

Polimero jasangarriak garatzea elikagaiak ontziratzekeo

Nazio Batuen Erakundeak garapen jasangarrirako zenbait helburu argitaratu ditu. Haien artean daude gosea murriztea, elikagaien segurtasuna mantentzea eta elikadura hobetzea. Erronka horiei aurre egiteko hainbat aukera daude; horietariko bat da elikagaien biziraupena luzatzea ontziratze egokia erabiliz.

Hala ere, XXI. mendean ontziratzekeo erabiltzen diren plastikoen arazo larria sortu dute hondakinen kudeaketa desegokia dela eta. Arazo hori konpontzeke ezinbestekoa da ingurumenarekiko jasangarriak diren material berriak garatzea, eta hori izan da doktore-tesi honen helburua.

Ontziratzea elikagai-hondakinak murrizteko

Nazio Batuen Elikadura eta Nekazaritza Erakundeak (FAO) eginko azterketen arabera, munduan ekoizten diren elikagaien % 14 hondatu egiten da dendara iritsi aurretik. FAOren arabera, 2019an, 690 milioi pertsona baino gehiago gosete-egoeran zeuden. Hori dela eta, ezinbestekoa da elikagai-hondakinak murriztea; erronka horretan, premiazkoa da ontzi egokiak erabiltzea. Izan ere, ontziek elikagaien kalitatea eta segurtasuna bermatzen dute, produktua garraiatu, biltegitatu eta kontsumitzen den bitartean. Kontuan izan behar da elikagaiak hondatu egin daitezkeela aldaketa fisiko, kimiko edo biologikoen ondorioz.

Ontziratzean zenbait material erabiltzen dira, hala nola metala, beira, kartoia eta plastikoa (1. irudia). Material-mota bakoitzak baditu bere abantailak eta desabantailak. Adibidez, metala eta beira iragaztezinak dira, hau da, kanpoko gasek edo lurrunez ez dute ontzia zeharkatzen, eta erraz birziklatzen dira. Baina badituzte zenbait desabantaila: bate-

tik, energia-kantitate handia xahutzen da material hauek prozesatzeko, eta, bestetik, oso astunak dira, eta horrek eragina dauka garraioan, erregai gehiago kontsumitzen baita.



Metala

Beira

Kartoia

Polimeroa

1. irudia. Ontziratzekeo erabiltzen diren materialak: metala, beira, kartoia eta polimeroa. Iturria: Sangronizek Pixabaytik moldatua.

Plastikoak, ordea, merkeak, prozesatzen errazak eta arinak dira. Hala ere, azken urteetan, plastikohondakinen kudeaketa desegokiak arazo larria sortu du ingurumenean. Gaur egun, plastikohondakinak kudeatzeko hiru modu daude: zabortegietan pilatzea, mekanikoki birziklatzea (prozesu horren ondorioz lortzen den materialaren propietate fisikoak okerragoak dira) eta erraustegietan erretzea. Aipaturiko aukera horiek guztiek zenbait desabantaila dituzte, eta ingurumenarekiko ez dira oso jasangarriak. Arazo horri aurre egiteko, zenbait irtenbide proposatu dira; hala nola, biodegradagarriak edota kimikoki birziklagarriak diren polimeroak erabiltzea.

Polimeroak: ontziratzekeo material apartak

Ontziratzekeo erabiltzen diren material polimerikoek zenbait ezaugarri izan behar dituzte: gardenak izan behar dute, hesi-ezaugarri onak izan behar dituzte eta propietate mekaniko egokiak.

Ainara Sangroniz Agudo
EHU eta POLYMATEko ikertzailea



Hesi-ezaugarri onak zer diren azaldu aurretik, iragazkortasuna zer den ulertu behar da. Polimeroak, beira eta metala ez bezala, iragazkorak dira hainbat gasekiko. Hau da, molekula txikiek polimeroa zeharkatu dezakete; beraz, gas-molekulen garraioa gertatzen da edukiontzia-aren barnealdetik ingururera, eta alderantziz (2. irudia). Gas edo lurrin horren garraioak ontziratutako produktua honda dezake. Bestalde, elikagaien konposatu lurrindunak ere gal daitezke, eta kalitatea murriztu. Ondorioz, oso garrantzitsua da ontziratzean erabiliko diren polimeroen hesi-ezaugarriak ezagutzea. Orokorrean, material batek hesi-ezaugarri onak dituela esaten da gas eta lurrunekiko iragazkortasuna baxua duenean.

Ontziaren materiala aukeratzeko, ontziratutako behar den produktuaren ezaugarriak izan behar dira kontuan (3. irudia). Esaterako, fruta eta barazkiek arnasa hartzen dute; beraz, ontziratzean erabiltzen den materialak oxigeno eta karbono dioxidoarekiko iragazkorra izan behar du. Haragi gorriaren kasuan, materialak oxigenoarekiko iragazkorra izan behar du; bestela, haragiak bere kolore gorria galduko du, kolore marroixka hartuz. Ogia eta antzeko produktuetan, ura sartzea ekidin behar da, testura kurruskaria mantentzeko. Garagardoa ontziratzean erabiltzen den materialak oxigenoa sartzea saihestu behar du, produktuaren propietate organoleptikoak aldatzen baititu. Beraz, esan bezala, materialak elikagai bakoitzaren arabera propietateak izan behar dituzte. Hala ere, oro har, ontziratzearen arloaren erronka nagusia da gas eta lurrunekiko iragazkortasun baxua duten materialak lortzea.

Gaur egun, ontziratzean gehien erabiltzen diren materialak polietilenoa, polipropilenoa eta polietilen tereftalatoa dira, merkeak baitira eta propietate fisiko egokiak baitituzte. Baina halako materialak ez dira biodegradagarriak; behin erabili ondoren,



2. irudia. Ontziratzean erabiltzen diren materialak elikagaia babesten dute kanpoko ingurunetik; esaterako, oxigenotik edo ur-lurrunetik. Iturria: Sangronizek Pixabaytik moldatua.



3. irudia. Ontziratutako behar den elikagaiaren arabera, materialak ezaugarri jakin batzuk izan behar ditu. Iturria: Sangronizek Pixabaytik moldatua.

zabortegetian edo ingurunean pilatzen dira, eta plastiko hondakinen arazoa areagotzen dute.

Polimero biodegradagarriak: plastiko-hondakinen konponbidea?

Araza horri aurre egiteko konponbide bat polimero biodegradagarriak erabiltzea izan daiteke, baldintza jakin batzuetan degradatu egiten baitira, biomasa, karbono dioxidoa, ura eta antzeko substantziak lortuz. Hala, ez da hondakinik sortzen, eta ekonomia zirkularra bultzatzen da.

Polimero biodegradagarri erabilienak polilaktida eta polikaprolaktona dira, baina zenbait desabantaila dituzte: oro har, propietate mekanikoak ez dira egokiak, hauskorak direlako, eta, bestalde, gas eta lurrunekiko iragazkortasun altua dute. Material

horien ezaugarriak hobetzeko zenbait aukera daude, eta horietariko bat da propietate hobeak dituzten polimeroekin nahastea. Horrela, polimero biodegradagarrien propietateak hobetu daitezke modu merke eta erraz batean. Nahaste hori nahaskorra edo nahastezina izan daiteke. Normalean, polimeroak nahastezina dira, hau da, bi fasetan banatzen dira, olio eta ura nahasten ez diren bezala. Helburua nahaste nahaskorra lortzea da, horrelako nahasteek propietate fisiko hobeak izaten baitituzte.

Tesi honetan, poli(butilen adipato-*ko*-tereftalatoa) (PBAT) polimero biodegradagarria aztertu da, propietate mekaniko egokiak baititu ontziratzeko erabilgarria izan dadin. Hesi-ezaugarriari dagokienez, gas eta lurrunezko iragazkortasun altua dauka. Hori dela eta, PBATaren propietateak hobetzeko, fenoxi erretxinarekin (PH) nahastu da, zeinak iragazkortasun baxua baitu (4. irudia). Lortu diren nahasteak nahaskorrak dira aztertu den konposiziotarte zabalean. Hesi-ezaugarriari dagokienez, nabarmen hobetzen direla ikusi da: soilik % 25 fenoxi erretxina gehituta, nabarmen murrizten da ur eta limoneno lurrunarekiko iragazkortasuna. Bestalde, nahaste horiek nola degradatzen diren ere aztertu da, fenoxia gehitzeak degradazioan daukan eragina ikertzeko. Nahasteetan degradazioa PBAT hutsean baino mantoago gertatzen bada ere, polilaktida edo polikaprolaktonaren antzeko degradazioabiadura dute. Beraz, ondoriozta daiteke lortu diren nahasteak ontziratzean erabiltzeko baliagarriak direla.

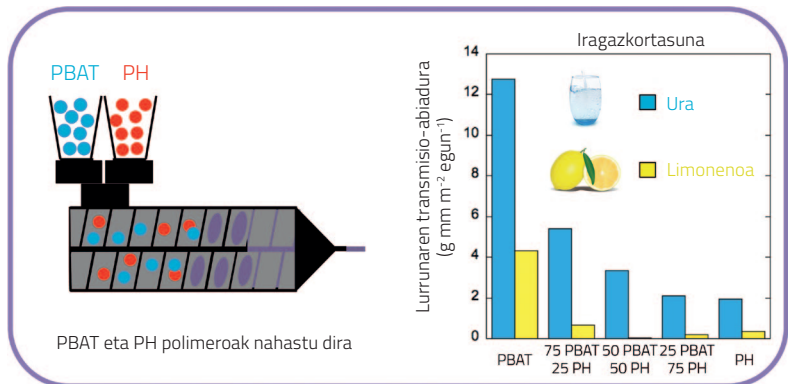
Kimikoki birziklagarriak diren polimeroak

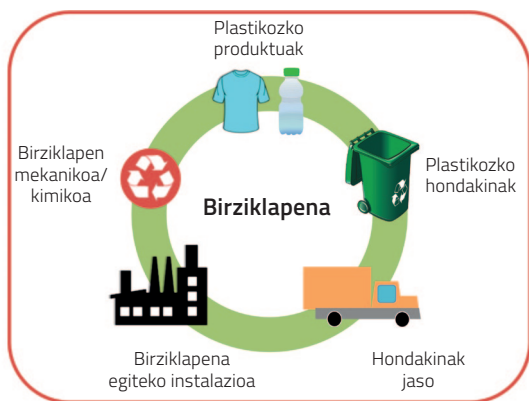
Azken urteotan, interes handia piztu dute kimikoki birzikla daitezkeen polimeroek. Mota horietako polimeroak, behin erabilia, birziklatu egin daitezke hasierako konposatuak berreskuratuz. Birziklapen kimikoa eta lehen aipatu den birziklapen mekanikoa zeharo desberdinak dira. Birziklapen mekanikoan, hondakin plastikoak txikitu eta sailkatu egiten dira polimero-motaren arabera. Ondoren, polimero-mota bakoitza berotu egiten da eta forma ematen zaio, pieza berri bat lortzeko. Materiala berriz prozesatzen denez propietateak kaskartu egiten dira, eta, ondorioz, prozedura hori ezin da nahi beste aldiz errepikatu (5. irudia).

Birziklapen kimikoari dagokionez, bestalde, prozesua ulertzeko lehendabizi polimeroak nola osatzen diren jakin behar da. 5. irudian ikus daitezkeen bezala (ikus birziklapen kimikoaren atala), behin eta berriz errepikatzen diren unitatez osaturiko kate luzeak dira polimeroak. Adibide bat jarritz: unitate errepikakorra perla bat bada, perla bat bestearrekin lotuz osatzen den lepokoa da polimero-katea. Behin polimeroa erabilia kimikoki birzikla daiteke, hasierako perla berreskuratuz, eta perla horiekin berriro osa daiteke lepokoa. Beraz, material horiek infinituki birzikla daitezke, eta haien propietate fisikoak ez dira galtzen.

Kimikoki birziklagarriak diren polimeroek badituzte zenbait arazo: alde batetik, oso zaila da gutziz bir-

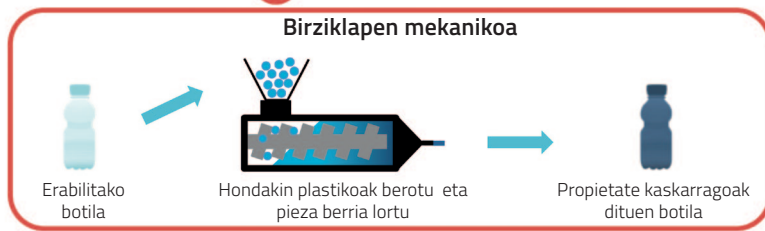
4. irudia. PBAT/PH nahasteak prestatu dira, eta ur- eta limoneno-lurrunaren transmisio-abiadura, hots, iragazkortasuna, neurtu da. Irudia: Ainara Sangroniz.



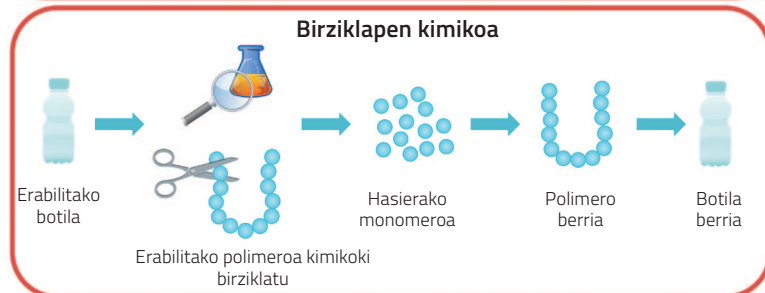


Birziklapena

Birziklapen mekanikoa



Birziklapen kimikoa



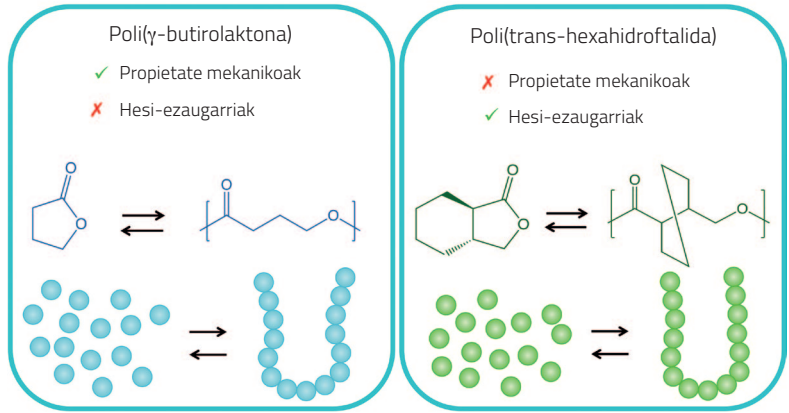
5. irudia. Plastikozko hondakinak jaso eta instalazio egokietara eramaten dira birziklatzeko. Birziklapen mekanikoa eta birziklapen kimikoa zeharo desberdinak dira. Iturria: Sangronizek Pixabaytik moldatua.

zikla daitekeen material bat lortzea, eta, bestetik, erraz birziklatzen bada, materialaren propietate fisikoak kaskarrak dira; esaterako, ez dituzte propietate mekaniko egokiak, ontziratzean erabiltzeko. Hori dela eta, orain arte ikertu diren mota horretako polimeroek ezin dituzte ordezkatu gaur egun merkatuan erabiltzen direnak.

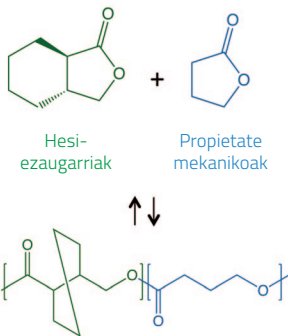
Tesi honetan, γ -butirolaktonan oinarritutako polimeroak sintetizatu dira elikagaiak ontziratzeko erabiltzeko helburuarekin. 6. irudian ikus daitezkeen bezala, γ -butirolaktona bost atomoz osatutako eraztun bat da, non erpin bakoitzean karbono atomo bat dagoen bi hidrogeno atomori lotuta. Horretaz gain, eraztuneko karbono bati oxigeno atomo bat lotzen zaio. Bost atomoko egitura honek polimeroa kimikoki birziklatzen laguntzen du. Poli(γ -butirolaktonak) propietate mekaniko apartak ditu, baina iragazkortasun altua dauka gas eta lurrunezko; ondorioz, ez da egokia ontziratzean erabiltzeko (6. irudia). Bestalde, γ -butirolaktona eraldatu egin da 6 atomoko eraztuna txertatuz, eta, hala, poli(trans-hexahidroftalida) polimeroa lortu da. Polimero hori ere kimikoki birziklagarria da, baina, kasu honetan, aurkako propietateak ditu: gas eta lurrunezko oso iragazkortasun txikia du, eta hori abantaila bat da ontziratzeko, baina propietate mekanikoak ez dira egokiak, oso hauskorra baita (6. irudia).

Kimikoki birziklagarriak diren polimeroen sintesia

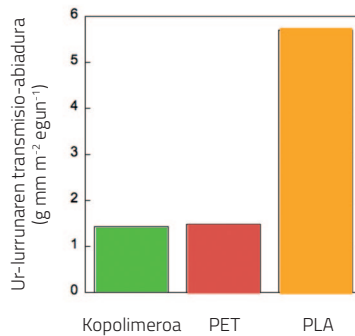
6. irudia. Kimikoki birziklagarriak diren bi polimeroen sintesia azaltzen da. Erreakzio-kondizioen arabera, polimeroa (lepokoa) edo hasierako monomeroa (perlak) lor daiteke. Irudia: Ainara Sangroniz.



Kimikoki birziklagarriak diren kopolimeroen sintesia



Iragazkortasuna



7. irudia. Bi monomero-motak konbinatuz kopolimeroak lortzen dira, eta bi homopolimeroen ezaugarriak dituzte, hots, hesi-ezaugarri eta propietate mekaniko onak. Grafikoan ur-lurrunaren transmisio-abiadura ageri da sintetizatutako kopolimeroarentzat, PETarentzat (merkatuan gehien erabiltzen den materialetako bat) eta PLArentzat (polimero biodegradagarri garrantzitsuenetako bat). Irudia: Ainara Sangroniz.

Hori guztia kontuan izanda, bi monomeroak konbinatu egin dira kopolimeroak lortzeko (7. irudia). Irudian ikus daitezkeen bezala, kopolimeroak ur-lurrunarekiko duen iragazkortasuna polietilen tereftalatoaren antzekoa (PET) eta polilaktidarena (PLA) baino askoz baxuagoa da. Kopolimeroaren propietate mekanikoei dagokienez, polietilen tereftalatoaren antzekoak eta polilaktidarenak baino hobek dira, azken hori hauskorra baita. Ondorioz, material berri horiek gaur egun merkatuan erabiltzen diren polimeroen orde erabil daitezke. ●

Bibliografia

[1] FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO, The state of food security and nutrition in the world 2020. FAO, Rome, 2020.

[2] W.J. Koros, Barrier Polymers and Structures. American Chemical Society, Washington, 1990.

[3] J. Areizaga, M. Cortázar, J.M. Elorza, J.J. Iruin, Polímeros. Síntesis, Madrid, 2002.

[4] R.A. Gross, B. Kalra, Biodegradable polymers for the environment, Green Chemistry, 297, 803–807, 2002.

[5] V. Siracusa, P. Rocculi, S. Romani, M.D. Rosa, Biodegradable polymers for food packaging: a review, Trends Food Science and Technology, 19, 634–643, 2008.

[6] X. Tang, E.Y.X. Chen, Toward infinitely recyclable plastics derived from renewable cyclic esters. Chem, 5, 284–312, 2019.

[7] G.W. Coates, Y.D.Y.L. Getzler, Chemical recycling to monomer for an ideal, circular polymer economy, Nature Reviews Materials, 5, 501–516, 2020.