



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD**  
**DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO EN ALIMENTOS**  
Programa de Posgrado en Ciencias y Tecnología de Alimentos

**Estudio de las Propiedades Viscoelásticas de Grano, Masa y Pan  
de Trigo Fuerte y Suave (*Triticum aestivum* L.) Mediante el  
Método de Compresión Uniaxial Bajo Pequeña Deformación**

**TESIS**

Como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**

Presenta:

**M.C. Néstor Ponce García**

Hermosillo, Sonora

Junio de 2014

## RESUMEN

Durante el procesamiento y elaboración de productos de trigo, las características fisicoquímicas del grano, la molienda, el comportamiento reológico de la masa y la textura del producto final, representan sólo algunos de los múltiples factores relacionados con la calidad del grano. El objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades viscoelásticas (PVE) de dos grupos trigo, sus masas y pan utilizando el método de compresión uniaxial bajo pequeña deformación, y relacionarlas entre sí. La investigación consistió en dos etapas. En la primera se desarrolló el método de compresión uniaxial bajo pequeña deformación (3%). Posteriormente se seleccionaron cuatro variedades de trigo del grupo suave (Bárceñas, Cortazar, Saturno y Urbina) y cuatro variedades de trigo del grupo fuerte (Kronstad, Nana, Norteña y Tacupeto). A los granos de trigo de cada grupo y variedad a contenido de humedad original y acondicionados a 15% se les evaluaron las siguientes PVE: trabajo total ( $W_tG$ ), trabajo elástico ( $W_eG$ ), trabajo plástico ( $W_pG$ ) y módulo de elasticidad ( $E$ ). Se utilizó un diseño de experimentos  $2 \times 4 \times 2$ , obteniendo un total de 16 tratamientos. En la segunda etapa se evaluaron las propiedades viscoelásticas del grano acondicionado, masa y pan utilizando el mismo método de compresión uniaxial bajo pequeña deformación, y se correlacionaron con la molienda y características fisicoquímicas y reológicas de la harina. Para la segunda etapa, granos de los mismos grupos y variedades de la primera etapa se acondicionaron a 16% de humedad. Los granos acondicionados se dividieron y utilizaron para dos propósitos: primero, para evaluar sus propiedades viscoelásticas  $W_tG$ ,  $W_eG$  y  $W_pG$ . Segundo, para efectuar una molienda para producir harina y calcular el rendimiento harinero (RH). A las harinas obtenidas se les realizaron análisis fisicoquímicos y reológicos. Asimismo, a la masa de cada harina se les determinaron sus PVE utilizando dos métodos: el de compresión uniaxial bajo pequeña deformación para evaluar trabajo total ( $W_tM$ ), trabajo elástico ( $W_eM$ ) y trabajo plástico ( $W_pM$ ); y el método dinámico para evaluar el módulo de elasticidad ( $G'$ ), módulo de viscosidad ( $G''$ ) y la tangente del ángulo de fase ( $\tan \delta$ ). Posteriormente se elaboró pan con la harina de cada grupo y variedad. Al pan se le determinaron sus PVE utilizando el método de compresión uniaxial bajo pequeña deformación, evaluando el trabajo total ( $W_tP$ ), trabajo elástico ( $W_eP$ ) y trabajo plástico ( $W_pP$ ). Adicionalmente, al pan se le determinó el volumen

específico y se le realizó un análisis de perfil de textura (APT). La evaluación de las PVE y el APT del pan se realizó a las 2, 24 y 48 h de almacenamiento. Para la masa se utilizó un diseño de experimentos de un factor para cada grupo de trigo y sus cuatro variedades. Para el pan de cada grupo de trigo se utilizó un diseño de experimentos factorial de dos factores: variedad y tiempo de almacenamiento. Los resultados de la primera etapa indicaron que el contenido de humedad fue el factor que más afectó las PVE del grano, seguido del grupo de trigo. Se presentó un descenso significativo del  $W_1G$  debido al incremento del contenido de humedad en el grano. El grupo de trigo fuerte tuvo un  $W_1G$  promedio mayor que el grupo suave. Los granos evaluados a humedad original mostraron un valor de  $W_eG$  más alto respecto a los granos acondicionados. El  $W_pG$  se incrementó al aumentar el contenido de humedad en el grano. En ambos grupos de trigo, el módulo de elasticidad ( $E$ ) mostró una tendencia a disminuir al incrementarse el contenido de humedad en el grano. Se presentaron correlaciones negativas significativas entre las PVE del grano y las propiedades físicas grosor y peso de 1,000 granos. Los resultados de la segunda etapa, indicaron que las variedades del grupo de trigo suave presentaron correlaciones entre el grano acondicionado, la harina y la masa. En el grupo fuerte destacaron correlaciones entre el gluten húmedo y los parámetros viscoelásticos de la masa. Sin embargo, en ambos grupos no se presentaron correlaciones entre las propiedades viscoelásticas de la masa evaluada por el método de compresión uniaxial bajo pequeña deformación y el método dinámico oscilatorio. Por otra parte, se observó que el tiempo de almacenamiento fue el factor que más afectó las propiedades viscoelásticas y de textura del pan en ambos grupos de trigo. A medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento  $W_1P$ ,  $W_pP$ , la firmeza (FIR) y la gomosidad (GOM) del pan se incrementaron, mientras que  $W_eP$ , la elasticidad (ELS) y la cohesividad (COH) disminuyeron. Estos cambios fueron más evidentes en el pan del grupo suave. Se concluye que el procedimiento propuesto de compresión uniaxial bajo pequeña deformación, permitió en primera instancia evaluar las propiedades viscoelásticas de granos individuales de trigo de diferentes grupos y variedades con diferente contenido de humedad, identificando algunas correlaciones entre las PVE y físicas del grano. Adicionalmente, el método propuesto permitió evaluar el comportamiento viscoelástico de granos individuales acondicionados, sus respectivas masas y pan, estableciéndose algunas correlaciones entre las PVE de granos acondicionados y sus masas, además de algunas otras con las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la harina.