

ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DE QUESOS FUNCIONALES CON EL ADICIONADO DE SEMILLAS DE CHÍA MEDIANTE EL ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES

Natalia Bortolotto^a, Sergio Rozycki^a, Horacio Castellini^b, Bibiana Riquelme^{c,d*}

^a Área Lácteos, Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA- FIQ-UNL). Santa Fe, Argentina.

^b Departamento de Física, Facultad de Cs Exactas, Ingeniería y Agrimensura (UNR). Rosario, Argentina.

^c Área Física, Facultad de Cs. Bioquímicas y Farmacéuticas (UNR). Rosario, Argentina.

^d Grupo de Óptica Aplicada a la Biología, Instituto de Física Rosario (CONICET-UNR). Rosario, Argentina.

*Autor de correspondencia, email: riquelme@ifir-conicet.gov.ar, briquel@fbioyf.unr.edu.ar, Tlf. +54 341 4853222

Recibido: Aprobado: Noviembre 2014.

Publicado: Mayo 2015.

RESUMEN

En los últimos años, en la industria quesera las aplicaciones se han centrado en el estudio de las relaciones entre la microestructura, la textura y las propiedades sensoriales, que constituyen un parámetro de interés para la optimización de las prácticas de fabricación. El reto es cómo disminuir o eliminar el colesterol de estos productos, sin eliminar totalmente la grasa, que aporta vitamina A y D, ácidos grasos esenciales, flavor y propiedades texturales. Por esta razón, en el presente trabajo se evaluó la microestructura en quesos tipo untables reducidos en grasa y en colesterol, adicionados con harina de semillas de chía, mediante el análisis digital de imágenes. Al comparar la microestructura en función del mayor o menor contenido en grasa pero igual porcentaje de harina de chía, se pudo concluir que los quesos con mayor contenido en grasa (10%MG) mostraban cavidades libres de mayor tamaño y una matriz más heterogénea que los quesos con menor contenido en grasa (6%MG). Por otro lado, al comparar los parámetros de textura de las imágenes se observó, que para un mismo contenido de chía, la entropía de la escala de grises aumentaba y la uniformidad disminuía con el contenido de materia grasa, lo cual podría estar relacionado con una mayor variabilidad en el tamaño de las cavidades. Esto tiene relación con los datos obtenidos previamente mediante el análisis del perfil de textura, donde se observó que a medida que aumentaba el % de materia grasa también se incrementaba el parámetro Dureza y el valor de Consistencia.

Palabras Claves: microestructura, queso funcional, chía.

STUDY OF THE STRUCTURE OF FUNCTIONAL CHEESE WITH CHIA SEED ADDED BY DIGITAL IMAGE ANALYSIS

ABSTRACT

In recent years, in the cheese industry the applications have focused on the study of the relationship between microstructure, texture and sensory properties that constitute a parameter of interest for optimizing manufacturing practices. The challenge is how to reduce or remove cholesterol from these products, without completely eliminating fat, which provides vitamin A and D, essential fatty acids and textural properties. For this reason, in this work the microstructure of spreadable cheese reduced in fat type and cholesterol, with added chia seed meal, using the digital image analysis was assessed. Comparing the microstructure as a function of varying fat content but equal percentage of chia flour, it was concluded that the cheeses with higher fat content (10 % fat) showed free cavities larger and more heterogeneous matrix that cheeses with lower fat content (6 % fat). When comparing the texture parameters of the images it was observed, for the same content of chia, the grey scale entropy increased and the uniformity decreased with fat content, which may be related with a greater variability in the size of the cavities. This is related to the data obtained previously by texture profile analysis, where it was observed that while it was increased the fat % it was also increasing the hardness parameter and the consistency value.

Keywords: microstructure, functional cheese, chia.

INTRODUCCIÓN

Las tendencias de los consumidores a nivel mundial se han enfocado al consumo de productos “sanos”, tales que además de su contribución nutricional, ofrezcan beneficios a la salud. Esto ha conducido a las industrias a

desarrollar productos que cumplan con estas expectativas. Sin embargo, se necesita de un entendimiento claro respecto del efecto de la formulación en la composición, la microestructura y las características texturales de los

productos [1]. La producción de derivados lácteos “reducidos” o “sin grasa”, como por ejemplo los elaborados a partir de leche descremada, se han incrementado ampliamente en los últimos años, principalmente porque esto implica la reducción o eliminación del colesterol asociado a la misma. Entre este grupo de alimentos se destacan distintos tipos de quesos. El reto es cómo disminuir o eliminar el colesterol, sin eliminar totalmente la grasa de un alimento, que aporta vitamina A y D, ácidos grasos esenciales, flavor, sapidez y propiedades texturales (cremosidad, untuosidad, etc.) [2] [3]. El agregado de componentes bioactivos, como calcio, fitoesteroles, proteínas de suero, quinoa y chía, es una práctica muy utilizada. La chía posee un perfil lipídico excelente, donde la materia grasa representa la tercera parte en peso de la semilla, y el 80 % de esto son ácidos grasos esenciales ($\omega 3$ y $\omega 6$). En los últimos años, en la industria quesera las aplicaciones se han centrado en el estudio de las relaciones entre la microestructura, la textura y las propiedades sensoriales que constituyen un parámetro de interés para la optimización de las prácticas de fabricación [4] [5]. El estudio y la caracterización de la microestructura se pueden relacionar con los atributos que definen la percepción final del consumidor y permiten predecir la estabilidad y aceptación sensorial del producto; más aún, la microestructura viene determinada no sólo por las características naturales del producto sino también por los métodos y las condiciones de procesamiento [6].

Los objetivos de este trabajo fueron: (a) evaluar la microestructura en quesos tipo untables reducidos en grasa y en colesterol, adicionados con harina de semillas de chía, mediante el análisis digital de imágenes; (b) comparar las características estructurales y texturales de los quesos untables estudiados con diferentes niveles de contenido graso y harina de de semillas de chía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron quesos untables funcionales con distinto contenido de materia grasa (MG) y con el agregado de distintas cantidades de semillas de chía (HC) (ver Tabla I). El estudio se realizó mediante el análisis digital de imágenes obtenidas por microscopía de luz blanca en un microscopio invertido (Union Optical, Japón). Para la obtención de las imágenes microscópicas de transmisión de luz blanca se procedió a extender una capa delgada de cada queso untable entre dos soportes de vidrio delgado de $(0,30 \pm 0,02)$ mm de espesor. Las observaciones se realizaron con objetivos 20x, 40x y 100x, este último de inmersión en aceite. Las imágenes fueron registradas con una cámara digital Canon (Canon Power Shot A640 10.0 Mega Pixel) acoplada al microscopio con un adaptador de 52mm y zoom 4x que se encuentra en el Laboratorio de Bio-Óptica y Biorreología del Área Física de la Facultad de Cs. Bioquímicas y Farmacéuticas (UNR).

Mediante el empleo del programa ImageJ se realizó la determinación del tamaño de los poros de las distintas muestras. Para la obtención de los parámetros de textura característicos de las imágenes obtenidas (entropía: E, suavidad: S, varianza: V y uniformidad: U) se utilizó un programa desarrollado empleado previamente en [7] y [8]. El código fuente de este programa fue desarrollado en lenguaje Python 2.7 y los análisis de imágenes fueron realizados bajo un sistema operativo Linux-Debian. Las operaciones principales del código son la transformación de la imagen a formato numérico RGB de 8 bits para luego generar la escala de grises mediante un algoritmo de desnaturalización lineal. En base a esto se generó el histograma de la escala de grises necesaria para evaluar los estimadores de entropía de Shannon, varianza y uniformidad. Para ello, se supuso que la sucesión de escala de grises, N_i donde el índice i es un nivel de gris, corresponde a un proceso estocástico de medida estacionaria con varianza finita, sobre el cual se usan los siguientes estimadores: la entropía de Shannon (S), la

suavidad (K) y la uniformidad (U) que se definen a través de las siguientes ecuaciones [9] [10]:

$$S = -\sum_{i=0}^{L-1} p(N_i) \log_2(p(N_i)) \quad (1)$$

$$K = 1 - \frac{1}{1 + \sigma^2(N)} \quad (2)$$

$$U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(N_i) \quad (3)$$

donde $\sigma^2(N)$ es la varianza, $p(N_i)$ es la frecuencia estadística muestral normalizada de la escala de grises y L es el máximo nivel de negro.

El valor de U es máximo para una imagen en la que los niveles de grises tienen una distribución uniforme en el plano de la imagen. En cambio, S es una medida de la variabilidad del histograma de grises, y es máxima para una imagen que contiene toda la gama de grises con igual probabilidad. En general, la suavidad es un estimador de la no dispersión de la escala de grises, pues cuando la varianza tiende a cero esta se anula, en cambio tiende a 1 cuando las fluctuaciones son grandes y la varianza es máxima.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

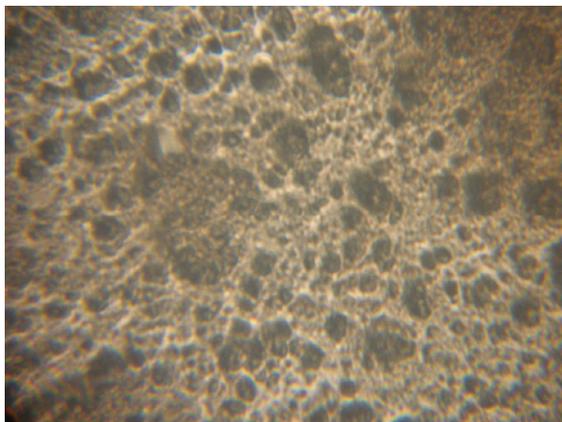
En la Figura 1 se presentan a modo de ejemplo imágenes obtenidas por microscopía de transmisión para las muestras de queso con contenido de harina de chia del 1% y contenido grasa del 6, 8 y 10 % (muestras 1, 3 y 6).

En la tabla 1 se encuentran los parámetros de textura de las imágenes, obtenidos mediante el análisis digital de las mismas con el programa previamente desarrollado para el análisis textural de imágenes de geles de proteínas lácteas. Al comparar los distintos parámetros de textura de las imágenes se observa, que para un mismo contenido de chia, la entropía de la escala de grises aumentaría y la uniformidad disminuiría con el contenido de materia

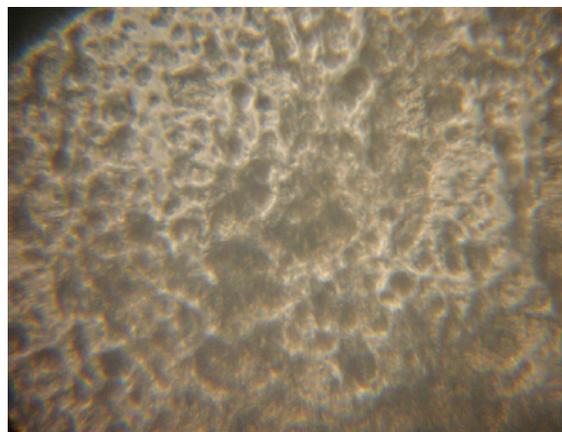
grasa, lo cual podría estar relacionado con una mayor variabilidad en el tamaño de las cavidades.



(a)



(b)



(c)

Fig.1. Imágenes obtenidas por microscopía de transmisión con un objetivo 20x, para las muestras de queso: (a) 1, (b) 3 y (c) 6.

Tabla 1. Valores medios de los parámetros de textura de las imágenes obtenidas con un objetivo de 20x para las muestras de queso untable preparadas con distintos porcentajes de MG y de HC. Valores obtenidos con un error porcentual del 5%.

Muestra	MG %	HC %	E	S	U	V
1	6	1	6,32	0,011	0,0144	732
2	6	5	6,71	0,015	0,0106	984
3	8	1	6,69	0,014	0,0116	923
4	8	3	6,15	0,009	0,0164	613
5	8	5	6,89	0,017	0,0097	1161
6	10	1	6,72	0,013	0,0109	861

Se procedió a medir el diámetro de las cavidades utilizando el programa ImageJ, previa calibración con una regla micrométrica. En la figura 2 se presenta la distribución de tamaños obtenidas para las 3 muestras de queso presentadas en la figura 1.

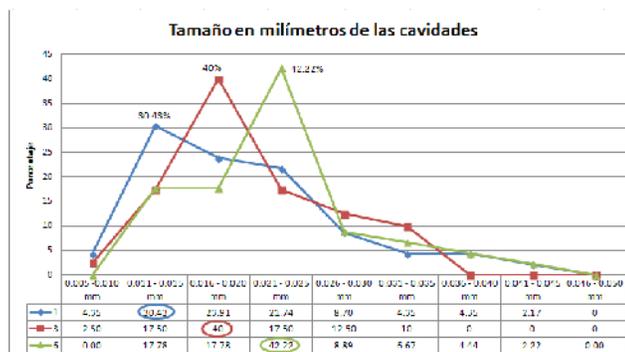


Fig. 2. Análisis del tamaño, en milímetros, de las cavidades de las muestras 1, 3 y 6.

En la tabla 2 se presentan los valores medios con sus correspondientes desvíos estándares de los diámetros de las cavidades obtenidos para la totalidad de las muestras analizadas.

Tabla 2. Diámetro de las cavidades de cada una de las muestras analizadas expresados como valor medio ± desvío estándar.

Muestra	DIÁMETRO mm
1	0,017 ± 0,008
2	0,018 ± 0,009
3	0,020 ± 0,006
4	0,015 ± 0,006
5	0,017 ± 0,005
6	0,021 ± 0,007

Al comparar la microestructura en función del mayor o menor contenido en grasa pero igual porcentaje de harina de chía, se puede concluir que los quesos con mayor contenido en grasa (10 %MG) muestran cavidades libres de mayor tamaño y una matriz más heterogénea que los quesos con menor contenido en grasa (6 %MG). Esto se observa en la Figura 1 y Tabla 2, donde se compara la muestra 6 (10 %MG) con la 1 (6 %MG) y la 3 (8%MG), todas con el mismo porcentaje de harina de chía (1 %HC). En las figuras 3 y 4 se presenta el análisis de la variación de la entropía y de la uniformidad de las imágenes en función del %MG para 2 muestras con distinto contenido de harina de chía.

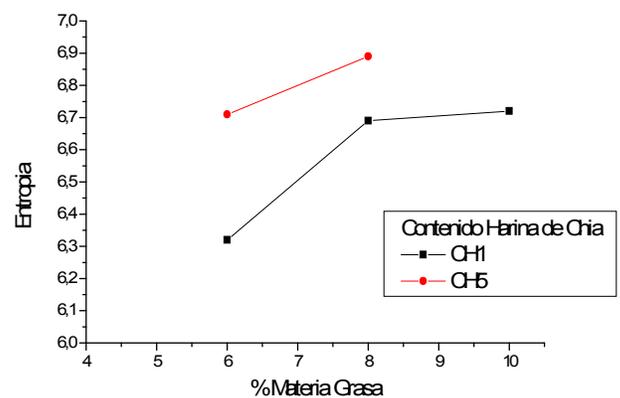


Fig. 3. Análisis de la variación de la entropía de las imágenes en función del %MG para 2 muestras con distinto contenido de harina de chía.

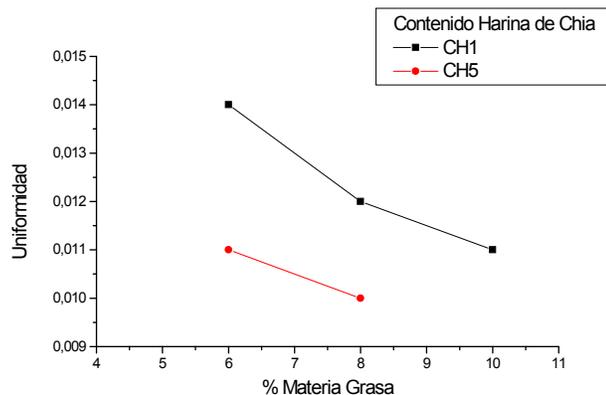


Fig. 4. Análisis de la variación de la uniformidad de las imágenes en función del %MG para 2 muestras con distinto contenido de harina de chíá.

Esto tiene relación con los datos obtenidos previamente mediante el análisis del perfil de textura (datos no presentados), donde se observó que a medida que aumentaba el contenido de grasa también se incrementaba el parámetro Dureza y el valor de Consistencia.

CONCLUSIÓN

Del estudio realizado sobre la estructura de quesos funcionales adicionados con semillas de chíá, se puede concluir que existe una variabilidad importante en su microestructura y esta variabilidad se traduce en diferencias significativas en la textura, color y demás propiedades sensoriales percibidas en estos productos. En particular, los quesos con mayor %MG presentan una textura menos uniforme y cavidades heterogéneas de mayor tamaño, al compararlos con quesos de menor %MG e igual %HC.

Al analizar los parámetros de textura de las imágenes de las muestras con diferentes %HC, se puede observar que la entropía aumenta y la uniformidad disminuye a medida que se incrementa el %MG, siendo más pronunciado este aumento en la muestra con menor %HC. Esto podría deberse a que el mayor contenido de materia grasa induce la presencia de lóbulos de grasa de tamaños diversos en la red, la cual se traduce en una estructura más desordenada.

Las técnicas para el estudio de la microestructura de quesos untables presentadas en este trabajo, resultan ser lo suficientemente sensibles como para brindar información microestructural detallada y útil. Además, son técnicas no invasivas dado que no requieren de un tratamiento especial de la muestra, como ocurre en microscopía electrónica o en microscopía confocal donde la utilización de colorantes fluorescentes puede alterar la microestructura a analizar. Por otra parte, el cálculo de los estimadores de Entropía y Uniformidad realizados en Python, que presenta una simplicidad de programación de código, permite que las determinaciones sean independientes de la subjetividad del operador. Además, esta técnica permitirá elaborar de manera simple interacciones con bases de datos MySQL para hacer una investigación sistematizada a fin de buscar dependencias estadísticas entre observables de interés.

En síntesis, las técnicas aquí presentadas y la información obtenida constituyen una base indispensable para abordar el diseño y la optimización de una nueva gama de productos funcionales lácteos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Litoral y al programa CAI+D. Agradecemos también a las siguientes empresas: Heladerías Veneto SA, Sacco SRL, Chr.-Hansen SA, Ferromet SRL, PB Leiner SA, Tate & Lyle SA., Naturegum SRL, Glutal SRL, Milkaut SA, Sancor CUL.

REFERENCIAS

- [1] Lobato-Calleros C., Sosa-Pérez A., Rodríguez-Tafoya J., Sandoval-Castilla O., Pérez-Alonso C., Vernon-Carter E. J. (2008) "Structural and textural characteristics of reduced-fat cheese-like products made from W1/O/W2 emulsions and skim milk". *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie (LWT) - Food Science and Technology* 41 (10): 1847–1856.
- [2] Barrantes E., Tamime A.Y., Muir D.D., Sword A.M. (1994) "The effect of substitution of fat by

- microparticulate whey protein on the quality of set type, natural yogurt”. *Journal of the Society of Dairy Technology* 47 (2): 61-68.
- [3] Clark D. (1990) “Fat replaces and fat substitutes”. *Food Technology* 44 (12): 86-88.
- [4] Drake M.A., Gerard P.D. (1999) “Relationship between instrumental and sensory measurements of cheese texture”. *Journal of Texture Studies* 30:451-476.
- [5] Everett D.W., Auty M.A.E. (2008) “Cheese structure and current methods of analysis”. *International Dairy Journal* 18:759-773
- [6] Garbayo S. R. (2013) “*Estudio de la microestructura y aplicación de sensores ópticos en la elaboración de quesos de cabra*”, Tesis Doctoral, Universidad de Murcia, pp. 17-18
- [7] Costa J.P., Castellini H., Risso P., Riquelme B. (2011) “*Texture analysis of milk protein gels using digital image analysis*”. Proceedings of the International Conference on Bioinformatics Models, Methods and Algorithms, A. Fred, J. Filipe and H. Gamboa (eds), SciTePress, Portugal, pp. 322-325.
- [8] Ingrassia R., Costa J.P., Hidalgo M.E., Mancilla Canales M., Castellini H., Riquelme B., Risso P. (2013) “Application of a digital image procedure to evaluate microstructure of caseinate and soy protein acid gels”. *LWT - Food Science and Technology*, 53: 120-127.
- [9] Gonzalez J., Woods R.E. (2008) “*Digital Image Processing*”. 3rd edition, Prentice Hall, pp. 665-670.
- [10] Yokoyama R., Haralick R.M. (1979) “Texture pattern image generation by regular Markov chain”. *Pattern Recognition*, 11(4): 225-233.