

Plastikozko hondakinen kudeaketa eta balioztatzea

*María José San José
Sonia Álvarez
Miguel A. Izquierdo*

Ingeniaritza Kimikoa Saila
Euskal Herriko Unibertsitatea/Zientzi Fakultatea
Leioako Campusa (Bizkaia)
Telefono zenbakia: 946015362
e-mail: iqpsaalm@lg.ehu.es

Laburpena: Azken urteotan, plastikoen abantailak direla eta, izugarri handitu da beraien erabilera eta horren ondorioz, plastikozko hondakinen kantitatea gero eta handiago da. Hondakin hauek zabortegetara bota daitezke arazorik gabe, gehienak egonkorak eta ez-toxikoak baitira. Hala eta guztiz ere, plastikozko hondakin hauek baliozko lehengaiak dira, beraz ez du zentzurik zabortegetara botatzea duten balioa atera gabe. Hortaz, artikulua honetan, plastikozko hondakinen kudeaketa eta birziklapenaren bideak landuko dira.

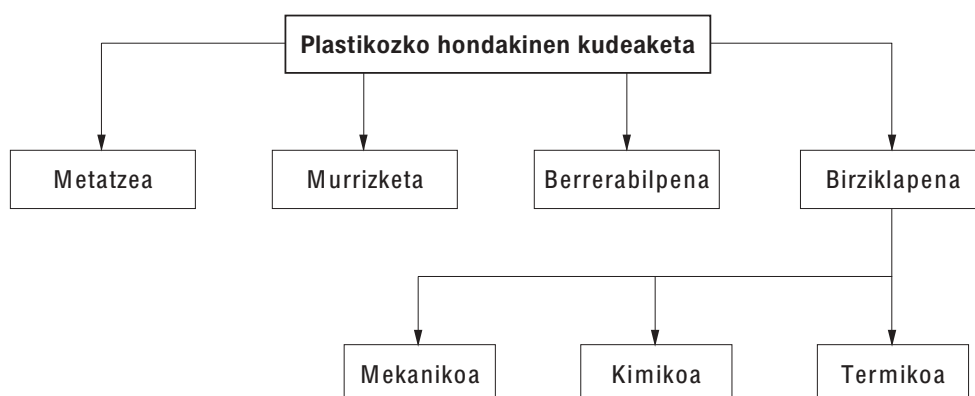
SARRERA

Plastikozko hondakinen bolumena murrizteko zenbait bide daude eta bide edo tratamendu hauek metatzearen arazoa konpontzeaz gain, hondakinen balio energetikoa eta ekonomikoa ere berreskuratzen dute. Dena den, tratamenduek hondakin mota bakoitzerako bereziak izan behar dute, hots, iturriaren, egoeraren, lantegien kokapenaren eta ondorengo erabileraren arabekoak.

Plastikozko hondakinen kudeaketarako aukerak 1. irudian ageri dira: zabortegetara botatzea, murriztea, berrerabilpena eta birziklapena dira batez ere.

Hondakinak zabortegetara botatzea ez da aholkagarria: hondar gehiago sortzen dira, ez da beraien ahalmena berreskuratzen eta baliabide gehiago kontsumitu behar da beraien ordez.

Hondakinen bolumena murrizteko, plastiko gutxiago sortu behar da. Gai bat egiteko erabiltzen den plastiko kantitatea murriztea ekoizleari dagokio eta gaur egun, ekoizpen-teknologia berriei esker lor daiteke.



1. irudia. Plastikozko hondakinen kudeaketa.

PLASTIKOEN BERRERABILPENA

Berrerabilpena gaiak garbitu ondoren jatorrizko helburu berbererako erabiltzean datza. Adibidez supermerkatuko poltsak behin eta berriro erabil daitezke apurtu arte. Dena den, ia ezinezkoa da zaborretatik plastikoak berreskuratzea. Hala ere, industriako soberakinak erabil daitezke. Plastikozko hondakinak konposatu organiko berriak lortzeko erabil daitezke, adibidez, errepideen gaineztalietako materialei erresistentzia mekaniko handiagoa ematen dien betegarri moduan, edo kalitate txikiko eta esfortzu txikia jasan behar duten gehigarriak egiteko, hala nola, zaborretarako ontziak.

Europan ondo hautatutako plastikoak soilik berrerabiltzen dira. Japonian, aldiz, plastikoak hautatu gabe erabiltzen direnez, kalitatea okerragoa izaten da.

PLASTIKOEN BIRZIKLAPENA

Birziklapenak hondakinen osagai bat edo batzuk berreskuratzea du helburu. Birziklapenaren bidez, plastikoaren bizitza luzatu egiten da. Birziklapenaren diseinuan hondar plastikoaren bidez ekoiztutako produktuen erabilerak ondoko muga teknikoak kontuan hartu behar dira:

DEGRADAZIO MOLEKULARRA ETA SAREKETA

Material plastikoak eragile kimiko, hidrolitiko eta mekanikoekiko eta erradiazio ultramorearekiko sentikorrak dira. Hori dela eta, euren prozesamendua errepikatzeak ondorio txarrak eduki ditzake beraien propietateetan. Horren ondorioz, beraiekin egindako gaien kalitatea gero eta txikiagoa izan daiteke. Esate baterako, PS poliestirenoari hogeita transformazio egin ondoren, erdiraino murrizten da pisu molekularra, eta horren ondorioz, beraren erresis-

tentzia mekanikoa ere bai. HDPEren eta LDPEren (dentsitate altuko eta baxuko polietilenoa) prozesaketa behin eta berriro errepikatzeak molekulen sareketa eragiten du; hortaz, jariakortasuna murrizten du propietate mekanikoak ia aldatu gabe.

MATERIAL PLASTIKOEN ARTEKO BATERAEZINTASUNA

Material plastiko bakoitzak bere ezaugarri bereziak ditu, hortaz material plastiko gehienak bateraezinak dira euren artean. Beraz, plastikoen nahasteak birziklatzen direnean, ondorio hauek nabariagoak dira, bai produktuen ezaugarrietan, bai haren propietate fisikoetan. Hortaz, birziklapena egin aurretik plastikoak ondo bereiztu behar dira euren artean. Material plastikoen nahaste bateraezinek orokorrean propietate mekaniko desberdinak daukate. Adibidez, PVC/LDPE nahasteari PVCren %5a gehitzen bazaio, izugarri jaisten dira propietate mekanikoak.

Nahasteen propietateak hobetzeko hiru bide daude: erabili gabeko polimeroa eranstea, gehigarriak sartzea eta osagai ez-plastikoak eranstea. Osagai ez-plastikorik errazena eta merkeena airea da, hala ere, airearekin aparrek ager daitezkeenez, normalean material plastiko erresistenteagoak erabiltzen dira, adibidez, papera, egurra, beira edo metala.

HONDARREN KUTSADURA

Hondar plastikoek, zikin daudenean edo beste hondar batzuekin kutsatuta daudenean, berrerabilerako edo osasunerako arazoak sor ditzakete.

Plastikoen birziklapena lau motatakoa izan daiteke: birziklapen primarioa, birziklapen sekundarioa, birziklapen tertziarioa eta birziklapen koaternarioa [1].

Birziklapen primarioa

Birziklapen mota hau, material termoplastikoei ezartzen zaie eta, oro har transformazio plantetan soberan dauden zatitxoak edo ebakidurak erabiltzean datza, hala nola, poliolefinak, polibiniloak, akrilikoak poliamidak eta poliesterrak erabiltzea. Erabili gabeko materialaz lortzen den piezaren antzekoa lortzen da hondarraren prozesaketa fisikoaren bidez ondoko urratsi jarraituz: urtzea, prozesaketa eta solidotzea.

Birziklapen mota honetan azken produktua lortzeko erabiltzen diren hondarrek jatorrizko artikularen aplikazio bera daukate. Zatitxoak material plastiko erabili gabearekin sartzeko hiru baldintza bete badituzte: homogeneok izatea, garbi egotea, oinarrizko materialaren tamainaren antzekoa izatea.

Material erabili gabeari erantzen zaion hondar plastikoen proportzioa, polimeroaren izaeraren, hondarren historia termikoaren eta prozesaketa-sistemaren arabera izaten da. Nahaste horiekin eskuratzen diren azken produktuek material polimeriko erabili gabearekin soilik egindakoaren ezaugarri berberak edukiko dituzte.

Birziklapen primarioa bi eratarata egin daiteke: lehenengo hondarra prozesatuz eta ondoren material erabili gabeari erantsiz edo plastikozko zatitxoak eta jatorrizko materiala batera prozesatuz.

Birziklapen sekundarioa

Birziklapen honi birziklapen mekanikoa ere deritzo. Gai berriak egiteko plastiko erabiliak, hots, hiriko hondar solidoak, ontzi itzulgarriak edo industriako hondar nahasiak oso degradatu edo kutsatuak biltzean eta birziklatzean datza. Birziklapen mota honen bidez, plastiko termoplastikoak soilik birzikla daitezke, normalean, polietilenoa eta binil polikloruroa.

Birziklapen mekanikoa ez da inola prozesu edo bide berria; izan ere, plastikoa agertu zenetik (direla 28 urte inguru) erabiltzen da, eta gaur egun birziklapenaren bidez berreskuratzean diharduten 100 enpresa inguru daude Estatuan eta 6 enpresa Euskal Autonomi Erkidegoan.

Birziklapen honen lehenengo urratsa plastikoen bilketa hautatua da eta bilketa hau bi eratarata egin daiteke. Alde batetik, jatorrian kontsumitzaileek sailka ditzakete eta bestetik, planta industrialean zenbait tekniken bidez, adibidez igeriketa teknikaren bidez [2]. Kontsumitzaileek plastiko mota desberdinak ondo bereizten ez dituztenez gero, identifikaziorako zenbakiak ipini behar zaizkie [2].

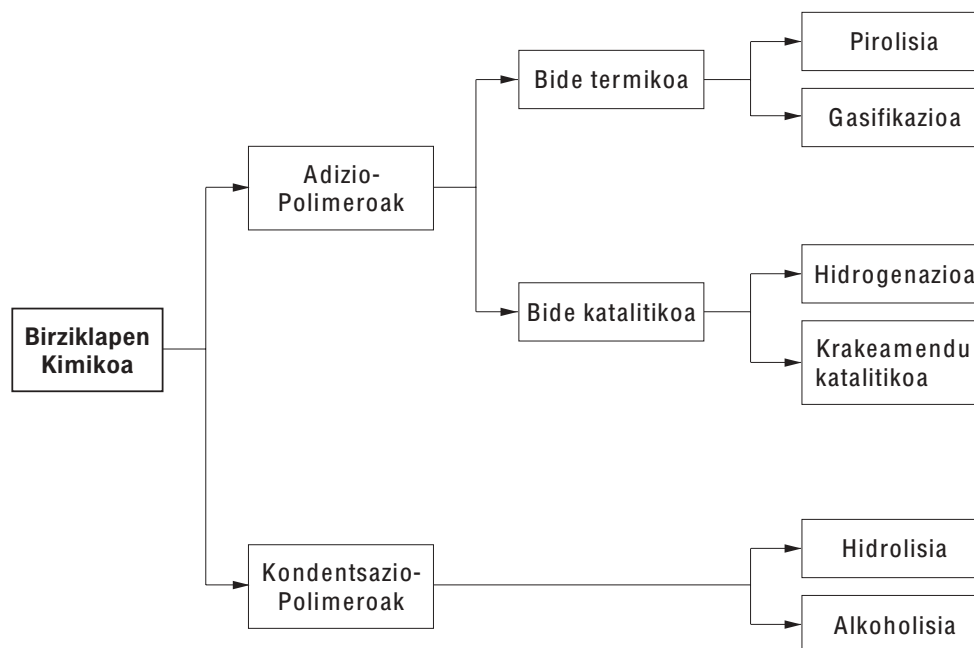
Material plastikoa bildu ondoren, birrindu egiten da dentsitatea handitzeko. Jarraian birrindutako plastikoak garbitu egiten dira zikintasuna kentzeko. Garbitutako zatitxoak lehortu ondoren estruitzailean sartzen dira material plastikoa berria lortzeko. Prozesu honetan, produktu kimikoak gehi daitezke, plastiko-nahasteak trinkotzeko.

Material termoeogonkorrei eta elastomeroei itxura berriro eman ezin zaenez, material zatitua betegarri gisa edo beste material batzuen zama gisa erabiltzen da.

Birziklapen tertziarioa

Birziklapen kimikoa ere esaten zaio. Birziklapen honetan eskuratzen diren produktuak dira lehengaiak, erregaiak eta beste produktu kimiko batzuk. Birziklapen honen abantaila lehengaien zikloa ixtea da. [3]

Birziklapen kimikoaren prozesu nagusiak 2. irudian ageri dira.



2. irudia. Birziklapen kimikoaren aukerak.

Pirolisia

Estekiometriaren arabera behar den oxigeno kantitatea baino gutxiago elikatuz tenperatura altuetan hondarrak berotzean datza. Pirolisian despolimerizazio-erreakzioak, kate-apurketak, kokizazioa eta abar gertatzen dira. Lortzen diren produktuak: H_2 -a, CO-a, CO_2 -a, CH_4 -a, eta etilenoz osaturik dagoen gas-fasea, likido-fasea eta hondar solidoa dira.

Pirolisirako zenbait teknologia daude eta beraien arteko desberdintasunak errektore mota, tenperatura-tartea eta berokuntza mota dira. Erreaktore motari dagokionez, gehien erabiltzen direnak ohantze mugikor bertikala, horizontala, birakaria, ohantze fluidizatuak eta ohantze iturrituak dira. Tenperaturak 400-800°C bitartekoak izan ohi dira.

Errekuntzaren aldean, pirolisiak gutxiago kutsatzen du, sortutako gasen bolumena txikiagoa baita eta plastiko mota guztiak erabil daitezke.

Desabantailak: plastikoen eroletasuna txikia denez, egoitza-denborak eta tenperaturak oso altuak izan behar dute.

Gasifikazioa

Hidrokarburoen oxidazio partziala eginez, sintesi-gasa lortzen da gasifikazioan. Gasifikaziorako baldintzak pirolisiarenak baino gogorragoak izaten dira, erabiltzen den tenperatura 900°C eta presioa 600 bar baino altuagoa izan baitaiteke.

Hidrogenazioa

Presio eta tenperatura altuetan lan eginez gordin sintetikoa erdiestean datza hidrogenazioa. Dena den, hala gasifika zesaketarako unitaterako behar den besteko elikadura ziurtatzea.

Krakeatze katalitiko edo hidrokrakeatzea

Erabili ohi den katalizatzailea zeolita edo aluminosilikatoa da. Katalizatzaile honek konposatu molekularren, hau da, adizio-polimeroen (poliolefinen, polibiniloen eta akriliko) degradazioaren hautakortasuna hobetzen du. Erabilera eta osaera desberdinak dituzten hidrokarburo zatikiak lortzen dira. Eragozpenak dira metal astunak egotea eta prozesaketarako unitaterako behar den besteko elikadura ziurtatzea.

1. taulan, plastiko batzuetatik abiatuak 510°C-tan krakeatzea eginez lortutako hidrokarburoak aurkezten dira. Krakeatzen diren produktuak dira HDPEa, LDPEa, PPa, eta %40a PPz, %15a LDPEz eta %45a HDPEz osaturik dagoen nahastea.

1. taula. Krakeatze termikoaren bidez lortutako hidrokarburoen pisuzko portzentaiak.

Produktuak	HDPEa	LDPEa	PPa	Nahastea
Metanoa	0.3	0.4	0.6	0.4
Etilenoa	0.6	0.8	0.5	0.6
Etanoa	0.3	0.6	1.0	0.5
Propilenoa	0.7	0.8	3.0	1.5
Propanoa	0.3	0.3	0.4	0.3
Butenoak	0.3	0.5	0.7	1.0
C ₅ -C ₁₀ hidrokarburoak	5.2	5.6	15.0	14.0
C ₁₁ -C ₂₀ hidrokarburoak	6.9	6.7	13.0	5.7
>C ₂₀ hidrokarburoak	24.0	24.0	35.0	37.0
Ezkoak	36.0	37.0	64.0	57.0
BTX aromatikoak	0.05	0.05	0.02	0.1

Hidrolisia

Hidrolisia uraren bidezko loturen apurketa kimikoa da. Oso egokia da talde funtzionalak dituzten kondentsazio-polimeroetarako, hau da, poliester, poliamida eta poliuretanoetarako. Hidrolisiaren ondorioa da lehengaiak edo euren aitzindariak eskuratzea.

Alkoholisia

Alkoholisia hidrolisiaren antzekoa da, baina kasu honetan alkohola da apurketaren eragilea. Alkoholisia hidrolisia baino azkarragoa da eta tenperatura eta presio baxuagoetan lan egin daiteke [4].

Birziklapen koaternarioa

Birziklapen termikoa edo energia aprobetxamendua ere baderitzo. Plastikozko hondarren errekuntzaz xahututako energia lortzean datza. Plastikokoak hidrokarburoak direnez, erraz erretzen diren eta duten bero-ahalmena gas naturalak eta petrolioaren eratorriek dutenaren antzekoa da 2. taulan ikus daitekeenez.

2. taula. Plastikoen eta beste erregai batzuen bero-ahalmena.

Materiala	Bero-ahalmena (MJ/kg)
Polipropilenoa	44
Polietilenoa	44
Poliestirenoa	37
Poliamida	37
Etileno politereftalatoa	33
Metilo polimetakrilatoa	25
Binil polikloruroa	20
Gas naturala	48
Fuela	44
Harrikatza	29
Lignitoa	20
Larrua	19
Papera	17
Egurra	16
Etxeko zaborra	8

Metodo hau azken aukera moduan erabili behar da inola ere trata ezin daitezkeen hondarretarako.

Energia, bero moduan, elektrizitate moduan edo biak batera (kogenazioaren kasuan bezala) berreskuratzen da. Abantailarik handiena hondar nahasteak erabili ahal izatean datza eta eragozpen nagusiak, eragiketa-koste altuak, behar den inbertsio handia eta eragiketa-baldintzenak dira. Plastikoez osagai toxikoak izan ditzaketenez, (metal astunak, adibidez, beruna, kadmioa eta abar) eragiketa-baldintza berezietan lan egin behar da dioxinak eta eratorri toxikoak ez agertzeko. Produktu kaltegarri hauek saihesteko errekontzaren tenperaturak 600° C baino altuagoa izan behar du.

Halaber, errekontzaren bidez lehengaiak ere berreskura daitezke. Erretzen diren plastikoez kloroa badute, PVCaren kasuan bezala, azido klorhidrikoa askatuko da. Hortaz, azidoa neutralizatzeko karea erabili behar da eta ondoren hondakin hauek zabortegetara bota behar dira.

PLASTIKOEN DEGRADAZIOA

Plastikoen degradazioa kudeaketako prozesua ez den arren, plastikozko hondakinak degradatu egiten dira eta beraz, desagertu egiten dira. Degradazioa ez da plastikozko hondakinak desagertzeko metodorik onena, balio energetikoa eta ekonomikoa berreskuratzen ez baitira. Dena den, zabortegetan plastikozko hondakinak metatuz konpon liteke arazoa teorian, baina praktikan ez da hain erraza, zabortegetako baldintza fisiko-kimikoak ez baitira laborategian degradaziorako erabilitakoak bezain egokiak: beste material batzuekin nahastuta daude, ez dute behar diren argi-erradiazioa lortzen, hezetasuna eta aireazioa ez dira egokiak. Horren ondorioz, degradazioa partziala gertatzen da eta zabortegetan plastikozko hondakinen zati batek luzaro irauten du.

Euriak zatiki txikia lurraren barrura eroan dezake lurpeko uretaraino eta kutsadura sor daiteke, gehigarriak eta koloratzaileak direla kausa. Beraz, hondakinen arazoa konpondu beharrean, arazoa larriago egin dezake plastikoen degradazioak. Hala eta guztiz ere, arlo batzuetan beharrezkoak dira plastiko degradagarriak, hala nola, nekazaritza eta medikuntza arloetan.

Plastikoak laborategiko sintesi-produktuak direnez, ingurunean oso egonkorak dira; hortaz, plastikoen egitura eraldatu egin behar da hondakina desagertzeko hauskorragoak izan daitezen. Degradazio prozesuak hurrengo ekintzetan oinarritzen dira: argiaren ekintzazko fotodegradazioa, beroaren ekintzazko degradazio termikoa, atmosferaren ekintzazko degradazio oxidatiboa, hezetasunaren ekintzazko degradazio hidrolitikoa eta mikroorganismoen ekintzazko biodegradazioa.

Degradazioak dakarren lehengo ondorioa polimeroaren pisu molekularren murrizketa da eta batzuetan sareketa ere gertatzen da. Degradazioan aldaketa fisikoak eta kimikoak gertatzen dira. Aldaketa fisikoen artean aipa daitezke, distira eta kolorea galtzea, arrailak, metatze-guneak eta gogortzeak agertzea. Aldaketa kimikoen eraginez kate makromolekularrak apurtu eta talde funtzional berriak sortzen dira.

Aipatutako faktoreak batera gertatzen direnez, zaila da faktore bakoi-tzaren eragina finkatzea eta, beraz, degradazioaren eragileak bi taldetan baino ez dira sailkatuko, hots, fotodegradazioa eta biodegradazioa [5].

Fotodegradazioa

Plastikozko material gehienak argitan luzaro egotearen ondorioz zahartu egiten dira. Nekazaritzan erabilitako polietilenoek malgutasuna galtzen dute eta hauskor bihurtzen dira. Zahartzea, energia altuko erradiazioak (290-350nm bitarteko uhin-luzerakoarena) sortzen duen kateen fotooxidazio termikozko erreakzioaren ondorioa da. Eraikuntzen barruan fotodegradazio prozesua kanpokoan baino astiroago gertatzen da leihoetako beirek 350nm baino uhin-luzera txikiagoa duen argi-erradiazioa xurgatu egiten dute eta.

Biodegradazioa

Mikroorganismoek onddoek eta legamiek plastiko banaka batzuei baino ez diete erasotzen, nahiz eta ingurugune-baldintzak, (tenperatura, hezetasuna eta oxigenoaren kontzentrazioa) aldatu. Hala eta guztiz ere, mikroorganismo batzuek eta beraien entzimek aurretik fotooxidazioa jasan duten plastikoak degrada ditzakete.

Mikroorganismoek, karbono sekundarioaren edo tertziarioaren ondoan talde karboniloa duten molekulak degrada ditzakete eta puntu honetan apurketa eragiten dute. Apurketa hau gertatu ostean, entzimek prozesu hidrolitikoaren medioz, mikroorganismoek kate makromolekularrak digeri ditzakete.

Biodegradazioa errazteko plastikozko materialei polimero naturalak (almidoia edo zelulosa) eransten zaizkie. Polimero natural hauek hidrolisi-erreakzioak eta osteko oxidazioa jasaten dutenean, euren degradazioa errazten duten zuloak sortzen dira.

Degradazioa gertatzeko mikroorganismoak egoteaz gain beste baldintza batzuk bete behar dira: oxigenoaren eta hezetasunaren kontzentrazio egokiak, 20-60°Cko bitarteko tenperatura, 5-8 bitarteko pHa.

Bakterioetatik abiatutako polimeroak

Bakterio batzuek material polimerikoa erreserba-produktu bihurtzen dute. Bakterioetatik abiatutako polimero hauek bi abantaila dituzte: alde batetik, ez dira petrolioaren menpekoak eta bestetik, polimero naturalak direnez, erraz degradatzen dira mikroorganismoen bidez.

Bakterioek sortzen dituzten polimero hauek kristaltasun handiko poliesterrak dira.

BIBLIOGRAFIA

- [1] EHRIG, R.J. 1992. *Plastics recycling*, Hanser, Bartzelona.
- [2] SAN JOSÉ, M.J., ÁLVAREZ, S. «Plastikozko hondakinak bereizteko bideak». *Ekaia*, **12**, 119(2000).
- [3] VARGAS, L. «Reciclado Químico de Plásticos», *Ingeniería Química*, **11**, 153(1994).
- [4] BRANDRUP, J. «Reciclado de Termoplásticos», *Ingeniería Química*, **6**, 161(1991).
- [5] GIL, J.R., GÓMEZ, M.R. 1997. *Los Plásticos y el tratamiento de sus residuos*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED, Madril.