



BIOMATERIAL

o bioplàstic?



Pseudònim: Alanina

2023-2024

AGRAÏMENTS

En primer lloc, vull agrair a la meva tutora del Treball de Recerca, per la seva ajuda i orientació durant tots aquests mesos de treball i per la confiança que ha dipositat en mi en tot moment.

En segon lloc, donar les gràcies al doctorat i professor de la facultat de química de la URV, per ajudar-me a orientar el treball i per donar-me l'oportunitat de realitzar la part pràctica als laboratoris de la facultat.

També agrair als Laboratorios de Innovación Abierta (BFI) de la Universidad de Zaragoza, concretament a l'Aroa Ejarque (PhD), per ensenyar-me els diferents tipus de biomaterials que realitzaven i donar-me consells a l'hora d'elaborar el meu propi.

Per últim, donar gràcies a totes les persones que han dedicat temps i han aportat el seu granet de sorra per què aquest treball hagi estat possible.

PRÒLEG

Ens hem convertit en una societat basada en el consum efímer dels productes, en comprar i llençar compulsivament i ha arribat un punt en què ens hem adonat que necessitem un canvi per poder continuar. “Només a Espanya, es venen 50 milions d’envasos de begudes al dia, dels quals només 35 milions es reciclen”, afirma Julio Barea, responsable de la campanya de residus de Greenpeace. Cada any arriben a l’oceà 8 milions de quilos de plàstics que dificulten la vida marítima i que acaben dins del nostre propi organisme. A més a més, estan fabricats a partir de petroli, un combustible fòssil que afavoreix el canvi climàtic i que també està en perill d’esgotament a causa del gran ús que se’n fa d’ell.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	1
1.1 Objectius	2
1.2 Presentació de les hipòtesis	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Limitacions del treball	3
2. ELS PLÀSTICS	4
2.1 Història	5
2.2 Estructura interna	8
2.3 Classificació dels polímers	8
2.4 Propietats comunes	11
2.5 Additius	12
2.6 Fabricació d'objectes plàstics	13
2.6.1 Síntesi del polímer	13
2.6.2 Conformació del polímer	14
3. ALTERNATIVES SOSTENIBLES ALS PLÀSTICS	21
3.1 Els bioplàstics	21
4. DESENVOLUPAMENT DELS BIOMATERIALS	23
4.1 Matèries primeres	23
4.1.1 Agar-agar	24
4.1.2 Glicerina	25
4.1.3 Aigua	26
4.1.4 Glutaraldehyd	27
4.2 Fonament teòric de la formació dels biomaterials	27
4.2.1 Biomaterial d'agar-agar, glicerina i aigua	27
4.2.2 Biomaterial d'agar-agar, glicerina, glutaraldehyd i aigua	29
4.3 Procés de fabricació	30
4.3.1 Objectius	30
4.3.2 Metodologia emprada	30
4.3.3 Procés d'assaig	31
5. REALITZACIÓ DE LES PROVES	42
5.1 Objectiu	42
5.2 Metodologia emprada	42
5.3 Prova de solubilitat en aigua	42

5.4 Prova d'absorció d'aigua	45
5.5 Prova de resistència i elasticitat	48
5.6 Prova DSC (<i>Differential Scanning Calorimetry</i>)	52
6. CONCLUSIONS	56
7. BIBLIOGRAFIA.....	58
8. ANNEXOS	61
ANNEX 1: Material complementari del procés d'assaig	61
ANNEX 2: Prova inicial de resistència i elasticitat	62
ANNEX 3: Vídeos de la prova de resistència i elasticitat	64
ANNEX 4: Gràfiques resultants de la DSC	65

1. INTRODUCCIÓ

Des del primer moment que vaig començar a buscar tema pel meu treball de recerca sabia que volia investigar sobre un problema actual que em donés l'opció d'ampliar els meus coneixements en l'àmbit científic. Llavors, vaig començar a sentir parlar sobre els biomaterials i em va semblar un tema molt bo pel fet que es presenten com una alternativa als plàstics convencionals i, per tant, com una possible solució al gran problema mediambiental que tenim a causa de la gran quantitat de residus plàstics que arriben a la biosfera.

Davant d'aquesta problemàtica es planteja l'opció de l'ús de materials biodegradables que puguin reincorporar-se al medi ambient de manera ràpida i que permetin reduir la generació de contaminants i residus tòxics. En els darrers anys, l'ús de biopolímers derivats de productes vegetals ha incrementat i a banda de l'ús inicial que consistia principalment en la producció de bosses, el nombre d'aplicacions ha augmentat, arribant, fins i tot, al sector automobilístic.

Després de tota aquesta recerca, m'apareix el dubte de per què si hi ha la possibilitat de l'ús de biomaterials, encara es continua utilitzant el plàstic en gairebé tots els casos. Partint d'aquesta pregunta, s'estructura el meu treball de recerca en el qual intentaré donar resposta a aquest dubte a partir del plantejament d'hipòtesis i la recerca tant teòrica com experimental.

1.1 Objectius

L'objectiu principal del treball és fabricar els meus propis biomaterials i comprovar de primera mà si serien unes bones alternatives als plàstics.

A partir d'aquest objectiu apareixen altres de secundaris:

- Saber què és realment un plàstic, ja que no tot al que anomenem plàstic ho és.
- Investigar sobre els bioplàstics i veure què són realment.
- Aprendre com es fabriquen els plàstics i els biomaterials.
- Conèixer com es realitza el reciclatge dels plàstics.
- Elaborar diferents biomaterials variant les proporcions per estudiar i comparar les seves característiques.

1.2 Presentació de les hipòtesis

Hipòtesi 1: Els biomaterials tenen característiques similars als plàstics?

Hipòtesi 2: La fabricació dels materials biodegradables és igual de contaminant que la dels plàstics?

1.3 Metodologia

Aquest treball de recerca es divideix en dues parts: una part teòrica i una part pràctica.

A la part teòrica s'investiga a fons, fent recerca bibliogràfica, què són els plàstics, tipus de plàstics, com és la seva fabricació, com funciona el seu reciclatge, la seva problemàtica mediambiental i les possibles alternatives que hi ha, aprofundint en els materials biodegradables a base d'agar-agar, ja que són el meu principal objecte d'estudi.

A la part pràctica es realitzen vuit biomaterials diferents, tots ells fabricats amb els mateixos reactius però variant les seves proporcions.

Després, es fan un seguit de proves per conèixer les propietats d'aquests nous materials i poder fer una comparació entre tots ells. Amb això es pretén esbrinar quin o quins d'ells podrien arribar a ser una alternativa als plàstics.

Cal destacar que en el moment de realitzar les proves, sempre se segueixen els passos del mètode científic per donar resposta a les hipòtesis plantejades.

Per finalitzar, s'analitzen els resultats obtinguts i s'extreuen unes conclusions les quals permeten comprovar si s'han assolit els objectius del treball.

1.4 Limitacions del treball

La gran limitació del treball és no tenir les eines necessàries per realitzar algunes proves, ja que no es disposa d'un laboratori especialitzat. Els laboratoris que fan proves amb materials plàstics disposen d'aparells molt específics segons la propietat del material que es vol analitzar i el rang de tolerància que ha de complir aquell material. Aquesta maquinària no es troba al nostre abast, cosa que comporta que moltes de les proves dutes a terme siguin menys precises i estiguin adaptades al material disponible.

Una altra limitació és el temps, ja que hi ha proves que es podrien realitzar als materials d'agar-agar, però són proves de llarga estada al laboratori i no s'han pogut executar.

2.1 Història

Els plàstics són substàncies relativament modernes i que no existien a l'antiguitat. Per a la seva fabricació i constant evolució, va ser necessari entendre l'estructura atòmica de la matèria. Durant l'últim segle i mig, l'humà ha après a fabricar polímers sintètics. Al principi, s'utilitzaven substàncies naturals com la cel·lulosa, però més endavant es va descobrir que amb els àtoms de carboni proporcionats pel petroli i altres combustibles fòssils s'obtenien millors resultats.

La primera substància que es podria anomenar plàstic, no va arribar fins a l'any 1862, quan el químic anglès Alexander Parkes va sintetitzar la *parkesina*. Aquesta, s'obtenia mitjançant una reacció química en la qual intervenien cel·lulosa, nitrogen, àcid nítric i sulfúric, i olis de ricí i càmfora. La substància resultant era dura i fràgil en fred i es podia deformar plàsticament en calent, però resultava cara de produir a escala industrial i es va desestimar com a material d'ús tecnològic.



Imatge 2. Alexander Parkes
Font:
<https://plasticshof.org/members/alexander-parkes/>



Imatge 3. John Wesley Hyatt
Font:

https://es.wikipedia.org/wiki/John_Wesley_Hyatt

Posteriorment, l'any 1869, John Hyatt va fabricar el *cel·luloide*. Aquest material va ser trobat de manera accidental mentre Hyatt intentava trobar una alternativa al marfil, el qual escassejava en aquells moments a causa de la caça descontrolada d'elefants, cosa que va provocar que una empresa de billars de Nova York proposés un concurs per trobar una solució. Mentre treballava pel concurs, va patir un accident i es va posar una crema casolana composta de nitrat de cel·lulosa, etanol i càmfora que li va produir una capa plàstica. Aquest fet el va sorprendre i va començar a investigar fins que va descobrir una variant de la *parkesina* que sí que n'era barata de fabricar a escala industrial i la va anomenar *cel·luloide*. Gràcies a la seva troballa, l'ús de productes d'origen animal van disminuir notablement.

Més endavant, Leo Hendrik Baekeland va sintetitzar la *baquelita*, el primer material format per polímers capaç de conformar-se per acció de la calor de manera repetida. La va sintetitzar a partir de fenol i formaldehid.

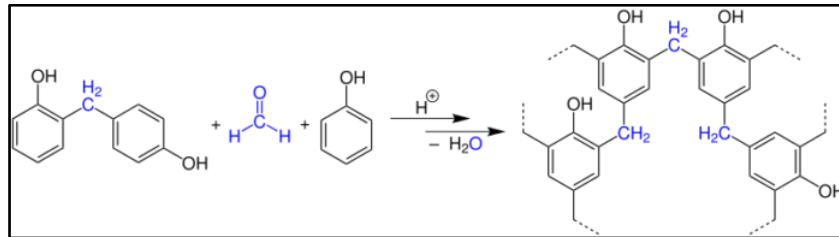


Figura 1. Formació del polímer fenol-formaldehid, la *baquelita*

Font: <https://www.lifeder.com/baquelita/>

L'any 1912 es va començar a dissenyar el PVC per part de l'alemany Fritz Klatte. Aquest material ja s'havia descobert abans, l'any 1835, per part de Victor Regnault, però ell no va saber valorar el que havia descobert. Alemanya va ser el primer país en utilitzar-lo per fabricar canonades. Cal destacar que va ser el plàstic més produït del segle XX.

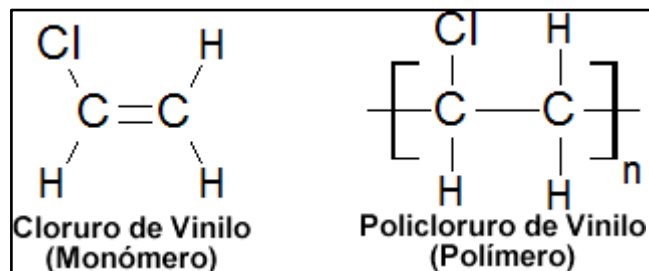


Figura 2. Reacció de polimerització del PVC

Font: <https://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>

Un altre tipus de plàstic, el *plexiglàs*², es va inventar l'any 1928 pel químic alemany W. Bauer. Aquest té moltes aplicacions avui dia, ja que és un material plàstic que es pot fer servir per substituir el vidre perquè és transparent i no s'estella.

L'any 1946 es va començar la producció industrial del *tefló*³, que havia sigut descobert uns anys abans per Roy Plunkett, un químic que treballava per l'empresa DuPont on

² El *plexiglàs* és actualment anomenat metacrilat de polimetil.

³ El *tefló* és el nom amb què es coneix el politetrafluoroetilè.

va descobrir la polimerització del tetrafluoroetilè, polimerització que va crear el politetrafluoroetilè.

Uns anys després, la polimerització radical controlada va ser desenvolupada per Mitsuo Sawamoto i Krzysztof Matyjaszewski. Aquesta nova tècnica de polimerització va permetre el disseny i la síntesi de polímers amb estructures definides i controlades. Va suposar un gran pas pel que fa a la fabricació de polímers.



Imatges 4 i 5. Mitsuo Sawamoto i Krzysztof Matyjaszewski

Font: The Franklin Institute (<https://www.fi.edu/en>)

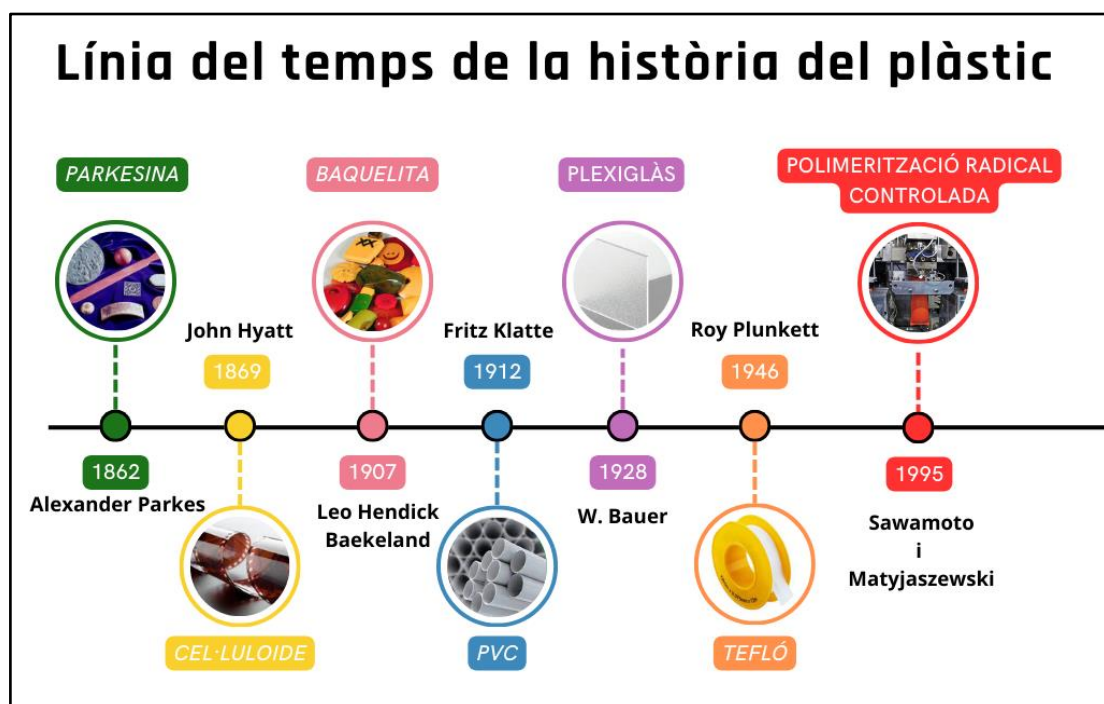


Figura 3. Línia del temps de la història dels plàstics

Font pròpia

2.2 Estructura interna

Els plàstics estan formats per molècules gegants (macromolècules). Aquestes molècules es formen per reaccions en les quals s'uneixen moltes unitats de molècules petites (monòmers) formant llargues cadenes (polímers). Aquestes reaccions s'anomenen reaccions de polimerització.

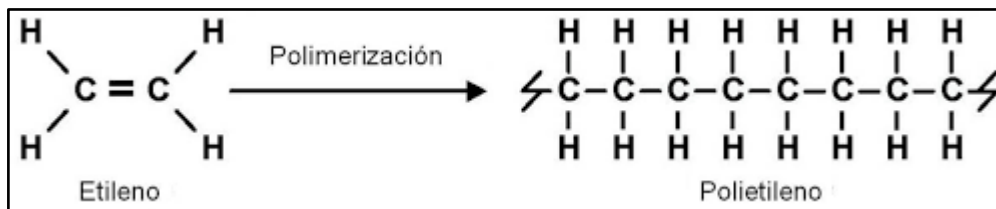


Figura 4. Polimerització de l'etilè per formar polietilè

Font: <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/82-polimeros.html>

Els materials que coneixem amb la denominació de plàstics o resines són polímers orgànics, és a dir, molècules gegants formades per àtoms de carboni juntament amb d'altres d'hidrogen, oxigen i en menor quantitat: clor, fluor, nitrogen o silici.

2.3 Classificació dels polímers

Els polímers es poden classificar de diferents maneres en funció dels paràmetres que es segueixin. S'expliquen els més comuns.

Segons el seu origen, es classifiquen en:

- Polímers naturals: Provenen directament de la natura. Un exemple és la cel·lulosa.
- Polímers semisintètics: S'obtenen a través de la modificació d'un polímer natural. Un exemple és la nitrocel·lulosa.
- Polímers sintètics: S'obtenen industrialment mitjançant monòmers orgànics. Han estat creats pels humans. Un exemple és el policlorur de vinil (PVC).

Segons la unió dels seus monòmers, es classifiquen en:

- Homopolímers: Quan el polímer està format per un únic tipus de monòmer.
- Copolímers: Quan el polímer està format per dos tipus diferents de monòmers.
 - Copolímers en bloc: Quan tots els monòmers del mateix tipus estan agrupats en un costat i els de l'altre tipus en l'altre.
 - Copolímers a l'atzar: Quan no existeix cap ordre en la repetició dels monòmers.
 - Copolímers alternats: Quan l'ordre dels monòmers és alternat, un a continuació de l'altre.

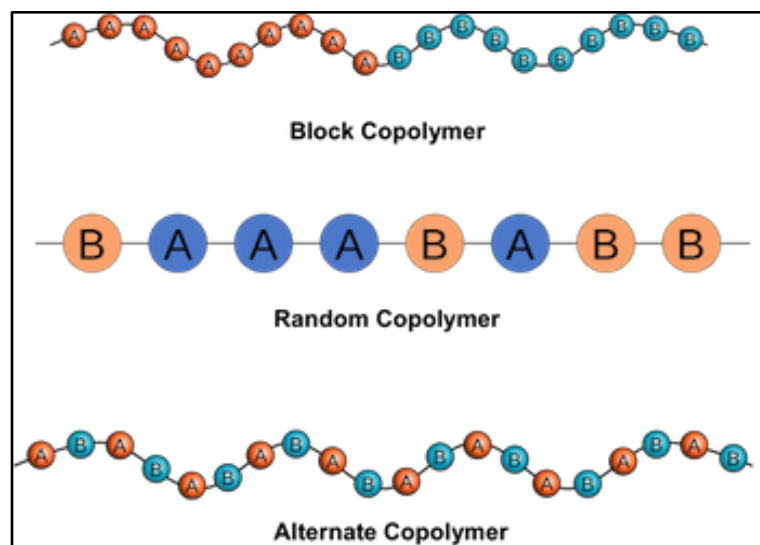


Figura 5. Copolímers de diferents tipus

Font: <https://study.com/academy/lesson/copolymer-structure-properties-quiz.html>

Segons la seva estructura i en conseqüència el seu comportament:

- Termoplàstics: Polímers lineals i ramificats, en què la unió entre les seves molècules és molt feble. Són plàstics que s'estoven quan s'escalfen i s'endureixen quan es refreden, en un procés reversible que es pot repetir moltes vegades.
- Elastòmers: Polímers entrecreuats amb comportament elàstic que poden ser deformats fàcilment sense que es trenquin els seus enllaços ni se'n modifiqui l'estructura.
- Termoestables: Polímers reticulats que tenen enllaços covalents molt forts entre les molècules i si es trenquen aquests enllaços, també es trenquen les molècules. S'endureixen quan s'escalfen per primer cop (reticulació) i ja no poden tornar a ser estovats.

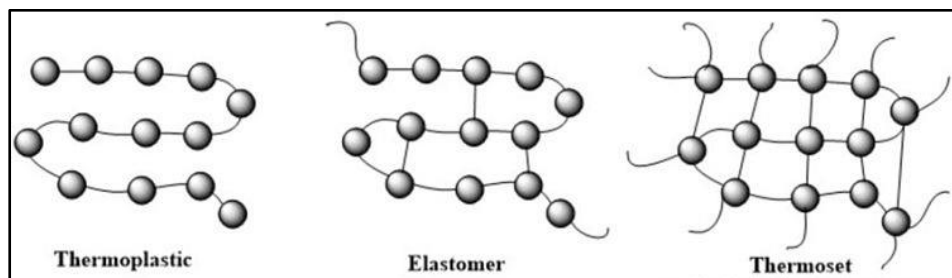


Figura 6. Estructures internes

Font: <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2021/02/los-elastomeros-caracteristicas-y-usos.html>

2.4 Propietats comunes

Els polímers també es poden classificar en lineals, ramificats o entrecreuat. Si es produeixen ramificacions i entrecreuaments entre polímers, es modifiquen les propietats originals del plàstic. Per això és difícil parlar d'unes propietats comunes a tots, ja que hi ha polímers molt diferents amb les seves propietats particulars.

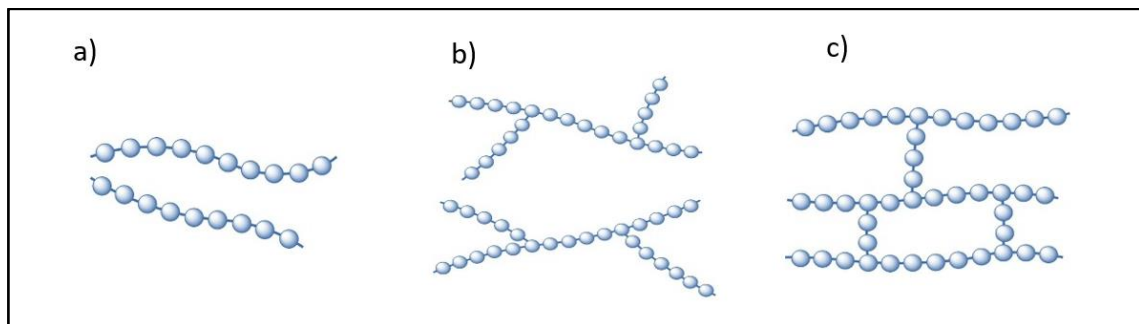


Figura 7. Es representa en a) l'estructura d'un polímer lineal, en b) la d'un de ramificat i en c) la d'un de entrecreuat.

Font: <https://www.hiru.eus/es/quimica/polimeros>

Tanmateix, hi ha algunes propietats que són més o menys comunes a tots els plàstics:

- Són bons aïllants tèrmics i elèctrics.
- Són lleugers ja que la seva densitat acostuma a ser baixa.
- Són fàcils de fabricar, requereixen processos senzills i relativament econòmics.
- Tenen una alta resistència als agents atmosfèrics.
- Són impermeables.
- Les seves propietats mecàniques varien amb el temps i la temperatura: A temperatures altes són dúctils i mal·leables⁴, i a temperatures baixes són rígids i fràgils.
- Tenen la capacitat de ser modelats i adquirir tota mena de formes.

⁴ La mal·leabilitat és la capacitat d'un material d'estendre's en làmines molt fines per l'acció d'esforços externs.

2.5 Additius

Les propietats que depenen de l'estructura molecular poden ser modificades o millorades afegint-hi diverses substàncies o additius. Els additius més habituals són:

- Els plastificants: són substàncies orgàniques que redueixen la duresa i la fragilitat dels polímers, augmentant-ne la ductilitat⁵ i la tenacitat⁶. S'utilitzen en la fabricació de polímers fràgils a temperatura ambient.
- Les càrregues: són substàncies minerals o vegetals que milloren la resistència mecànica⁷ i la tenacitat, a més d'abaratir el cost del producte final.
- Els estabilitzants: són compostos químics que augmenten la resistència dels polímers al deteriorament per l'acció de la radiació ultraviolada⁸ i de l'oxidació⁹.
- Els ignífugs: són els que es coneixen com a retardadors de flama i dificulten la inflamació i posterior propagació de la flama en els polímers. Són molt útils, ja que la majoria dels polímers són inflamables.
- Els lubricants: són substàncies que milloren els problemes de lliscament sobre les superfícies de màquines, etc.
- Els desemmotllants: són substàncies orgàniques que faciliten el desemmotllament de les peces de plàstic.
- Els colorants: són compostos que donen color al polímer. Poden ser tints i incorporar-se a l'estructura molecular del polímer o pigments que se situen en els espais que deixen lliures les molècules.

⁵ La ductilitat és la capacitat d'un material a ser estirat permanent sense trencar-se.

⁶ La tenacitat és la capacitat d'un material a resistir els esforços mecànics de tracció, flexió, estirament, etc., perquè està format per parts que mostren una forta cohesió entre elles.

⁷ La resistència mecànica és la capacitat dels cossos per resistir les forces aplicades sense trencar-se.

⁸ La radiació ultraviolada està present en la llum solar.

⁹ L'oxidació és la transformació d'un cos mitjançant l'acció de l'oxigen. A escala atòmica, és la disminució del nombre d'electrons d'un element químic.

2.6 Fabricació d'objectes plàstics

En el procés d'elaboració les peces de plàstic es fabriquen en dues fases ben diferenciades i que acostumen també, a realitzar-se en indústries diferents. Aquestes dues fases són:

- Primera fase: Síntesi dels polímers
- Segona fase: Conformació dels polímers

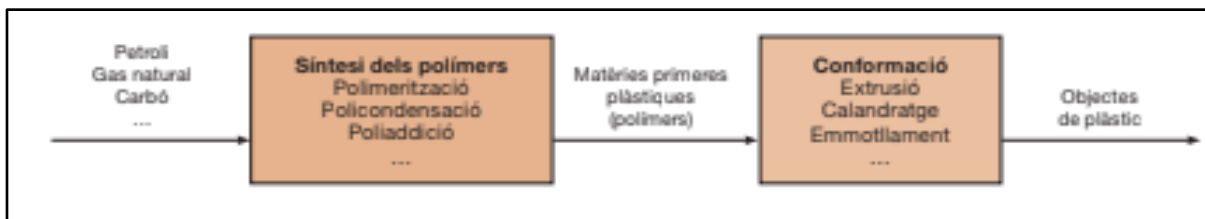


Figura 8. Esquema de la fabricació d'objectes de plàstic.

Font: Llibre McGraw Hill, unitat 09-Materials no metàl·lics.

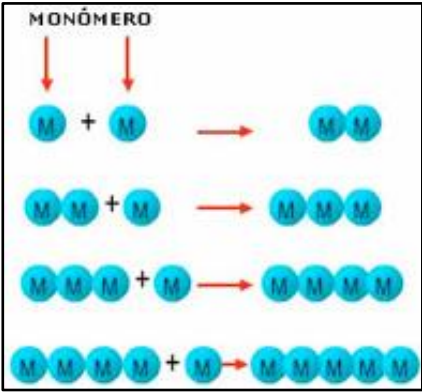
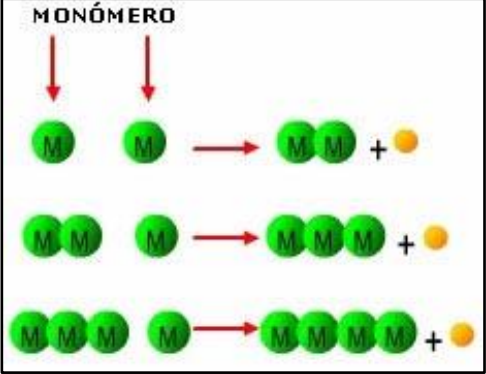
2.6.1 Síntesi del polímer

La major part dels polímers produïts industrialment són sintètics i els seus components elementals¹⁰ per a la seva síntesi s'obtenen, en la majoria dels casos, del petroli, del gas natural i del carbó.

El procés d'obtenció del polímer s'anomena polimerització i del grau de polimerització¹¹ en depèn la rigidesa del plàstic. Per sintetitzar un plàstic tou es necessiten al voltant de 70 monòmers i a mesura que el nombre de monòmers augmenta, s'incrementa la rigidesa i la resistència del plàstic. Fins a arribar als 700 monòmers, valor a partir del qual ja no es modifiquen les seves propietats mecàniques. Existeixen dos tipus de reaccions de polimerització:

¹⁰ Els components elementals són els productes químics que constitueixen els monòmers.

¹¹ Es coneix com a grau de polimerització la quantitat de monòmers continguts en el polímer.

POLIMERITZACIÓ D'ADDICIÓ	POLIMERITZACIÓ DE CONDENSACIÓ
En aquesta polimerització, els monòmers van reaccionant entre si i es van unint un a un en forma de cadena, fins a formar una molècula gegant o polímer.	En aquesta polimerització, no tots els àtoms del monòmer formen part del polímer final. Perquè els monòmers s'uneixin, és necessari que una part d'ells es perdi. Normalment, es condensa aigua a partir de la reacció.
El poliestirè i el policlorur de vinil són dos exemples de polímers d'addició.	El niló 6,6 és un exemple de polímer de condensació.
	
Figura 9. Reacció de polimerització d'addició.	Figura 10. Reacció de polimerització de condensació.
Font:	Font:
http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?GUID=956d0e27-85f4-48ec-bd90-137b6963f06c&ID=136400	http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?GUID=956d0e27-85f4-48ec-bd90-137b6963f06c&ID=136400

2.6.2 Conformació del polímer

El polímer obtingut es pot presentar en qualsevol de les formes comercials: pólvores, gels, boletes, pastilles, líquids, granulats... Les indústries transformadores s'encarreguen de donar forma a aquesta primera matèria i convertir-la en objectes útils. Aquestes indústries utilitzen diferents processos de conformació de polímers entre les quals destaquen: extrusió, bufament, injecció, buit, compressió i calandratge.

EXTRUSIÓ

És una tècnica que consisteix a fer circular el granulat de plàstic per l'interior d'un tub escalfador mitjançant l'acció d'un cargol. El plàstic fos surt per l'extrem del tub on hi ha una filera amb la forma que es vol obtenir i passa a una cambra de refrigeració, que pot ser d'aigua o aire. Seguint aquest procés es fabriquen objectes llargs, com tubs.

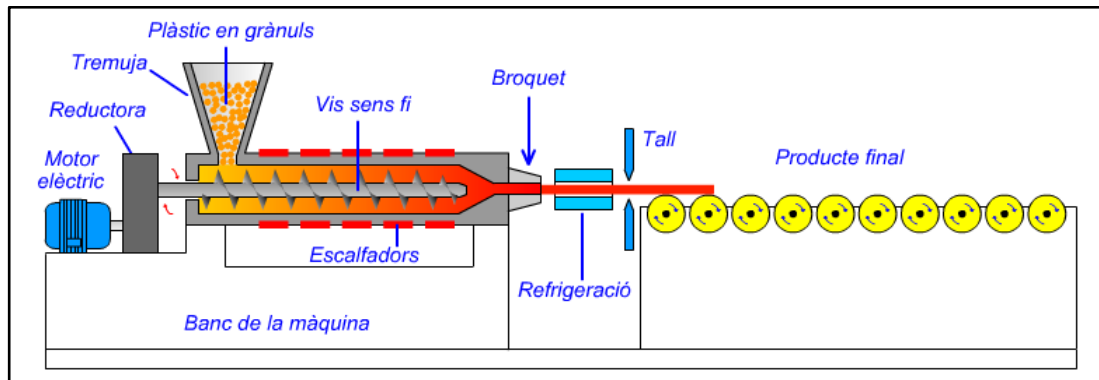


Figura 11. Esquema del procés d'extrusió.

Font: <http://aulaz.org/TECNO/LLIBRES/S2/S2-TRANSFORMACIOPRIMERESMATERIES/14PlasticMecanitzacio.html>

BUFAMENT

És una tècnica que consisteix a obtenir un tub amb una extrusora i, abans que es refredi, tancar-lo a l'interior d'un motlle, mentre es bufa aire a pressió pel seu interior, forçant-lo així a adherir-se contra les parets del motlle. Després es tallen els extrems sobrants i s'obre el motlle per extreure'n la peça acabada. Seguint aquest procés es fabriquen objectes buits com ampolles, pilotes i joguines.

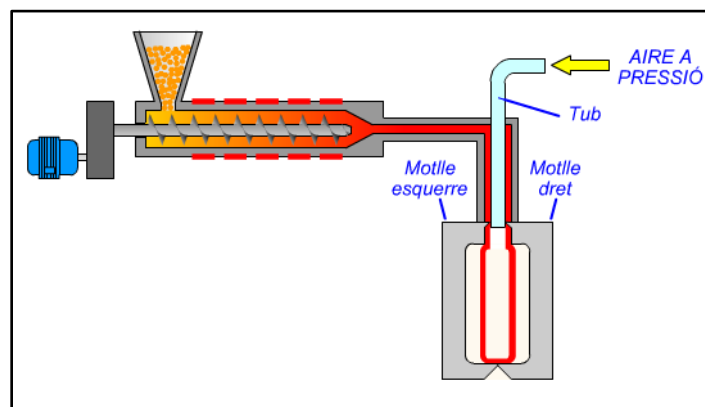


Figura 12. Esquema del procés de bufament.

Font: <http://aulaz.org/TECNO/LLIBRES/S2/S2-TRANSFORMACIOPRIMERESMATERIES/14PlasticMecanitzacio.html>

INJECCIÓ

És una tècnica que consisteix a fer circular el granulat de plàstic per l'interior d'un tub escalfador (similar al de l'extrusora) gràcies a l'acció d'un cargol. Quan la massa de plàstic fos arriba al final del tub, tot el cargol es desplaça longitudinalment i força la seva entrada dins d'un motlle. El cargol es retira i, un cop refredat el plàstic dins el motlle, aquest s'obre i s'extreu la peça acabada. Seguint aquest procés es fabriquen objectes de formes complicades i que requereixen un bon acabat com són els tacs de les ampolles o qualsevol peça que contingui rosca.

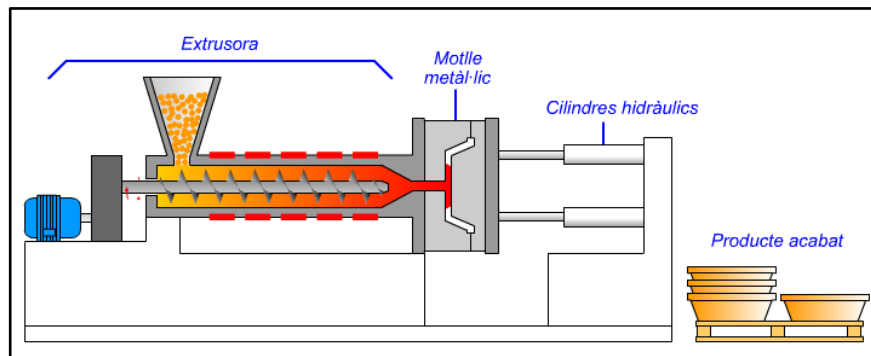


Figura 13. Esquema del procés d'injecció.

Font: <http://aulaz.org/TECNO/LLIBRES/S2/S2-TRANSFORMACIOPRIMERESMATERIES/14PlasticMecanitzacio.html>

BUIT

És una tècnica que consisteix a utilitzar un motlle obert que disposa d'uns petits canals per on pot circular l'aire. Damunt d'aquest motlle es col·loca una làmina de plàstic i s'escalfa per tal d'estovar-la. Un cop la làmina té la plasticitat adequada, s'extreu l'aire situat entre la làmina i el motlle fent servir una bomba de buit. Per acció de la pressió atmosfèrica, la làmina queda comprimida contra el motlle i n'adopta la forma. Seguint aquest procés es fabriquen objectes grans amb formes complicades o embalatges poc profunds com serien els dels aliments o altres estris.

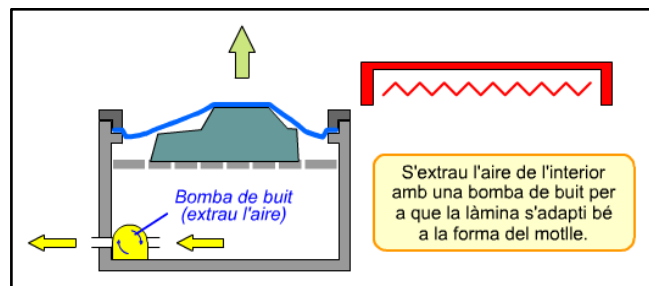


Figura 14. Esquema del procés de buit.

Font: <http://aulaz.org/TECNO/LLIBRES/S2/S2-TRANSFORMACIOPRIMERESMATERIES/14PlasticMecanitzacio.html>

COMPRESSIÓ

És una tècnica que consisteix a utilitzar un motlle amb dues parts, una de fixa i una altra de mòbil amb sistemes d'escalfament. Se situa la quantitat adequada de polímer a l'interior de la part fixa i es tanca el motlle aplicant una gran pressió a la part mòbil. Per efecte de la temperatura i de la pressió, el material adopta la forma del motlle. Seguint aquest procés es fabriquen peces de polímers termoestables, com endolls, estris de cuina, etc.

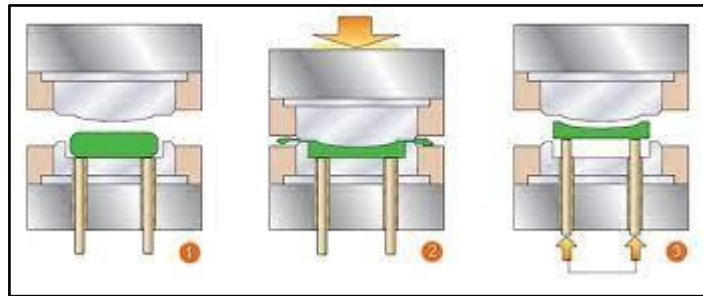


Figura 15. Esquema del procés de compressió.

Font: <http://tecnologidani.blogspot.com/2010/11/emmotllament-per-compressio.html>

CALANDRATGE

És una tècnica que consisteix a alimentar uns corròs escalfadors amb el granulat de plàstic que es vol conformar. El material en fase viscosa es fa circular entre els corròs fins que adopta el gruix i la textura desitjats. Seguint aquest procés es fabriquen tota mena de làmines.

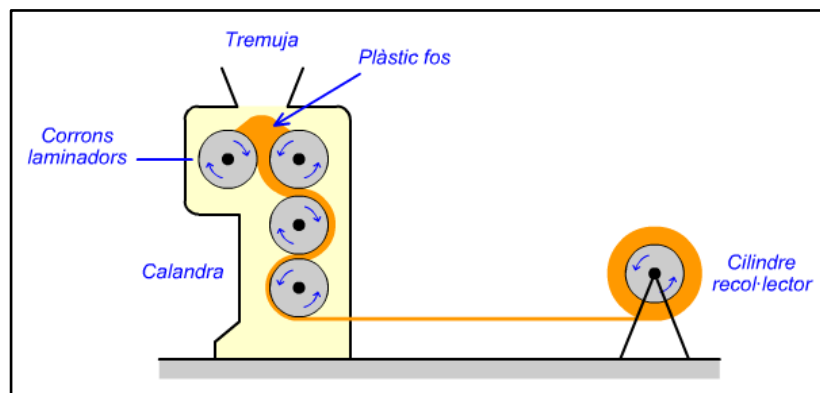


Figura 16. Esquema del procés de calandratge.

Font: <http://aulaz.org/TECNO/LLIBRES/S2/S2-TRANSFORMACIOPRIMERESMATERIES/14PlasticMecanitzacio.html>

2.7 Reciclatge

El consum de plàstic no ha deixat de créixer durant els darrers anys a l'Estat espanyol on cada any es generen 1.500.000 tones de residus plàstics. La gran majoria d'aquests residus són envasos i embalatges corresponents a termoplàstics, que són objectes de vida útil curta. Cal tenir en compte, que els plàstics no són biodegradables el que fa que no puguin ser assimilats per la natura i que es mantinguin durant molts anys pràcticament inalterats. A més a més, la seva presència provoca danys als ecosistemes a causa de la destrucció dels hàbitats de molts éssers vius. Un altre punt important és que en l'elaboració dels plàstics s'utilitzen productes químics i energia la majoria dels quals s'obté, principalment, del petroli, que és un recurs natural limitat i contaminant.

Queda en evidència la necessitat que té la societat d'aprofitar els residus plàstics per poder evitar tots els problemes que en deriven de la producció. Com més s'aprofitin els residus plàstics, menys s'hauran de produir i conseqüentment, es reduiria l'ús de petroli. Una de les tasques més importants és la recollida i el posterior reciclatge dels materials plàstics. Aquest aprofitament de recursos, en el cas dels polímers, pot venir per tres vies:

1. La reelaboració d'objectes a partir dels residus de termoplàstics seleccionats, nets i trossejats. Els objectes realitzats amb plàstic reciclat poden tenir algunes limitacions com per exemple que no es puguin fer servir en l'àmbit alimentari.
2. La recuperació dels productes químics primaris continguts als polímers per tornar a elaborar-ne de nous. Per aconseguir aquests productes químics primaris cal sotmetre els residus a un procés de piròlisi¹².
3. La recuperació de part de l'energia utilitzada en el procés de fabricació mitjançant la incineració. S'ha d'anar amb compte a l'hora de fer la incineració perquè plàstics com el PVC poden provocar greus problemes de contaminació.

¹² La piròlisi és la descomposició tèrmica de materials a temperatures elevades en una atmosfera inerta.

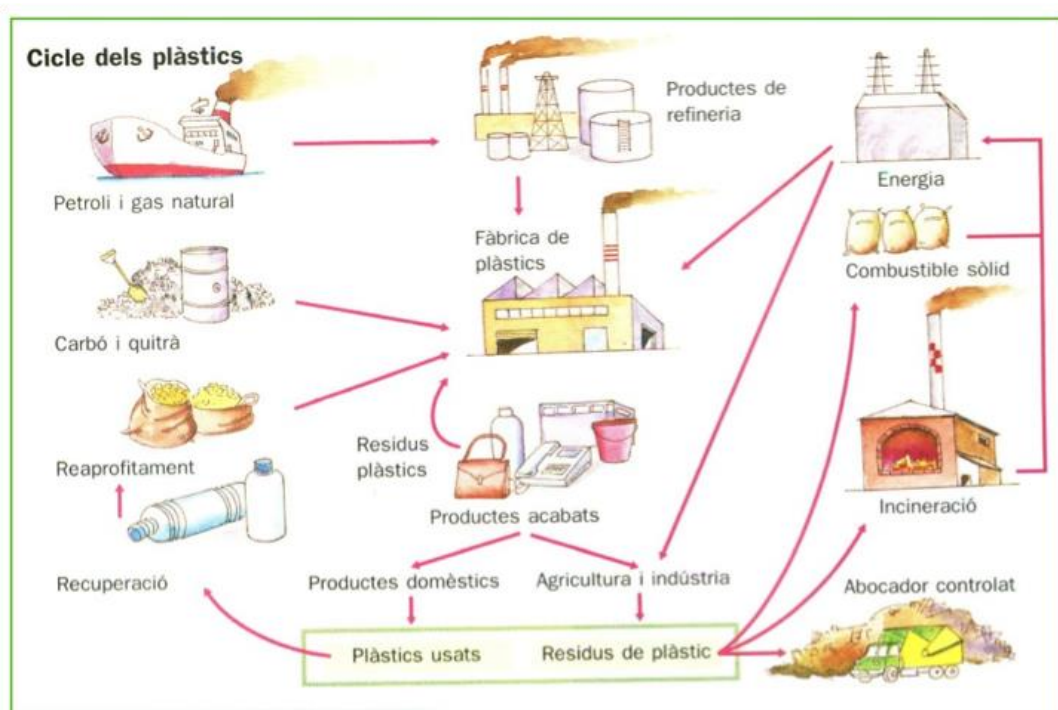


Figura 17. Esquema del reciclatge del plàstic.

Font: Llibre McGraw Hill, unitat 09-Materials no metàl·lics.

Encara que pugui semblar fàcil i simple el reciclatge tenint en compte les diverses opcions que hi ha, cal ser conscient d'un gran inconvenient que és la gran diversitat de plàstics que hi ha. Això suposa un problema, ja que els processos de reciclatge no són iguals per a tots els polímers i abans de reciclar-los cal seleccionar els diferents tipus de plàstics i això en les condicions actuals és gairebé impossible. Per tal de facilitar la classificació es van crear uns símbols internacionals d'identificació del tipus de plàstic, l'any 1988, en què s'ordenen de l'u al set segons la dificultat de reciclatge de forma creixent:

SÍMBOL	DESCRIPCIÓ	RECICLATGE
 PET	PET Tereftalat de polietilè	Quan es recicla es pot utilitzar en mobles, catifes, fibres tèxtils, peces de vehicles i, en algunes ocasions en nous envasos d'aliments.

 HDPE	HPDE Polietilè d'alta densitat	Es pot reutilitzar de diverses formes, com a ampolles de detergents, mobles de jardí, etc.
 PVC	PVC Clorur de polivinil	No es recicla sovint. S'utilitza en panells, tarimes, canalons de carreteres, etc. Pot soltar diverses toxines, per aquest motiu, no es pot cremar i està prohibit envasar productes d'alimentació amb ell.
 LDPE	LDPE Polietilè de baixa densitat	S'utilitza de nou en panells, papereres, contenidors, sobres, canonades, rajoles, etc.
 PP	PP Polipropilè	Una vegada reciclat, es poden obtenir senyals lluminosos, escombres, cables de bateria, raspalls, bastidors de bicicleta, rasclets, safates, galledes, etc.
 PS	PS Poliestirè	És difícil de reciclar i pot emetre toxines. Està prohibit envasar productes d'alimentació amb ell.
 OTHER	Altres Inclou materials elaborats amb més d'un de les categories de l'1 al 6.	Són complicats de reciclar (DVD, MP3, ulleres de sol...)

Taula d'elaboració pròpia en la qual es mostren els símbols internacionals d'identificació dels tipus de plàstics.

Font de les imatges: <https://www.almanac.com/which-plastics-are-recyclable-number>

3. ALTERNATIVES SOSTENIBLES ALS PLÀSTICS

Molts ciutadans es comencen a adonar dels problemes que sorgeixen arran del mal ús que se'n fa dels plàstics i es comencen a preocupar per les dades alarmants de la contaminació d'aquests residus.

La Unió Europea va prohibir a partir de l'any 2021 tots els plàstics d'un sol ús com són les palletes, els plats, els coberts i les capsas de menjar ràpid per emportar. Amb aquesta mesura van estimar que es deixarien d'emetre 3,4 milions de tones de CO₂.

Gràcies a la contínua investigació s'estan trobant alternatives sostenibles als plàstics com són els bioplàstics.

3.1 Els bioplàstics

Una de les alternatives als plàstics convencionals són els bioplàstics. Davant l'increment de l'ús d'aquests materials sorgeixen dubtes i preguntes sobre si realment es sap què és un bioplàstic exactament. És molt important i seria de gran ajuda que les empreses fessin un bon ús dels conceptes i termes per què la població aconseguís distingir realment el que és un bioplàstic i el que realment no ho és.

El terme "bioplàstic" no és únicament utilitzat per referir-se a un tipus de material concret, sinó que aquest terme agrupa una família completa de materials. Però cal tenir en compte que hi ha organitzacions importants en el sector, com és la European Bioplastics que defineixen "bioplàstic" com un material plàstic que és biodegradable, biobasat o les dues alhora.

Llavors, es pot dir que un material plàstic és “bioplàstic” quan es troba dins d’algun d’aquests grups:

- Plàstics biobasats¹³ no biodegradables: es tracta de materials d’origen vegetal però que no es biodegraden. Un exemple seria el BioPE (biopolietilè).
- Plàstics biodegradables no biobasats: es tracta de materials derivats de fonts fòssils, però que sí que es biodegraden. Un exemple seria el PBAT (tereftalat d’adipat de polibutilè).
- Plàstics biodegradables¹⁴ i biobasats: es tracta de materials que provenen de fonts vegetals i que també es biodegraden al mediambient. Un exemple seria el PLA (àcid polilàctic).

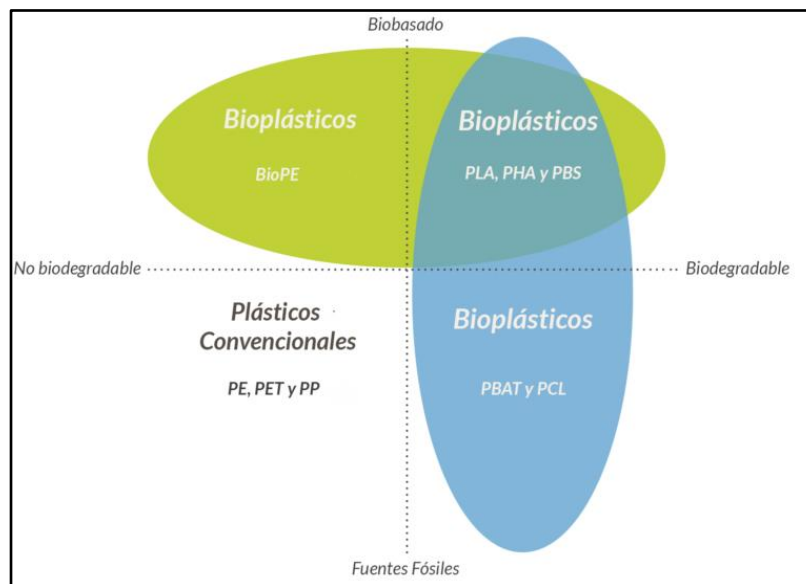


Figura 18. Classificació dels bioplàstics

Font: <https://www.avep.es/nueva-guia-sobre-bioplasticos/>

¹³ Plàstic biobasat: els àtoms que formen les cadenes de les seves molècules s'han agafat de la natura.

¹⁴ Plàstic biodegradable: és aquell que es desintegra a través de l'acció del medi ambient i dels organismes biològics que es troben en ell.

4. DESENVOLUPAMENT DELS BIOMATERIALS

Una vegada s'ha conegut la fabricació dels plàstics, el seu reciclatge i les possibles alternatives, comença la part pràctica del treball. L'objectiu de la part pràctica serà fer recerca de les matèries primeres, elaborar els diferents biomaterials, explicar el que succeeix a escala molecular per entendre les diferències entre els uns i els altres i per últim, realitzar unes proves als biomaterials per arribar a conèixer les seves propietats.

4.1 Matèries primeres

Per escollir les matèries primeres per al biomaterial a banda de fer recerca a internet, em vaig posar en contacte amb el Laboratori d'Innovació de la Universitat de Saragossa el qual realitza tallers sobre biomaterials. La persona encarregada del laboratori, l'Aroa Ejarque, em va proposar fer una videoconferència per poder parlar més a fons sobre el meu treball i veure les opcions que ella més em recomanava. També vaig consultar al doctorat i professor de la facultat de química de la URV per orientar el treball i veure que es podria fer als laboratoris de la universitat.

Finalment, es va decidir realitzar un biomaterial utilitzant com a matèries primeres l'agar-agar, la glicerina i l'aigua. També es va voler provar que succeïa si s'afegia glutaraldehid en algunes mostres.



Imatges 6, 7 i 8. Glicerina, agar-agar i glutaraldehid utilitzats.

4.1.1 Agar-agar

L'agar-agar és un hidrocol·loide¹⁵ que es sintetitza per les parets de les cèl·lules de les algues vermelles *Gracilaria*, *Geldium* i *Pterocladia*. Està compost per agarosa i agarpectina dos polisacàrids que es troben en un 70% i 30% respectivament. Tots dos polisacàrids comparteixen la mateixa estructura bàsica, però es diferencien en la presència de sulfats¹⁶ i piruvats¹⁷, relativament abundants en l'agarpectina i inexistent en l'agarosa. Estan formats per unitats alternades de D-galactosa i de 3,6-anhidro-L-galactopiranoses unides per enllaços α -(1,3) i β -(1,4).

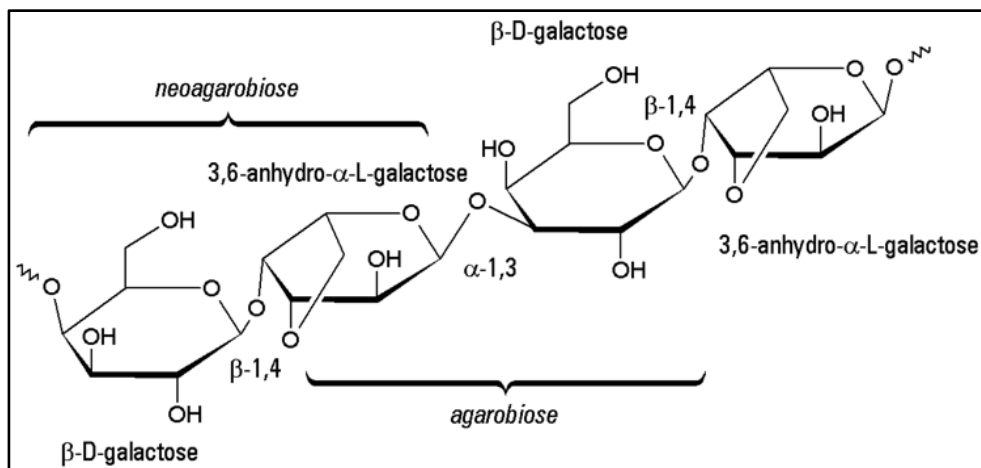


Figura 19. Molècula d'agar-agar

Font: <https://www.agar.com/en/about-agar-agar>

Les seves propietats físiques varien en funció de l'estat en què es trobi. En estat sòlid, l'agar-agar és porós, translúcid i membranós. Acostuma a tenir un color blanc o groguenc. Si està sec és molt trencadís i és pràcticament insoluble en aigua a 25°C, se solubilitza a partir dels 100 °C.

L'agar-agar té diverses aplicacions en àmbits diferenciats. Algunes de les seves aplicacions són el seu ús com a agent gelificant, emulsionant, texturitzant i potenciador de sabor en la indústria alimentària.

¹⁵ Els hidrocol·loides són un grup de polisacàrids de cadena llarga que formen dispersions viscoses quan es barregen amb aigua. També reben el nom de gels.

¹⁶ Els sulfats són cadascuna de les sals de l'àcid sulfúric, que contenen l'anió SO_4^{2-} .

¹⁷ Els piruvats són qualsevol sal o èster de l'àcid pirúvic.

També ha augmentat el seu ús en la fabricació de cosmètics i en farmàcia. En el cas de l'agar-agar refinat, la seva utilitat es basa en l'elaboració de medis de cultius emprats en l'anàlisi de microorganismes. Cal destacar d'igual manera, l'aprofitament de l'agarosa en assajos clínics, anàlisis bioquímiques i en la purificació de biomolècules d'alt pes molecular.

Totes aquestes aplicacions són degudes a les seves propietats:

- És completament soluble en aigua bullent i a temperatura ambient és sòlid.
- Proporciona gels inodors i incolors de qualitat superior en concentracions baixes i que són termoreversibles.
- Té bones sinergies amb hidrocol·loides i sucres.
- No requereix l'addició de productes o ions per a la gelatinització, reacciona simplement amb aigua.
- És l'únic hidrocol·loide que dona gels que suporten temperatures d'esterilització i té una excel·lent resistència a la hidròlisi enzimàtica.

4.1.2 Glicerina

La glicerina, també anomenada glicerol, és un material higroscòpic¹⁸ en forma de líquid viscos que s'obté pel procés químic de saponificació¹⁹. La glicerina també es pot aconseguir per síntesi química per exemple a partir del propilè.

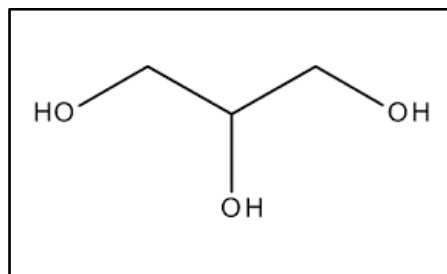


Figura 20. Estructura química de la glicerina.

Font: https://www.merckmillipore.com/ES/es/product/Glycerol,MDA_CHEM-818709

¹⁸ Un material higroscòpic és aquell que absorbeix o cedeix ràpidament aigua en forma de vapor o en forma líquida de l'ambient que els envolta.

¹⁹ La saponificació és un procés químic en el qual els triglicèrids (molècules que componen els greixos) reaccionen amb una base (compost alcalí de pH alt) donant com a resultat la formació de sabó i glicerina.

4.1.3 Aigua

L'aigua és la substància química més abundant en la matèria viva. L'aigua pot ser obtinguda directament o mitjançant diferents reaccions químiques.

La molècula d'aigua està formada per dos hidrògens i un oxigen. A temperatura ambient, a diferència del que caldria esperar, l'aigua es troba en estat líquid pel fet que en la molècula d'aigua els dos electrons dels dos hidrògens estan desplaçats cap a l'àtom d'oxigen. El que provoca que es formi un pol negatiu (àtom d'oxigen) i dos pols positius (àtoms d'hidrogen). Llavors la molècula d'aigua és dipolar.

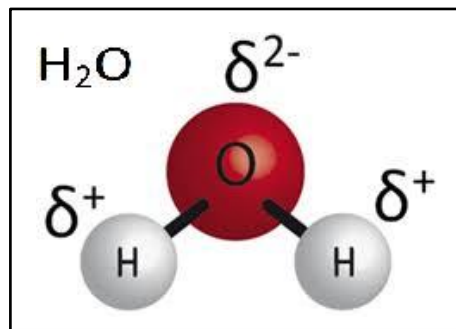


Figura 21. Molècula d'aigua on es mostren les càrregues.

Font: <https://www.repteexperimenta.cat/2021/que-es-hidrogen/>

Les característiques fonamentals de l'aigua són les següents:

- L'elevada força de cohesió entre les molècules gràcies als ponts d'hidrogen. El que explica que sigui un líquid incompressible i la seva elevada tensió superficial.
- L'elevada calor específica²⁰ i l'elevada calor de vaporització.
- La seva densitat és més alta en estat líquid que en estat sòlid.
- Té una elevada constant dielèctrica²¹.
- Baix grau d'ionització²².

²⁰ La calor específica és la quantitat de calor necessària per elevar 1 °C un gram d'aigua.

²¹ L'elevada constant dielèctrica indica que l'aigua permet la dissociació de la majoria de les sals inorgàniques en el seu interior i que aquestes poden conduir l'electricitat.

²² El grau d'ionització fa referència al nombre de molècules d'aigua dissociades en protons i neutrons.

4.1.4 Glutaraldehid

El glutaraldehid és un compost químic de la família dels aldehids, concretament és un dialdehid saturat, que s'obté de forma comercial en solucions amb pH àcid al 2%, 25% o 50%. Aquesta diferència de concentració, es tradueix en canvis en les seves propietats en especial la seva toxicitat²³ i eficàcia biocida²⁴.

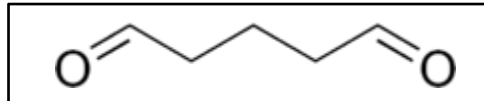


Figura 22. Molècula de glutaraldehid.

Font: <https://en.wikipedia.org/wiki/Glutaraldehyde>

4.2 Fonament teòric de la formació dels biomaterials

Abans de realitzar els biomaterials és de gran rellevància conèixer el que està passant a escala molecular. En funció de la composició dels biomaterials es produirà una reacció química, o simplement una mescla dels reactius, de tal manera que determinarà les propietats dels materials.

4.2.1 Biomaterial d'agar-agar, glicerina i aigua

L'agar-agar està format per 2 cadenes enllaçades entre si mitjançant ponts d'hidrogen. A l'afegir aigua, aquesta actua com a dissolvent a causa de la seva polaritat, i trenca els ponts d'hidrogen que enllaçaven les dues cadenes de l'agar-agar. El que succeeix és que les molècules d'aigua formen ponts d'hidrogen entre ambdues cadenes i, per tant, les cadenes de l'agar-agar queden separades però unides a través de l'aigua.

²³ La toxicitat descriu el grau en què una substància és verinosa o pot causar una lesió.

²⁴ L'eficàcia biocida és la capacitat que té una substància de matar, repel·lir o interrompre el creixement d'organismes vius.

Quan s'afegeix la glicerina, passa una cosa similar, crea ponts d'hidrogen entre les cadenes d'agar-agar i es disputa la formació dels ponts d'hidrogen amb l'aigua. Per formar el biomaterial, cal evaporar l'aigua un cop realitzada la mescla i quan es realitza aquest pas, l'aigua desapareix i amb ella els ponts d'hidrogen formats prèviament. En aquest moment, la glicerina pot formar més enllaços de pont d'hidrogen i es queda retinguda entre les cadenes d'agar-agar. Això provoca un canvi en les propietats finals del material, ja que en un inici, l'agar-agar era rígid, però en quedar atrapada la glicerina, aquesta provoca que es converteixi en un material flexible.

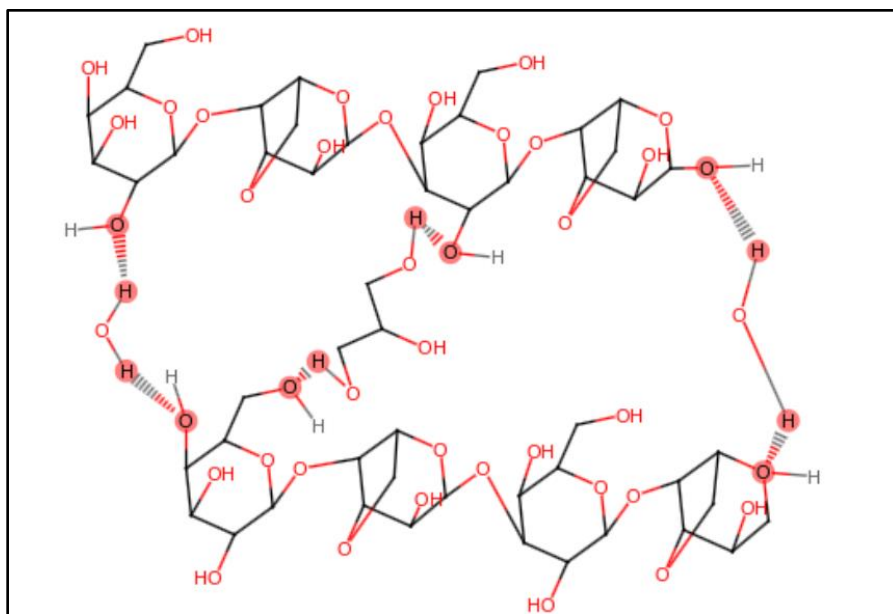


Figura 23. Estructura química del biomaterial d'agar-agar, aigua i glicerina.

Font pròpia

Per tant, en fer aquesta barreja s'obtenen canvis en les propietats, esperant sobretot una flexibilitat més alta. És important remarcar que no es produeix una reacció química en cap moment perquè tots els enllaços són ponts d'hidrogen i llavors, només es parla d'interaccions intermoleculars. No es produeixen canvis químics en l'agar-agar per transformar-lo en un altre producte.

4.2.2 Biomaterial d'agar-agar, glicerina, glutaraldehid i aigua

Per fabricar aquest biomaterial se segueix el mateix procés que a l'anterior amb la diferència que en aquest cas s'incorpora glutaraldehid. Encara que pugui no semblar-ho, és un gran canvi, ja que en aquest cas sí que es produeix una reacció química el que significa que les substàncies reaccionen i canvien la seva composició química.

Partim de la base de l'agar-agar, l'aigua (que s'evapora) i la glicerina. Per tant, en aquest moment la mescla es fonamenta en la unió amb ponts d'hidrogen de la glicerina i les cadenes de l'agar-agar. Quan s'afegeix el glutaraldehid, la situació canvia. Es produeix una reacció química entre els grups OH del polímer d'agar-agar i el grup aldehid del glutaraldehid. El resultat de la reacció és la unió entre l'agar-agar i el glutaraldehid mitjançant enllaços hemiacetals, que són enllaços covalents. A diferència del material de l'apartat anterior, el que no contenia glutaraldehid, en aquest cas té lloc la formació d'enllaços intramoleculars²⁵ que són més forts que les interaccions i enllaços intermoleculars²⁶.

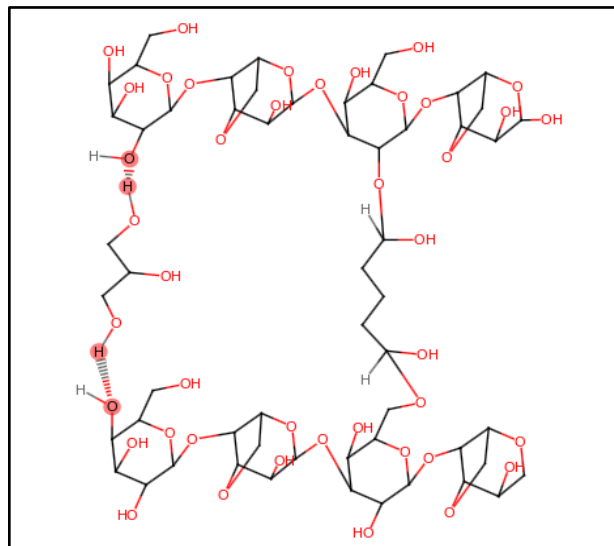


Figura 24. Estructura química del biomaterial d'agar-agar, glicerina, glutaraldehid i l'aigua ja evaporada.

Font pròpia

²⁵ Els enllaços intramoleculars són els enllaços químics que mantenen units els àtoms dins la molècula. Són enllaços forts i es requereix molta energia per trencar-los.

²⁶ Els enllaços intermoleculars són els enllaços químics que es formen entre diferents molècules. Són enllaços febles que es produeixen a causa de les forces d'atracció entre les càrregues parcials positives i negatives de les molècules.

4.3 Procés de fabricació

4.3.1 Objectius

L'objectiu del procés de fabricació és aconseguir unes làmines homogènies de cada biomaterial amb les quals es pugui treballar posteriorment. No es tracta d'obtenir un biomaterial perfecte, sinó de fer diferents combinacions les quals més endavant es puguin sotmetre a proves per valorar les seves propietats.

4.3.2 Metodologia emprada

Tots els assajos s'han realitzat sempre en un laboratori per poder portar un control estricte de les variables que poden afectar el biomaterial que es pretén realitzar. S'ha seguit el **mètode científic** en tot moment durant el procés de fabricació. Per començar, es va plantejar el **problema**: És possible fabricar un biomaterial semblant al plàstic amb agar-agar, glicerina i aigua? I amb glutaraldehid? Seguidament, es van exposar les **hipòtesis** que es tenien sobre què passaria amb els resultats. Les hipòtesis van ser:

1. Si s'afegeix massa glicerina, el material serà molt adhesiu?
2. Si la concentració d'agar-agar és alta, el material s'esquerda?

A continuació, es van assignar les variables de l'experiment: la **variable independent** seria la quantitat utilitzada de cada producte, la **variable dependent** les propietats del biomaterial que es modifiquen i les **variables controlades** que serien principalment la temperatura, la humitat del laboratori, l'ús del mateix material i dur a terme els processos sempre en el temps establert, que ha de ser sempre el mateix.

Pel que fa al **disseny experimental**, va anar variant durant els assajos fins a aconseguir l'ideal per a poder realitzar correctament la fabricació dels biomaterials. Per tant, en cada assaig s'explica el procés seguit, els resultats obtinguts i les conclusions extretes. D'aquesta manera, es pot veure l'evolució de la investigació.

4.3.3 Procés d'assaig

ASSAIG N°1

Objectiu: aconseguir làmines homogènies de cada biomaterial amb les quals es pugui treballar posteriorment.

Reactius:

Glicerina 99+%	Glutaraldehyd 50%
Agar-agar nutritiu 2%	Aigua destil·lada

Materials:

Cassó	Proveta de 250 ml
Placa calefactora	Vareta de vidre
Termòmetre	Safates d'alumini
Xeringa	Estufa d'aire forçat
Vas de precipitats de 20 ml	Balança
Vas de precipitats de 2000 ml	Espàtula metàl·lica

Procediment:

El procediment és idèntic en l'elaboració de totes les mostres, exceptuant la incorporació de glutaraldehyd a les mostres 1, 2 i 3. Per tant, només s'explica el procediment una vegada fent referència a les 5 vegades que s'ha realitzat, una vegada per cada mostra. Les quantitats dels diferents reactius es mostren a la taula i com que són diferents per a cada mostra, no s'afegeixen a l'explicació del procediment.

Els passos seguits van ser els següents:

1. Escalfar l'aigua destil·lada al cassó sobre la placa calefactora i anar comprovant la temperatura.

2. Pesar l'agar-agar a la balança i mesurar la quantitat de glicerina i glutaraldehyd amb la xeringa.
3. Afegir la glicerina i el glutaraldehyd a l'aigua i barrejar amb la vareta de vidre. A continuació, afegir l'agar-agar i amb ajuda de la vareta de vidre barrejar fins a l'absència de grumolls.
4. Mentre la dissolució va pujant de temperatura, tenir preparada la safata preescalfada (per evitar canvis bruscos de temperatura que podrien afectar a la formació del biomaterial) amb anterioritat a l'estufa a 105 °C.
5. Una vegada la dissolució arribi als 95 °C, s'aboca a la safata calenta repartint-la de manera que quedi tant homogènia com sigui possible i es trasllada a l'estufa d'aire forçat a 80 °C de temperatura durant 24 hores.



Imatges 9, 10 i 11. Procediment d'elaboració dels biomaterials

Font pròpia

Proporcions en funció de cada mostra:

MOSTRA 1	10% de glicerina partint d'un total de 8 g
Glicerina	0,64 ml $\pm$ 0,01 ml (0,8 g)
Agar-agar	7,20 g $\pm$ 0,01 g
Aigua	250 ml

MOSTRA 2	20% de glicerina partint d'un total de 8 g
Glicerina	1,28 ml $\pm$ 0,01 ml (1,6 g)
Agar-agar	6,40 g $\pm$ 0,01 g
Aigua	250 ml

MOSTRA 3	30% de glicerina partint d'un total de 8 g
Glicerina	1,92 ml $\pm$ 0,01 ml (2,4 g)
Agar-agar	5,60 g $\pm$ 0,01 g
Aigua	250 ml

MOSTRA 4	25% de glicerina partint d'un total de 8 g
Glicerina	1,60 ml $\pm$ 0,01 ml (2,0 g)
Agar-agar	5,60 g $\pm$ 0,01 g
Aigua	250 ml
Glutaraldehyd	0,80 g $\pm$ 0,01 g

MOSTRA 5	25% de glicerina partint d'un total de 8 g
Glicerina	1,60 ml $\pm$ 0,01 ml (2,0 g)
Agar-agar	4,40 g $\pm$ 0,01 g
Aigua	250 ml
Glutaraldehyd	3,2 g $\pm$ 0,01 g

* Per calcular la glicerina en volum s'ha utilitzat la densitat (1,25 g/ml)

*A les mostres 4 i 5 s'ha doblat la quantitat de glutaraldehid degut a què és del 50% de puresa.

Resultats observats 24h després:

Nº de mostra	Observació	Imatge
MOSTRA 1	La mostra està molt encongida, es trenca només tocar-la. Només s'han pogut extreure 2 trossos molt gruixuts.	
MOSTRA 2	La mostra és un film acceptable, d'una peça però marró i no completament homogeni.	
MOSTRA 3	La mostra és un film acceptable, d'una peça però marró i no completament homogeni.	
MOSTRA 4	La mostra és un film acceptable, és una peça prou gran amb molt bona resistència però marró fosc.	
MOSTRA 5	La mostra és molt fosca i està completament adherida al motlle, és gairebé impossible treure'n res.	

Imatges de cada mostra

Font pròpia

Observacions generals:

- L'estufa d'aire forçat treu l'aigua en poques hores a 80 °C.
- Els resultats no són gaire bons, a la mateixa tarda ja es veia una forta contracció en alguns i una superfície grumollosa que indica que el material no era homogeni. A més a més, han sortit de color marró.

Conclusions de l'assaig nº1:

Els resultats no han sigut com s'esperava. La intenció era obtenir unes làmines homogènies i transparents que s'assemblassin al plàstic i s'ha aconseguit totalment el contrari.

El material ha sortit de color marró i heterogeni. L'heterogeneïtat i el color marró són deguts al fet que l'agar-agar portava una notable quantitat de proteïna i aquesta se separa a mesura que s'evapora l'aigua i, a més a més, la proteïna es degrada amb la calor.

L'agar-agar que s'estava utilitzant era agar-agar nutritiu al 2% perfecte per realitzar medis de cultius, però no era l'adequat en el nostre cas. Estava compost per 5 g/L de triptona²⁷, 3 g/L d'extracte de carn i 12 g/L d'agar bacteriològic. La triptona i l'extracte de carn van ser els factors que van influir negativament en la formació dels biomaterials.

Com a millora per al pròxim assaig, es proposa fer ús agar-agar pur per evitar la proteïna present a la mostra.

²⁷ La triptona és l'assortiment de pèptids formats per la digestió de la caseïna per la proteasa tripsina.

ASSAIG N° 2

És una rèplica de l'assaig número 1 amb la diferència de l'ús d'agar-agar pur. En aquest cas, no es realitzen 2 mostres amb glutaraldehid per estalviar el malbaratament que es comet cada vegada que es fa una mostra. Es fan només 4 mostres.

Resultats:

Aquesta vegada els biomaterials han quedat completament transparents i incolors, però un cop assecats s'esquerden.

Conclusions assaig nº2:

Després d'investigar el perquè s'esquerdaven els materials, es van trobar uns possibles factors:

- Cal treballar amb concentracions inicials d'1% o com a molt 4%, és a dir 10 g en 1 L d'aigua.
- La capacitat per formar un film depèn del punt de gel que alhora depèn de l'origen de l'agar-agar i no només depèn de la seva procedència sinó que també els additius que s'afegeixen poden variar la temperatura.
- Es recomana treballar en temperatures d'entre 90 i 105 °C.

Pel que fa a les concentracions a les quals s'havia de treballar, ens trobàvem molt per sobre, per tant, aquest era un dels punts que calia tenir en compte a l'hora de millorar la nostra execució, així es va poder donar resposta a la hipòtesi 2. Tanmateix, no es podia fer res sobre la procedència de l'agar-agar, ja que no es contemplava l'opció de comprar-ne de diferents procedències perquè ni es tenien els recursos suficients ni es creia que n'era una bona opció en la qual invertir part del nostre temps pel fet que també s'havien de tenir en compte els canvis provocats pels additius. Llavors, aquest punt es va considerar nul a l'hora de fer millores. En últim lloc, es va veure que la temperatura s'havia d'eleva mínim 10 °C més i es va decidir que per al pròxim assaig s'utilitzaria una temperatura de 100 °C.

ASSAIG N°3 (ÚLTIM)

Objectiu: a partir dels 2 assajos realitzats abans i amb les millores proposades, es volen aconseguir làmines homogènies de cada biomaterial amb les quals es pugui treballar posteriorment.

Reactius:

Glicerina 99+%

Glutaraldehyd 50%

Agar-agar pur

Aigua destil·lada

Materials:

Cassó

Proveta de 250 ml

Placa calefactora

Vareta de vidre

Termòmetre

Safates d'alumini

Xeringa

Estufa d'aire forçat

Vas de precipitats de 20 ml

Balança

Vas de precipitats de 2000 ml

Espàtula metàl·lica

Colador

Procediment:

D'igual manera que a l'assaig 1, es fa una explicació general dels passos seguits sense entrar en detall en les proporcions:

1. Escalfar l'aigua destil·lada al cassó sobre la placa calefactora i anar comprovant la temperatura.
2. Pesat l'agar-agar a la balança i mesurar la quantitat de glicerina i glutaraldehyd amb la xeringa.
3. Afegir la glicerina i el glutaraldehyd a l'aigua i barrejar amb la vareta de vidre. A continuació, afegir l'agar-agar i amb ajuda de la vareta de vidre barrejar fins a l'absència de grumolls.

4. Mentre la dissolució va pujant de temperatura, tenir preparada la safata preescalfada amb anterioritat a l'estufa a 105 °C.
5. Una vegada la dissolució arribi als 95 °C, s'aboca a la safata calenta, passant la mescla per un colador i repartint-la de manera que quedi tan homogènia com sigui possible. Després es trasllada a l'estufa d'aire forçat a 100 °C de temperatura durant 24 hores.
6. Un cop passades les 24 hores, es desenganxen amb cura les làmines de les safates, s'emboiquen amb paper d'alumini i es guarden en el dessecador amb Na₂SO₄, que té una funció higroscòpica²⁸ i, per tant, s'utilitza com a dessecant.

Proporcions presents en cada mostra:

MOSTRA	Composició	Agar-Agar g	Glicerina g	Sol. 50% glutaraldehyd mL	H2O mL
A	10% Glicerina	10,80 ± 0,01	1,20 ± 0,01	0,00	600
B	20% Glicerina	9,60 ± 0,01	2,40 ± 0,01	0,00	500
C	30% Glicerina	8,40 ± 0,01	3,60 ± 0,01	0,00	400
D	10% Glutaraldehyd	10,80 ± 0,01	0,00	2,50± 0,01	600
D'	10% Glutaraldehyd 20% Glicerina	8,40 ± 0,01	2,40 ± 0,01	2,50± 0,01	400
E	40% Glicerina	7,20 ± 0,01	4,80 ± 0,01	0,00	300
F	50% Glicerina	6,00 ± 0,01	6,00 ± 0,01	0,00	300
G	60% Glicerina	4,80 ± 0,01	7,20 ± 0,01	0,00	300

²⁸ Un material té funció higroscòpica quan és capaç d'absorbir la humitat del medi.

Resultats observats 24 hores després:

Nº de mostra	Observació	Imatge
MOSTRA A	La mostra no és totalment uniforme. Una part del biomaterial s'ha estriat i ha quedat amb textura de film plàstic mentre que l'altra part, ha aconseguit una textura més dura i resistent. No hi han hagut problemes en el moment de treure-la del motlle.	
MOSTRA B	La mostra encara que no és totalment uniforme, ha quedat força bé. S'ha produït una estria, però no afecta gaire el resultat. És resistent i dura, no hi ha hagut problemes per treure-la del motlle, ja que no s'enganxa.	
MOSTRA C	La mostra és molt semblant a l'anterior, no hi ha grans diferències a simple vista.	
MOSTRA D	La mostra és molt resistent i dura. No és gens flexible i s'ha arrugat a l'estufa. Això ha provocat que no tingui el mateix gruix i que no sigui homogènia. Cal destacar que és una mostra brillant i que té un color marronós a causa del glutaraldehid.	
MOSTRA D'	La mostra és més resistent que les que no contenen glutaraldehid, però menys que la mostra D. S'ha estriat en una part, però la resta és força homogènia. Té una tonalitat marronosa causada pel glutaraldehid.	
MOSTRA E	La mostra és resistent i brillant. Bastant homogènia i transparent. Pels cantons té una textura diferent pel gruix.	

MOSTRA F	La mostra és un film molt fi que s'enganxa amb facilitat. Ha costat molt treure'l de la safata. No té gaire aspecte de plàstic, ja que té una textura gelatinosa.	
MOSTRA G	La mostra s'enganxa moltíssim. No es va treure per fer la foto per por que s'enganxés. És la pitjor mostra, ja que a banda d'enganxar-se molt, té textura gelatinosa i no semblant al que coneixem com a plàstic.	

Imatges de cada mostra

Font pròpia

Observacions generals:

- S'han aconseguit unes làmines dels biomaterials de les quals es podran extreure mostres bastant homogènies per realitzar les proves.
- Els biomaterials que presenten glutaraldehyd tenen una coloració una mica marronosa a diferència dels altres que són transparents.
- Els biomaterials que contenen glutaraldehyd són més durs i semblen més resistents.
- Les mostres que contenen 50-60% de glicerina, són les més toves i s'enganxen amb facilitat.

Conclusions assaig nº3:

En aquest assaig s'ha aconseguit l'objectiu inicial. Es volien obtenir làmines homogènies dels biomaterials amb les quals realitzar un seguit de proves. Encara que no han sortit homogènies del tot, es podran tallar per aconseguir que siguin les més homogènies possibles. A més a més, s'ha donat resposta a la hipòtesi 1 ja que s'ha pogut arribar a la conclusió que amb més concentració de glicerina més adhesiu és el material.



Imatge 12. Mostres realitzades.

Font pròpia

Vegeu més sobre el procés de fabricació a Annex 1.

5. REALITZACIÓ DE LES PROVES

5.1 Objectiu

L'objectiu de la realització de les proves als biomaterials és obtenir dades que permetin estudiar les seves propietats i comparar-los entre ells.

5.2 Metodologia emprada

Les proves sempre es van realitzar en les mateixes condicions i amb el mateix material per evitar possibles diferències degudes a factors externs. Les proves que ho van permetre es van realitzar per triplicat per poder compensar la diferència de gruix de les mostres realitzant la mitjana de les dades. Algunes proves no es van poder fer per triplicat a causa del temps que requerien, ja que teníem temps limitat d'estada al laboratori o pel cost de les proves.

5.3 Prova de solubilitat en aigua

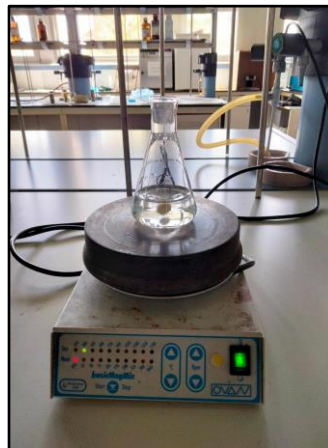
Objectiu: Comprovar la solubilitat en aigua dels biomaterials elaborats per veure com varia segons la seva composició.

Materials:

Balança analítica	Mostres
8 erlenmeyers de 100 mL	Pinces metàl·liques
Aigua destil·lada	Agitador magnètic
Estufa d'aire forçat	8 vidres de rellotge
Paper de filtre i absorbent	Regle, retolador i tisores

Procediment:

- 1- Es talla una mostra de cada biomaterial de 4 cm² i es deixa assecat a 100 °C durant 24 hores a l'estufa d'aire forçat.
- 2- Es pesa cada mostra per saber el pes sec inicial (W1).
- 3- Cada mostra es posa en un dels erlenmeyers amb 50 mL d'aigua destil·lada i es deixen en agitació a 300 rpm durant 24 hores a 25 °C.
- 4- Es tornen a posar les mostres a l'estufa d'aire forçat durant 24 hores. Després, es tornen a pesar per determinar el seu pes sec final (W2).



Imatges 13, 14 i 15. Procediment de la prova de solubilitat

Font pròpia

Dades experimentals:

Nº mostra	Pes sec inicial (g)	Pes sec final (g)
A	0,1291	0,1041
B	0,0771	0,0479
C	0,1090	0,0716
D	0,0440	0,0320
D'	0,0837	0,0524
E	0,0539	0,0303
F	0,1154	0,0548
G	0,1245	0,0361

Càlculs i resultats:

Per calcular la solubilitat en aigua dels biomaterials es va utilitzar la fórmula següent:

$$\text{Solubilitat (\%)} = ((W1 - W2) / W1) \times 100$$

Nº mostra	Solubilitat (%)
A	19,3648
B	37,8729
C	34,3119
D	27,2727
D'	37,3955
E	43,7848
F	52,5130
G	71,0040

Anàlisi dels resultats:

La mostra més soluble en aigua és la mostra G que coincideix amb la mostra que conté més glicerina. La mostra menys soluble en aigua és la A que justament, és la mostra que conté menys glicerina. La solubilitat és major a mesura que la quantitat de glicerina de la mostra augmenta.

Pel que fa a les mostres D i D' que corresponen a les mostres que contenen glutaralhid, no es veu una gran diferència respecte les altres. En el cas de la mostra D', que conté la mateixa quantitat de glicerina que la mostra B, es pot veure que tenen uns valors molt semblants pel que fa a la solubilitat. D'aquest fet, es pot deduir que la presència de glutaralhid no afecta gairebé en la solubilitat.

Conclusions de la prova de solubilitat:

A partir de les dades obtingudes, s'han pogut extreure 2 conclusions:

1. La solubilitat és directament proporcional a la proporció de glicerina.
2. El glutaralhid gairebé no influeix en la solubilitat.

5.4 Prova d'absorció d'aigua

Objectiu: Comprovar l'absorció d'aigua dels diferents biomaterials elaborats, per veure com varia segons la seva composició.

Materials:

Balança analítica
8 erlenmeyers de 100 mL
Aigua destil·lada
Estufa d'aire forçat
Paper de filtre i absorbent

Mostres
Pinces metàl·liques
Agitador magnètic
8 vidres de rellotge
Regle, retolador i tisores

Procediment:

- 1- Es talla una mostra de cada biomaterial de 4 cm² i es deixa assecar a 100 °C durant 24 hores a l'estufa d'aire forçat.
- 2- Es pesa cada mostra per saber el pes sec inicial (M1).
- 3- Cada mostra es posa en un dels erlenmeyers amb 50 mL d'aigua destil·lada i es deixen en agitació a 300 rpm durant 24 hores a 25 °C.
- 4- Passades les 24 hores, es filtren les mostres i s'escorren amb paper absorbent.
- 5- A l'acabar, es pesen a la balança analítica per determinar el seu pes humit (M2) que ens indicarà l'aigua absorbida.



Imatge 16. Erlenmeyers preparats per a l'agitació a 300 rpm.

Font pròpia

Dades experimentals:

Nº mostra	Pes sec inicial (g)	Pes humit (g)
A	0,1291	0,3149
B	0,0771	0,1775
C	0,1090	0,2264
D	0,0440	0,1043
D'	0,0837	0,1873
E	0,0539	0,1157
F	0,1154	0,2452
G	0,1245	0,2066

Càlculs i resultats:

Per calcular l'absorció d'aigua dels biomaterials es va utilitzar la fórmula següent:

$$\text{Absorció d'aigua (\%)} = ((M2-M1)/M1) \times 100$$

Nº mostra	Absorció d'aigua (%)
A	143,9194
B	130,3305
C	107,7064
D	137,0455
D'	123,7754
E	114,6568
F	112,4783
G	65,9438

Anàlisi dels resultats:

La mostra que més aigua absorbeix és la mostra A que és la mostra que menys glicerina conté. La mostra que menys aigua absorbeix és la mostra G que coincideix amb la mostra que més quantitat de glicerina conté.

Pel que fa a les mostres D i D' que corresponen a les mostres que contenen glutaraldehyd, no es veu una gran diferència respecte a les altres.

Conclusions de la prova d'absorció d'aigua:

A partir de les dades obtingudes, s'han pogut extreure 2 conclusions:

1. L'absorció d'aigua és inversament proporcional a la proporció de glicerina.
2. El glutaraldehyd no és un factor determinant en l'absorció d'aigua.

5.5 Prova de resistència i elasticitat

Es van realitzar dos tipus diferents de proves de resistència i elasticitat. La primera que es va realitzar, no va ser l'adequada per al tipus de biomaterials que es tenien, ja que eren massa resistents i el muntatge no permetia que aquests patissin canvis significatius. Per tant, com que només va servir per prendre consciència que es necessitaria un altre tipus de prova i muntatge, l'explicació d'aquesta prova es pot trobar a **Annex 2**.

A continuació es troba la prova de resistència i elasticitat definitiva:

Prova de resistència i elasticitat

Objectiu: Comprovar la resistència i l'elasticitat dels biomaterials davant d'una força externa.

Materials:

1 serjant	1 regle
1 mordassa	1 bolígraf
1 anella metàl·lica	Mostres
1 dinamòmetre de 100N	1 tisores

Procediment:

1- S'agafen les mostres i es tallen en rectangles de 9 cm de llargada i 3 cm d'amplada. Després, es fan unes marques cada centímetre per poder calcular posteriorment l'allargament.

2- Es prepara un muntatge amb un serjant, un dinamòmetre, una anella metàl·lica i una mordassa de manera que el serjant mantingui fixada la mostra per un costat i la mordassa serveixi d'enllaç entre la mostra i el dinamòmetre.

3- S'estira lentament el dinamòmetre fins que la mostra no aguanta més i es trenca.

Es va realitzar el procediment per triplicat perquè el gruix dels biomaterials no era igual i es va fer la mitjana dels resultats obtinguts.

Tot el procediment va ser enregistrat en diferents perspectives per aconseguir exactament la força i l'allargament.



Imatges 17 i 18
Muntatge de la prova
de resistència i
elasticitat
Font pròpia



Dades experimentals:

En aquesta taula es recullen les dades de la força necessària per trencar cada biomaterial. Hi ha dues mostres que van resistir al trencament, i per tant, s'ha indicat fins a la força que s'ha pogut mesurar.

Nº de mostra	Força (N)
A	+ 100
B	7
C	67
D	+ 100
D'	91
E	73
F	5
G	8

Pel que fa a l'elasticitat, les mesures es van realitzar justament abans de trencar-se. Es van aconseguir els resultats següents:

Nº de mostra	Elasticitat	ΔL (cm)
A	Rígid	0
B	Rígid	0
C	Elàstic	0,7
D	Rígid	0
D'	Elàstic	0,2
E	Elàstic	0,2
F	Elàstic	0,5
G	Elàstic	0,7

La variació de l'allargament va ser mesurada amb la fórmula següent:

$$\Delta L = X_f - X_i$$

On X_f és la mesura final realitzada després d'aplicar la força sobre la mostra i X_i és la mesura inicial realitzada abans d'aplicar força.

Anàlisi dels resultats:

Pel que fa a la resistència, la mostra A, que conté un 10% de glicerina, i la mostra D, que conté un 10% de glutaraldehyd són les mostres que no s'han aconseguit trencar i que resisteixen a una força externa de més de 100 N. En canvi, les mostres B, F i G són les mostres que resisteixen una força menor i que contenen glicerina en les proporcions següents: 20%, 50% i 60%.

Pel que fa a l'elasticitat, les mostres A i B, que contenen un menor percentatge de glicerina, no són gens elàstiques mentre que les altres que en contenen en major proporció sí que ho són. En el cas de les mostres D i D' que contenen glutaradehid, la D que no conté glicerina és rígida mentre que la D' que en conté en un 10%, sí que és elàstica.

Conclusions de la prova de resistència i elasticitat:

No s'aprecia una relació entre la resistència i la concentració de glicerina. En el cas del glutaraldehyd, es pot afirmar que en afegir glutaraldehyd, augmenta la resistència del biomaterial.

En el cas de l'elasticitat, es pot afirmar que a concentracions superiors al 30% els biomaterials són elàstics i a inferiors, són completament rígids. Pel que fa al glutaraldehyd, per si sol no proporciona elasticitat.

Vegeu més sobre com es van realitzar aquestes proves a **Annex 3**.

5.6 Prova DSC (*Differential Scanning Calorimetry*)

Fonament teòric de la tècnica

La *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) és una tècnica termoanalítica en què la diferència de calor entre una mostra i una referència és mesurada com una funció de la temperatura. Tant la referència com la mostra, durant tot l'experiment sempre es troben a la mateixa temperatura.

Aquesta prova es fonamenta en el principi bàsic de què quan una mostra experimenta una transformació física, com una transició de fase, és necessari que flueixi més o menys calor (en funció de si el procés és exotèrmic²⁹ o endotèrmic³⁰) a la mostra que a la referència per mantenir ambdues a la mateixa temperatura.

Llavors, el programa de temperatura per l'anàlisi DSC està dissenyat de manera que la temperatura del portador de mostra augmenta linealment en funció del temps. Per tant, la mostra de referència hauria de tenir una capacitat calorífica ben definida en l'interval de temperatures en les quals es vulgui dur a terme l'escombratge.

Així que si una mostra passa de sòlida a líquida, obligatòriament haurà de fluir més calor a la mostra per augmentar la seva temperatura a la mateixa velocitat que la de la referència. Això és degut al fet que la transició de fase és endotèrmica (absorbeix calor). Contràriament, en processos exotèrmics es requerirà molta menys calor per aconseguir la temperatura de la mostra. Un exemple seria la cristallització.

Poder determinar el flux calorífic entre la mostra i la referència, permet mesurar la quantitat de calor absorbida o eliminada durant les diferents transicions de la mostra analitzada. Cal destacar que també és molt útil en el moment de determinar canvis de fase subtils com les transicions vítries³¹.

²⁹ Un procés és exotèrmic quan allibera energia del sistema a l'entorn, normalment aquesta energia és en forma de calor.

³⁰ Un procés és endotèrmic és aquell que necessita absorbir calor per efectuar-se.

³¹ Són aquelles en les quals un polímer amorf passa d'un estat vítri o dur a un de tou o a l'inrevés. Sempre es produeixen a una determinada temperatura (Tg).

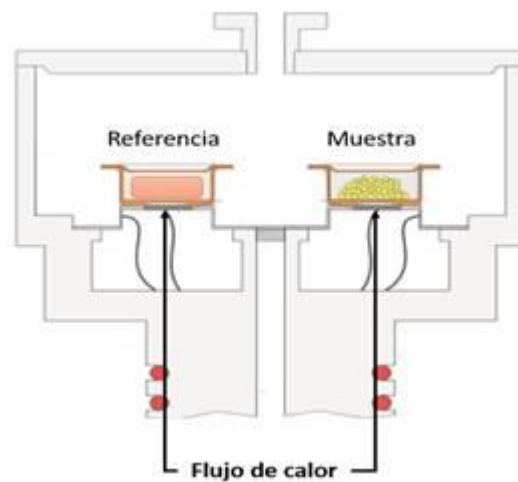


Figura 25. Esquema del funcionament de l'equip del DSC.

Font: <https://www.redalyc.org/journal/2235/223568401005/html/>

Anàlisi de les corbes

A l'hora d'interpretar una gràfica com la de la figura 26, caldrà tenir en compte el criteri de signes, és a dir, tots els processos que es produeixin cap a dalt, seran exotèrmics i tots els processos que es produeixin cap avall, seran endotèrmics.

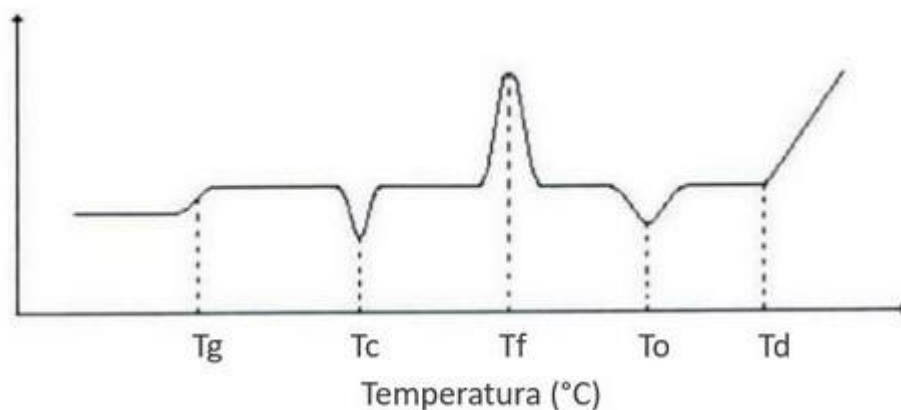


Figura 26. Esquema de la possible informació que ens ofereix DSC

Font: <https://www.mexpolimeros.com/dsc.html>

Les principals dades que ens pot donar el DSC són: Tg (transició vítria), Tc (temperatura de cristal·lització), Tf (temperatura de fusió), To (temperatura d'oxidació) i Td (temperatura de descomposició).

Realització de la prova

Objectiu: estudiar la transició vítria i l'estabilitat tèrmica del biomaterial.

Material:

Calorímetre diferencial d'escombratge	Balança analítica
Agulles	Gresols d'alumini d'alta puresa
Pinces metàl·liques	Mostres dels biomaterials
Tisores	Premadora

Procediment:

1- Es talla el biomaterial en trossos que càpiguen dins del gresol d'alumini.

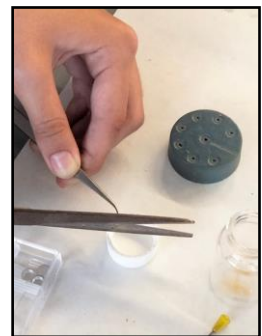
2- Es pesa el gresol, es fa la tara i s'introdueixen els fragments de biomaterial a dins i s'anota el seu pes.

3- Es prepara el tancament del gresol. Per fer-ho, es col·loca a sobre del gresol la seva tapa (també d'alumini) i es tanca per un procés de premsat.

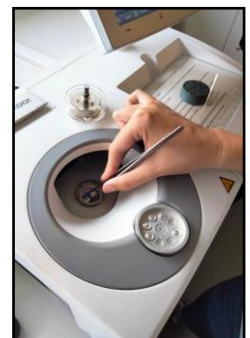
4- Abans d'introduir el gresol al calorímetre, es realitzen dos forats amb una agulla a la superfície per permetre que es puguin extreure els gasos que es formin durant el procés d'escalfat.

5- Es programa l'assaig en el qual es defineix el rang de temperatura (250 °C) i s'informa del pes de la mostra.

6- Per acabar, s'extreu la tapa del microfor i s'introdueix el gresol al calorímetre, concretament a la zona circular preparada per la mostra (marcada amb una S), i un gresol buit que farà de referència a la seva zona també circular. A l'acabar, es tanca amb la tapa amb molt de compte i s'envia l'experiment a l'equip.



Imatge 19.
Preparació de les



Imatge 20.
Introducció dels
gresols al

Anàlisi dels resultats

La prova de DSC en ser una prova de llarga durada, només es va realitzar a l'agar-agar pur, a la mostra A, a la mostra B, a la mostra C i a la mostra D.

Es van obtenir els gràfics de cada mostra, que no van ser gaire diferents els uns dels altres (Vegeu en **Annex 4**). S'adjunta el gràfic de la mostra A:

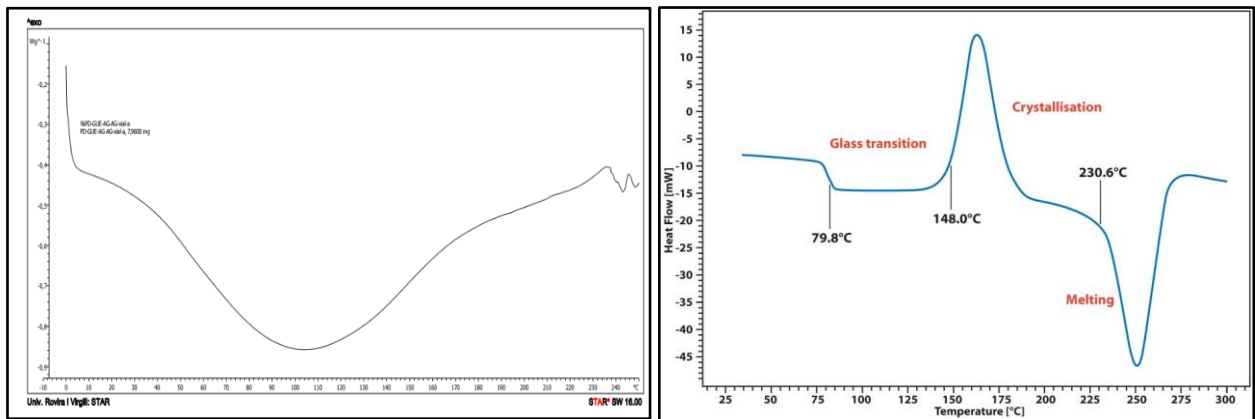


Figura 27 i 28. Gràfic propi de DSC de la mostra A i gràfic DSC del PET

Font: <https://www.linseis.com/es/aplicaciones/polimeros/chip-dsc-10-polimeros-pet/>

Com es pot veure, la gràfica obtinguda per nosaltres no presenta transició vítria ni cap informació important que permeti estudiar l'estabilitat tèrmica del biomaterial.

Conclusions de la prova DSC:

No es va poder estudiar la transició vítria ni l'estabilitat tèrmica del biomaterial perquè el nostre biomaterial era un material amorf³² i el gràfic no presentava cap informació rellevant per a la nostra investigació. De totes maneres, es va aprendre sobre el funcionament del DSC i es van poder aplicar els coneixements de forma directa amb les mostres pròpies.

³² Un material amorf és aquell sòlid les molècules del qual no estan disposades en una xarxa cristal·lina, sinó en una distribució qualsevol, sense seguir cap estructura.

6. CONCLUSIONS

A partir dels resultats obtinguts a les diferents pràctiques realitzades i de la recerca intensiva sobre el tema, es pot afirmar que s'han aconseguit els objectius inicials establerts. S'ha pogut aprendre què és un plàstic i les característiques que el diferencien dels altres tipus de materials, a més de conèixer les alternatives que existeixen fent especial èmfasi en els bioplàstics, ja que inicialment eren juntament amb els plàstics, l'objecte d'estudi. També s'ha pogut conèixer la fabricació i el posterior reciclatge que es fa.

Així mateix, s'ha donat resposta a les hipòtesis inicials plantejades. La hipòtesi 1 ha resultat verídica perquè s'ha aconseguit demostrar amb les proves realitzades als biomaterials fabricats, que aquests tenen característiques similars als plàstics i que en algunes aplicacions es podrien arribar a substituir per ells. Respecte a la hipòtesi 2, la fabricació portada a cap per nosaltres resulta molt menys contaminant que la dels plàstics. Tot i això, en el cas d'una elaboració a gran escala s'hauria de tenir en compte de quina forma s'extreu l'energia que s'utilitza. Tanmateix, no emprar petroli en la fabricació afavoreix que en el reciclatge el medi ambient no resulti danyat i això és un gran punt a favor.

En últim terme, s'ha aconseguit el propòsit de desenvolupar una sèrie de biomaterials i el seu posterior examen mitjançant un seguit de proves. Amb aquestes pràctiques, s'ha pogut afirmar que els biomaterials realitzats són completament biodegradables i que, per tant, no suposen cap risc pel medi ambient. A més a més, els biomaterials presenten unes propietats que podrien ser útils per a la fabricació de determinats productes plàstics. S'ha pogut demostrar que en el cas del nostre tipus de biomaterial, la solubilitat és directament proporcional a la proporció de glicerina, l'absorció d'aigua inversament proporcional i que la presència de glutaraldehid no influeix en aquestes propietats, mentre que en la resistència, sí, ja que hi provoca un augment d'aquesta. També s'ha pogut afirmar que a partir del 30% de glicerina s'obté una major elasticitat. Per consegüent, en funció de l'aplicació que es vulgui donar al biomaterial, s'hauran de modificar les proporcions tenint en compte el que s'ha après.

No obstant sobre la similitud als plàstics, s'és conscient que no s'ha obtingut un biomaterial tan perfecte i amb tants usos com té el plàstic. Cal destacar, però, que com s'ha après, moltes de les propietats dels plàstics són degudes als additius que s'afegeixen, així que potser, es podria arribar a aconseguir sintetitzar un biomaterial semblant a l'obtingut però afegint components específics que permetin millorar una determinada característica.

Respecte a l'aprenentatge personal, estic satisfeta d'haver pogut introduir-me en el treball de laboratori i d'haver pogut ampliar els meus coneixements envoltada de gent amb gran nivell en la matèria.

7. BIBLIOGRAFIA

Andreu i Mateu, F., Castells i Esqué, P. i Riba i Soldevila, N. 2023. Química 2n Batxillerat. McGraw-Hill.

Boixaderas Sáez, N., Ibar Roy, M.J., Lladó Serra, N. i Vidal Fernández, C. 2016. Química 1r Batxillerat. Santillana.

Jimeno, A. i Ugedo, Luis. 2016. Biología 1r Batxillerat. Santillana.

Joseph, J., Hoyo, R., Garravé, J., Garófano Montoro, F. i Vila, F. 2017. Unitat 09, Materials no metàl·lics en *Tecnologia Industrial*. McGraw-Hill.

McCallum,W. 2019. *Deja el plástico: Guía práctica para cambiar el mundo*. Atalaya.

Morales de Labra,J. 2017. *Adiós, Petróleo: Historia de una civilización que sobrevivió a su dependencia del oro negro*. Alianza Editorial.

Reina Toresano,P i Gómez Soria,F. 2019. *Vivir sin plástico: Consejos, experiencias e ideas para darle un respiro al planeta*. Zenith.

Asociación Valenciana de Empresarios de Plásticos. (18 de maig de 2021). *Prime Biopolymers presenta su nueva guía sobre BIOPLÁSTICOS*. AVEP. Recuperat 13 agost 2023, de <https://www.avep.es/nueva-guia-sobre-bioplasticos/>

B.&.V. "The Agar Company". *What is agar*. The Agar Company. Recuperat 3 setembre 2023, de <https://www.agar.com/en/about-agar-agar>

Cedron J., Landa, V., Robles, J. (2011). *Química General. Material de enseñanza*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperat 6 agost 2023, de <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/82-polimeros.html>

Crespo Garay, C. (19 de gener de 2022). *Las cifras del plástico en España: más de un millón de toneladas inundan el Mediterráneo*. National Geographic. Recuperat 2 agost 2023, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2022/01/las-cifras-del-plastico-en-espana>

Departamento de Ciencias de Polímeros. *Differential Scanning Calorimetry*. Universidad del Sur de Mississippi. Recuperat 29 setembre 2023, de <https://www.pslc.ws/spanish/dsc.htm>

Gibbens, S. (16 de novembre de 2018). *Todo lo que necesitas saber sobre los bioplásticos*. National Geographic. Recuperat 2 agost 2023, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/11/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-bioplasticos>

IES La Bahía. *Unidad 4: Materiales plásticos*. [Arxiu PDF]. Blogsaverroes. Recuperat 6 agost 2023, de <https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/ieslabahiatec/files/2021/03/UNIDAD-4-LOS-MATERIALES-PL%C3%81STICOS.pdf>

Molí de la Vall Major. *El sistema SPI*. Molí de la Vall Major. Recuperat 8 agost 2023, de <https://www.molidelavallmajor.es/ca/produccio-ecologica/el-reciclatge/el-sistema-spi>

MundoPlast (11 de novembre de 2022). *El mercado mundial de bioplásticos alcanzará los 9.700 millones de dólares en 2031*. MundoPlast. 2 agost 2023, de <https://mundoplast.com/ceresana-mercado-mundial-bioplasticos/>

Pochteca Colombia. (23 de desembre de 2022). *Glutaraldehído: características y aplicaciones*. Blog Pochteca Colombia. Recuperat 3 setembre 2023, de <https://colombia.pochteca.net/glutaraldehido-caracteristicas-y-aplicaciones/>

Pure Chemistry (16 de gener de 2020). *Glicerina: orígenes y usos*. Pure Chemistry. Recuperat 2 setembre 2023, de <https://www.purechemistryonline.com/blog/glicerina>

Ruiz, A. (13 de setembre de 2019). *La sociedad “plastificada”*. Abogacía Española. Recuperat 2 agost 2023, de <https://www.abogacia.es/publicaciones/blogs/blog-derecho-ambiental/la-sociedad-plastificada/>

Sabartrés, C. *Transformació de les primeres matèries*. Aula Z. Recuperat 7 agost 2023, de <http://aulaz.org/TECNO/LLIBRES/S2/S2-TRANSFORMACIOPRIMERESMATERIES/0TransformacioPrimeresMateries.html>

Solsona, J. *Els plàstics*. Xtec. Recuperat 6 agost 2023, de <http://www.xtec.cat/~jsolson7/batx/materials1/Plastics.htm>

Suárez, C. (13 de juliol de 2016). *Materiales biodegradables pueden substituir al plástico*. The Food Tech. Recuperat 14 juliol 2023, de <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/materiales-biodegradables-pueden-sustituir-al-plastico/>

UBUinvestiga. (28 de juliol de 2020). *Historia del plástico*. YouTube. <https://youtu.be/FmFlcsZXdjY?si=EERq1p5aiaAjcGD0>

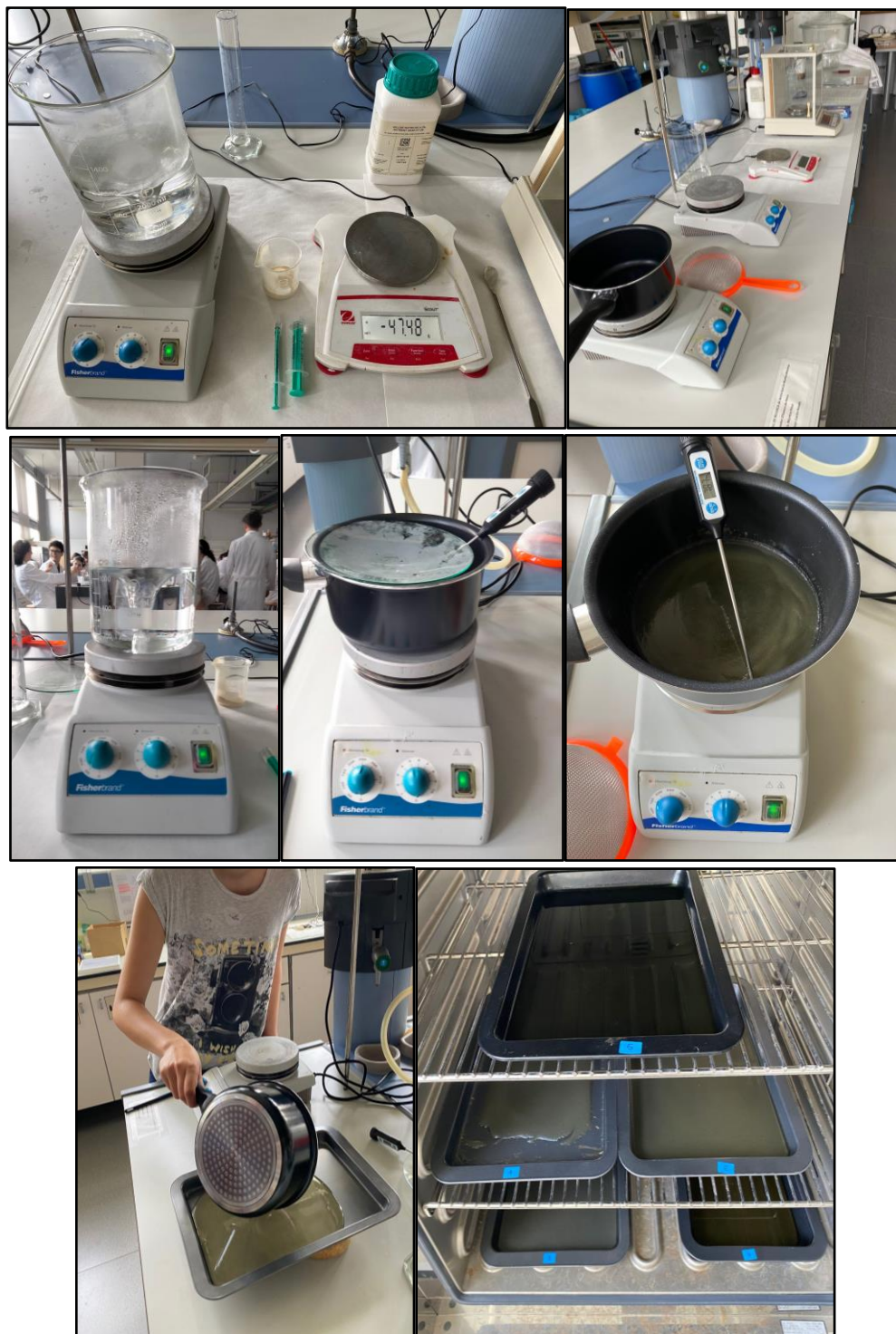
Universidad de Burgos. *Historia de los plásticos*. Blog UBUinvestiga. Recuperat 23 setembre 2023, de <https://historiamateriales.ubuinvestiga.es/plasticos/>

Universitat Politècnica de València. (22 d'octubre de 2018). *Calorimetría diferencial de barrido (DSC) de materiales plásticos. Preparación de muestra y puesta en marcha*. Youtube. https://youtu.be/qBrw_AtXr2E?si=UTPEvVFxC4LeSrPI

Ximo (23 de novembre de 2009). *Els plàstics*. DTecno Blog. Recuperat 6 agost 2023, de <https://dtecho.wordpress.com/category/tecno-3r-eso/materials-dus-tecnic/els-plastics-materials-dus-tecnic-tecno-3r-eso/>

8. ANNEXOS

ANNEX 1: Material complementari del procés d'assaig



ANNEX 2: Prova inicial de resistència i elasticitat

Objectiu: Comprovar la resistència i l'elasticitat dels biomaterials davant d'una força externa (pes).

Materials:

1 suport	1 nou
2 pinces metàl·liques	1 cèrcol
Pesos	Mostres
1 dinamòmetre de 100N	Paper absorbent

Procediment:

1- S'agafen les mostres i es tallen en rectangles de 9 cm de llargada i 3 cm d'amplada. Després, es fan unes marques cada centímetre per poder calcular posteriorment l'allargament.

2- Es prepara un muntatge amb un suport, una nou, un cèrcol, un dinamòmetre, unes pinces i uns pesos per tal de mesurar la força que resisteix el plàstic fins al trencament.

3- Es van posant més discos de pesos fins a veure algun canvi.



Anàlisi dels resultats

No s'ha aconseguit trencar cap mostra. Es va arribar a aplicar una força de 8 N, però a partir d'aquesta, les pinces relliscaven i queia tot el muntatge, quedant el biomaterial intacte.

Conclusions

El muntatge realitzat per la prova de resistència i elasticitat no era l'adequat per als nostres tipus de biomaterials, ja que no permetia trencar-los ni deformar-los. Era necessari aplicar una força major que no era possible amb el tipus de muntatge utilitzat. Per tant, s'hauria de pensar en una altra forma.

ANNEX 3: Vídeos de la prova de resistència i elasticitat

S'adjunten uns vídeos des de diferents perspectives on es pot veure com es realitzava la prova de resistència i elasticitat.

<https://drive.google.com/file/d/14dAxi87q1og4vWgdEr-CmAp5ntBUHpzk/view?usp=sharing>

https://drive.google.com/file/d/1xM753Y_wT6XxMb75hiKGw2bLApKXxYWY/view?usp=sharing

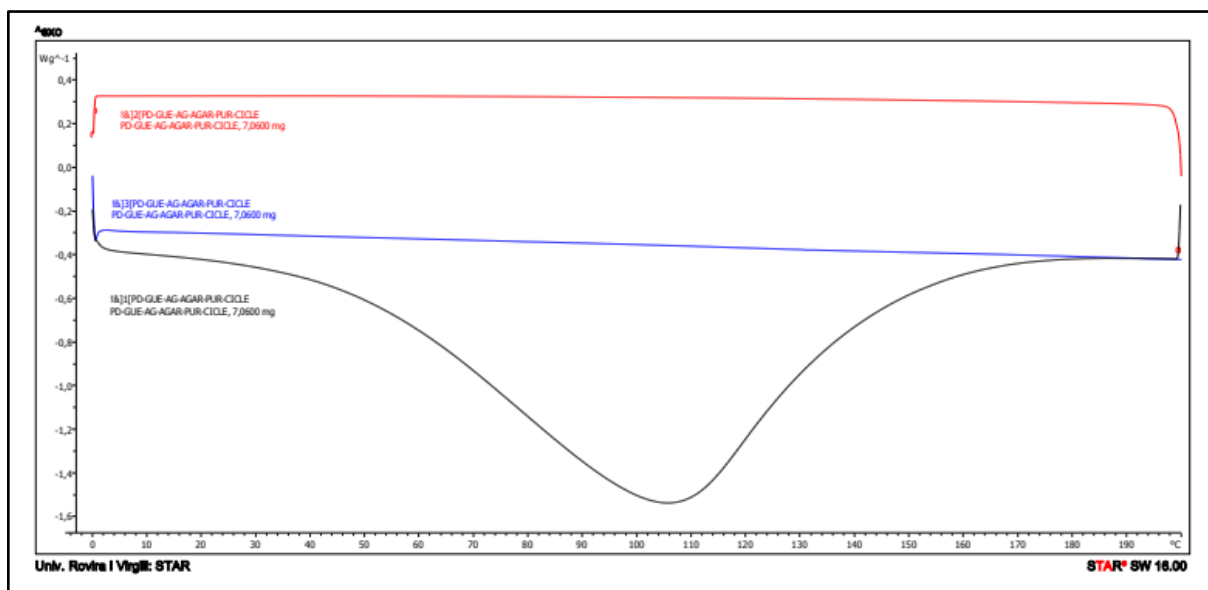
https://drive.google.com/file/d/1QzlrXYkvx6nMzbV4eF_dvnFUHtiqS-yL/view?usp=sharing

<https://drive.google.com/file/d/13waQyJKpFbm5ky-RUOIUxDz1O2EuBma/view?usp=sharing>

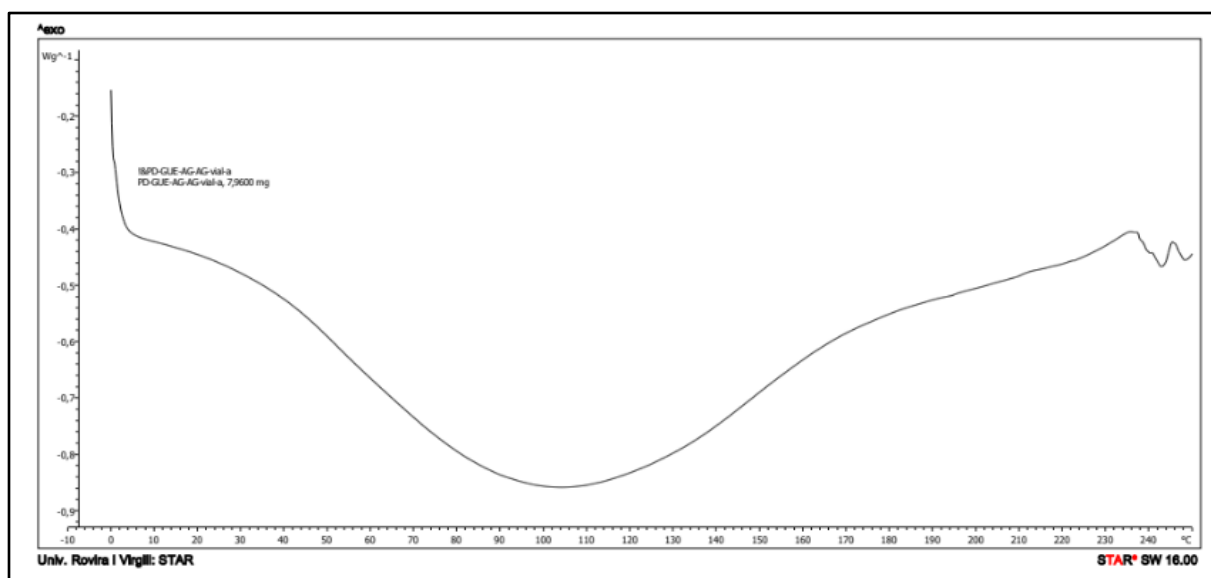
<https://drive.google.com/file/d/19pBx5GhHMpeF0mPhHxRAuhm1IIS06M/view?usp=sharing>

ANNEX 4: Gràfiques resultants de la DSC

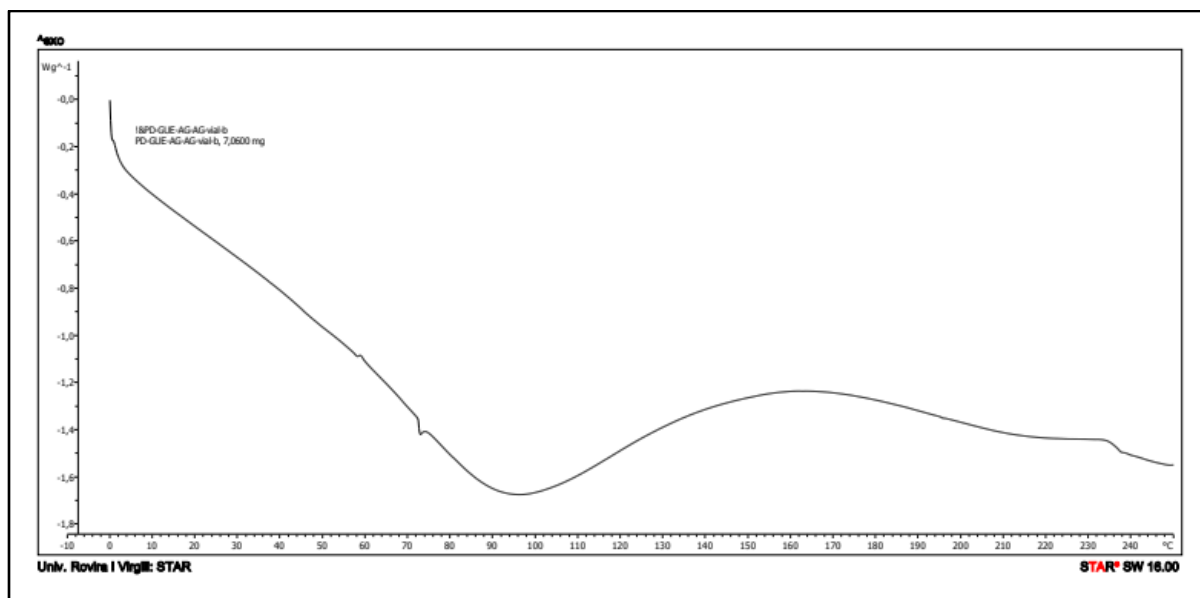
Vial Agar-agar pur



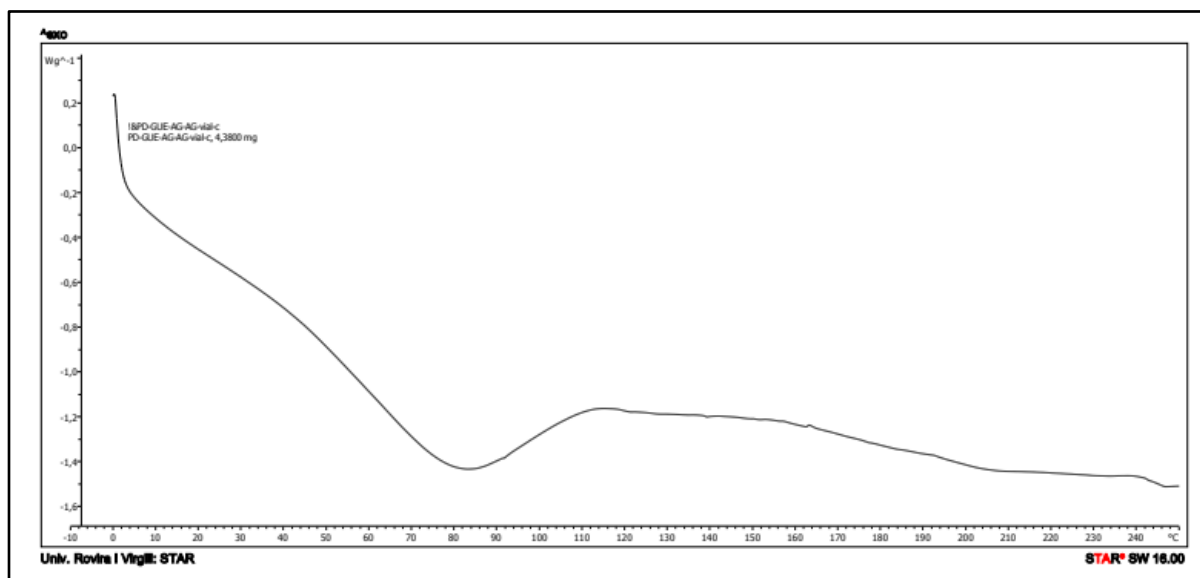
Vial A



Vial B



Vial C



Vial D

