

PREDICCIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE TORTILLAS CHIPS EMPLEANDO VISIÓN COMPUTACIONAL.

PREDICTION OF PHYSICAL PROPERTIES IN TORTILLAS CHIPS USING COMPUTER VISION

Silvia Matiacevich^(1,2), Mónica Inostroza⁽²⁾, Domingo Mery⁽³⁾, Franco Pedreschi⁽²⁾

⁽¹⁾ CONICET- Departamento de Industrias. FCEyN. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

⁽²⁾ Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Santiago de Chile, Chile.

⁽³⁾ Departamento de Ciencia de la Computación. Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

silviam@di.fcen.uba.ar

Palabras claves: visión computacional, tortillas, propiedades físicas. (max5)

RESUMEN

La importancia económica y social de las tortillas es evidente y el estudio del proceso de su fritura resulta relevante para diseñar tortillas de una mejor calidad sensorial y nutricional. El uso de técnicas de visión computacional y análisis de imágenes han permitido mejorar significativamente el control de procesos y evaluar automáticamente la calidad de diversos alimentos. El objetivo de este trabajo fue estudiar y correlacionar propiedades físicas (contenido de agua, grado de encogimiento e inflado y porosidad) de tortillas chips en distintas condiciones de procesamiento (tiempo y pre-cocción) y propiedades obtenidas por visión computacional tales como geométricas, cromáticas o texturales. En esta investigación se obtuvo una alta correlación lineal entre parámetros físicos de calidad y digitales de textura en tortillas chips, observándose diferencias en los parámetros digitales obtenidos por efecto de la pre-cocción. Además, la alta tendencia lineal entre las propiedades instrumentales y teóricas obtenidas permitió predecir propiedades físicas en tortillas chips como grado de inflado, grado de encogimiento, contenido de agua y porosidad utilizando visión computacional, pudiendo ser esta metodología emergente utilizada para el mejoramiento y control del proceso de fritura de tortillas chips.

ABSTRACT

The economic and social importance of these products is evident and engineering studies are relevant to design tortillas with better

nutritional and sensorial quality. Computer vision is a valuable tool which helps to improve the automatic evaluation of food quality. The objective of this research was to study and correlate some physical properties of tortillas chips (water content, shrinkage and puffiness degree, porosity) under different processing conditions (time and pre-cooking) with some textural, chromatic and geometrical properties extracted from images by using computer vision. In conclusion, in this study a high linear correlation was obtained between physical parameters of quality and textural digital parameters of tortillas chips using computational vision; the effect of pre-cooking in the results was detected clearly. Moreover, the high linear correlation between instrumental and theoretical properties permit to predict physical properties as shrinkage and puffiness degree, water content and porosity using computer vision. This emergent technology may be used to improve and control the frying process of tortillas chips.

INTRODUCCIÓN

Muchos productos de maíz como las tortillas (fritas o sin freir) son parte fundamental de la dieta de muchos países de Latinoamérica. La importancia económica, cultural y social de estos productos es evidente y el estudio del proceso de fritura en tortilla chips resulta relevante para diseñar tortillas de una mejor calidad sensorial y nutricional. El uso de técnicas de visión computacional y análisis de imágenes han permitido mejorar significativamente el control de procesos y a la evaluación automática de la calidad de materiales complejos tales como los alimentos. La caracterización de atributos de

calidad de las tortillas chips durante su fritura generara información valiosa para desarrollar una evaluación y modelos de los cambios estructurales de los productos fritos.

El objetivo de este trabajo fue estudiar y correlacionar propiedades físicas (contenido de agua, grado de encogimiento e inflado, porosidad) de tortillas chips durante su fritura en distintas condiciones de procesamiento (tiempo y pre-cocción) y propiedades geométricas, cromáticas o texturales obtenidas utilizando técnicas de visión computacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se prepararon tortillas chips de 2 mm de espesor y 3,7 cm de diámetro a partir de masa de maíz nixtamalizado (F.H.M. Alimentos Ltd.), las cuales fueron sometidas a una pre-cocción a 215°C durante 1.5 min. Estas tortillas se denominaron tortillas precocidas. Tortillas sin pre-cocción (control) o precocidas fueron fritas por inmersión durante distintos tiempos a 175°C.

Se sacaron 2 fotografías por chip (n=15 para cada condición) empleando un equipo de visión computacional (Pedreschi et al., 2006) y se realizó un procesamiento digital de imágenes (Mery and Pedreschi, 2005) utilizando el Toolbox, Balu, en el programa Matlab, a partir de la cual se obtienen parámetros digitales de textura, de intensidad y geométricos (Mery, 2006, Mery and Soto, 2008).

Se analizaron a cada tiempo de fritura las siguientes propiedades físicas como atributos de calidad de las tortillas (Kawas and Moreira, 2001):

- Contenido de agua por gravimetría, expresado en porcentaje en base seca (%bs),
- Actividad de agua (a_w) por punto de rocío,
- Para la medición del diámetro y la altura de las burbujas o inflado se tomaron dos mediciones aleatorias en cada chip de cada parámetro (n=8) utilizando un calibre, y se calculó el grado de encogimiento y el grado de inflado, según Kawas and Moreira 2001.
- La porosidad fue calculada utilizando la ecuación 1, donde la densidad del sólido (σ_s) de las tortillas se midió en un multiplicómetro el cual utiliza gas nitrógeno comprimido y se determinó dividiendo su peso por el volumen del sólido obtenido. La densidad total o aparente (σ_b) fue medida utilizando la técnica

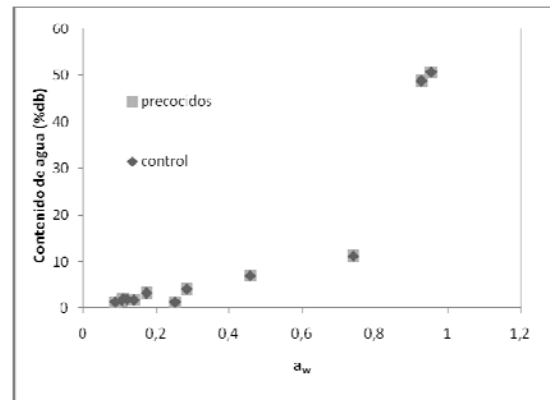
de desplazamiento de líquido con tolueno. Ambas determinaciones se realizaron por triplicado.

$$P = 1 - (\sigma_s / \sigma_b) \quad (\text{ecuación 1})$$

RESULTADOS

Las tortillas chips preparadas en este estudio tuvieron un contenido de agua inicial de 89 ± 2 (%bs) y 54 ± 2 (%bs) para las tortillas control y precocidas respectivamente, llegando en ambos casos a un contenido de agua final de aproximadamente 2%bs a los 110 segundos y 80 segundos para las muestras control y precocidas, respectivamente. El tiempo de fritura en las muestras precocidas fue menor debido a que el contenido de agua inicial fue un 40% menor por efecto de la precocción. Si bien a cada tiempo se obtuvo diferente contenido de agua, a un mismo contenido de agua se obtuvo la misma actividad de agua independientemente del tratamiento de precocción realizado (Figura 1).

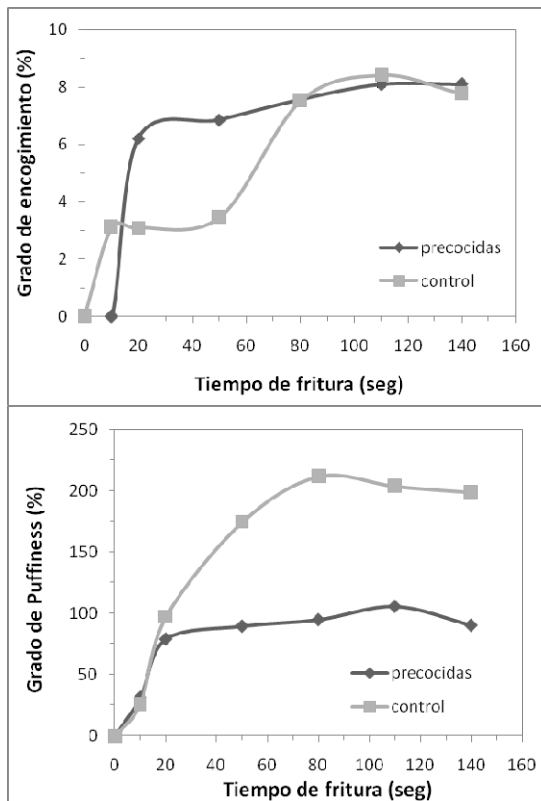
Figura 1. Contenido de agua en función de la actividad de agua a diferentes tiempos de fritura con o sin precocción.



La figura 2 muestra el efecto de la temperatura de fritura sobre los cambios dimensionales de las tortillas. En la Figura 2a se observa que el diámetro de las tortillas sin precocción disminuye una vez que el chip es inmerso en el aceite, sin embargo, las tortillas precocidas se encogen rápidamente luego de los 10 segundos de inmersión. En ambos casos, luego de los 10 segundos de fritura, el diámetro continúa disminuyendo pero a una menor velocidad. El grado de inflado (Figura 2b) aumentó un 100% y un 80% para las

tortillas control y precocidas respectivamente durante los primeros 20 segundos, y continuó aumentando hasta alcanzar un 200% ó un 100% para las tortillas control y precocidas, respectivamente, luego 80 segundos de inmersión en el aceite de fritura.

Figura 2. Efecto de la temperatura de fritura sobre cambios dimensionales de las tortillas. 2a. Grado de encogimiento. 2b. Grado de inflado.



La porosidad aumentó durante el tiempo de fritura sólo un 0.9% y un 0.15% para las muestras control y precocidas, respectivamente. La densidad del sólido (σ_s) no cambió significativamente durante el tiempo de fritura. Sin embargo, la densidad total (σ_b) disminuyó de 0.41 a 0.3 kg/cm³ para las muestras control y de 0.33 a 0.21 kg/cm³ para las muestras precocidas luego de 80 segundos de fritura, obteniendo una disminución de un 27% ó 36% de la densidad total (σ_b) para las muestras control y precocidas, respectivamente. Por lo tanto, la densidad total disminuyó mientras que la densidad del sólido permaneció constante y

los chips comenzaron a ser más porosos debido a la pérdida de agua durante la fritura (Kawas and Moreira, 2001). Sin embargo La porosidad de las tortillas precocidas fue menor que las controles debido a la menor densidad del bulk y contenido de agua inicial.

Los resultados obtenidos para las condiciones de fritura analizadas indican una correlación lineal ($R > 0,95$) entre los parámetros físicos obtenidos (encogimiento, altura de las burbujas o puffiness, porosidad, contenido de agua y a_w) y algunos parámetros digitales de textura obtenidos por visión computacional (Tabla 1). Los parámetros digitales obtenidos fueron diferentes para cada condición analizada indicando que se pueden observar diferencias en la textura de las tortillas a través del análisis de imágenes. Las diferencias en los parámetros físicos y digitales de la textura fueron principalmente atribuidas a una disminución del 40% del contenido de agua en las tortillas pre-cocidas. Los parámetros digitales indicaron una relación del grado de puffiness con la saturación (Sat) o concentración del color, del grado de encogimiento con la coordenada cromática a (que en función del tiempo aumenta hacia el rojo) y del contenido de agua con la intensidad en el azul.

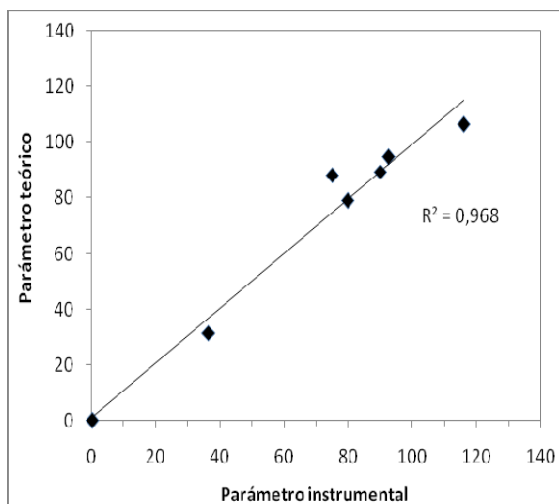
Tabla 1. Correlación entre parámetros físicos y parámetros digitales obtenidos por visión computacional.

Propiedad física	Tortillas Control		Tortillas Precocidas	
	Parámetro digital	R ²	Parámetro digital	R ²
Grado de Puffiness	Fourier 1 - Sat	0,987 negati	Tx8d4 (mean) - Sat	0,9799 negat
Grado de encogimiento	Tx12d2 (range) - a	0,9544 negat	Tx12d5 (mean) - a	0,9986
Contenido de agua	Std Intensity -blue	0,9803	Std Intensity -blue	0,9819
Porosidad	Tx12d5 (mean) - b	0,9592	Tx3d5 (range)-red	0,9928

Para comprobar la exactitud de los modelos lineales arrojados por cada correlación, se evaluó cada propiedad extraída por visión computacional a partir de su respectiva ecuación, obteniéndose de este modo valores de propiedades físicas teóricas. Así, se construyó curvas comparativas entre valores de propiedades físicas

experimentales y teóricas (Figura 3), analizando de este modo la variabilidad existente entre ambas para las correlaciones mencionadas en la Tabla 1. Se observó una tendencia lineal entre las propiedades instrumentales y teóricas, con una alta correlación ($R^2 \cong 0.96$), tanto para las muestras precocidas como control, lo que permite predecir, propiedades físicas en tortillas chips como grado de inflado, grado de encogimiento, contenido de agua y porosidad utilizando visión computacional.

Figura 3. Comparación de los valores del parámetro “grado de inflado de tortillas precocidas” obtenidos de manera instrumental o de manera teórica a partir de la predicción por visión computacional, utilizando el parámetro digital (Tx8d4(mean)-Sat).



En conclusión, en este trabajo se obtuvo una alta correlación lineal entre parámetros físicos y digitales de textura en tortillas chips, observándose diferencias en parámetros texturales de tortillas chips utilizando visión computacional por efecto de la pre-cocción, pudiendo ser esta metodología utilizada para predecir propiedades físicas en tortillas chips para el mejoramiento y control del proceso de elaboración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Sr. Jon May de FHM Alimentos Ltd. por la generosa donación de materia prima para la elaboración de las tortillas. Este trabajo fue financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Santiago de Chile (USACH), por el LACCIR Virtual Institute (Proyecto R0308LAC003) y por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

- Kawas and Moreira (2001). Characterization of product quality attributes of tortillas chips during the frying process. *J. Food Eng.*, 47, 97-107.
- Mery, D., and Pedreschi, F. (2005). Segmentation of colour food images using a robust algorithm". *J. Food Eng.*, 66, 353-360.
- Mery, D. (2006). “Extracción de características”. Departamento de las Ciencias de la Computación, Universidad Católica de Chile. Págs. 7-19.
- Mery, D. and Soto, A. (2008). Features: The More The Better. En: *New aspects of signal processing, computational, geometry and artificial vision. Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Signal Processing, Computational geometry and Artificial vision*, Editors: Mastorakis, Demiralp, Mladenov, Bojkovic, 46-50.
- Pedreschi, F.; León, J.; Mery, D.; Moyano, P. (2006): Development of a Computer Vision System to measure the Color of Potato Chips. *Food Research International*, 39(10):1092-1098.