

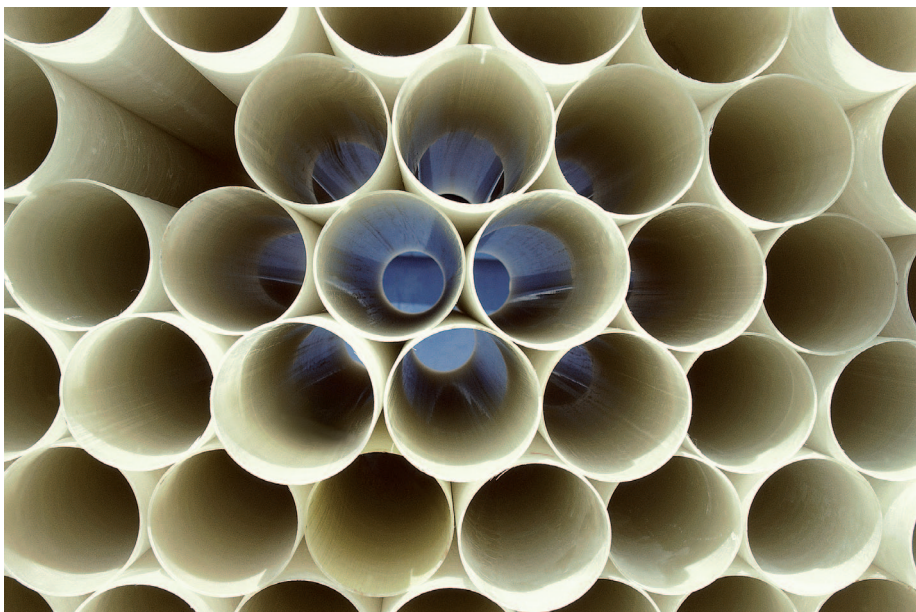
KATALISI HETEROGENEOAREN BIDEZ, JASANGARRITASUNAREN BILA

IKER AGIRREZABAL TELLERIA
Bilboko Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa,
Ingeniaritza Kimikoa eta Ingurumenaren
Ingeniaritza Saila, UPV/EHU

XIX. eta XX. mendeetako industriaren iraultzak produktu berriak ez ezik produktu horiek ekoizteko prozesuen aldaketak ere ekarri zituen. Burdina eta altzairua dira iraultza horretan indar gehien hartu zuten konposatuak; hala ere, petrolio dugu produktu-aukera ahalik eta zabalena eraldatzeko aukera eman duen iturria. Petroliorik gehiena —findua; adibidez, gasolina, gasolioa eta kerosenoa— energia-merkatura bideratzen da; beste parte handi bat, berriz, lubrifikatzaileak eta asfaltoak egiteko erabiltzen da. Bestalde, plastikoen ekoizpena dugu petrolioari lotutako beste iraultzetako bat. Plastikoen propietate nagusiak moldagarritasuna eta erresistentzia kimikoa dira, pisu txikia izan ohi dutela kontuan harturik batez ere. Baina zer faktorek edo egoerak eragiten dute petrolio gordina hainbeste produktu bihurtzea?

KATALISIAREN GARRANTZIA

Dudarik gabe, bere aurrekarien arabera da produktu baten izaera, egitura molekularren arabera alegia. Adibide garbienetako bat polimeroak dira: errenkan lotutako monomero berdinek luzera jakin bateko polimero-egitura sor dezakete. Funtsean, egitura kimikoa bera da, baina lehenago genioen moduan, kate luze bihurtzean, propietate gehigarriak hartzen dituzte polimero horiek. Erreakzio-kondizioez gain (tenperatura, presioa, fluxuak, etab.), katalizatzailearen izaera izan ohi da produktu baten bideragarritasuna erabakitzen duen faktoreetako bat. “Katalisi” terminoa Berzelius ikertzaileak erabili zuen lehenengo aldiz, 1836an. Halere, antzinako hartzidura-prozesuetan ere (ardoaren ekoizpena, kasu) erabili ohi zen katalisia. Nahiz eta orduko erabiltzaileek kontzeptu horren ezagutzarik ez eduki, hartzidura azkartzen eta produktu jakin bat lortzen laguntzen zuen konposatu hura biokatalizatzaile bat zen.



ARG.: ELHUYAR ZIENTZIA

Beren izaera fisiko eta kimikoaren arabera sailka daitezke katalizatzaileak. Biokatalizatzaileak, berriz, jatorri biologikoko katalizatzaileak dira (entzima izeneko proteinak, oro har). Industrialki elikagaiak (ogia, *Saccharomyces cerevisiae* bidez) edo erregaiak (Brasilen, azukre-kanaberatik eratorritako bioetanola) ekoizteko ere erabili ohi dira. Prozesu kimiko askotan baino erreakzio zailagoak bideratzeko aukera ematen du entzimen konplexutasunak. Dena dela, Mendebaldeko herrialdeetako kontsumo-eskaera kontuan hartuta, eragozpenik nagusiena hau dute: ekoizpen-abiadura baxua edo printzipio aktiboen desagerpena, batez ere prozesu termokimikoekin alderatuta.

Erreakzio-abiadura ahalik eta azkarrena izan dadin, jatorri mineraleko katalizatzaile asko garatu dira azken hamarkadetan, azido sulfurikoa edo sodio hidroxidoa kasu. Azke-

nik, katalizatzaileen konposizio kimikoa aldatuz, produktu desberdinen formazioa bizkortzeaz gain, prozesua produktu jakin batera bideratzea ere lor daiteke, merke gainera. Katalisi kimikoaren adibide garbienetako bat autoen kearen errekontza dugu. Izan ere, hainbat hidrokarburo eta nitrogenodun konposatu sortzen dira autoeen kearen konposizioan. Horien kutsakortasun-maila jaisteko, metal desberdinekin osatutako katalizatzaile kimikoak erabili ohi dira, kasu gehienetan solido moduan.

Industrian, bestalde, katalisi homogeneoa erabili ohi da konposatu gehienak egiteko. Bi likido edo bi gasen arteko kontaktuak katalisi homogeneoa bi fase berdinen artean burutzea ahalbidetzen du. Jakina, eragozpen nagusienak, berriztagarritasun murrizta edukitzeaz gain, prozesuak eragindako arazoak dira. Instalazioaren oxidazioak eta produktu/katalizatzailearen bereizteak



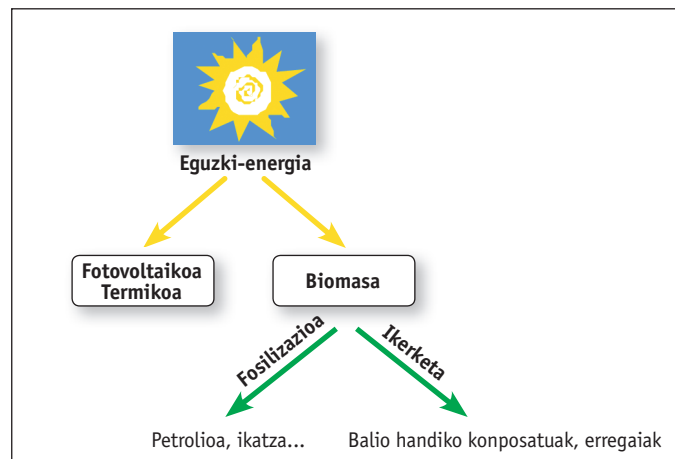
sistema osoaren kostuak igotzea eragiten du, eta, bereziki, ingurumenarentzat hain kutsagarriak diren korrante toxiko asko sortzea.

XXI. MENDEKO JASANGARRITASUNAREN IRAULTZA: BIOMASA ETA KATALISI HETEROGENEOA

Gaur egungo produktuen iturria eta haien eraketa-prozesua ardatz dituzte ekonomia eta bizimodu jasangarriak. Halere, gure ekoizpen-sistemak jatorri fosilak dituzte oinarri, oro har, : petrolio, gas naturala edo ikatza. Beraz, adierazle horiek jasangarriki egikaritzea erabat oztokatzen du sistema horrek. Gabezia hori ikusirik, alternatiba gisara biomasa eta katalisi heterogeneoa uztartzen dituen ikerketa bat egin da: Alde batetik, iturri berriagarri bat; bestetik, korrante askoren toxikotasuna murrizteko bide egoki bat.

Petrolio da gaur egungo iturri nagusia, eta lan honen helburua hau da: lurra berak sortzen duen biomasari bide berriak irekitzea. Definizioari bagazokio, eguzki-energia kontzentratua da biomasa. Prozesu entzimatikoa konplexu batzuen ondoren, karbono moduan gordetzen du energi hori. Fosilizazioaren eraginez, petrolio eta konposatu batzuk sortu dira, milioika urteren poderioz (ikusi 1. irudia). Biomasa "gaztea" aprobeztatzea du helburu ikerketa honek.

Biomasa eratorritako 30 konposatu nagusi identifikatu dituzte adituek. Horien artean dago furfurala, ikerketa honen ardatza. Industrialki garatutako prozesu baten bidez lor daiteke furfurala gaur egun, eta



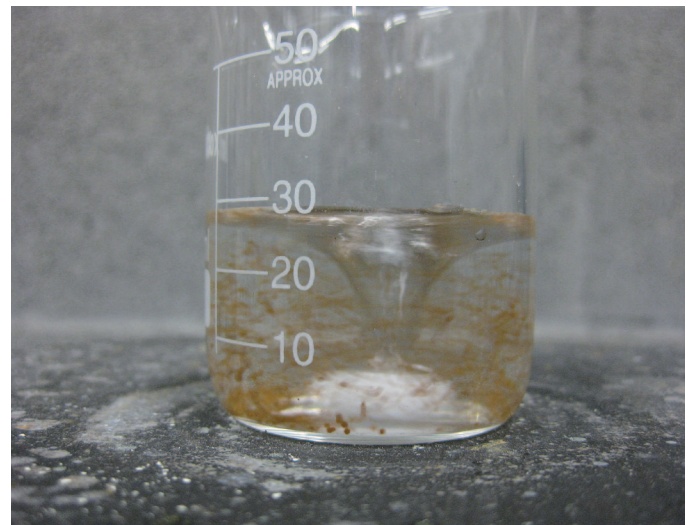
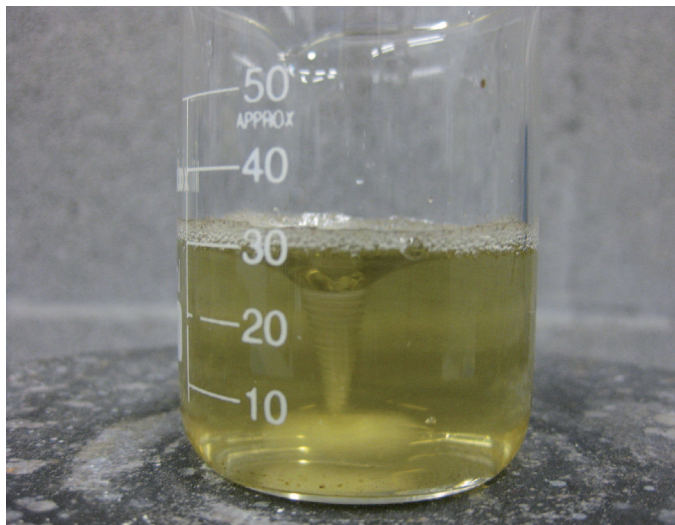
1. irudia. Eguzki-energiaren aprobeztamendua eta biomasaren eraldaketa-prozesuak.

hainbat erretxina, produktu farmazeutiko eta lubrifikatzaile ekoizteko erabili ohi da. Txina da ekoizle nagusia. Herrialde horretan, sekulako ingurumen-kalteak eragiten ditu erregulaziorik ezak. Arazo-iturri nagusia katalisi homogeneoen erabilera da; kasu honetan, azido sulfurikoa edo azido fosforikoa. Biomasa furfural bihurtzeko katalisi heterogeneoen sintesia du aztergai nagusi, honenbestez, ikerketa honek.

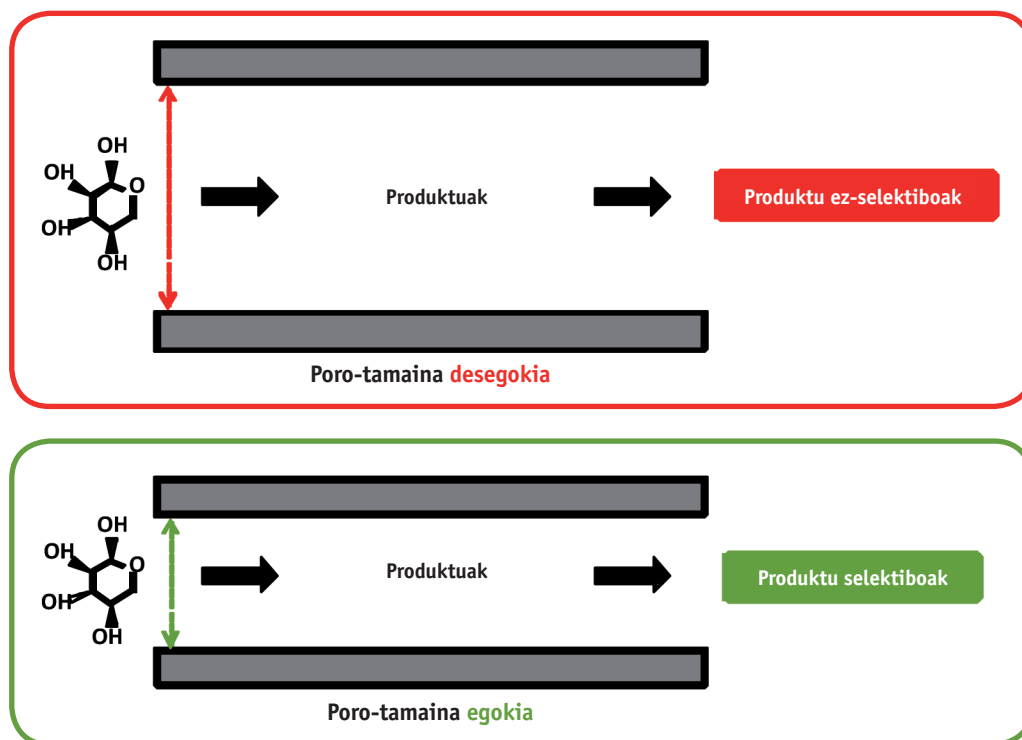
Material bat heterogeneo izateak hau esan nahi du: erreakzioa jazotzen den fase nagusia eta katalizatzailea egoera desberdinean daudela, hau da, erreakzioa, fase likidoan/gaseosoan, eta katalizatzailea, fase solidoan (2. irudia). Kasu horietan, katalizatzailearekin kontaktuan jartzean soilik gertatzen da erreakzioa. Bi eratara sailka ditza-

kegu katalizatzaile heterogeneoak, beren propietateen arabera gehienetan: material osoaren propietate fisikoak eraldatuta (kasu gehienetan, poroen tamaina) eta geruzako zentro aktiboen izaera aldatuta.

Katalisi heterogeneoaren funtsa molekular bere tamainaren arabera sailkatzean datza. Horretarako, geruza handiko materialak behar izaten dira. Hori lortzeko, material porotsuak (esponjen modukoak) erabil daitezke. Har dezagun furfurala adibide moduan: kasu honetan, xilosa izeneko azukretik abiatuko gara, zeinak furfural bihurtzeko deshidratazio-erreakzio bat jasango duen. Jakina, erreakzioa gerta dadin, konbertsio-puntura heldu behar du azukre horrek. Horretarako, poro-egitura egokia diseinatu behar izan da, xilosak 0,72 nm-ko tamaina duela kontuan



2. irudia. Katalisi homogeneoan fase bera sortzen da (ezk.); heterogeneoan, bi fase (esk.).



3. irudia. Katalisi heterogeneoaren helburua da poro-tamaina estuarekin produktu selektiboak lortzea.

hartuz. Poroak handiegiak badira, nahi ez ditugun produktuak era daitezke. Bestalde, poroaren tamaina optimizatuz gero, asko errazten da furfuralaren ekoizpena (ikus 3. irudiaren bigarren zatia). Emaitzen arabera, materialaren sintesi-tenperatura 10 °C aldatzeak propietate fisikoetan aldaketa erabakigarriak eragiten ditu. Hona emaitza nagusietako bat: silizioz osatutako katalizatzaile azido baten poro-tamainarik egokiena aurkitu da.

Parametro bakarra aldizka aldatzeko, ikerketaren bigarren zatiak magnesio eta fluorurarekin osatutako materialen propietate kimikoak aldatzeari ekin dio. Propietate fisiko oso antzekoak dituzten materialetan oinarrituz, zentro kimikoen kantitatea eta izaera aldatzeko sintesi-prozedura garatu da. Kasu honetan, furfurala lortzeko bide desberdinak aurkitu dira. Zentro azido sendoek zuzeneko bidea ahalbidetzen dute; ahulek, bestalde, tarteko konposatu desberdinak sortuz ematen den erreakzio-bidea definitu dute. Jakina, produktu-errendimendu desberdinak eman dituzte kasu batek eta besteak, eta batez ere erreakzio-abiadura az-

kartu duten zentroak identifikatu dira. Bi zentroen kantitatea 0 eta % 100 artean aldatu da, eta, emaitzen arabera, kantitate optimo bat duen katalizatzailea sintetizatzea lortu da.

Katalizatzaile heterogeneo horien abantailetakoa bat hau da: erreakzio ondorengo bereizketa erraztu egiten dutela. Erreakzio horiek fase likidoan gauzatu ondoren, katalizatzaile solidoa iragazi eta berreskuratzea lortu da. Horrez gain, prozesu horren bideragarritasuna ebaluatzeko, katalizatzaile berrerabili eta aurrez lortutako errendimendu-balio berak lortu dira. Hartara, katalisi homogeneoak dituen bereizte-arazoak saihestu eta prozesu "berdeago" bat diseinatzea lortu da.

Lanak ondorioztatu duen moduan, garatutako katalisi eta teknologiak gaur egun bideragarriak ez diren prozesu asko balioztatzea eta jasangarritasun-maila altuago bat lortzea ekar dezakete; horrez gain, ingurumenak biziki eskertuko dizkigun pausoak ematen jarraitzeko aukera eskainiko digute. ●

ERREFERENTZIAK

- AGIRREZABAL-TELLERIA, I.; REQUIES, J.; GÜEMEZ, M.B.; ARIAS, P.L.: "Pore size tuning of functionalized SBA-15 catalysts for the selective production of furfural from xylose". *Appl. Catal., B.* 115-116 (2012) 178.
- AGIRREZABAL-TELLERIA, I.; HEMMANN, F.; JÄGER, C.; ARIAS, P.L.; KEMNITZ, E.: "Functionalized partially hydroxylated MgF₂ as catalysts for the dehydration of d-xylose to furfural". *Journal of Catalysis*, 305 (2013) 81.
- CORMA, A.; IBORRA, S.; VELTY, A.: "Chemical Routes for the Transformation of Biomass into Chemicals", *Chem. Rev.*, 107 (2007) 2411.
- FARNETTI, E.; DI MONTE, R.; KAŠPAR, J.: "Homogeneous and heterogeneous catalysis". *Inorganic and Bio-organic Chemistry*, Vol II.
- KARINEN, R.; VILONEN, K.; NIEMELÄ, M.: "Biorefining: Heterogeneously Catalyzed Reactions of Carbohydrates for the Production of Furfural and hydroxymethylfurfural", *ChemSusChem*, 4 (2011) 1002.