



"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

**Cambios de Agregación de las Proteínas del Maíz Durante el  
Proceso de Nixtamalización y Efecto en las Propiedades  
Reológicas de las Masas**

**TESIS**

Como requisito parcial para obtener el grado de

**DOCTOR EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**

**Presenta**

**Leslie Denise Chaidez Laguna**

**Hermosillo, Sonora**

**Diciembre de 2017**

## RESUMEN

A pesar de que la nixtamalización es un proceso ampliamente utilizado en la industria, a la fecha no se cuenta con una clara comprensión del efecto que tienen las proteínas del maíz sobre el comportamiento viscoelástico y textural de la masa. Debido a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue estudiar los cambios de agregación de las proteínas del maíz (*Zea mays* L.), que se llevan a cabo durante los procesos de nixtamalización tradicional y extrusión para la obtención de harinas nixtamalizadas y su efecto en las propiedades reológicas y texturales de las masas. La investigación se dividió en tres etapas. En la etapa I, al considerar las dificultades que se presentan durante la extracción de proteínas de maíz a nivel laboratorio, debido a que dichas proteínas exhiben una estructura compleja, se evaluó la eficiencia de extracción de etanol 70%, terbutanol 60% y propanol 50% en muestras nixtamalizadas. Esto con el propósito de desarrollar un procedimiento adecuado para estudiar la relación entre la solubilidad y la funcionalidad en este tipo de muestras. Se encontró que el propanol 50% fue el solvente más eficiente al extraer una mayor proporción de proteína polimérica soluble y proteína soluble total en maíz, nixtamal, masa y tortilla. Además, se estudiaron los cambios en solubilidad de las proteínas de maíz durante la nixtamalización y la extrusión, mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC-SEC), por sus siglas en inglés y electroforesis en geles de poliacrilamida con dodecil sulfato de sodio (SDS-PAGE), por sus siglas en inglés. La solubilidad de las zeínas disminuye después de la nixtamalización y la extrusión. En el electroforegrama, se observó un cambio en el número e intensidad de las bandas de las muestras

nixtamalizadas y las extrudidas. Se lograron identificar las bandas típicas de  $\alpha$  y  $\delta$ -zeínas; así como la presencia de agregados de proteína. Ambos tratamientos promovieron la agregación de proteínas, pero se observó un mayor efecto por extrusión. En la etapa II, se llevó a cabo el proceso de nixtamalización de maíz y se investigó el efecto del tiempo de mezclado en los cambios de agregación de las proteínas y su relación con las propiedades viscoelásticas de las masas. Para la caracterización de las muestras se empleó reología dinámica y se midieron el módulo de almacenamiento ( $G'$ ), el módulo de pérdida ( $G''$ ) y la tangente del ángulo de fase ( $\tan \delta$ ). Por otra parte, los cambios en la agregación de las prolaminas y la estructura de las proteínas se realizó empleando cromatografía líquida de alta resolución de exclusión molecular (HPLC-SEC) y espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR), por sus siglas en inglés. Se encontraron valores mayores de  $G'$  en comparación con  $G''$ , lo cual indica que las masas de maíz presentan un comportamiento predominantemente elástico, como era de esperarse, para los tiempos de mezclado evaluados. Además, a menor tiempo de mezclado, son mayores los valores de viscosidad y elasticidad. El tiempo de 3 minutos de mezclado favoreció la agregación de las proteínas y el aumento de la proteína polimérica soluble en masa de maíz. Los resultados de FT-IR mostraron que el tiempo de 3 minutos de mezclado favoreció el aumento en el contenido de la estructura hoja  $\beta$ . Por lo tanto, el tiempo de mezclado afecta las propiedades reológicas de las masas; así como la solubilidad y estructura secundaria de las proteínas. Finalmente, en la etapa III, se adicionó el aminoácido L-cisteína a las masas de maíz nixtamalizado con el propósito de reducir la agregación y mejorar la funcionalidad de las prolaminas. Se prepararon las masas

de maíz con dos concentraciones de L-cisteína (0.25% y 0.50% p/p en base al contenido de proteína). Posteriormente, para la caracterización de las muestras se utilizaron HPLC-SEC, FT-IR, reología dinámica y perfil de textura (TPA), por sus siglas en inglés. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la solubilidad relativa entre la muestra control y los tratamientos con L-cisteína. Los tratamientos con cisteína presentaron un incremento en la proporción de proteína polimérica soluble. Los análisis de FT-IR revelaron que la masa a la que se le adicionó L-cisteína no exhibió cambios en la proporción de los componentes estructurales. Sin embargo, las masas adicionadas con cisteína aumentaron el módulo de almacenamiento ( $G'$ ), y mejoraron las propiedades de elasticidad, adhesividad y cohesividad. Esto sugiere que la adición de L-cisteína en la masa no modificó la estructura secundaria de la proteína; sin embargo se mejoró la elasticidad y propiedades texturales importantes; por tanto, logró funcionalizar en cierta medida las masas de maíz. La presente investigación contribuye al avance y generación de conocimiento sobre solubilidad, estado de agregación de las proteínas; aspectos relevantes de la etapa de mezclado, además de proporcionar información básica e importante sobre el efecto que tiene la L-cisteína sobre la funcionalización de las prolaminas, que a la fecha no ha sido reportada.