



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

II. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2017ko maiatzaren 10, 11 eta 12
Iruñea, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

INGENIARITZA ETA ARKITEKTURA

**Konpositeen laminarteko
hausturaren I/II modu mistoa
aztertzen**

*Ana Boyano, Unai Fernandez-Gamiz,
Igor Ansoategui eta Irantzu Uriarte*

10-15 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.ii.03.01>

ANTOLATZAILEA:



ELKARLANEAN:



LAGUNTZAILEAK:



Konpositeen laminarteko hausturaren I/II modu mistoa aztertzen

Boyano Ana¹, Fernández-Gámiz Unai², Ansoategui Igor¹, Uriarte Irantzu¹.

¹Ingeniaritza Mekanikoa Saila

²Ingeniaritza Nuklearra eta Jariakinen Mekanika

Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

ana.boyano@ehu.eus

Laburpena

Laminatu konpositeen I/II haustura modu mistoa aztertzeko energia askatze tasa baliokide baten hurbilketa berri bat proposatzen. Aurkeztutako hurbilketa balioztatzeko ENFR konfigurazioan norabide bakarreko laminatu konposite batean saiakuntza desberdinak burutzen dira. Pitzadura-hedapenean zehar energia askatze tasa baliokideak hartzen dituen baloreen arabera, materialaren ezaugarria kontsidera daitekeen ala ez ebaluatzen da.

Hitz gakoak: laminarteko haustura, laminatu konpositeak, I/II modu mistoa, pitzadura-hedapena.

Abstract

An equivalent energy release rate is proposed to analyze I/II mixed-mode interlaminar fracture. Different tests in ENFR configuration with unidirectional composite laminate specimens are carried out in order to validate the proposed approach. Based on the values of the equivalent energy release rate during all the crack propagation, whether this approach will be considered a material property or not will be assessed.

Keywords: interlaminar fracture, composite laminates, I/II mixed mode, crack propagation.

1. Sarrera eta motibazioa

Orokorrean, material konpositeak bi fase edo gehiagoz osatutakoak dira. Ezaugarri mekanikoak garrantzitsuak direnean, material konpositea bere ezaugarri mekaniko espezifikoak osagaiek banaka dituztenak baino hobekak izan daitezten diseinatzen da (Gibson 1994).

Egun, konpositeen erabilera ugari dago eta hazten jarraitzen du. Konpositeak, besteak beste, industri aeroespazialean, hegazkinetan, automobilgintzan, itsasuntzietan, energia arloan, azpiegiturretan, biomedikuntzan, eta kirol aplikazioetan erabiltzen dira (Anderson 2005).

Materialak alderatzen direnean, pisu unitateko ezaugarriak erabiltzen dira, espezifikoak deritzonak. Egitura konpositeen kasuan, gerta daiteke, ezaugarri mekanikoak ingeniartzan erabili ohi diren materialen, esate baterako altzairuaren ezaugarriak baino txarragoak izatea, ezaugarri espezifikoak hobekak direlarik. Egitura konpositeak ohiko materialak baino garestiagoak direnez pisua garrantzi handia duen kasuetan erabiltzen dira.

Laminatu konpositeak beraien artean itsatsita dauden laminaz osatuta daude. Lamina bat matrize batean barneratuta dauden norabide bakarrean kokatutako zuntzez, edo ehun bat osatuz dauden zuntzez osatuta dago. Lamina norabide bakarreko zuntzez osatuta badago norabide bakarreko lamina deitzen da. Orientazio bera duten norabide bakarreko lamina batzuk geruza bat osatzen dute. Laminatu konpositea pilaketa sekuentzia bat jarraituz lotzen diren bi lamina edo gehiagoz osatuta dago. Lan honetan erabiliko den laminatuaren izendapena $[0]_{16}$ da. Norabide bakarreko 16 geruzez osatua dagoela adierazteko (Mujika 2011).

Zuntz errefortzudun konposite materialetan, zuntz errefortzuak laminatuaren planoan hobetzen ditu propietateak baina ez berarekiko elkartuta den planoan. Beraz laminartean pitzadura bat egonez gero, erraz heda daiteke matritzetik edota matrize-zuntz aldeartetik. Pitzadura hauen hedapenak propietate mekanikoen galtze garrantzitsua dakar, egun zuntz errefortzudun konposite materialek egituretan erabiliak izateko duten eragozpen nagusia izanik (Anderson 2005).

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Konpositeetan, laminarteko haustura hutsegite modu ohikoenetako bat da. Deslaminazioa maiz modu mistoan ematen denez, modu nahasketa desberdinetan materialaren haustura zailtasuna ezagutzea beharrezkoa da (Kinloch et al. 1993).

Materialaren haustura-zailtasuna, energia askatze tasa kritikoa bitartez, G_c zehaztu daiteke. Energia askatze tasa, pitzadura hazkundera gertatzeko eskuragarri den energia bezala definitzen da. Pitzadura-hedapena eman dadin, energia askatze tasak bere balio kritikoa gainditu behar du. Beraz, haustura saiakuntzen helburu nagusietako bat, askatutako energia tasa kritikoa zehaztea da (Anderson 2005).

2001ean, American Society for Testing and Materials (ASTM)-k, modu mistoko haustura zailtasuna karakterizatzeko araua argitaratu zuen. Estandarizatutako saiakuntza metodoari modu mistoko makurdura saiakuntza, (the mixed-mode bending, MMB) deritzo (ASTM 2006). Arauan proposatutako saiakuntza bankua, Crews eta Reeder-ek arestian proposatutako baten aldaketa da (Reeder and Crews 1992).

I/II modu mistoko saiakuntzak, konposite laminatuetan ez ezik, egurrran (Phan, Morel, and Chaplain 2016) eta itsagarrien bidez lotutako probetetan (Chaves et al. 2014) ere erabiltzen dira.

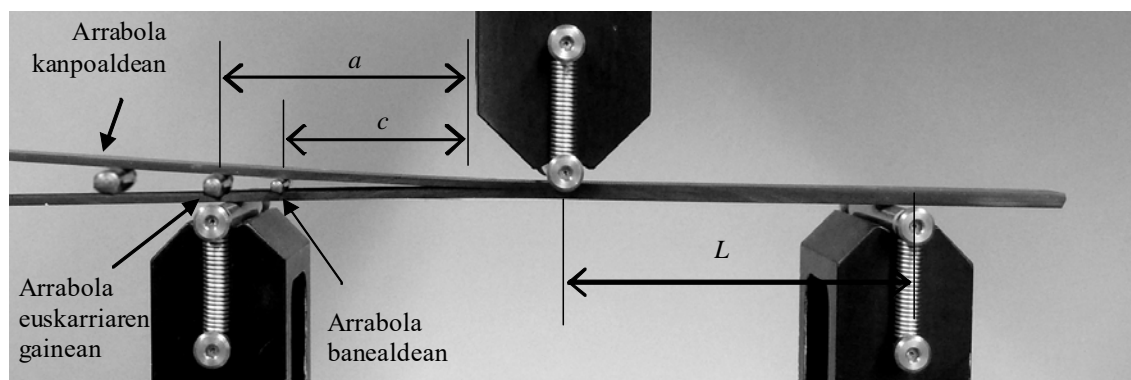
Lan honetan, laminarteko I/II modu mistoa aztertzeko energia askatze tasa baliokide baten hurbilketa aurkezten da. Lan honen helburu nagusia pitzadura hedapenean zehar datu esperimentalak aztertuz, proposatutako hurbilketa hori balioztatzea da.

3. Ikerketaren muina

3.1 ENFR saiakuntzaren deskribapena

Lan honetan erabiltzen den saiakuntza konfigurazioa hiru puntuko makurdura saiakuntzan oinarrituta dago zuntzen norabidean pitzadura duen probeta erabiliz. Saiakuntza Bukaerako pitzadura makurdura arrabolarekin deitzen da, ingelesez End Notched Flexure Test with roller, hortik bere izena: ENFR. Modu mistoa lortzearren, pitzaduraren bi besoen artean metalezko arrabola bat sartzen da. II modua kanpoko kargaren bidez lortzen da, eta I modua edo irekiera lortzeko, pitzaduraren bi besoen artean arrabola bat sartzen da. Arrabolak hiru kokapen izan ditzake: pitzaduraren kanpoaldean, pitzaduraren barnealdean eta euskarriaren gainean, 1 irudian ikus daitekeen moduan.

1. irudia. Saiakuntzaren deskribapena



Energia askatze tasa, pitzadura hazkundera gertatzeko eskuragarri den energia zehazteko, deformazio energia osagarria erabiliko da, indarrak direlako egoera aldagaiak hurrengo adierazpenaren arabera (Boyano et al. 2015):

$$G = \frac{1}{b} \left(\frac{\partial U^*}{\partial a} \right)_{F_i = \text{cte}} \quad (1)$$

Non U^* energia osagarria den. Oreka ekuazioetatik lortutako momento makurtzaileak eta indar ebakitzzaileak, (1) ekuazioan ordezkaturik, energia askatze tasa hiru kokapenentzat hurrengo eraz adieraz daitezke (Boyano et al. 2015):

Arrabola
kanpoaldean

$$G_I = \frac{3R^2 E_f h^3}{4a^4} - \frac{3PRc_o(a^2 - c_o^2)}{4a^4 b} + \frac{3P^2 c_o^2 (a^2 - c_o^2)^2}{16a^4 E_f b^2 h^3} \quad G_{II} = \frac{9P^2 (a - c_o)^2}{16E_f b^2 h^3}$$

Arrabola
barnealdean

$$G_I = \frac{3R^2 E_f h^3}{4(a - c_i)^4} + \frac{3PRc_i}{4b(a - c_i)^2} + \frac{3P^2 c_i^2}{16E_f b^2 h^3} \quad G_{II} = \frac{9P^2 a^2}{16E_f b^2 h^3} \quad (2)$$

Arrabola
euskarriaren gainean

$$G_I = \frac{3R^2 E_f h^3}{4a^4} \quad G_{II} = \frac{9P^2 a^2}{16E_f b^2 h^3}$$

GI haustura I moduari, irekitze moduari dagokion energia askatze tasa da, eta GII, II moduari, labainketa moduari dagokiona. Hausturaren I/II modu mistoa aztertzean bi moduen ekarpenak daudela suposatzen da, eta energia askatze tasa osoa $G=GI+GII$ da. Modu bakoitzaren ekarpena definitzeko modu-ratioa erabiltzen da, lan honetan GII/G bezala definitzen delarik. Modu-ratioa erabiltzen da saiakuntza mota definitzeko. Ekarpene analitikoak eta modu deskonposaketak Elementu Finitoen Metodoaren bidez balioztatua izan da, bi urratsen hedapen prozedura (TSEP) aplikaturik (Boyano et al. 2015).

3.2 Energia askatze tasa baliokidea G_{eq}

Pitzadura-hedapena soilik gertatzen da, eskuragarri dagoen energia, G , nahikoa bada, pitzadura hazkundera behar duen energiaren hornitzeko (Anderson 2005). Pitzadura handitzeko behar den energiari, energia askatze tasa kritikoa deritzo, G_c . Modu hutsentzat, pitzadura-hedapenaren baldintza kritikoa, hau da, hazkundera gertatuko deneko baldintza honakoa da:

$$\begin{aligned} G_I &\geq G_{Ic} \\ G_{II} &\geq G_{IIc} \end{aligned} \quad (3)$$

Hala ere, I moduak eta II moduak parte hartzen dutenean, energia askatze tasa $G=GI+GII$ da. Baina $G_c \neq G_{Ic} + G_{IIc}$, material bakoitzarentzat eta saiakuntza konfigurazio bakoitzarentzat, dagokion haustura irizpidea kontuan hartu behar da. Horrek suposatzen du energia askatze tasa kritikoa G_c , modu ratioarekiko menpekotasuna duela. Izan ere, modu ratio handia duen saiakuntza batean, G_c -ren balioa, G_{IIc} balioaren antzekoa izango da, eta modu ratio txikia denean, berriz, G_c -ren balioa G_{Ic} balioaren antzekoa izango da. Beraz, nahiz eta G_{Ic} eta G_{IIc} materialaren ezaugarriak izan, G_c ez da.

ENFR konfiguraziorako irizpide lineala baietsi da pitzadura-hedapena adierazteko (boyano2). Beraz, pitzadura-hedapena baldintza honako eran adieraz daitezke:

$$\frac{G_I}{G_{Ic}} + \frac{G_{II}}{G_{IIc}} \geq 1 \quad (4)$$

(4) ekuazioa, (3) ekuazioko antzeko eran adieraziz, pitzadura-hedapena baldintza orduan:

$$G_I G_{IIc} + G_{II} G_{Ic} \geq G_{Ic} G_{IIc} \quad (5)$$

(5) ekuazioko ezkerreko gaia pitzadura hazkundera gertatzeko eskuragarri dagoen energia da, eta eskuineko gaia, pitzadura-hedapena gertatzeko, energia horren balio kritikoa da. (3) ekuazioa eta (5) ekuazioak erkatuz, energia askatze tasa baliokidea G_{eq} , eta energia askatze tasa baliokide kritikoa G_{eqc} hurrengo eran defini daitezke:

$$G_{eq} = (G_I G_{IIc} + G_{II} G_{Ic})^{1/2} \quad (6)$$

$$G_{eqc} = (G_{Ic} G_{IIc})^{1/2}$$

Beraz, esan daiteke pitzadura hedatuko dela, hurrengo baldintza betetzen denean:

$$G_{eq} \geq G_{eqc} \quad (7)$$

3.3 Azterketa esperimentalak

Lan esperimentalean erabili diren probetak karbono zuntzez eta epoxi matrizez osatutako norabide bakarreko T300/F593 konpositeaz fabrikatu dira. Erabili diren probetak prepregetatik abiatu eta konpresio beroz ondutako plaketatik lortu dira, ezarritako fabrikazio-zikloari jarraituz. Pilaketa prozesuan tefloi lamina bat barneratu da, hasierako pitzadura eragiteko asmoz. Bukaerako materiala laminatu moduan erabili denean, probetak laminatuetatik moztu dira diamantuta dagoen zerra zirkular baten bidez. Ondoren zerraren markak kentzeko leungailu batean leundu dira. Saiakuntzak MTS saiakuntzako makinan burutu dira hiru puntuko makurdura tresneriarekin. Azterketa esperimentalak hasi baino lehen probeta bakoitzaren modulu elastikoak kalkulatu dira lortutako balioak honakoak izanik:

$$E_f = 107.4 (\pm 1.4) \text{ GPa}$$

$$G_{LT} = 4.3 (\pm 0.4) \text{ GPa}$$

Probeten dimentsioei dagokienean, probeten luzera 200 mm-koa da. Lodiera (2h) eta zabaleraren (b) balio nominalak, 3 mm eta 15 mm hurrenez hurren. Saiakuntza guztiak 120 mm argiarekin (2L) burutu dira. Saiakuntzak MTS saiakuntza makinan burutu dira, desplazamendu kontrolatua aplikatuz.

Pitzadura luzeraren neurketa malgutasun esperimentalaren aldakuntzan oinarritzen da. Izan ere, pitzadura haztean probetaren zurruntasuna gutxiagotzen da, eta beraz, malgutasuna aldatzen da. Prozedura horrek saiakuntzaren edozein puntutan pitzadura luzera zehaztea ahalbidetzen du, neurketa optikorik gabe (Boyano et al. 2016).

Saiakuntza hasterakoan arrabola pitzaduraren bi besoen artean kokatzen da, eta ondoren probeta bere lekuan kokatzen da. Karga aplikazioa hasten da, eta saiakuntzaren lehenengo fasean probetaren makurdura gertatzen da, baina pitzadura oraindik ez da handitu. Kargaren aplikazioa jarraitzen du eta energia askatze tasa bere balio kritikoa gainditzen duenean pitzadura handitzen hasten da.

P (karga) eta δ (desplazamendua) ezagunak diren puntuetan pitzadura luzera kalkulatu ahal izanak, puntuz-puntu, energia askatze tasak eta energia askatze tasa baliokidea ere kalkulatzeko ahalbidetzen du.

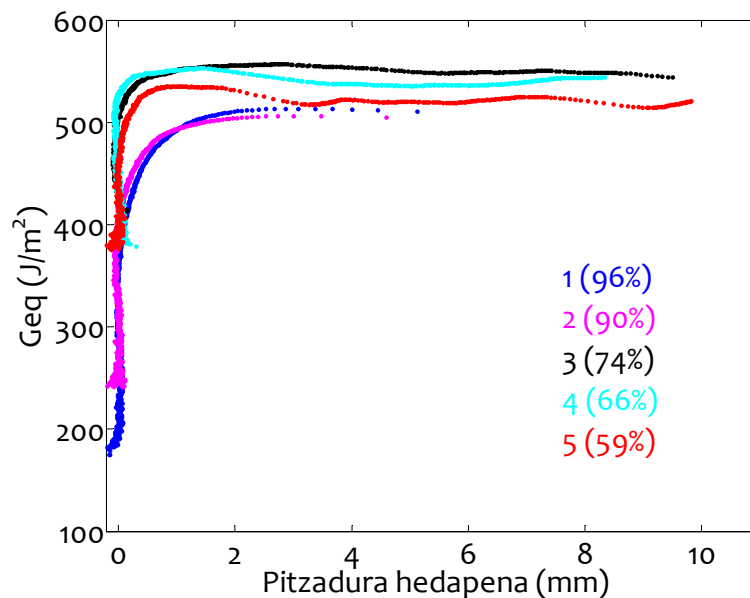
Bost modu-ratio desberdineko saiakuntzak erabili dira energia askatze tasen azterketa esperimentalak burutzeko asmoz, 1 taulan aurkezten dira. Lan honetan erabili den nomenklatura honakoa da: ai-Rj-ck. ai hasierako pitzadura luzera izanik, Rj arrabolaren erradioa, eta ck arrabolaren kokapena definitzen duen parametroaren balioa. Balioa positiboa izango da arrabola pitzaduraren barruan kokatuta dagoenean, eta negatiboa aldiz, arrabola pitzaduraren kanpoaldean dagoenean. Adibidez: a43-R0.9-c8 izanik, 43 mm-ko hasierako pitzadura luzera, R=0.9 mm-ko erradioko arrabola eta 8 mm pitzaduraren barrurantz sartuta. Argitasunagatik, grafikoetan ID zutabearen agertzen den zenbakia erabiliko da.

1. taula. Saiakuntzen baldintza esperimentalen laburpena

ID	NOMENKLATURA	HASIERAKO G_{II}/G (%)
1.	a40-R0,5-c0	96
2.	a31-R0,5-c0	90
3.	a45-R1,5-c0	74
4.	a43-R0,9-c8	66
5.	a38-R0,7-c8	59

Lan honetan proposatzen den (7) ekuazioko G_{eq} -ren balio esperimentalak azaltzen da puntu-puntu 2. Irudian.

2. irudia. Energia askatze tasa baliokidearen balio esperimentalak



Energia askatze tasa baliokidearen kurba guztiek balio konstante baterantz jotzen dute. Kurben batzbesteko balioak 505 eta 555 (J/m^2) tartean daude hedapenean zehar. Kurben balio konstante hori, 6.1 Taulan agertzen den $G_{eqc}=550$ (J/m^2) balio teorikoarekin bat dator. Energia askatze tasa baliokideari dagokionez, desbideraketa maximoa 1. eta 2. saiakuntzetan ematen da berriro ere, eta errore erlatibo maximoa %8,5 da, balio teorikoarekin alderatuz.

4. Ondorioak

Pitzadura hedapenaren azterketa esperimentalak burutzeko asmoz, ENFR konfigurazioan karbono zuntzez eta epoxi matrizez osatutako norabide bakarreko T300/F593 konpositea erabili da.

Bi moduen elkarrekintza barneratzen dituen proposatutako energia askatze tasa baliokidearen G_{Ic} balio esperimentalak pitzadura-hedapenean zehar balio konstante baterantz jotzen du, eta beraz, materialaren ezaugarria kontsidera daiteke.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Hurrengo urratsa, norabide bakarreko beste material batekin energia askatze tasa baliokidearen egokitasuna konprobatzea litzateke.

6. Erreferentziak

ASTM D6671-01. standard test method for mixed mode I-mode II interlaminar fracture toughness of unidirectional fiber-reinforced polymer matrix composites 2006.

Anderson, T. L. 2005. Fracture mechanics :Fundamentals and applications. 3rd ed.CRC Press.

Boyano, A., J. De Gracia, A. Arrese, and F. Mujika. 2016. Experimental assessment of an end notched flexure test configuration with an inserted roller for analyzing mixed-mode I/II fracture toughness. *Engineering Fracture Mechanics* 163 (9): 462-75.

Boyano, A., V. Mollón, J. Bonhomme, J. De Gracia, A. Arrese, and F. Mujika. 2015. Analytical and numerical approach of an end notched flexure test configuration with an inserted roller for promoting mixed mode I/II. *Engineering Fracture Mechanics* 143 (0) (7): 63-79.

Chaves, Filipe J. P., L. F. M. da Silva, M. F. S. F. de Moura, D. A. Dillard, and V. H. C. Esteves. 2014. Fracture mechanics tests in adhesively bonded joints: A literature review. *Journal of Adhesion* 90 (12): 955-92.

Gibson, Ronald F. 1994. Principles of composite material mechanics. McGraw-hill series in mechanical engineering.McGraw-Hill.

Kinloch, A. J., Y. Wang, J. G. Williams, and P. Yayla. 1993. The mixed-mode delamination of fibre composite materials. *Composites Science and Technology* 47 (3): 225-37,

Mujika, F. 2011. Mecánica de laminados composites. Bilbao, Spain: KOPIAK, S.A.

Phan, Ngoc Anh, Stéphane Morel, and Myriam Chaplain. 2016. Mixed-mode fracture in a quasi-brittle material: R-curve and fracture criterion – application to wood. *Engineering Fracture Mechanics* 156 (5): 96-113.

REEDER, JR, and JH CREWS. 1992. Redesign of the mixed-mode bending delamination test to reduce nonlinear effects. *Journal of Composites Technology & Research* 14 (1) (SPR): 12-9.

Kurkuma deribatudun gelatinazko filmen aktibitate antioxidatzailea

Alaitz Etxabide, Pedro Guerrero, Koro de la Caba

*BIOMAT Ikerketa Taldea. Ingeniaritza Kimikoa eta Ingurumenaren Ingeniaritza Saila.
Gipuzkoako Ingeniaritza Eskola. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
(UPV/EHU)
alaitz.etxabide@ehu.eus*

Laburpena

THC antioxidatzaile natural bat da laktosarekin saretutako gelatinazko filmak eratzeko soluzioan gehitu dena, saretze erreakzioak eta gehitutako bioaktiboak filmen antioxidatzaile ahalmenean nola eragiten duten aztertzeko. Erreakzio kimikoa ematen den heinean konposatu fenolikoak sortzen direnez, laktosarekin erreakzionatutako filmek antioxidatzaile ahalmen (% 88.5) handiagoa erakusten dute laktosa gabeko filmek baino (% 84.5). Gainera, filmen bi aldeetan ordenamendu morfologiko ezberdinak ikusi dira THCren aglomerazio eta saretze erreakzioarengatik. Ondorioz, distira eta leuntasun gutxiagoko gainazalak eratu dira.

Hitz gakoak: Gelatina, laktosa, saretze erreakzioa, THC, XPS, inhibizioa

Abstract

THC is a natural antioxidant which was incorporated into the film forming solutions of lactose crosslinked gelatin films in order to analyze the effect of the reaction and the addition of the bioactive in the antioxidant capacity of gelatin films. Since phenolic compounds are formed during chemical crosslinking of gelatin film, they showed higher antioxidant capacity (88.5 %) than films prepared without lactose (84.5 %). Furthermore, morphological changes were observed in both surfaces of gelatin films due to THC agglomeration and crosslinking, leading to less glossy and rougher surfaces.

Keywords: Gelatin, lactose, cross-linking, THC, XPS, inhibition

1. Sarrera eta motibazioa

Gelatina ugaria, erabilgarria, merkea, biobateragarria eta biodegradagarria den proteina mota bat da aplikazio ugarietan erabiltzen dena. Aurkeztutako propietate hauek oso interesgarriak dira biomedikuntza bezalako aplikazioetarako. Gelatina ordea, uretan oso erraz disolbatzen den materiala da eta ondorioz, gelatinaren urarekiko portaera higroskopikoa arazotzat hartzen da. Urarekiko erresistenteagoa den materiala polimero kateen saretze erreakzio bidez lortu daiteke. Maillard izeneko erreakzioa proteina eta azukreen nahastea berotzerakoan lortzen den erreakzio natural bat da, gelatinaren disolbagarritasuna nabarmenki txikitzeko erabili dena (Etxabide et al., 2015a). Azukrearen karbonilo taldearen eta proteinaren amino taldeen artean gertaturiko kondentsazio erreakzio honetan propietate antioxidatzaileak dituzten konposatu aromatikoak sortzen direla ikusi da (Hong et al., 2014; Karnjanapratum et al., 2016; Samira et al., 2014). Bestalde, gelatina konposatu aktiboak askatzeko garraiatzaile gisa erabili daiteke (Kowalczyk eta Biendl, 2016; Tongnuanchan et al., 2013). Gaur egun naturalak diren konposatu aktiboak erabiltzea nahiago da eta landareak medikuntzan, industria farmazeutikoan eta elikagaietan erabiltzeko antioxidatzaileak diren balio handiko konposatu fenolikoak lortzeko iturri direla ikusi da (Bandyopadhyay et al., 2012; Freile-Pelegriñ eta Robledo, 2014). Tetrahidrokurkumina (THC) kolore eta zapore gabeko konposatu aktibo bat da antioxidatzailea izateaz gain antikantzerosoa, antidiabetikoa eta anti-hanturazkoa ere dena. Beraz, laktosa bidezko saretze erreakzioa eman den gelatinazko filmetan THC konposatua gehitzeak proteina mota hau medikuntzan erabiltzeko material aproposa bilaka dezake.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburua

Ekonomia zirkularra sustatzeko asmoz, non prozesu amaierako hondakina lehengai bihurtzen den ziklo ekonomiko etengabe eta jasangarrian bueltaka jarraituz, eta beraz zero-zabor sortuz, ikerketa honek industria-hondakinetatik edota elikagaien osagaietatik eratorritako hondakinak aprobeztatzea du helburu. Izan ere, berriro ere lehengai bihurtzen diren produktuak elikadura, medikuntza eta kosmetikorako baliogarriak izan daitezke. Konposatu bakoitzaren propietateak hobetzeko, materialak elkarren artean nahasi egiten dira, hainbat sistema sortuz. Ikerketa honek, medikuntzarako gelatinazko filmak sortzea du helburu. Proteina honen urarekiko portaera ahula eta propietate antioxidatzaileak hobetzeko asmoz, saretze erreakzioa sustatuko duten laktosa erreaktiboak eta propietate

antioxidatzaileak hobetuko dituen THC konposatua gehitu dira. Beraz, saretze erreakzioak eta konposatu antioxidatzailearen gehikuntzak gelatinazko filmen gainazalean eta propietate antioxidatzaileetan duten eragina aztertu da.

3. Ikerketaren muina

3.1 Materialak eta metodoak

Materiala

Arrain gelatina izan da ikerlan honetan erabili den oinarrizko materiala. % 11,06ko hezetasuna eta % 0,15ko errautsak ditu eta Weishardt Internatioalek (Eslovakia) ekoiztutakoa da. Gehigarri moduan, glizerola eta laktosa (Panreac, Bartzelona) erabili dira, plastifikatzaile eta saretze erreaktibo gisa, hurrenez hurren, eta tetrahidrokurkumina (THC) (Sabinsa Corporation, New Jersey, USA) aldiz konposatu antioxidatzaile bezala gehitu da.

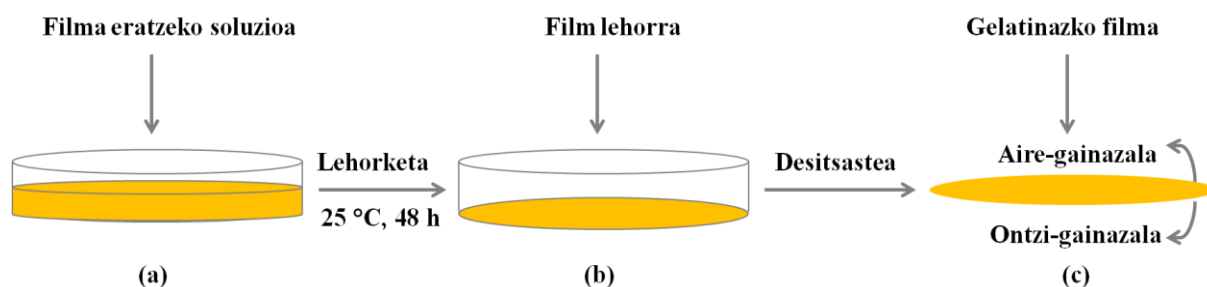
Filmek prestaketa

Gelatinan oinarrituriko filmak disoluzio metodoa erabiliz prestatu dira. Lehenengo, arrain gelatina 5 g eta % 20 laktosa (portzentajearen araberako pisua, gelatina idorrarekiko) 100 mL ur distilatuan nahastu dira eta jarraian, 80 °C-an eta 200 bira minutuko abiaduran, 30 minutuz berogailu magnetiko batean irabiatzen utzi da nahastea. Ondoren, % 10 glizerola eta % 5 THC duen nahastea gehitu da eta NaOH (1 N)-arekin pH-a 10an finkatu da. Nahastea ultrasoinu ekipoa giro tenperaturaren 5 minutuz utzi da eta ondoren beste 30 minutuz 80 °C-an eta 200 bira minutuko abiaduran irabiatzen utzi da berogailu magnetikoan. Azkenik, nahastea Petri ontzietan banatu da disoluzioko ura giro tenperaturaren lurruntzeko eta filmak sortzeko. Film lehorrak Petri ontzietatik desitsatsi ondoren, 105 °C-an 24 orduz bero tratamendua jaso dute gelatina eta laktosaren arteko erreakzioa sustatzeko. Ondoren, saretze erreakzioak eta THCren gehitzeak gelatinazko filmen gainazalean eta propietate antioxidatzaileetan izan duten eragina aztertu da. Filmek gainazalak X izpien espektroskopia fotoelektrikoaren (XPS), mikroskopio optikoaren (MO) eta distiraren neurketen bidez aztertu dira. Gero, filmak metanol (MeOH) soluzioan murgildu dira THCren askatzea ikusgai-ultramareko espektroskopia (UV-vis) bidez aztertzeko eta bioaktiboaren ahalmen antioxidatzailea fenolikoen guztizko edukia (TPC) eta DPPH erradikalak ezabatzeak aktibitatea neurtuz aztertzeko (Etxabide et al., 2017).

3.2 Emaitzak eta eztabaida

Disoluzio metodoaz lorturiko THC duten gelatinazko filmak (G) eta laktosadun gelatinazko filmak (GL) gainazal ezberdinak aurkezten dituzte lehorte prozesuan filmak Petri ontziaren gainazalarekin edo airearekin kontaktuan egon ostean (**1. irudia**). Horregatik, filmek gainazalen azterketa XPS, MO eta distiraren neurketa bidez egin da.

1. irudia. Gelatinazko filmak lortzeko disoluzio metodoaren eskema.



XPS bidez lorturiko emaitzak **2. irudian** aurkezten dira eta kasu guztietan 3 banda ezberdin identifikatu daitezke; C 1s (284.6 eV), N 1s (398.8 eV) eta O 1s (532.0 eV) (Deligianni et al, 2001). Laktosa gabeko filmetan saretze erreaktziorik ez dagoenez, bi gainazalen artean ez da ezberdintasunik ikusten (**2. irudia** a). Laktosadun filmetan ordea, aire-gainazalaren (**2. irudia** b) eta ontzi-gainazalaren