



**Microencapsulación de compuestos bioactivos de cáscara y pulpa de tuna morada (*Opuntia ficus indica*) por el método combinado de emulsiones dobles (W/O/W)-secado por aspersión**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORADO EN CIENCIAS EN BIOTECNOLOGÍA**

**Presenta:**

**KEREN ILEANA TOLEDO MADRID**

CVU KEREN TOLEDO: 547676  
CVU GUILLERMO OSORIO: 122865  
CVU TZAYHRI GALLARDO: 122866

**Directores de Tesis:**

**DR. GUILLERMO I. OSORIO REVILLA**

**DRA. TZAYHRÍ G. GALLARDO VELÁZQUEZ**

**Ciudad de México, 2019**

## Resumen

La tuna morada (*Opuntia ficus indica*) es un fruto producido en grandes cantidades en México, sin embargo no es explotado a pesar de ser rico en compuestos fenólicos (CF) y pigmentos con capacidad antioxidante (CA) que podrían ser potencialmente empleados para aplicaciones en las industrias de alimentos y farmacéutica. No obstante, estos compuestos bioactivos deben ser protegidos de factores ambientales para poder aprovechar sus actividades funcionales. Adicionalmente, para poder ser usados en más aplicaciones, como en productos con compuestos de liberación controlada, los compuestos bioactivos necesitan ser microencapsulados a través de técnicas que puedan asegurar dicho mecanismo.

El objetivo de este trabajo fue microencapsular un extracto de tuna morada por medio de dos metodologías para efectos comparativos: el método combinado de emulsiones dobles agua-en-aceite-en-agua-secado por aspersion (W/O/W-SP, por sus siglas en inglés) y el método de secado por aspersion convencional, estudiando el efecto del secado sobre los CF y la CA. Las condiciones óptimas de extracción para los compuestos bioactivos fueron: 52 °C durante 30 min, usando etanol acuoso (40%) como disolvente, con una función de deseabilidad de 0.85, obteniendo  $17.39 \pm 0.11$  mg EAG/g<sub>ss</sub> para CF, 0.35 mg EB/g<sub>ss</sub> para betacianinas y 0.26 mg EI/g<sub>ss</sub> para betaxantinas. La mejor combinación de temperaturas de secado (entrada y salida) para ambos métodos de microencapsulación fue 160–80 °C, obteniendo las eficiencias de retención (ER) y encapsulación (EE) de CF más altas. Para el secado por aspersion convencional los resultados fueron: 107 y

100% de eficiencia de retención de CF y CA (ER-CF y ER-CA), respectivamente, y 97% de eficiencia de encapsulación de CF (EE-CF). Por otro lado, para W/O/W-SP los resultados fueron: 78 y 103% ER-CF y ER-CA, respectivamente, con 70% de EE-CF. Las microcápsulas obtenidas con W/O/W-SP mantuvieron su estructura e integridad y mostraron una considerable reducción en el tamaño de glóbulo en la emulsión doble reconstituida debido al estrés causado por el secado por aspersión. A pesar de tener EE-CF más bajas que el secado por aspersión convencional, las emulsiones dobles secadas por aspersión pueden ser un vehículo promisorio para la liberación controlada de compuestos antioxidantes.

## Abstract

Purple cactus pear (*Opuntia ficus indica*) is a fruit produced in large quantities in Mexico, nevertheless it is not exploited even though it is rich in phenolic compounds (PC) and pigments with antioxidant capacity (AC) that could be potentially used for applications in food and pharmaceutical industries. However, these bioactive compounds must be protected from environmental factors in order to take advantage of their functional activities. Additionally, in order to be used in more applications, like in controlled-release products, bioactive compounds need to be microencapsulated through techniques that may ensure such mechanism.

The aim of this study was to microencapsulate an extract of purple cactus pear fruit through two methodologies for comparative purposes: combined water-in-oil-in-water double emulsions-spray drying (W/O/W-SP) and conventional spray drying, studying the effect of spray drying on PC and AC. Optimal extraction conditions for bioactive compounds were: 52 °C for 30 min, using aqueous ethanol (40%) as the solvent, with a 0.85 desirability function, obtaining  $17.39 \pm 0.11$  mg GAE/g<sub>dw</sub> for PC, 0.35 mg BE/g<sub>dw</sub> for betacyanins, and 0.26 mg IE/g<sub>dw</sub> for betaxanthins. The best combination of drying temperatures (inlet and outlet) for both microencapsulation methodologies was 160–80 °C obtaining the highest retention and encapsulation efficiencies (RE and EE, respectively) of PC. For conventional SP, results were: 107 and 100% PC and AC retention efficiencies (RE-PC and RE-AC), respectively, with 97% of encapsulation efficiency of PC (EE-PC), meanwhile for the W/O/W-SP results were: 78 and 103% RE-PC and RE-AC, respectively, with 70% of EE-PC.

Microcapsules obtained with W/O/W-SP maintained their structure and integrity and showed a considerable reduction in globule size in the reconstituted W/O/W emulsions due to the spray drying stress. Despite having lower EE-PC than conventional SP, spray dried W/O/W emulsions can be a promising controlled-release vehicle for antioxidant compounds.

