

Viscosidad extensional biaxial en espagueti cocido y su relación con firmeza

María Guadalupe Salazar García¹

Alma Guadalupe Cota Gastélum

María Isabel Silveira Gramont

Alma Rosa Islas Rubio

RESUMEN

Además de la firmeza, es importante contar con otras medidas objetivas de la calidad del espagueti cocido; Es por ello que se planeó un experimento donde se usó espagueti comercial, se sometió a tres tiempos de cocimiento (9.5, 12.5 y 15.5 min) y de reposo (0, 2 y 5 h). Se midió la viscosidad extensional biaxial y la firmeza en espagueti, determinando además la relación entre ambas. Para medir la viscosidad extensional biaxial en espagueti, se utilizó el método de compresión uniaxial con lubricación a una velocidad de deformación de $0.3 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. La firmeza del espagueti fue medida en el analizador de textura TA-XT2. Se observó que tanto la viscosidad extensional biaxial como la firmeza disminuyen significativamente con el tiempo de cocimiento y con el de reposo. Los perfiles de comportamiento de la viscosidad extensional biaxial y la firmeza fueron similares, tanto para los tiempos de cocimiento como para los de reposo. Se encontró una correlación altamente significativa ($r = 0.83$) entre los valores de viscosidad extensional biaxial y firmeza. Esto indica que los cambios en la calidad del

espagueti cocido mostrados en la medición de firmeza también fueron detectados por la viscosidad extensional biaxial, la cual podrá servir como una nueva y útil medición complementaria de la calidad del espagueti cocido.

Palabras clave: Viscosidad extensional biaxial, firmeza, calidad del espagueti.

ABSTRACT

Besides the firmness, it is important to have other objective measures of the quality of the cooked spaghetti. To evaluate such measuring, an experiment was planned where commercial spaghetti was used, subjected to three cooking times (9.5, 12.5, and 15.5 min), and three holding times (0, 2 and 5 h). The biaxial extensional viscosity and the firmness of the cooked spaghetti were measured; also, the relationship between the two measurement was analyzed. For measuring biaxial extensional viscosity in spaghetti, the method of uniaxial compression with lubrication, at a speed of deformation of $0.3 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ was selected. The spaghetti firmness was measured in the texture analyzer TA-XT2. It was observed that biaxial

¹ Doctor en Biotecnología. Profesor Investigador Titular "C" del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos de la Universidad de Sonora. Correo electrónico: gsalazar@guayacan.uson.mx

extensional viscosity measurement as well as firmness decreased significantly with the cooking time, and also with the holding time. The biaxial extensional viscosity behavior profiles for cooking and holding times were similar to those of the firmness. There was a highly significant correlation ($r = 0.83$) between the biaxial extensional viscosity and firmness values. This indicates that the changes in the quality of the cooked spaghetti shown by the firmness were also detected by the biaxial extensional viscosity, which could be a new useful complementary measure of quality of the cooked spaghetti.

Key words: Biaxial extensional viscosity, firmness, spaghetti quality.

INTRODUCCIÓN

La mejor prueba para evaluar la calidad de la pasta debe de hacerse sobre el producto cocido (Grant *et al.*, 1993). Los métodos reológicos objetivos que evalúan ciertos factores texturales tales como elasticidad, firmeza, compresibilidad y adhesividad, proporcionan información muy valiosa sobre la calidad de la pasta cocida (Matsuo e Irving, 1971 ; Walch y Gilles 1971; Voisey *et al.*, 1978; Edwards *et al.*, 1995). Uno de estos métodos es el aprobado por el AACCC (2001) el cual mide la firmeza en pasta. (Smewing, 1997). Esta prueba da buenos resultados solo cuando se aplica en pasta larga (Voisey *et al.*, 1978).

Por otro lado la viscosidad es una propiedad reológica que se ha estudiado poco en pasta cocida, la cual es sensorialmente percibida al consumir el alimento, al fluir por efecto de la masticación al ser deformado percibiéndose sus características de

viscosidad, elasticidad y pegajosidad (Rosenthal, 1999), que influyen en la aceptabilidad final. La medición de la viscosidad podría ser una prueba alternativa para evaluar la deformación y flujo del alimento, lo cual proporcionaría información de la calidad de la pasta. Considerando que la pasta presenta un comportamiento viscoelástico, es posible utilizar el método de compresión uniaxial con lubricación, el cuál permite medir la viscosidad con facilidad en alimentos semisólidos y/o altamente viscosos; los resultados de esta medición pueden expresarse en términos de viscosidad extensional biaxial (Ramírez-Wong *et al.*, 1996; Corradini y Peleg 2000). Este método ha demostrado ser muy sensible debido a que detecta cambios en el comportamiento reológico de algunos alimentos (Osorio et al, 2003). Debido a que la determinación de firmeza es una prueba oficial en la medición de la calidad de la pasta, el objetivo de este trabajo fue medir la viscosidad extensional biaxial y relacionarla con la firmeza en el espagueti cocido y reposado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación y cocimiento del espagueti

Se utilizó espagueti comercial, marca Barilla el cual fue cocinado a ebullición en una proporción de 1:3 (espagueti: agua). Se aplicaron tres tiempos de cocimiento: 9.5, 12.5 y 15.5 min, en cada caso el agua de cocimiento fue drenada. El espagueti cocido fue reposado por 2 y 5 h a temperatura ambiente (25°C) en recipientes herméticos, se incluyó, una muestra de espagueti cocido que no recibió reposo.

Análisis químico

La muestra fue analizada primeramente en su composición química utilizando la metodología de la AACC (2000). Los análisis que se llevaron a cabo fueron humedad (método 44-15), proteína (método 46-13) y cenizas (método 08-12).

Firmeza en espagueti cocido

La determinación de firmeza en el espagueti se realizó utilizando el método 66-50 de la AACC (2000). Esta medición consistió en utilizar una cuchilla adaptada al analizador de textura (TA-XT2), en la base del analizador fue colocada una placa de plexiglass, donde se colocaron 5 tiras de espagueti en forma perpendicular a la dirección de la cuchilla. La cuchilla fue bajada a una velocidad de 0.10 mm s^{-1} cortando la pasta. La prueba concluyó cuando se alcanzó una separación entre la cuchilla y la placa de 0.5 mm. De esta medición se obtuvieron curvas de fuerza-distancia. Los valores de esta medición son obtenidos en el software integrado al equipo de medición, el cual realiza automáticamente los cálculos necesarios para obtener la fuerza máxima (N) requerida para cortar el espagueti.

La pasta tipo espagueti fue analizada primeramente en su composición química. Presentando un contenido de humedad de 9.88 %, de proteína 12.75 % y de cenizas de 1.01 %. Los valores de cada una de las determinaciones indican que el espagueti comercial fue elaborado con semolina, debido a que se encuentran en los intervalos reportados en la bibliografía para pasta elaborada con trigo cristalino (Dexter, 1994).

Medición de viscosidad extensional biaxial (VEB).

Se utilizó un texturómetro (marca Instron, modelo 4465, Instron Co., Canton, MA) equipado con una celda de carga de tensión-compresión de 500 kg. Para esta medición se utilizó un disco de pasta elaborado de acuerdo a Cota-Gastélum y Salazar-García, (2008). La pasta fue cocida y molida, posteriormente moldearla para obtener un disco de un peso aproximado de 31.5 g. con dimensiones de 68.5 mm de diámetro y 7 mm de altura. El disco de pasta fue colocado en el centro del plato inferior fijado al texturómetro, Por otro lado, el plato superior se conectó al cabezal del texturómetro, el cuál fue movido hacia abajo sobre el disco de pasta, ambos platos fueron previamente lubricados con vaselina, para eliminar la fricción entre el disco de pasta y el plato.

La prueba se llevó a cabo de la siguiente manera: El plato superior fue bajado a una velocidad constante de 0.3 mm min^{-1} comprimiendo y deformando la muestra, hasta alcanzar una separación entre los platos de 3 mm. En ese momento el cabezal se detuvo, concluyendo la medición. De esta compresión se obtuvieron curvas con datos de fuerza-deformación, en función de la variación de la altura de la muestra, los cuáles fueron utilizados para

el cálculo de la viscosidad extensional, usando el tratamiento matemático citado por Campanella y Peleg (1987). De las curvas obtenidas de viscosidad extensional biaxial vs velocidad de deformación extensional radial, se tomó el mayor valor como el valor de viscosidad.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con nueve tratamientos que corresponden a un arreglo factorial de tres tiempos de cocimiento y tres tiempos de reposo, con tres repeticiones por tratamiento.

Los datos fueron evaluados usando un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de Tukey para detectar diferencias ($p < 0.05$) entre las medias. Además, se realizó un análisis de regresión lineal simple de los valores de viscosidad extensional biaxial y firmeza utilizando el paquete JMP 6.0 para Windows (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico

La pasta tipo espagueti fue analizada primeramente en su composición química. Presentando un contenido de humedad de 9.88 %, de proteína 12.75 % y de cenizas de 1.01 %. Los valores de cada una de las determinaciones indican que el espagueti comercial fue elaborado con semolina, debido a que se encuentran en los intervalos reportados en la bibliografía para pasta elaborada con trigo cristalino (Dexter, 1994).

Firmeza en espagueti

Los valores de firmeza determinados en el espagueti cocido a diferentes tiempos se presentan en

la Figura 1. La firmeza fue medida como la fuerza máxima requerida para cortar el espagueti. En las tres curvas los valores más altos los presenta el espagueti cocido por 9.5 min y los valores más bajos el espagueti cocido por 15.5 min.

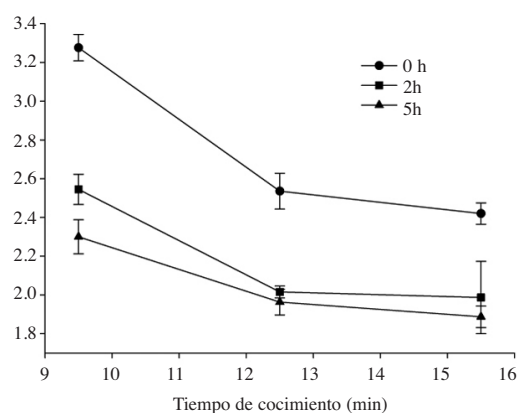


Figura 1. Efecto del tiempo de cocimiento y reposo sobre la firmeza del espagueti.

En el espagueti que no recibió reposo se observa una reducción significativa ($p < 0.05$) de la firmeza cuando se incrementa el tiempo de cocimiento de 9.5 a 12.5 min. El espagueti cocido y reposado por 2 y 5 horas muestra un comportamiento similar, la firmeza disminuye significativamente ($p < 0.05$) cuando el tiempo de cocimiento se incrementa de 9.5 a 12. Sin embargo si el tiempo de cocimiento se incrementa a 15.5 min, los valores de firmeza no cambian significativamente ($p < 0.05$). La disminución de la firmeza ocasionada por el cocimiento ha sido reportada por varios autores (Smewing, 1997; D'Égidio y Nardo, 1996; Gonzalez *et al.*, 2000; McCarthy *et al.*, 2002) asumiendo este efecto a la pérdida de rigidez de la red proteína-almidón (Nobile *et al.*, 2003). El espagueti sometido al cocimiento es expuesto a un pro-

ceso de absorción de agua, lo cual conduce a una migración de humedad hacia el centro de la pasta y conforme aumenta el tiempo de cocimiento, la pasta esta expuesta a un cambio mayor, se supone que la disminución de la firmeza del espagueti presentada por el incremento del tiempo de cocimiento es debido a los cambios ocurridos en la proteína y en el almidón (Yue *et al.*, 1999).

En la misma Figura 1 se observa una disminución significativa ($p < 0.05$) de la firmeza del espagueti en relación al tiempo de reposo, donde las muestras con reposo de 2 y 5 horas presentaron los valores menores, esto debido a una transferencia de agua de las capas externas hacia el interior del espagueti. Oh *et al.*, (1983), Irie *et al.*, (2004), y McCarthy *et al.*, (2002) reportaron que en diferentes tipos de pastas se da una migración de humedad de la superficie al centro de la pasta producida durante el reposo resultando una homogeneidad del contenido de humedad. En general el contenido así como la distribución espacial y temporal de la humedad son factores importantes en las propiedades texturales del alimento.

Viscosidad extensional biaxial en espagueti

En la Figura 2 se presentan los valores máximos de viscosidad extensional biaxial del espagueti a los tres tiempos de cocimiento. En las tres curvas se observa una reducción significativa ($p < 0.05$) en la viscosidad extensional biaxial con respecto al tiempo de cocimiento, los valores mayores de viscosidad los presentó el espagueti cocido por menos tiempo y los valores mas bajos el espagueti cocido por un tiempo mayor, este comportamiento podría explicarse debido a que a mayor cocimiento del espagueti la red proteica-almidón

pierde mas rigidez permitiendo por lo tanto una mayor gelatinización de los gránulos de almidón y posteriormente se de la desintegración de los mismos, lo cual es mayor a medida que aumenta el tiempo de cocimiento. El efecto plastificante del agua así como el efecto del calor sobre la red proteica y el almidón podrían explicar el comportamiento de la viscosidad extensional biaxial obtenido en este estudio. Meneen y Brismar (2003) reportaron que durante el cocimiento, la microestructura de la pasta sufre un cambio profundo, siendo este cambio mayor cuando el cocimiento ha sido prolongado, principalmente en la parte externa de la pasta donde se presenta una red proteica menos continua y los gránulos de almidón gelatinizados algunos se han deteriorado y han perdido su integridad (Voisey *et al.*, 1978; Gonzalez *et al.*, 2000). Edwards *et al.*, (1993) encontraron diferencias en la viscosidad dinámica en noodles por efecto del cocimiento, cuando los noodles fueron cocidos a su tiempo óptimo presentaron valores mayores que cuando se sobrecocieron.

En los tres perfiles mostrados en la Figura 2 se observó claramente que la viscosidad extensional biaxial de la pasta cocida disminuyó al incrementar el tiempo de cocimiento.

Cuando se cocina el espagueti por 9.5 min y se reposa por 2 h, la viscosidad disminuye un 28 % en relación al espagueti sin reposo; cuando el reposo se incrementa hasta 5 horas la viscosidad extensional biaxial se reduce hasta 34%. A este tiempo de cocimiento las diferencias encontradas por efecto del reposo fueron altamente significativas ($p < 0.05$). Esto podría explicarse por el hecho

de que alto contenido de humedad en la superficie y un bajo contenido de humedad en el centro de la pasta cocida indica la presencia de gradientes a lo largo del grosor de la pasta, por lo tanto la migración de humedad de la superficie al centro del espagueti puede ser esperada debido a que el espagueti antes de ser evaluado estuvo sujeta a reposo. Voisey *et al.*, (1978) reportaron que la pasta cocida presenta una estructura distinta de la superficie al centro. El centro de la pasta cocida apropiadamente, posee todavía gránulos de almidón no gelatinizados, una matriz proteica continua, lo que permite tal vez la migración de humedad de la superficie al centro de la pasta incrementando la absorción de agua (Gonzalez *et al.*, 2000), suponiendo por lo tanto que a este efecto se debe los valores bajos de viscosidad.

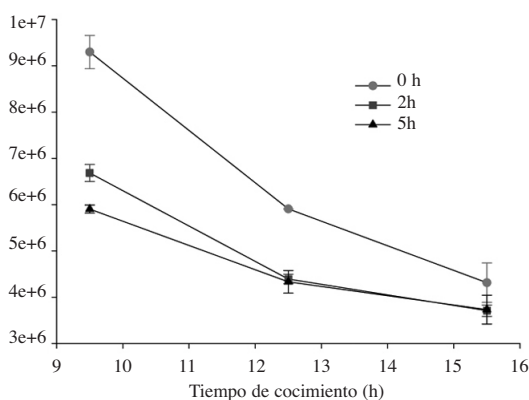


Figura 2. Viscosidad extensional biaxial en espagueti cocido a diferente tiempo de cocimiento y reposo.

El espagueti cocido por 12.5 min, presentó los valores intermedios de viscosidad, cuando el espagueti es cocido a este tiempo se presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el espagueti coci-

do sin reposo con las muestras de espagueti que recibieron reposo (2 y 5 h).

El espagueti cocido por 15.5 min presentó el mismo comportamiento que el espagueti cocido por 12.5 min como se muestra en la Figura 2. No se presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) en las muestras que reposaron 2 y 5 h. Este efecto podría explicarse debido a que la pasta estuvo expuesta a un tiempo de cocimiento mayor, lo que trae como resultado un incremento en la absorción de agua, y por lo tanto el tiempo de 2 horas de reposo es suficiente para completar la hidratación de la pasta. (Gonzalez *et al.*, 2000).

Relación entre viscosidad y firmeza

Se estimó la relación entre los valores de viscosidad extensional biaxial y los valores de firmeza obtenidos como fuerza máxima en el espagueti cocido y reposado. En la Figura 3 se observa un

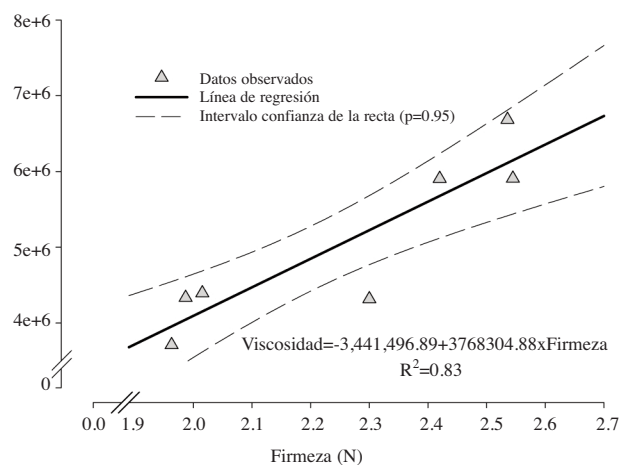


Figura 2. Relación de viscosidad extensional biaxial en espagueti a diferentes tiempos de cocimiento y reposo con firmeza

comportamiento lineal y estadísticamente significativo ($p < 0.05$) con una $r = 0.83$. Los resultados indican que así como la medición de firmeza detecta los cambios producidos por los diferentes tiempos de cocimiento y reposo, la medición de viscosidad también fue sensitiva en la detección de los cambios producido por las condiciones a las cuales estuvo sujeto el espagueti. En la misma Figura 3 se muestra la ecuación lineal estimada, observándose que la relación entre ambas es proporcional, y que la sensibilidad de la viscosidad extensional biaxial es mayor que la de firmeza; es por ello que la viscosidad demuestra ser una buena medición complementaria de la calidad del espagueti cocido.

CONCLUSIONES

Las mediciones de viscosidad extensional biaxial y de firmeza mostraron cambios en el espagueti, lo cual fue resultado de las condiciones de cocimiento y reposo a las que fue sometida la pasta.

Bajo las condiciones de tiempo de cocimiento del espagueti evaluadas, la viscosidad extensional biaxial y la firmeza presentaron una fuerte asociación positiva que además, fue altamente significativa ($p < 0.01$). Estos resultados indican que los cambios ocurridos en la calidad del espagueti cocido fueron detectados por la firmeza y por la viscosidad extensional biaxial. Esto sugiere que la medición de viscosidad extensional biaxial podría ser una prueba más en la evaluación de calidad del espagueti cocido.

REFERENCIAS

- AACC. 2000. Approved Method of the American Association of Cereal Chemistry. 10th Ed. St. Paul, MN, USA.
- Campanella, O.H. and Peleg, M. 1987. Squeezing flow viscometry of peanut butter. *J. Food Sci.* 52; 180-184.
- Corradini, M. and Peleg, M. 2000. Lubricated squeezing flow viscometry for dulce de leche (milk sweet). *Food Sci. Tech. Intern.* 6: 339-344.
- Cota-Gastélum, A.G. y Salazar-García, M.G. 2008. Método de compresión uniaxial con lubricación como indicador de calidad del espagueti. *Biocencia*. Vol. X (2): 33-44.
- Dexter, J.E., Preston, K.R., Martin, D.G. and Gander, E.J. 1994. The effect of protein content and starch damage on the physical dough properties and bread-making quality of Canadian durum wheat. *J Cereal Sci.* 20:139-51.
- D'Egidio, M.G. and Nardi, S. 1996. Textural measurement of cooked spaghetti in Pasta and noodle technology. J. E. Kruger, R. B. Matsuo and J.W. Dick. (Ed.) p 133-156. St. Paul, MN, USA.
- Edwards, N.M., Izydorczyk, M.S., Dexter, J.E. and Biliaderies, C.G. 1993. Cooked pasta texture: comparison of dynamic viscoelastic properties to instrumental assessment of firmness. *Cereal Chem.* 70 (2):122-126.
- Edwards, N.M., Biliaderies, C.G. and Dexter, J.E. 1995. Texture characteristics of wholewheat pasta and pasta containing non-starch polysaccharides. *J Food Sci.* 60 (6):1321-1324.
- Grant, L.A., Dick, J.W., Shelton, D.R. 1993. Effects of drying temperature, starch damage,

- sprouting and additives on spaghetti quality characteristics. *Cereal Chem.* 70 (6): 676-684.
- Gonzalez, J. J., McCarthy, K. L., McCarthy, M. J. 2000. Textural and structural change in lasagna after cooking. *J Texture Stud.* 31: 93-108.
- Irie, K., Horigane, A.K., Naito, S., Motoi, H. and Yoshida, M. 2004. Moisture distribution and texture of various types of cooked spaghetti. 81 (3): 350-355.
- Matsuo, R.R. and Irvine, G.N. 1971. Note on an improved apparatus for testing spaghetti tenderness. *Cereal Chem.* 48(5)554-558.
- McCarthy, K. L., Gonzalez, J. J. and McCarthy, M. J. 2002. Change in moisture distribution in lasagna pasta post cooking. *J. Cereal Sci.* 67 (5): 1785-1789.
- Meneen, W.K. and Brismar, K. 2003. Structure of cooked spaghetti of durum and bread wheats. *Starch/Starke.* 55: 546-557.
- Nobile, M.A., Buonocore, G.G., Panizza, A. and Gambacorta, G. 2003. Modeling the spaghetti hydration kinetics during cooking and overcooking. *J. Cereal Sci.* 68 (4): 1316-1323.
- Oh, N.H., Seib, P.A., Deyoe, C.W. and Ward, A.B. 1983. Noodles. I. Measuring the textural characteristics of cooked noodles. *Cereal Chem.* 60 (6):433-438.
- Osorio, F., Gahona, E. and Alvarez, F. 2003. Water absorption effect on biaxial extensional viscosity of wheat flour dough. *J. Texture Stud.* 34: 147-157.
- Ramirez-Wong, B., Sweat, V.E., Torres, P.I. and Rooney, L.W. 1996. Evaluation of the rheological properties of fresh corn masa using squeezing flow viscometry: Biaxial extensional viscosity. *J Texture Stud.* 27: 185-198.
- Rosenthal, A. J. 1999. Relation between instrumental and sensory measures of food texture. Ch. 1 in *Food texture: Measurement and perception.* Rosenthal, A. J. (Ed.), p. 1-16. An Aspen Publication, Maryland.
- SAS. 2002. JMP Version 5.1. Statistics and Graphics Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA
- Smewing, J. 1997. Analysing the texture of pasta for quality control. *Cereal Chem.* 42(1):8-12.
- Salazar-Garcia, M.G., Torres, P.I., Reyes-Moreno, C. and Ramirez-Wong, B. 2003. Extensional flow studies on wheat flour doughs with different protein content. *J Texture Stud.* 34: 449-464.
- Voisey, P.W., Wasik, R.J. and Lougheed, T.C. 1978. Measuring the texture of cooked spaghetti.2. Exploratory work on instrumental assessment of stickiness and its relationship to microstructure. *Can. Inst. Food Sci. and Tech. J.* 11: 180-188.
- Walch, D.E. and Gilles, K. A. 1971. The influence of protein composition on spaghetti quality. *Cereal Chem.* 48: 544-554.
- Yue, P., Rayas-Duarte, P., and Elias E. 1999. Effect of drying temperature on physicochemical properties of starch isolated from pasta. *Cereal Chem.* 76(4): 541-547.