

RESUMÉ (DANSK)

Biodiesel produceres som et grønt alternativ til fossil diesel, men produktionsmetoden bør forbedres for at reducere energiforbrug og affaldsmængder. Forbedret produktion kan øge miljøgevinsten og gøre det mere attraktivt at producere biodiesel.

Traditionelt set produceres biodiesel af triglycerider og methanol med homogene, billige katalysatorer, der ikke kan genbruges. Endvidere er produktoprensningen såsom destillation og væske-væske ekstraktion energikrævende og producerer store mængder affald. Derfor kan produktionsmetoden forbedres ved at indføre nye, effektive og skånsomme enhedsoperationer såsom heterogene katalysatorer, f.eks. immobiliserede enzymer og membranfiltrering. Denne ph.d.-afhandling gennemgår mulighederne for at kombinere enzymer og membraner til industriel produktion af biodiesel.

Afgørende parametre, når man vælger katalysatorer til produktion af biodiesel, er højt udbytte, høj reaktionshastighed, og lav indkøbs- og driftspris. Enzymer kan ikke matche de traditionelle katalysatorer på disse punkter og har generelt et lavere udbytte, lavere reaktionshastighed samt en højere indkøbspris. Endvidere er enzymer ikke så robuste og inhiberes af methanol. Derfor skal methanol tilsættes i mindre end støkiometriske mængder af flere gange.

I denne afhandling diskuteres brugen af enzymer til produktion af biodiesel, og emnet er også belyst i to oversigtsartikler, der findes som appendiks A og B. Derudover er isotermisk kalorimetri blevet brugt i ph.d.-arbejdet til at belyse massetransport, reaktionshastighed og reaktionsmekanisme. Den resulterende artikel kan findes som appendiks C. Endeligt er et procesdesign og en økonomisk vurdering af, hvad det vil koste at producere biodiesel industrielt med immobiliserede enzymer blevet udført i ph.d.-arbejdet. Artiklen om dette kan findes som appendiks D.

Enzymkatalyseret biodieselproduktion fra rapsolie er fundet økonomisk rentabelt, og biodiesel kan fremstilles til en pris på 0,73 € /kg biodiesel ved en produktion på 200,000 tons /år.

Membraner kan anvendes til produktion af biodiesel både under og efter reaktionen. Membraner kan f.eks. intensivere oprensningsprocesser og erstatte mere forurenende enhedsoperationer såsom destillation og vask af biodiesel med vand. Keramiske ultrafiltreringsmembraner har vist at afvise triglycerider i høj grad og tillade transport af biodiesel gennem membranen under reaktionen. Denne separation opnås dog kun i heterogene blandinger med stort overskud af methanol i forhold olie (> 11:1 mol methanol til olie), så olien er suspenderet som dråber i methanolen. Det store overskud af methanol vil inhibere enzymer, hvorfor de to teknologier ikke kan kombineres under ens sammensætning af reaktionsblanding.

Efter reaktionen, kan membraner fjerne glycerol og katalysatorrester, rense glycerol samt adskille ureagerede triglycerider fra dannet biodiesel. Solventresistente nanofiltreringsmembraner har afvist ureagerede triglycerider i høj grad, men ikke biodiesel, i homogene reaktionsblandinger. Denne separation er opnået for en blanding af olie og 10:1 mol methanol efter 2 h reaktion. Hvis en sådan adskillelse kan udføres under reaktionen samt med et lavere forhold af methanol til olie, har denne membrantype potentialet til at blive kombineret med enzymer i én enzymatisk membranreaktor.

Resultater med teknologierne viser, at de foreløbig ikke kan kombineres i én reaktor, men kun som to på hinanden følgende enhedsoperationer. Den ønskede enzymaktivitet og membranseparation kan pt. ikke opnås under samme reaktionsblandingsforhold. De to teknologiers potentiale til at forbedre industriel biodiesel produktion er stor, men dette skal underbygges af yderligere forskning. Teknologierne skal stadig bevise, at de er robuste, operationelle i industriel skala, mere miljøvenlige samt økonomisk rentable alternativer.