar poros (solidez y convexidad) de diferentes tamaños (relación de aspecto) a través de la matriz proteica.

CONCLUSIONES

Basado en los resultados obtenidos y analizados en el presente trabajo, se concluyó que el contenido graso tiene influencia directa sobre los parámetros sensoriales (cohesividad) e instrumentales (firmeza y adhesividad) de textura. Los parámetros estructurales (solidez y convexidad) están correlacionados con parámetros químicos (pH y contenido graso), y tienen influencia indirecta sobre los parámetros sensoriales e instrumentales de textura.

LITERATURA CITADA

- Adhikari, K., H. Heymann, and H.E. Huff. 2003. Textural characteristics of low fat, full fat and smoked cheeses: Sensory and instrumental approaches. *Food Quality and Preference* 14:211-218.
- Aguilera, J.M. 2000. Microstructure and food product engineering. *Food Technol.* 11:56-64.
- Álvarez, S., V. Rodríguez, M.E. Ruiz, y M. Fresno. 2007. Correlaciones de textura y color instrumental con la composición química de quesos de cabra canarios. *Arch. Zootec.* 56:663-666.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Gaithersburg, Mariland, USA.
- Benedito, J., R. Gonzalez, C. Rosselló, and A. Mulet. 2000. Instrumental and expert assessment of Mahon cheese texture. *J. Food Sci.* 65:1170-1174.
- Breuil, P., and J.F. Meullenet. 2001. A comparison of three instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. *J. Texture Stud.* 32:41-55.
- Brito, C., O. Morales, R. Pessot, y M. Pinto. 1995. Evolución de la maduración de queso Chanco tipo campo almacenado a altas temperaturas. Parte I. Parámetros fisicoquímicos y pérdida de peso. *Agro Sur* 23:95-106.
- Brown, J.A., E.A. Foegeding, C.R. Daubert, M.A. Drake, and M. Gumpertz. 2003. Relationships among rheological and sensorial properties of young cheese. *J. Dairy Sci.* 86:3054-3067.
- Cuadras, C. 2002. Métodos de análisis multivariante. Editorial EUB S.L., Barcelona, España.
- Delahunty, C.M., and M.A. Drake. 2004. Sensory character of cheese and its evaluation. In P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, and T.P. Guinee (eds.) *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*. 3rd ed. Elsevier, London, England.
- Di Monaco, R., S. Cavella, and P. Masi. 2008. Predicting sensory cohesiveness, hardness, and springiness of solid foods from instrumental measurement. *J. Texture Stud.* 39:129-149.
- Everard, C.D., D.J. O'Callaghan, T.V. Howard, C.P. O'Donnell, E.M. Sheehan, and C.M. Delahunty. 2006. Relationships between sensory and rheological measurements of texture in maturing commercial Cheddar cheese over a range of moisture and pH at the point of manufacture. *J. Texture Stud.* 37:361-382.
- Floury, J., C. Benedicte, F. Rousseau, C. Lopez, J.P. Tissier, and M.H. Famelart. 2009. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems

- and their structure-texture relationships. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 42:1611-1620.
- Foegeding, E.A., and M.A. Drake. 2007. Invited review: Sensory and mechanical properties of cheese texture. *J. Dairy Sci.* 90:1611-1624.
- Foegeding, E.A., J. Brown, M.A. Drake, and C.R. Daubert. 2003. Sensory and mechanical aspects of cheese texture. *Int. Dairy J.* 13:585-591.
- Guinee, T.P., and P.F. Fox. 2004. Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. General aspects of cheese technology. In P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, and T.P. Guinee (eds.) *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*. 3rd ed. Elsevier, London, England.
- Gwartney, E.A., E.A. Foegeding, and D.K. Larica. 2002. The texture of commercial full-fat and reduced fat cheese. *J. Food Sci.* 67:812-816.
- Hough, G., A. Califano, N. Bertola, A. Bevilacqua, E. Martinez, M. Vega, and N. Zritzky. 1996. Partial least squares correlations between sensory and instrumental measurements of flavor and texture for Reggiano grating cheese. *Food Qual. Prefer.* 7:47-53.
- Impoco, G., S. Carrato, M. Caccamo, L. Tuminello, and G. Licitra. 2007. Quantitative analysis of cheese microstructure by scanning electron microscope images. Available at <http://svg.dmi.unict.it/iplab/administrator/users/publicazioni/conference/SIMAI06.pdf> (Accessed November 2007).
- INN. 1961. Selección de muestras al azar. Norma Chilena 43. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- INN. 1978. Alimentos. Determinación de humedad. Norma Chilena 841. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- INN. 1979a. Leche y productos lácteos. Determinación de pH. Norma Chilena 1671. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- INN. 1979b. Leche. Determinación del contenido de materia grasa. Método de Gerber. Norma Chilena 1016. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- INN. 1999. Productos lácteos. Queso Chanco. Requisitos. Norma Chilena 2090. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- Kheadr, E.E., J.C. Vuilleumard, and S.A. El Deeb. 2002. Acceleration of Cheddar cheese lipolysis by using liposome-entrapped lipases. *J. Food Sci.* 67:485-492.
- Koca, N., and M. Metin. 2004. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *Int. Dairy J.* 14:365-373.
- Lawlor, J.B., C.M. Delahunty, M.G. Wilkinson, and J. Sheehan. 2001. Relationships between the sensory characteristics, neutral volatile composition and gross composition of ten cheese varieties. *Lait* 81:487-507.
- Leiva, J., and H. Figueroa. 2009. Texture of Chanco cheese: Projection of a sensory map based on multivariate analysis. *Cienc. Investig. Agrar.* 37:61-68.
- Leiva, J., H.E. Magariños, A.F. Romero, y H. Figueroa. 2009. Caracterización estructural mediante análisis de imagen del queso Chanco elaborado en la Provincia de Osorno. *Agron Sur* 37:26-33.
- Liu, X-L., H. Tang, Q-Y. Li, K-Y. Luo, and X-F. Wang. 2009. Exploring correlation of texture and its composition of cheese. *Journal of Guangxi University (Natural Science Edition)*. Available at http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotat-GXKZ200903022.htm (Accessed April 2011).
- Liu, Y., F. Hsieh, H. Heymann, and H.E. Huff. 2000. Effect of process conditions on the physical and sensory properties of extruded oat-corn puff. *J. Food Sci.* 65:1253-1259.
- Llovet, J., D. Delgado, y J. Martínez. 2000. *Statgraphics Plus 4*. Editorial Anaya Multimedia S.A., Madrid, España.
- Lucey, J.A., M.E. Johnson, and D.S. Horne. 2003. Invited review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *J. Dairy Sci.* 88:2725-2743.
- Metzger, L., D. Barbano, P. Kindstedt, and M. Guo. 2001. Effect of milk preacidification on low fat Mozzarella cheese: II. Chemical and functional properties during storage. *J. Dairy Sci.* 84:1348-1356.
- Meullenet, J.F., B.G. Lyon, J.A. Carpenter, and C.E. Lyon. 1998. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes. *J. Sensory Stud.* 13:77-93.
- Pereira, R.B., R.J. Bennett, and M.S. Luckman. 2005. Instrumental and sensory evaluation of textural attributes in cheese analogs: A correlation study. *J. Sensory Stud.* 20:434-453.
- Pérez, C. 2004. *Técnicas de análisis multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS*. Pearson Prentice-Hall. Madrid, España.
- Rogers, N.R., M.A. Drake, C.R. Daubert, D.J. McMahon, T.K. Bletsch, and E.A. Foegeding. 2009. The effect of aging on low-fat, reduced-fat, and full-fat Cheddar cheese texture. *J. Dairy Sci.* 92:4756-4772.
- Rudan, M.A., D.M. Barbano, J.J. Yun, and P.S. Kindstedt. 1999. Effect of fat reduction on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* 82:661-672.

- Sesmat, A., and J.F. Meullenet. 2001. Prediction of rice sensory texture attributes from a single compression test, multivariate regression and a stepwise model optimization method. *J. Food Sci.* 66:124-131.
- Szczesniak, A.S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* 13:215-225.
- Truong, V.D., C.R. Daubert, M.A. Drake, and S.R. Baxter. 2002. Vane rheometry for textural characterization of Cheddar cheeses: Correlation with other instrumental and sensory measurements. *Food Sci. Tech.* 35(4):305-314.
- Tunick, M.H., and D.L. Van Hekken. 2002. Torsion gelometry of cheese. *J. Dairy Sci.* 85:2743-2749.
- Verdini, R.A., S.E. Zorrilla, A.C. Rubiolo, and S. Nakai. 2007. Multivariate statistical methods for Port Salut argentino cheese analysis based on ripening time, storage conditions, and sampling sites. *Chemometr. Intell. Lab. Syst.* 86:60-67.
- Wilkinson, C., G.B. Dijksterhuis, and M. Minekus. 2000. From food structure to texture. *Trends Food Sci. Technol.* 11:442-450.