



"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**

**Extracción y Caracterización de Lignina de Paja de Trigo (*Triticum durum*)  
para Mejorar las Propiedades Funcionales de Películas de Almidón**

**TESIS**

Como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS**

Presenta:

**José Luis Espinoza Acosta**

Hermosillo, Sonora

Febrero de 2015

## RESUMEN

Los residuos agrícolas como la paja de trigo son una buena opción para obtener múltiples productos de base biológica sin poner en peligro la seguridad alimentaria. Los residuos agrícolas son una fuente abundante y accesible de polímeros naturales (celulosa, hemicelulosa y lignina). Estos polímeros pueden ser extraídos de la paja y convertidos en biocombustibles, energía, compuestos químicos y biomateriales. Los biomateriales generalmente presentan desventajas como fragilidad y poca resistencia a la humedad comparado con materiales obtenidos con polímero sintéticos. Estas desventajas pueden ser superadas mediante la preparación de mezclas con polímeros hidrófobos como la lignina. Debido a su estructura aromática y la presencia de residuos fenólicos, la lignina tiene múltiples funcionalidades siendo capaz de actuar como compatibilizante, plastificante, agente hidrofóbico, retardante de flamas, o estabilizante de biomateriales. Las propiedades finales del biomaterial dependerán del tipo de lignina y de la forma en que se adicione. El objetivo de esta investigación fue extraer y caracterizar la lignina de paja de trigo (*Triticum durum*) para preparar películas de almidón y lignina con propiedades funcionales mejoradas. Por lo que el estudio fue dividido en 3 etapas. La etapa I consistió en evaluar el efecto del tamaño de partícula y el desgrasado en el rendimiento de extracción de la lignina, así como en la caracterización de la lignina. En la etapa II se evaluaron métodos enzimáticos para la modificación de la lignina extraída de la paja de trigo. Por último, la etapa III consistió en preparar y evaluar películas de almidón adicionando varias concentraciones de la fracción soluble en metanol de lignina. En la etapa I la lignina fue extraída de la paja de trigo usando una mezcla de solventes orgánicos y agua, debido a que esta metodología permite separar los principales polímeros de la paja de trigo y obtener lignina relativamente más pura que con otros métodos. Bajo las condiciones establecidas el tamaño de

partícula no tuvo efecto en el rendimiento de extracción de la lignina, no obstante, la remoción de compuestos extraíbles disminuyó el rendimiento de extracción de la lignina. La cual fue altamente soluble en ácido acético y ácido fórmico, así como en la mezcla de solventes utilizados para su extracción. La lignina presentó una alta estabilidad térmica, una pureza mayor al 90% con pequeñas cantidades de carbohidratos (0.11%) y cenizas (1.7%).

En la etapa II, la lignina fue sometida a varios tratamientos enzimáticos usando dos enzimas lacasa; una lacasa obtenida del hongo *Trametes versicolor* y una lacasa obtenida del árbol de laca (*Rhus vernicifera*). La lacasa de *R. vernicifera* bajo diferentes temperaturas y concentración de la enzima, no ocasionó cambios en el peso molecular de la lignina, mientras que la lacasa de *T. versicolor* produjo cambios en el peso molecular de la lignina solo a 40°C, que se confirmó por análisis cromatográficos de exclusión.

Finalmente en la etapa III se elaboraron películas de almidón de trigo cristalino por el método de evaporación de solventes y se evaluó el efecto de la adición de diferentes concentraciones de lignina soluble en metanol. Las películas obtenidas fueron evaluadas por medio de análisis de color (L a y b), análisis termogravimétricos (TGA, por sus siglas en inglés), ensayos mecánicos, actividad antioxidante, así como pruebas de solubilidad en agua. Además las películas fueron caracterizadas por microscopía electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés), espectroscopía de infrarrojo (FTIR, por sus siglas en inglés). La superficie de las películas fue homogénea en todos los tratamientos, no se encontraron cavidades, aglomeraciones o partículas de lignina a nivel microscópico. La incorporación de lignina soluble en metanol disminuyó la luminosidad de las películas y a concentraciones altas se obtuvieron películas con coloraciones rojizas. La incorporación de lignina retardó la degradación térmica de las películas,

especialmente en concentraciones altas. Estas películas se degradaron en su totalidad a temperaturas cercanas a los 900°C. Los espectros de infrarrojo exhibieron señales específicas de cada componente (almidón y lignina como las bandas de vibración de los enlaces glucosídicos del almidón (1200 a 800 cm<sup>-1</sup>) y las vibraciones de los anillos aromáticos de la lignina (1590 y 1420 cm<sup>-1</sup>). Además se detectaron interacciones electrostáticas débiles en la región alrededor de los 3000 cm<sup>-1</sup>. La incorporación de la lignina soluble en metanol disminuyó el esfuerzo de tensión y el módulo de Young de las películas e incrementó el porcentaje de elongación. Además, las películas presentaron actividad antioxidante contra el radical DPPH, la cual aumentó a medida que incrementó la concentración de lignina, asimismo, la solubilidad en agua aumentó con la incorporación de la fracción de lignina soluble en metanol.