

Título de la Tesis: “Estudio de la utilización de catalizadores y reactores estructurados en la hidrogenación de aceites”

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Sánchez Morales, Jhon Freddy

Director: Dr. Daniel Damiani

Resumen

El objetivo de la hidrogenación de aceites vegetales es adicionar hidrógeno al doble enlace carbono-carbono en las moléculas de triglicéridos. La reacción se realiza con un catalizador y se usa convencionalmente níquel. El producto es un aceite consistente, suave, estable y resistente a la oxidación. Estas características son requeridas por la industria de alimentos. Industrialmente, el proceso se realiza en sistemas con el catalizador en suspensión utilizando tanques con agitadores convencionales de paletas. La instalación se completa con un sistema de filtración para separar el catalizador en polvo de la grasa y una sección de blanqueamiento para remover trazas de metal del producto final. El filtrado requiere tiempo y es altamente costoso, representando aproximadamente un 20% de los costos operativos.

En esta tesis se explora una alternativa al proceso de hidrogenación de aceites y disminuir sus costos, empleando monolitos cerámicos y metálicos. Estos permitirían eliminar el filtrado y el uso de metales nobles más activos. Los metales nobles posibilitan la reutilización eficiente del catalizador, por lo que analizar alternativas de eliminar la etapa de filtración se torna interesante desde los aspectos económico y ambiental del tema.

Se prepararon y caracterizaron catalizadores monolíticos cerámicos comerciales. Los monolitos se cortaron, se construyeron agitadores monolíticos y se impregnaron con paladio usando $\text{Pd}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_2$ como precursor, y se probaron en la reacción de hidrogenación de aceite de girasol. Se estudió el efecto de la velocidad de agitación, el suministro de hidrógeno, el reuso del catalizador y el diseño de los agitadores. La velocidad lineal en los canales se determinó a partir de mediciones experimentales del torque y la velocidad de agitación. Explorada la viabilidad del uso de estructuras monolíticas en la reacción de hidrogenación de aceites vegetales, se prepararon y caracterizaron catalizadores monolíticos utilizando como sustrato estructuras de Fecralloy y cordierita. Sobre las estructuras se depositó un catalizador de $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$ por la técnica de recubrimiento por inmersión. Las muestras se estudiaron en la hidrogenación de aceite de girasol a 373K y 413kPa. A iguales condiciones y conversión, los catalizadores estructurados presentaron una menor formación de trans que los catalizadores en polvo. La actividad y selectividad para los monolitos cerámicos no presentó cambios en ensayos consecutivos. Los monolitos metálicos mostraron una desactivación parcial (10%) por pérdida de catalizador por desprendimiento. Los monolitos fueron preparados con la misma cantidad del mismo catalizador $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$, la diferencia se atribuye a fenómenos de transferencia de masa.

Finalmente, se estudió el uso de sistemas monolíticos de aluminio en la reacción. Se construyeron los monolitos a partir de láminas del metal y se anodizaron para generar un soporte de alúmina. Los catalizadores se probaron en reacción y resultaron ampliamente activos. Se realizaron reusos y se estudiaron posibilidades para mantener la actividad. Cuando se realizaron usos consecutivos se observó una pérdida de actividad, lo cual se atribuye a la presencia de residuos carbonaceos.

El presente trabajo muestra que la utilización de catalizadores monolíticos, en la hidrogenación de aceites vegetales, es una alternativa viable y económicamente atractiva al sistema utilizado actualmente en la industria.

Título de la Tesis: “Estudio de la utilización de catalizadores y reactores estructurados en la hidrogenación de aceites”

Doctorado en Ingeniería Química

Autor: Sánchez Morales, Jhon Freddy

Director: Dr. Daniel Damiani

Abstract

The objective of the hydrogenation of vegetable oils is to add hydrogen to the carbon-carbon double bond in the triglyceride molecules. The reaction is carried out with a catalyst and nickel is conventionally used. The product is a consistent, smooth, stable and oxidation resistant oil. All these characteristics are required by the food industry.

Industrially, the process is carried out in systems with a suspended catalyst, using stirrer tanks reactors. The installation is completed with a filtration system to separate the powder catalyst from oil and a bleaching stage to remove traces of metal from the final product. Filtration takes time and it is highly expensive, representing about 20% of the operating costs.

This thesis work explores an alternative to the hydrogenation process of oils and how to reduce costs using ceramic and metallic monoliths. They would allow eliminate the filtered and the use of more active noble metals. The noble metals make possible the efficient reutilization of catalyst, therefore analyze alternatives to eliminate the filtration stage becomes interesting from the economic and environmental aspects of the topic.

Commercial ceramic monolith catalysts were prepared and characterized. The monoliths were cut and monolithic agitators were constructed and impregnated with palladium using $\text{Pd}(\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2)_2$ as precursor. The monoliths were tested in the hydrogenation reaction of the sunflower oil.

The effects of speed of agitation, the hydrogen supply, the reuse of catalyst and the agitators design were studied. Linear velocity in the channels was determined through experimental measurements of torque and the speed of agitation.

Explored the viability of the use of monolithic structures in the hydrogenation reaction of vegetable oils, monolithic catalyst were prepared and characterized using as substrate FeCrAlloy and Cordierite structures. On the structures was deposited a catalyst of $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$ by the immersion coating technique. The samples were studied in the hydrogenation of sunflower oil at 373K and 413 kPa. Under the same conditions and conversion, the structured catalyst showed a lower transformation than the powder catalysts. In consecutive tests activity and selectivity for the ceramic monoliths showed no changes. The metallic monoliths showed a partial deactivation(10%) attributed to a loss of catalyst by detachment. The monoliths were prepared using the same quantity of the same catalyst $\text{Pd}/\text{Al}_2\text{O}_3$ the difference is attributed to mass transfer phenomena.

Finally, the use of monolithic aluminum systems in the reaction was studied. The monoliths were constructed from metal sheets and anodize to generate an alumina support. The catalysts tested in reaction showed to be widely active. Reuses were conducted and possibilities to keep the activity were studied. When consecutive uses were done a loss of activity was observed, which is attributed to the presence of carbonaceous residues.

The present work shows that the use of monolithic catalysts in the hydrogenation of vegetable oils is an economically and viable attractive alternative to the current system used in industry.