

Masas elaboradas con harina de trigo: Efecto del tipo y nivel de emulsificante en las propiedades reológicas

Doughs made from wheat flour: Effect of emulsifier type and level on the rheological properties

Gómez AV¹, Añón MC¹, Puppo MC^{1,2}

¹CIDCA - Fac. Ciencias Exactas - UNLP - CONICET, 47 y 116 (1900) La Plata, Argentina.

²Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales - UNLP, 60 y 119 (1900) La Plata, Argentina.

agomez@cidca.org.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar la influencia de los emulsificantes SSL, DATEM y la mezcla de ambos en las propiedades reológicas de masas preparadas con harina de trigo. Las muestras fueron elaboradas en base a la siguiente formulación: harina de trigo (100 g), NaCl (2 g), SSL, DATEM o mezcla de SSL:DATEM 1:1 (1% y 5% base harina). La cantidad de aditivo de 5% se utilizó sólo con fines experimentales. Se empleó como muestra control una masa sin aditivo. La textura (dureza, consistencia, adhesividad, cohesividad y elasticidad) fue analizada mediante un método modificado de TPA (40% deformación) en el equipo TA-XT2i - Stable Micro Systems (Haslemere, Surrey, UK). La reología dinámica (G' , G'' y $\tan \delta$) fue medida en un reómetro Haake RS600 usando un sensor de platos paralelos con un gap de 1,5 mm. La incorporación de 1% de DATEM provocó una disminución en la dureza, consistencia y adhesividad de la masa. Al 5% de aditivo, sólo el SSL produjo un aumento significativo en la dureza y en la consistencia, y una disminución en la cohesividad y la elasticidad. El agregado de 5% de SSL provocó un aumento significativo tanto en el módulo de almacenamiento (G') como en el módulo de pérdida (G''). Sin embargo, la tangente del ángulo de desfase ($\tan \delta = G''/G'$) a 1 Hz de frecuencia no evidenció diferencias significativas con el tipo ni con el nivel de aditivo. La incorporación a la masa de moléculas hidrofóbicas como DATEM y SSL provoca cambios estructurales en la matriz de gluten que conllevan a la modificación de las propiedades reológicas de dichas masas. Los distintos efectos producidos por cada emulsificante sobre las masas pueden ser atribuidos a las diferentes interacciones hidrofóbicas/hidrofílicas establecidas con las moléculas de proteínas. El SSL posiblemente, de carácter más hidrofóbico que el DATEM, favorece la formación de masas más duras y un poco más elásticas como consecuencia de la unión a los sitios hidrofóbicos de los polímeros de glutenina.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the influence of SSL and DATEM emulsifiers in the rheological properties of wheat dough. Samples were prepared as follows: wheat flour (100 g), NaCl (2g), SSL, DATEM and a mixture of SSL:DATEM 1:1 (1% and 5% flour base). The quantity of additive of 5% was used only for experimental purposes. A dough without additives was used as a control sample. The texture (hardness, consistency, adhesiveness, cohesiveness and elasticity) was analyzed by a modified TPA method (40% deformation). A TA-XT2i - Stable Micro Systems (Haslemere, Surrey, UK) equipment was used. The dynamic rheology (G' , G'' and $\tan \delta$) was measured in a Haake RS600 rheometer. A parallel plate's sensor with a 1,5 mm gap was used. The incorporation of 1% of DATEM caused a decrease in dough hardness, consistency and adhesiveness. Only 5% of SSL caused a significant increment in hardness and consistency, and a decrease in cohesiveness and elasticity. The incorporation of 5% of SSL caused a significant increment in the storage modulus (G') and in the loss modulus (G''). Nevertheless, the loss tangent ($\tan \delta = G''/G'$), evaluated at 1 Hz frequency, did not evidence significant differences between samples. The incorporation of hydrophobic molecules, as DATEM or SSL, to the dough cause structural changes in the gluten matrix. These changes led to the modification of rheological properties of the dough. The different effects produced by each emulsifier could be attributed to the distinct hydrophilic/hydrophobic interactions established with gluten proteins. SSL, possibly more

hydrophobic than DATEM, enhance the formation of harder and more elastic dough, probably due to the attachment to the hydrophobic groups of glutenin polymers.

PALABRAS CLAVE: *emulsificantes, moléculas hidrofóbicas, proteínas de gluten, reología de masa.*

KEYWORDS: *emulsifiers, hydrophobic molecules, gluten proteins, dough rheology.*

INTRODUCCIÓN

Las harinas obtenidas de los trigos cultivados en Argentina difieren notablemente en calidad industrial, según la zona de procedencia del cereal. Estas diferencias se deben a las diversas razones genéticas y ambientales que se encuentran interrelacionadas. Una harina de trigo de buena calidad panadera no debería necesitar de aditivos para lograr un producto de buen volumen, textura y aspecto. Sin embargo, muchas veces se requiere del uso de aditivos de diversos tipos (oxidantes, emulsionantes, enzimas, hidrocoloides) para mejorar el rendimiento de harinas de calidad inferiores. Por otra parte, la mecanización e industrialización de la panadería ha hecho imprescindible el empleo de estos aditivos, con el objetivo de mejorar la calidad de los productos obtenidos.

Algunos ensayos han demostrado que los emulsificantes ejercen efectos deseados en el proceso de elaboración del pan (Köhler y Grosch 1999, Ravi *et al.* 2000, Ribotta *et al.* 2004, Aamodt *et al.* 2005, Xiujin *et al.* 2007). Durante el período de preparación de las piezas, ayudan a retener más aire en las masas, aumentan la fuerza y la extensibilidad. En la fermentación aumentan la retención de gas y evitan el hundimiento de las masas. En el horneado mejoran la textura y disminuyen la pérdida de agua. Por lo tanto, prolongan la vida útil y las características texturales de los productos terminados. Emulsificantes como el estearoil lactilato de sodio (SSL) y los ésteres de mono y diglicéridos del ácido diacetil tartárico (DATEM) son surfactantes aniónicos ampliamente utilizados en la industria panadera para mejorar la calidad de los productos panificados. Estos aditivos se unen a las regiones hidrofóbicas de las proteínas de gluten promoviendo la agregación debido a la neutralización de las cargas positivas. Dichos emulsificantes son agregados a la masa de pan principalmente para reforzar la red de gluten, dar un volumen de pan mayor y prolongar la vida útil de los productos panificados (Tenney 1978, Rusch 1981, Staufer 1990, Köler y Grosch 1999).

La textura involucra todos los atributos reológicos y estructurales (geométricos y de superficie) de un alimento, que son perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y, cuando corresponde, visuales y auditivos. La evaluación objetiva de la textura es compleja pues ella debe reflejar la acción de la boca, la lengua y mandíbulas al mover el alimento y la acción de los dientes al cortar, romper, extender, moler y succionar los alimentos. Existen numerosas formas de evaluar la textura de los alimentos. Los ensayos de gran deformación y las propiedades de fractura de los alimentos sólidos y semisólidos son muy importantes para la evaluación de su respuesta al procesamiento, manipuleo, almacenamiento, uso y respuesta durante el consumo. Muchos de los ensayos usados involucran el someter al material a esfuerzos, lo cual determina una deformación que se mide, o bien deformar controladamente el material y evaluar el esfuerzo requerido. Entre los equipos más comúnmente usados para estos ensayos se encuentran las máquinas universales de testeo. En estos equipos se puede realizar el Análisis de Perfil de Textura (TPA) de un alimento, que es un ensayo que simula el proceso de masticación y consiste en comprimir la muestra dos veces en movimientos consecutivos. A partir de la curva fuerza vs. tiempo obtenida pueden calcularse diferentes parámetros tales como: Dureza (resistencia que presenta el alimento a la primer mordida), Consistencia (resistencia total que presenta un alimento durante la masticación), Adhesividad (trabajo que es necesario realizar con la lengua para retirar el alimento que se adhiere al paladar y los dientes durante su consumo), Cohesividad (fuerza de interacción que tienen los enlaces internos que forman el cuerpo del producto) y Elasticidad (grado de recuperación de las dimensiones iniciales que experimenta el alimento después de retirar la fuerza de compresión) (Steffe 1996a, Bourne 2002).

La reometría dinámica es usada para medir las propiedades elásticas y viscoelásticas de los alimentos en escala de pequeñas y de grandes deformaciones (rango lineal y no lineal). Las masas son materiales viscoelásticos y las medidas oscilatorias proveen un método no destructivo para determinar los componentes viscoso y elástico del comportamiento de las mismas. En este tipo de ensayos la muestra

se somete a una deformación de corte oscilatoria en la cual la amplitud del esfuerzo se determina midiendo el torque que se transmite a la muestra por la deformación impuesta. Al aplicar el esfuerzo al material éste puede o no deformarse. El esfuerzo de un material puramente viscoso (fluido newtoniano) sufre un desfase δ de 90° con respecto a la deformación impuesta, mientras que el esfuerzo de un material puramente elástico no se desfasa con respecto a la deformación aplicada. El material viscoelástico por ende tiene un ángulo de desfase (δ) que será entre 0 y 90° (Steffe 1996b). Los parámetros fundamentales de importancia son el módulo de almacenamiento o elástico (G') que es la medida de la energía que es elásticamente almacenada por el material, el módulo de pérdida (G'') que es la medida de la energía disipada por el flujo y la tangente del ángulo de desfase ($\tan \delta = G''/G'$) entre el estímulo sinusoidal aplicado y la respuesta sinusoidal obtenida del material. Si estos parámetros se determinan en condiciones de viscoelasticidad lineal para el material en cuestión, sus valores serán propios del material y no dependerán de la historia de deformación del mismo. Los ensayos de reología proveen información esencial sobre cómo la composición de la harina y los demás ingredientes que constituyen la masa influyen en la viscoelasticidad de la masa y consecuentemente en la elaboración de pan y las características de los productos terminados.

Sin embargo, todavía queda mucho por dilucidar acerca del mecanismo de acción de los emulsificantes sobre la estructura del gluten formado. Por esta razón el objetivo del presente trabajo fue estudiar la influencia de los emulsificantes SSL, DATEM y la mezcla de ambos, en las propiedades reológicas de masas preparadas con harina de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las muestras

La harina de trigo utilizada fue una harina tipo 000 (Molino Campodónico S.A.). Los emulsificantes empleados fueron el estearoil lactilato de sodio (SSL) y los ésteres de mono y diglicéridos del ácido diacetil tartárico (DATEM) (DANISCO A/S, Copenhagen, Denmark).

Las muestras fueron elaboradas en base a la siguiente formulación: cada 100 g de harina se utilizaron 2 g de NaCl, 1% y 5% (base harina) de los emulsificantes SSL, DATEM y mezcla de SSL:DATEM 1:1. La cantidad de aditivo de 5% se utilizó sólo con fines experimentales. Se empleó como control una masa sin aditivo. El agua fue agregada de acuerdo a la absorción farinográfica (cantidad óptima según farinograma). Las muestras fueron amasadas durante su tiempo óptimo de desarrollo.

Análisis de Perfil de Textura

Se realizó un ensayo de perfil de textura - TPA (Texture Profile Analysis) a discos de masa de 3,0 cm de diámetro por 1,0 cm de espesor. El análisis de perfil de textura fue determinado mediante un método modificado de TPA (40% deformación) en el equipo TA-XT2i - Stable Micro Systems (Haslemere, Surrey, UK). Se trabajó a temperatura constante de 25°C . Los parámetros analizados fueron Dureza, Consistencia, Adhesividad, Cohesividad y Elasticidad. La Dureza se calculó como la fuerza máxima registrada durante el primer ciclo de compresión y la Consistencia como la suma de las áreas del primer y segundo pico. La Adhesividad es el área negativa obtenida durante el primer ciclo, mientras que la Cohesividad es el cociente entre el área positiva del segundo pico y el área positiva del primero. La Elasticidad se calculó como la relación $d2/d1$, donde $d2$ es la distancia recorrida por la sonda durante la compresión en el segundo ciclo, mientras $d1$ es dicha distancia recorrida en el primer ciclo.

Análisis por Reología Dinámica

Se efectuaron medidas oscilatorias dinámicas en un reómetro Haake RS600 usando un sensor de platos paralelos con un gap de 1,5 mm. Inicialmente se determinó el rango de viscoelasticidad lineal mediante barridos de deformación (0,5 a 200 Pa) a frecuencia constante (1 Hz). Luego se realizaron barridos de frecuencia (0,005 a 100 Hz) a deformación constante (5 Pa). En ambos casos se trabajó a temperatura constante de 25°C . Los parámetros determinados fueron el módulo de almacenamiento (G'), el módulo de pérdida (G'') y la tangente del ángulo de desfase ($\tan \delta$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfil de Textura

Al analizar la Dureza y la Consistencia (**Figura 1 a y b**) se observó que al 1% de aditivo sólo el DATEM presentó una disminución con respecto al control. Al 5% todos los aditivos mostraron

diferencias significativas entre sí, sin embargo, sólo el SSL provocó un aumento significativo con respecto al control.

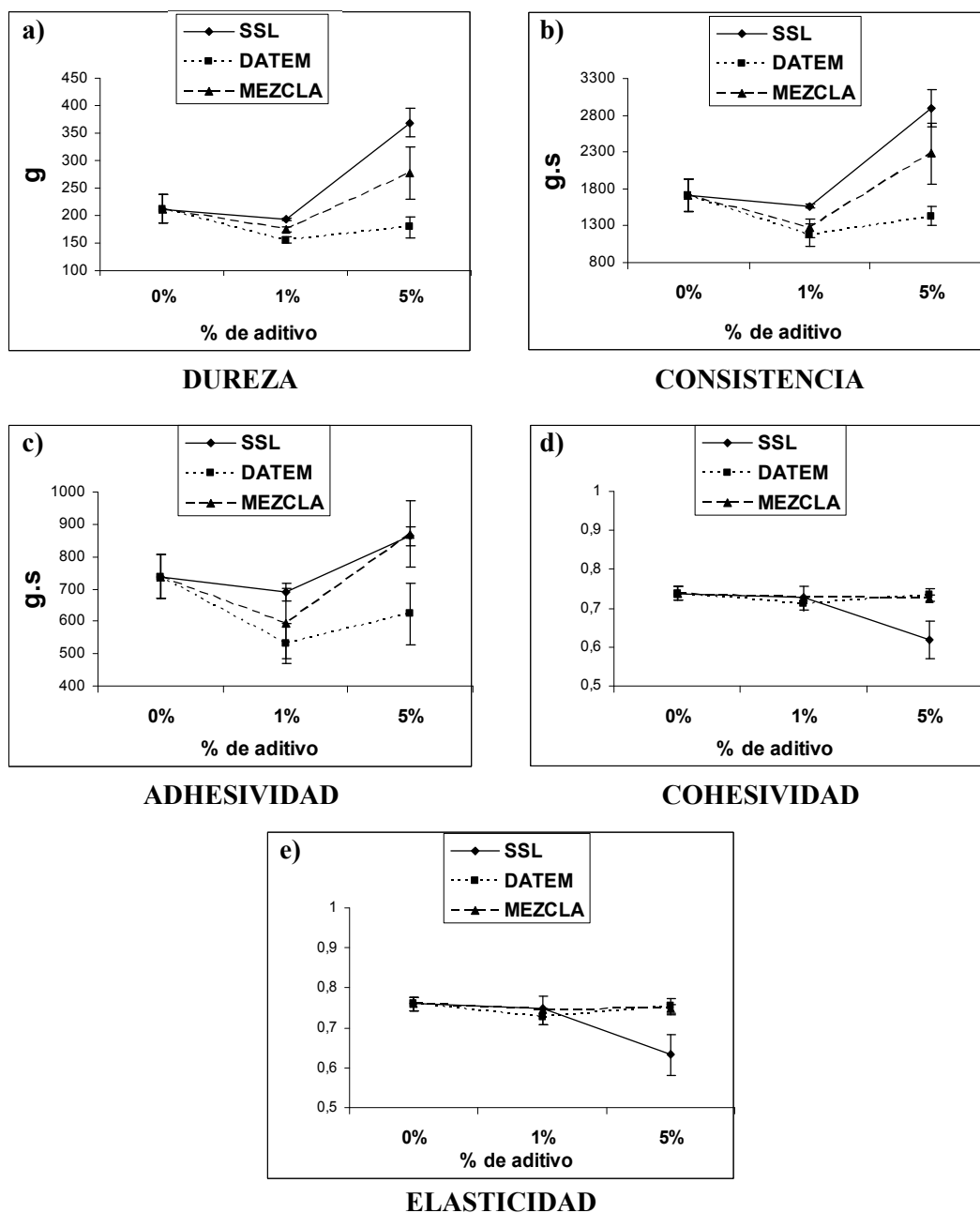


Figura 1. Perfil de textura (TPA) de las masas de harina de trigo.

Los resultados obtenidos para Adhesividad (**Figura 1 c**) evidenciaron que sólo el DATEM al 1% disminuyó este parámetro con respecto a la masa control. Al 5% este aditivo presentó diferencias significativas con respecto al SSL y la MEZCLA, registrando valores menores. Sin embargo, ni los aditivos ni la mezcla presentaron diferencias con el control.

Tanto el SSL como la MEZCLA mostraron a un nivel del 5% valores mayores que al 1% en los parámetros descriptos. Un exceso de aditivo, de la naturaleza del SSL provoca cambios en la textura de la masa que posiblemente resulten desfavorables durante el proceso de panificación. Este hecho será comprobado en un estudio posterior sobre la calidad de panes.

En las **Figuras 1 d** y **1 e** puede observarse que sólo el SSL al 5% presentó una disminución significativa con respecto al control en los parámetros de Cohesividad y Elasticidad.

Resultados similares han sido reportados por Indrani y Rao (2003), en cuyo estudio se prepararon masas elaboradas con harina de trigo, sal, azúcar, huevos, aceite y agua (“parotta”). Se analizaron los parámetros de textura de dichas masas con el agregado de DATEM y SSL al 0,5%, entre otros aditivos. Los resultados obtenidos mostraron que se produjo una disminución en los valores de dureza y adhesividad en presencia de los emulsificantes, aunque con un aumento en la cohesividad.

Reología Dinámica

De los gráficos mostrados en la **Figura 2** puede observarse que para todas las muestras el módulo de almacenamiento (G') es mayor que el módulo de pérdida (G''). Esta relación que se observa entre los módulos ($G' > G''$) indica que predomina el comportamiento elástico del sistema, durante todo el tiempo de medición.

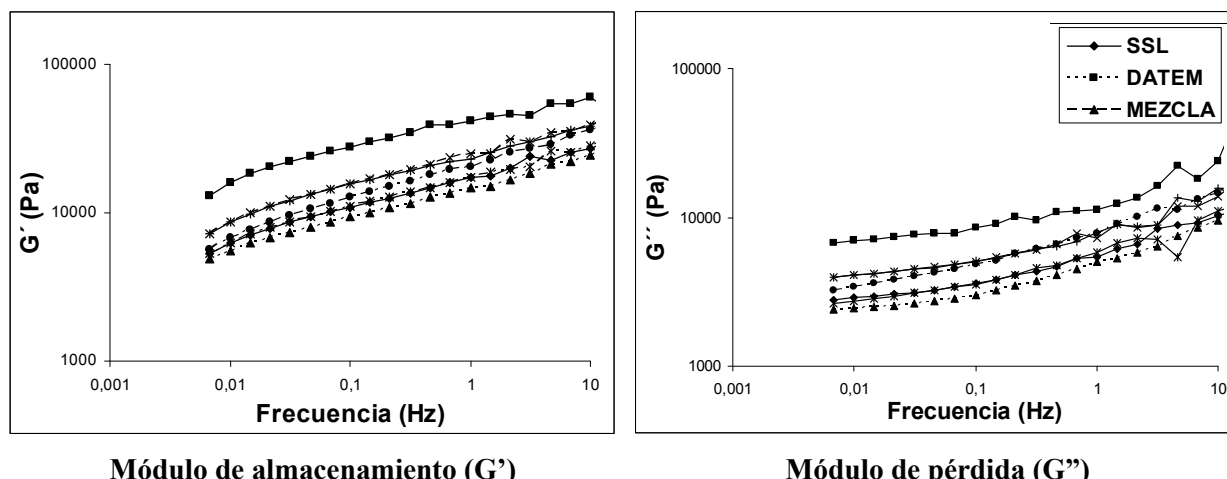


Figura 2. Parámetros reológicos de las masas de harina de trigo. ▲ Control, ✱ SSL 1%, ✱ DATEM 1%, + MEZCLA 1%, ■ SSL 5%, ◆ DATEM 5%, ✕ MEZCLA 5%.

Al evaluar G' y G'' se observó que todas las muestras presentaron valores superiores a los de la muestra control. Los resultados obtenidos muestran que existe una tendencia a aumentar los valores de G' y G'' con el aumento de la concentración de SSL, mostrando al 5% un valor superior al resto de las masas (**Figura 2**). Esta tendencia también fue reportada para masas con harina de trigo y con el agregado de distintos aditivos por Shiau (2004). Los estudios de reometría realizados en el rango de temperatura 30-50 °C en masas preparadas con SSL en niveles entre 0,5-1,5% (base harina) mostraron que a medida que aumentaba la concentración de aditivo aumentaban significativamente los valores de G' y G'' .

Por otro lado, en nuestro caso, los resultados obtenidos a 1 Hz de frecuencia para la tangente del ángulo de desfase ($\tan \delta = G''/G'$) no mostraron diferencias significativas en dicho parámetro con el tipo ni con el nivel de aditivo (datos no mostrados).

El aumento en la dureza como en los parámetros G' y G'' al agregar 5% de SSL puede ser atribuido al tipo de interacción entre el aditivo y el gluten. Es posible que la cola lipofílica del SSL se una a los sitios hidrofóbicos de la proteína, permitiendo que la carga negativa del aditivo se incorpore al complejo proteína - lípido promoviendo la agregación de las proteínas y provocando un aumento en la dureza de la masa (Stauffer, 1990).

CONCLUSIONES

La incorporación a la masa de moléculas hidrofóbicas como DATEM y SSL provoca cambios estructurales en la matriz de gluten que conllevan a la modificación de las propiedades reológicas de dichas masas. Los distintos efectos producidos por cada emulsificante sobre las masas pueden ser atribuidos a las diferentes interacciones hidrofóbicas/hidrofílicas establecidas con las moléculas de proteínas. El SSL posiblemente, de carácter más hidrofóbico que el DATEM, favorece la formación de masas más duras y un poco más elásticas como consecuencia de la unión a los sitios hidrofóbicos de los polímeros de glutenina.

AGRADECIMENTOS

Se agradece a la ANPCyT por el subsidio recibido para llevar a cabo este trabajo: PICTR 2003 N° 286.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aamodt A, Magnus EM, Færgestad EM. 2005. Hearth bread characteristic: Effect of protein Quality, protein content, whole meal flour, DATEM, proving time, and their interactions. *Cereal Chemistry*, 82(3): 290-301.
- Bourne MC. 2002. Principles of Objective Texture Measurement. En: *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2ª ed. New York: Academic Press. Pag 107-188.
- Indrani D and Rao GV. 2003. Influence of surfactants on rheological characteristics of dough and quality of parotta. *International Journal of Food Science and Technology*, 38: 47-54.
- Köhler P and Grosch W. 1999. Study of the effect of DATEM. 1. Influence of fatty acid chain length on rheology and baking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 1863-1869.
- Ravi R, Sai Manohar R, Haridas Rao P. 2000. Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours. *European Food Research and Technology*, 210: 202-208.
- Ribotta P, Pérez G, León A, Añón MC. 2004. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*, 18: 305-313.
- Rusch DT. 1981. Emulsifiers: uses in cereal and bakery foods. *Cereal Foods World*, 26: 111-115.
- Shiau SY. 2004. Effects of emulsifiers on dough rheological properties and the texture of extruded noodles. *Journal of Texture Studies*, 35: 93-110.
- Stauffer CE. 1990. Emulsifiers and Dough Strengtheners. En: *Functional Additives for Bakery Foods*. New York: AVI-Van Nostrand Reinhold. Pag. 69-124.
- Steffe JF. 1996a. Introduction to rheology. En: *Rheological methods in food process engineering*. 2ª ed. Michigan: Freeman Press. Pag 1-93.
- Steffe JF. 1996b. Viscoelasticity. En: *Rheological methods in food process engineering*. 2ª ed. Michigan: Freeman Press. Pag 294-349.
- Tenney R.J. 1978. Dough conditioners/bread softeners-the surfactants used in breadmaking. *Bakers' Dig*. 52(4): 24-27.
- Xiujin Z, Jinqun S, Zaigui L. 2007. Effects of DATEM on dough rheological characteristics and qualities of CSB and bread. *Cereal Chemistry*, 84(2): 181-185.