

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria química

**MODIFICACIÓ DE LA SUPERFÍCIE DE TEIXITS DE POLIÈSTER
PER OBTENIR EL CONFORT PERMANENT**



Memòria i Annexos

Autor: Yolanda Guirado Rovira
Director: Francesc Estrany Coda
Co-Directora: Luisa Coderch Negra
Convocatòria: Juny 2020

Resum

Un dels teixits actuals més utilitzats en la indústria tèxtil és el polièster (PET), tant per les seves propietats físiques i químiques, com pel seu cost assequible per a tothom. No obstant, és un material hidròfob, per tant, no transporta ni dispersa l'aigua líquida alliberada del cos.

L'eliminació de calor i aigua del cos permet millorar el nivell de confort. Per tant, si la transpiració queda atrapada arran o a prop de la pell, pot provocar un augment de la temperatura corporal, causant deshidratació, fatiga i disminució del rendiment.[1]

És per això que actualment s'estan realitzant experiments per tal de millorar aquesta propietat del PET mitjançant la modificació superficial del teixit.

En aquest projecte es pretén augmentar el benestar i el confort del PET augmentant la seva hidrofilitat amb la modificació de la superfície del mateix. Per això, s'han aplicat tres tractaments diferents a mostres del teixit que han estat impregnades amb glicerol i aigua, avaluant així la permeabilitat del PET amb glicerol. A més, s'han realitzat els tractaments a mostres impregnades amb glicerol i NaOH per tal de comprovar si l'hidròxid de sodi, degut a la seva facilitat per adherir-se a les fibres, segons estudis realitzats [2], millora la penetració del glicerol i s'obtenen millors resultats.

Els tractaments utilitzats són per esgotament en bany termoestàtic de va-i-ve a 40°C durant una hora, i per microones, estudiant també un possible pretractament amb plasma de corona.

Resumen

Uno de los tejidos actuales más utilizados en la industria textil es el poliéster (PET), tanto por sus propiedades físicas y químicas, como por su coste asequible para todos. Sin embargo, es un material hidrófobo, por tanto, no transporta ni dispersa el agua líquida liberada del cuerpo.

La eliminación de calor y agua del cuerpo permite mejorar el nivel de confort. Por lo tanto, si la transpiración queda atrapada a ras o cerca de la piel, puede provocar un aumento de la temperatura corporal, causando deshidratación, fatiga y disminución del rendimiento. [1]

Es por ello por lo que, actualmente se están realizando experimentos para mejorar esta propiedad del PET mediante la modificación superficial del tejido.

En este proyecto se pretende aumentar el bienestar y el confort del PET aumentando su hidrofiliidad con la modificación de la superficie de este. Por ello, se han aplicado tres tratamientos diferentes a muestras del tejido que han sido impregnadas con glicerol y agua, evaluando así la permeabilidad del PET con glicerol. Además, se han realizado los tratamientos a muestras impregnadas con glicerol y NaOH para comprobar si el hidróxido de sodio, debido a su facilidad para adherirse a las fibras, según estudios realizados [2], mejora la penetración del glicerol y se obtienen mejores resultados.

Los tratamientos utilizados son por agotamiento en baño termostático de va-y-ven a 40°C durante una hora, y por microondas, estudiando también un posible pretratamiento con plasma de corona.

Abstract

One of the most used fabrics in the textile industry today is polyester (PET), because of its physical and chemical properties and for its affordable cost for everybody. However, it is a hydrophobic material, therefore it does not transport or disperse the liquid water released from the body.

The elimination of heat and water from the body improves the comfort level. Therefore, if perspiration is trapped close to the skin, it can cause an increase in body temperature, causing dehydration, fatigue, and decreased performance. [1]

That is why, currently, experiments are being carried out to improve this property of PET by superficial modification of the tissue.

This project aims to increase the well-being and comfort of PET by increasing its hydrophilicity by modifying its surface. For this reason, three different treatments have been applied to tissue samples that have been impregnated with glycerol and water, thus evaluating the permeability of PET with glycerol. In addition, treatments have been carried out on samples impregnated with glycerol and NaOH to check whether sodium hydroxide, due to its ease of adhering to fibers, according to studies [2], improves the penetration of glycerol and better results are obtained.

The treatments used are by exhaustion bath at 40°C for one hour, and by microwave, also studying a possible pre-treatment with corona plasma.

Agraïments

Per començar, m'agradaria donar les gràcies a l'Institut de Química Avançada de Catalunya del Consell Superior d'Investigacions Científiques (IQAC-CSIC), per l'oportunitat de poder realitzar el Treball de fi de grau en un dels seus laboratoris.

També voldria agrair a la meva tutora, la Luisa Coderch Negra, i a les companyes del departament de cosmètica i tèxtil de IQAC-CSIC la simpatia i agradable ambient durant la meva estança a l'Institut de Química Avançada de Catalunya, i agrair en especial a la Meritxell Martí, que és la companya del departament amb la que més contacte he tingut durant la realització del projecte, tenint en compte les circumstàncies actuals pel COVID-19, i la que m'ha ajudat i fet de guia tant al laboratori com des de casa. Així doncs, vull agrair-li la seva dedicació i paciència amb mi durant aquests cinc mesos.

M'agradaria donar les gràcies també al meu tutor de la Universitat, el Francesc Estrany, per tots els dubtes resolts, correccions i crítiques constructives per tal de donar-li forma a aquest treball.

Per últim agrair el suport que m'ha proporcionat la meva família i amics que em recolzen i m'impulsen per a tirar sempre endavant.

Glossari

NaOH: Hidròxid de sodi

DVS: Analitzador de sorció de vapor d'aigua

spf: Sobre pes de fibra

PET: Poli etilè tereftalat

MW: Microones

BT: Bany termoestàtic de va-i-ve

TH: Test d'humitat

TV: Test de capil·laritat vertical

CaCl₂: Clorur de calci

NaCl: Clorur de sodi

DE: Després del esbandit

PF: Pesa filtres

Índex

RESUM	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
AGRAÏMENTS	V
GLOSSARI	VI
1. INTRODUCCIÓ	11
1.1. Motivació	12
1.2. Objectius del treball	12
1.3 Etapes del treball	13
2. ESTAT DE L'ART	14
2.1 Polièster.....	15
2.1.1 Obtenció	15
2.1.2 Propietats	17
2.1.3 Una mica d'història	17
2.2 Glicerol	18
2.3 Plasma	18
2.3.1 Aparell de plasma	19
3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	21
3.1 Materials	22
3.2 Mètodes analítics.....	22
3.2.1 Bany termoestàtic amb agitació	23
3.2.2 Microones	23
3.2.3 Balança analítica electrònica	24
3.2.4 Estufa.....	25
3.2.6 DVS	26
3.3 Tractaments experimentals.....	27
3.3.1 Bany de microones	27
3.3.2 Bany termoestàtic.....	27
3.3.3 Esbandit.....	28
3.4 Pretractament amb plasma corona	28
3.5 Caracterització	29

3.5.1 Test d'humitat	29
3.5.2 Test vertical de capil·laritat	29
3.6 Seguretat i medi ambient.....	31
3.6.1 Normes i prevencions.....	31
3.6.2 Residus experimentals	31
4. RESULTATS I DISCUSSIÓ	32
4.1 Anàlisi previ	33
4.2 Microones.....	34
4.2.1. Mostres amb glicerol 50% spf	34
4.2.2 Mostres amb glicerol 100% spf.....	37
4.3 Bany termoestàtic amb agitació de va-i-ve.....	40
4.3.1 Mostres amb glicerol 100% spf	40
4.4 Comparació dels dos tractaments	42
4.5 Mostres pretractades amb plasma	45
4.5.1 Resultats test humitat	45
4.5.2 Resultats test de capil·laritat vertical (TV)	47
4.6 Resultats tècnica DVS	48
4.6.1 Procés experimental.....	49
4.6.2 Resultats numèrics DVS.....	50
4.6.2 Comparació dels resultats DVS amb els resultats del TH i TV	52
4.7 Possibles millores.....	52
4.7.1 Minimitzar l'error sistemàtic del TV.....	52
4.7.2 Antelació del pretractament amb plasma	53
4.7.3 Elaborar un disseny experimental pel tractament microones	53
4.7.4 Pretractament corona seguit pel tractament microones.....	53
5. CONCLUSIONS	54
6. PRESSUPOST I/O ANÀLISI ECONÒMICA	58
6.1 Cost experimental	59
6.1.1 Cost material de laboratori	59
6.1.2 Cost reactius	60
6.1.3 Cost equips	60
6.1.4 Cost energètic.....	61
6.2 Cost personal.....	61
6.3 Cost total.....	62

BIBLIOGRAFIA	63
ANNEX A	67
A1. Taules test d'humitat i test de capil·laritat vertical.....	67
A.1.1 Tractament de microones	67
A.1.2 Tractament de bany termoestàtic de va-i-ve.....	70
A.1.3 Pretractament corona amb plasma	70

1.Introducció

1.1. Motivació

Tot teixit de roba ha de ser còmode per a un bon ús. El terme confort es defineix com a “absència de malestar” o “estat neutral”. [3]

La permeabilitat de l'aigua corporal, que es coneix com la capacitat de reservar i dispersar la suor del cos, és una propietat molt important del confort dels teixits. Aquesta permeabilitat dels teixits es pot controlar durant el disseny del producte modificant les propietats de la matèria prima que els forma. [4]

Un material hidrofílic és aquell capaç d'absorbir humitat, per tant, una bona gestió de la humitat es produeix quan l'absorció i l'alliberació de la humitat es du a terme de manera ràpida.

Les fibres de polièster tenen un baix nivell hidrofílic, per tant és un teixit bastat hidrofòbic, tot i que és una de les fibres més utilitzades en el tèxtil pel seu preu assequible i fàcil manteniment.

Dit això, s'arriba a un dilema, ja que si el polièster no és gaire hidrofílic, no pot arribar a ser totalment còmode.

Una millora de l'afinitat entre l'aigua i la fibra augmentaria el confort de la fibra més utilitzada en el sector tèxtil.

És per aquesta raó que hi ha moltes investigacions i articles que han volgut canviar el comportament dels teixits de polièster intentant millorar el caràcter hidrofílic d'aquest utilitzant diferents mètodes, un dels quals es modificar la superfície mitjançant tractaments amb plasma, la irradiació de descàrrega corona [5].

1.2. Objectius del treball

L'objectiu principal d'aquesta recerca es basa en aconseguir el funcionament permanent d'un teixit de polièster tractat amb glicerol per augmentar la hidrofilitat i la sensació de confort, i en concret, l'objectiu d'aquest treball es optimitzar la fixació del glicerol sobre el teixit.

Per això, es realitzaran diferents estratègies, optimitzant en cada cas les condicions experimentals del tractament de la superfície del teixit amb glicerol.

Els tractaments amb glicerol es realitzaran sota dos estratègies, optimitzant en els dos casos la quantitat de glicerol, amb la relació de bany, la temperatura i el temps:

- Per esgotament de bany en bany termoestàtic de va-i-ve, i en càmera de microones.

Propietats d'absorció d'aigua mitjançant:

- Proba d'absorció per capil·laritat.
- Humitat del teixit per gravimetria i/o per DVS.

Per tal d'augmentar la solidesa del tractament amb glicerol, s'estudiarà fer un pretractament previ:

- Modificació del teixit amb pretractament alcalí, optimitzant la concentració de NaOH, amb una proporció de bany, T^a i temps concrets.
- Modificació de la superfície tèxtil amb tractament plasma de corona en condicions atmosfèriques, optimització de la potència de plasma, velocitat i número de passades.

1.3 Etapes del treball

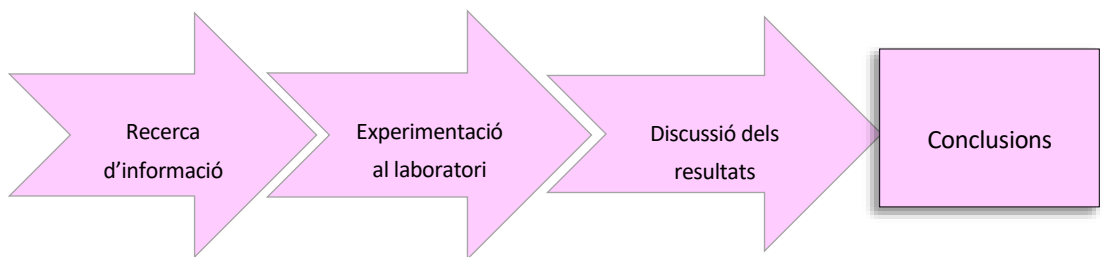


Figura 1 Diagrama de les etapes del treball. Font: pròpia.

Primer de tot es buscarà informació bàsica per poder dur a terme el projecte. A més, s'introduiran les tècniques que es realitzaran en aquest treball.

A continuació, es treballarà al laboratori segons les tècniques i els aparells que es disposin per aplicar la teoria cercada.

Per acabar, es compararan els resultats i es discutiran per tal d'arribar a unes conclusions finals.

2. ESTAT DE L'ART

En aquesta part del treball explicarà inicialment que es el polièster, com s'obté i quines propietats físiques i químiques té. En una segona i tercera part s'exposaran els compostos utilitzats per dur a terme l'experiment. els diferents mètodes analítics emprats. Finalment, en la quarta part es descriuran els mètodes experimentals emprats.

2.1 Polièster

El polièster (PET) és una matèria tèxtil sintètica. Aquesta és la més extensa en el mercat debut a la seva facilitat de producció i gran versatilitat. La seva facilitat de producció, el baix cost i la seva versatilitat va fer que la comercialització d'aquest material es realitzés a gran velocitat. A més, la indústria tèxtil ha millorat molt les propietats d'aquesta fibra aconseguint que el PET tingui una gran facilitat de manteniment degut a que no encongex, no es deforma, no s'arruga i no perd color. També es renta i es seca bé i no és necessari que es planxi.

Per altra banda, genera electricitat estàtica amb facilitat i pot presentar un aspecte brillant.

No obstant, com tots els materials sintètics, no aporta transpiració degut a la seva falta capacitat d'absorció. A més, te dificultats al tenyir-se amb determinats colorants.

2.1.1 Obtenció

Una fibra es defineix com un sòlid relativament flexible, però que macroscòpicament és uniforme. És una unitat fonamental que s'utilitza en la fabricació de fils i teixits.

Per a que una fibra tingui èxit, ha d'estar disponible, el seu subministrament ha de ser constant, a baix cost, i ha de ser suficientment resistible, elàstic i amb una longitud i cohesió mínima per formar fils. [6]

Per fer el polièster, es parteix de dos compostos: etilenglicol, que és un alcohol, i dimetil tereftalat, que és un èster.

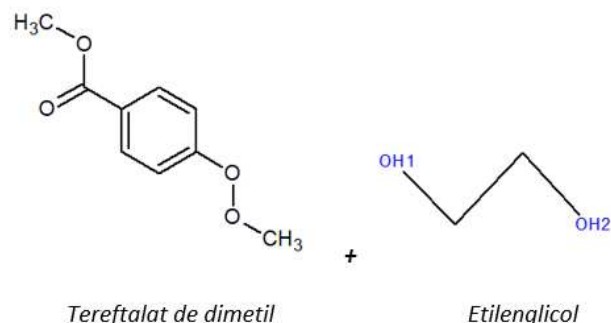


Figura 2 Tereftalat de dimetil i etilenglicol. Font pròpia

Quan aquestes dues molècules s'uneixen, executen una reacció anomenada: transesterificació. El resultat és poli etilè tereftalat o, per abreviar, PET.

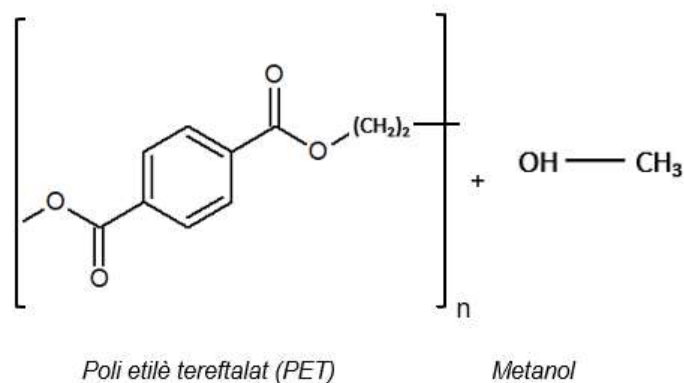


Figura 3 Poli etilè tereftalat i metanol. Font pròpia

Les fibres naturals, com és el cas del cotó i la llana, tenen una bona higroscopicitat. En condicions normals, les fibres poden absorbir la humitat a l'atmosfera circumdant, essent 8,5% la seva humitat i, en canvi, les fibres sintètiques com el polièster no tenen aquesta afinitat, el que significa que són hidròfobes, ja que tenen una humitat del 0,40%, aproximadament.

La humitat s'obté a partir del percentatge d'aigua del material per diferència de pes, al portar a sequedat el material.

Aquest fet es pot explicar per la diferència que tenen els dos teixits a nivell molecular.

Les fibres naturals tenen grups polars que són els que faciliten l'afinitat amb l'aigua.

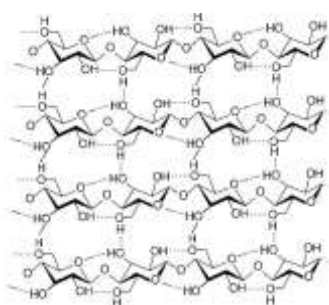


Figura 4 Celulosa, compost principal del cotó. [7]

Per altra banda, les fibres artificials no tenen aquests grups químicament reactius que són: $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$ i OH . Per això, el polièster no transpira la humitat pròpia del cos (suor).

2.1.2 Propietats

El polièster s'utilitza per la fabricació de molts productes, com per exemple, roba, teixits industrials, cintes de gravació i aïllament elèctric.

- Propietats físiques:

- + No és absorbent
- + Conserva la calor
- + Es pot barrejar fàcilment amb altres fibres, com el cotó
- + Té una gran estabilitat dimensional i un manteniment senzill
- + Té una recuperació fàcil a les arrugues
- + Gran resistència
- + Preu molt assequible
- + Difícil de tenyir però després té unes solideses molt elevades

- Propietats químiques

Taula 1. Propietats químiques del polièster

Fórmula molecular	$(C_{10}H_8O_4)_n$
Punt de fusió	260°C
Densitat	$1,38 \frac{d}{cm^3}$

2.1.3 Una mica d'història

Les primeres fibres de polièster es van dissenyar a Anglaterra, a partir d'àcids dicarboxílics. A França aquesta fibra es va anomenar Tergal i, a Espanya, Terlenka.

Al 1946, Du Pont, una de les empreses químiques més grans del planeta, va adquirir l'exclusiva per a fabricar polièster en els Estats Units i va començar a vendre'l a la dècada dels 50, coneixent-se en aquell país amb el nom de Dacrón [8]. Durant aquells anys, Du Pont, buscava multiplicar les propietats tècniques del polièster, texturant filaments que s'utilitzaven per fer sacs de dormir i anoracs, ja que resulten millors que els que contenen ploma natural.

2.2 Glicerol

El glicerol (1,2,3-propanetriol), és un líquid incolor, viscos i inodor que és hidrofílic gràcies a que conté tres grups hidroxil alcohòlics. És una molècula altament flexible, capaç de formar enllaços d'hidrogen intra- i intermoleculars.

Aquest compost s'utilitza en molts sectors; des dels aliments, passant per medicaments i cosmètics, explosius, tabac etc.

Les propietats del glicerol es mostren a la taula següent:

Taula 2. Propietats del glicerol

Fórmula molecular	$C_3H_8O_3$
Massa molecular	92.09382
Densitat	1.261gcm ⁻³
Viscositat	1.5Pa·s
Punt d'ebullició	290°C

El glicerol té funció humectant i solvent, ja que té la gran capacitat per formar ponts d'hidrogen amb aigua. De fet, ha demostrat en diferents estudis [9] ser un monòmer molt eficaç per millorar la hidrofília dels polièsters, a part de millorar les propietats mecàniques, com elasticitat i suavitat d'aquest.

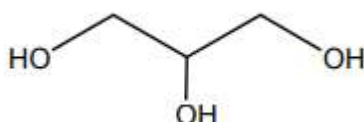


Figura 5 Estructura química glicerol. [10]

2.3 Plasma

Plasma, també conegut com estat plasmàtic, és un dels quatre estats d'agregació de la matèria, juntament amb el líquid, sòlid, i gasos. Quan una substància està en estat plasmàtic és un gas ionitzat, on els àtoms d'aquest han sigut separats dels electrons originals, per tant, els ions carregats positivament i els electrons deambulen lliurement.

Aquest, es un gas carregat elèctricament. Per tant, al estar fet de partícules carregades, es un bon conductor de l'electricitat . A més, les seves partícules poden interactuar entre elles, formant camp elèctrics i /o magnètics dins de la pròpia matèria.[11]

Els plasmes emeten llum, l'anàlisi de la qual permet conèixer les espècies que contenen.

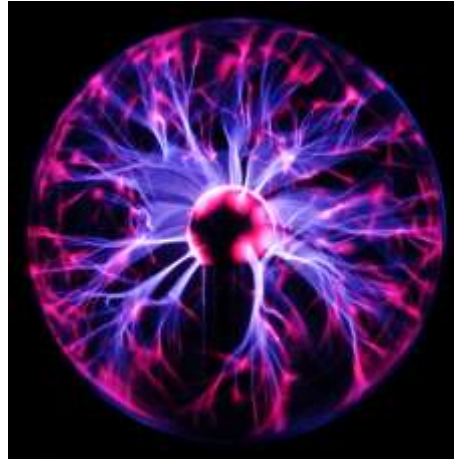


Figura 6 Globus plasma. [12]

L'estat plasmàtic, com ja s'ha dit, s'obté mitjançant un procés de ionització de gasos. Aquest procés pot ser complex, com la magnetització o l'aplicació d'electricitat, o simple, com l'escalfament dels gasos per fer que les partícules vibrin a més velocitat.

Les partícules carregades de plasma impacten amb molta energia sobre les superfícies que envolten, i algunes de les partícules del plasma s'incrusten o dipositen a les superfícies [13].

2.3.1 Aparell de plasma

L'aparell de plasma que s'ha utilitzat és el "Corona Plus withoperating panel Type TF-415 (Vetaphone, Denmark)"

Aquest aparell s'utilitza per realitzar el tractament corona amb plasma a materials que són difícils de tractar, per poder crear una millor més duradora adhesió.



Figura 7 Aparell corona. [14]

3. Metodologia experimental

3.1 Materials

Per aquest experiment s'han utilitzat diversos materials, instruments, productes i reactius.

Taula 3. Materials, productes/reactius i Instruments emprats

Materials	Productes i reactius	Instruments
1 matràs aforat de 50mL	Glicerol	Balança analítica electrònica
4 vasos de precipitats de 100mL	Hidròxid de sodi (NaOH)	Bany termoestàtic amb agitació
2 vasos de precipitats de 50mL	Clorur de calci (CaCl ₂)	Microones
1 espàtula	Clorur de sodi (NaCl)	Estufa
1 cronòmetre	Aigua destil·lada	
2 provetes de 200mL	PET Estil 777. ISO 105-F04	
4 matrassos erlenmeyer de 200mL	Cotó d'estil 400, ISO 105-F02, 100 g/m ²	
1 matràs erlenmeyer d'1L		
2 pipetes Pasteur		
12 pesafiltres		
4 pinces de fusta petites		

3.2 Mètodes analítics

- Bany termoestàtic amb agitació de va-i-ve
- Microones

- Balança analítica electrònica
- Estufa
- DVS (analitzador de sorció de vapor d'aigua)

3.2.1 Bany termoestàtic amb agitació

1. Breu descripció

Els banys d'aigua sacsejadora són ideals per descongelar, escalfar, barrejar i agitar mostres. L'interior del bany és d'acer inoxidable per raons sanitàries i de longevitat. L'acció d'agitació pot ser lineal o orbital amb una velocitat d'agitació ajustable.

Aquest bany és un equip elèctric i està previst d'una sèrie d'elements, els quals fan que al ajuntar-se, es complementin.

2. Especificacions tècniques

Internament, està format per circuits comunicats entre sí per conductors elèctrics. Té un cable d'alimentació a la xarxa elèctrica del lloc on està treballant. A més a més, conta amb un sistema de seguretat contra curtcircuits.

Aquest equip de laboratori té un control de temperatura, que pot ser digital o analògic. Aquest control s'encarrega de regular la temperatura de manera eficient per tal que l'usuari pugui dur a terme de manera correcta el seu anàlisi. Això fa possible el control de la temperatura conferida pels elements calefactors, els quals poden o no estar en contacte amb l'aigua del bany [15]. A més a més, el control de temperatura li dona a l'usuari la llibertat d'ajustar o programar la temperatura i si vol o no, agitació.

3.2.2 Microones

1. Breu descripció

L'ús principal d'aquest electrodomèstic és escalfar aliments. L'aigua continguda en l'aliment o el líquid s'escalfen per efecte de les ones amb alta freqüència que genera el microones, procés que es coneix com escalfament electrònic o dielèctric.

2. Especificacions tècniques

A l'interior del microones hi ha un dispositiu elèctric que s'anomena magnetró. Aquest consisteix en una caixa metàl·lica amb un petit forat que conté un filament que s'escalfa a una temperatura molt alta. El filament, el qual està molt calent, comença a emetre electrons, i el voltatge accelera el moviment dels electrons.

La presència d'un potent imant fa que els electrons girin i és aquest moviment el que produeix la microona. Els electrons que es generen com a microones viatgen a través d'un ventilador i reboten en diferents direccions fins que impacten amb la substància a escalfar.

L'interior del microones està recobert de metall. Això és amb la finalitat de reflectir la radiació en el metall i així no deixar escapar els electrons. Aquesta condició del microones el fa més eficient i és una manera de protegir als usuaris de les ones. [16]

A diferència del bany termoestàtic, a un microones és pot ajustar la potència desitjada.

3.2.3 Balança analítica electrònica

1. Breu descripció

Una balança és un instrument de laboratori que mesura la massa d'un cos o substància química, utilitzant com a mitjà de comparació la força de gravetat que actua sobre un cos. Generalment s'expressa amb quatre decimals.

La gravetat genera una força sobre la massa d'un cos, aquesta força és el pes i es mesura amb Newtons. Aquesta força és el producte de la massa per l'acceleració, que és la gravetat. $[F=m \cdot g]$.

2. Especificacions tècniques

Les balances analítiques electròniques involucren tres elements bàsics: [17]

- L'objecte que es vol pesar que es col·loca sobre el platet de pesatge exerceix una pressió distribuïda de manera aleatòria sobre la superfície del platet. D'aquí, es concentra la càrrega del pes en una força simple $[F]$, que pot ser mesurada.
- Un transductor de mesura, conegut amb el nom de cel·la de càrrega, produeix una senyal de sortida proporcional a la força de càrrega, en forma de canvis en el voltatge o de la freqüència.
- Un circuit electrònic analògic digital que finalment presenta el resultat del pesatge de manera digital.



Figura 8 Balança analítica electrònica IQAC-CSIC. Font pròpia

3.2.4 Estufa

1. Breu descripció

L'estufa de laboratori és un instrument que s'utilitza per esterilitzar i assecar els envasos de vidre o de metall que s'utilitzen en el treball de laboratori. Amb el seu us, és possible eliminar tota la humitat dels envasos, ja que és una càmera amb una cavitat que posseeix una temperatura més elevada que la temperatura ambient.

Les estufes de laboratori estan fabricades d'acer inoxidable, lo qual les permet proporcionar una gran durabilitat, posseeixen un microprocessador que permet mantenir una temperatura uniforme, la qual és possible graduar.

2. Especificacions tècniques

Una estufa té una capacitat per entre 20 i 168 crisols, que són aparells fets de grafit que poden suportar altes temperatures. Està recoberta per múltiples capes d'asbest, minerals fibrosos, que impedeixen que la calor arribi a l'exterior del instrument i alteri l'experiment o danyi a l'operari [18]. L'estufa funciona mitjançant resistències elèctriques situades a la part inferior i als laterals de les parets internes de l'estufa.

També conta amb petits cilindres muntats en la part superior com via d'escapament per una ventilació senzilla. Aquests es troben recoberts internament per taps de plàstic o de goma per evitar que s'escapi calor.

L'estufa emprada en aquest projecte es mostra a la següent figura:



Figura 9 Estufa IQAC-CSIC. Font propia

3.2.6 DVS

1. Breu descripció

La sorció dinàmica de vapors és una tècnica gravimètrica que mesura la rapidesa i la quantitat de vapor que absorbeix una mostra. Això ho fa variant la concentració de vapor que rodeja la mostra i mesurant el canvi en la massa d'aquesta.

Aquesta tècnica és una eina molt valuosa en els laboratoris de tot el món I + D. És una part de les tècniques d'anàlisi de control de qualitat, i es pot trobar dins de l'àrea d'emalatge mesurant la permeabilitat i els efectes de la humitat i la temperatura en les mostres dins d'un envàs.

2. Especificacions tècniques

En un DVS es fa passar un flux de vapor a una determinada concentració sobre la mostra que està situada a la microbalança que l'instrument té incorporada. Aquesta va mesurant els canvis de pes deguts a l'absorció de molècules de vapor.

L'usuari pot seleccionar la temperatura del sistema complet, que es controla de tal manera que la pressió de vapor sobre la mostra es constant. [19]

3.3 Tractaments experimentals

En aquest treball és realitzen dos mètodes diferents per tal d'aplicar el glicerol a la superfície dels teixits PET. En tots dos s'experimenta també amb l'addició d'hidròxid de sodi per comprovar si facilita la penetració del glicerol al teixit mitjançant el trencament de l'estructura superficial del polièster.

3.3.1 Bany de microones

Per aquest primer mètode s'utilitza una relació de bany (RB) de $\frac{1g \text{ teixit}}{15mL \text{ bany}}$ amb un 100% spf de glicerol, és a dir, 1g de glicerol per cada 1g de teixit.

Es treballa amb mostres de 6g de polièster en dos tractaments, un amb bany aquós i l'altre amb un bany d'hidròxid de sodi (1M), i cadascun amb dos intensitats i temps d'aplicació diferents: Un dels dos banys s'introdueix al microones durant 2 minuts a una potència de 300W i l'altre bany durant 5 minuts a una potència de 450W.

Els teixits es pesen abans i després del tractament un cop secs, prèviament condicionats en una sala ambientada a $21\pm 1^\circ\text{C}$ i $50\pm 4\%$ d'humitat relativa per obtenir el % de producte aplicat.

3.3.2 Bany termoestàtic

Aquest segon mètode es basa en l'aplicació del glicerol sobre els teixits de polièster per esgotament mitjançant un bany d'aigua sacsejadora GLF 1083, Thermolab, França. S'han realitzat dos banys paral·lels a 40°C i amb agitació durant 1h. Amb una RB de 1/15.

Després dels banys, s'han deixat assecar els teixits a la sala ambientada a $21\pm 1^\circ\text{C}$ i $50\pm 4\%$ d'humitat relativa, i s'han pesat

S'ha fet servir una mostra de teixit de polièster de 6g.

- Un bany d'hidròxid de sodi (1M) amb 6g de glicerol
- Un bany aquós amb 6g de glicerol.

Els teixits es pesen abans i després del tractament un cop secs, prèviament condicionats en una sala ambientada a $21\pm 1^\circ\text{C}$ i $50\pm 4\%$ d'humitat relativa per obtenir el % de producte aplicat.

Totes les mostres tractades, tant amb el bany de microones com en el bany termoestàtic s'han deixat assecar a la sala ambientada durant 24h i, posteriorment, han estat caracteritzades.

Un cop passades les 24h, es retalla la meitat de cada mostra (3g per mostra) i, per comprovar el nivell de fixació del glicerol a la superfície del teixit, s'esbaldeix tres vegades seguides en aigua d'estilada a una relació de bany 1/50, per tant, per 3g de teixit, 150mL d'aigua destil·lada. Posteriorment, es deixa assecar a la sala ambientada durant 24h més.

Finalment, per diferència de pes es calcula la quantitat de glicerol que s'ha perdut durant l'esbaldit.

3.3.3 Esbandit

Un cop passades les 24h, es retalla la meitat de cada mostra (3g per mostra) i, per comprovar el nivell de fixació del glicerol a la superfície del teixit, s'esbaldeix tres vegades seguides en aigua destil·lada a una relació de bany 1/50, per tant, per 3g de teixit, 150mL d'aigua destil·lada. Posteriorment, es deixa assecar a la sala ambientada durant 24h més.

Finalment, per diferència de pes es calcula la quantitat de glicerol que s'ha perdut durant l'esbaldit.

3.4 Pretractament amb plasma corona

El tractament de plasma de corona s'utilitza generalment per millorar les propietats de molts materials.

En plàstics, augmenta l'adhesió de tintes, adhesius, recobriments i laminats. En metalls actua netejant i desengreixant, millorant la seva adherència. En teixits, que es el material que interessa, augmenta la seva higroscopicitat.

El tractament corona és un tractament de superfícies amb plasma. Aquest és un procés que es realitza a una temperatura baixa capaç de modificar superfícies i augmentar l'energia de superfície. El tractament es realitza aplicant un voltatge elevat a les puntes dels elèctrodes amb un diàmetre petit.

Això fa que es produeixi la descàrrega corona.

Corona és l'aire ionitzat que es crea a partir de la descàrrega d'energia d'alt voltatge i a una freqüència elevada a través d'un metall o d'un elèctrode aïllat. Aquest elèctrode es troba situat sobre d'un corró. A l'espai que hi ha entre l'elèctrode i el corró és un es genera la descarrega corona.

La superfície que es sotmet al tractament passa sota aquesta descàrrega, la qual altera les propietats de la superfície i augmenta l'energia de superfície al bombardejar-la amb ions., d'aquesta manera s'incrementa la permeabilitat del teixit tractat.

El tractament dona millors resultats quan es tracta el teixit acabat de produir, ja que cada teixit té una energia de superfície intrínseca que augmenta amb el tractament corona. No obstant, passat dies o setmanes, aquesta energia intrínseca disminueix i el tractament corona no pot treballar en bones condicions i donar el seu millor resultat. [20] En aquest cas, s'implementa el tractament de plasma de corona passat un mes de la fabricació del teixit PET.

El pretractament de plasma de corona ha sigut aplicat pel Centre Tecnològic de Catalunya, Eurecat, a tres mostres de teixit de polièster aplicant a cadascuna una potència diferent:

- Mostra 1: Potència de 200W on, l'energia sobre la superfície tractada és de $57.6 \frac{W}{min \cdot m^2}$.
- Mostra 2: Potència de 400W on, l'energia sobre la superfície tractada és de $105.2 \frac{W}{min \cdot m^2}$.
- Mostra 3: Potència de 800W on, l'energia sobre la superfície tractada és de $210.4 \frac{W}{min \cdot m^2}$.

Després, les mostres pretractades amb plasma s'han caracteritzat, i posteriorment tractat per esgotament en bany de va-i-ve amb glicerol, per ser caracteritzades novament.

3.5 Caracterització

La caracterització dels teixits es basa en dos tests per veure les propietats hidrofíliques que han adquirit les mostres tractades pels dos tractaments, tant si s'han realitzat amb o sense hidròxid de sodi. També serveix per comparar les mostres abans i després de l'esbaldit.

3.5.1 Test d'humitat

A la sala ambientada es tallen 3 mostres de 0,5g cadascuna (tant les mostres que han estat esbandides com les que no). Aquestes s'introdueixen en pesafiltres diferents, prèviament assecats i tarats, i es pesen. Es deixen assecar a l'estufa a 100°C durant 24h. A continuació es retiren i s'introdueixen a l'assecador durant 30 minuts i, finalment, es pesen a la balança analítica.

Aquest procediment es fa per tal d'evaporar la humitat que conté cada mostra i poder calcular la quantitat d'humitat que han estat capaces d'absorbir. Si els teixits han estat capaços d'augmentar el seu percentatge d'humitat respecte a un teixit de PET no tractat significa que els mètodes realitzats per tal de convertir el PET en un teixit més hidrofílic, han donat bons resultats.

3.5.2 Test vertical de capil·laritat

L'absorció vertical de l'aigua, al llarg d'una tira de material tèxtil, és un mètode molt comú per avaluar el comportament absorbent de teixits.

El transport del líquid té lloc a través del fenomen de la capil·laritat. La capil·laritat és la capacitat dels líquids de penetrar en els porus fins amb parets humectants i ser desplaçats d'aquells amb parets no humectants.

Quan una tira del teixit es submergeix en un dipòsit líquid, els capil·lars més petits s'omplen primer degut a una major capil·laritat seguida dels capil·lars més grans. La massa de líquid retingut en capil·lars petits és menor en comparació amb els capil·lars grans.

Degut a la menor pressió capil·lar en els capil·lars grans, l'abans del líquid és menor, però el líquid retingut per aquests capil·lars actua com a dipòsit pels capil·lars petits.[21]

En aquest experiment, s'agafa una tira de cada mostra tractada de dimensions d'1,5 x 10 cm i es suspèn verticalment amb el seu extrem inferior submergit en 1 cm de solució A (que conté 2,298 g/L NaCl i 0,368 g/L CaCl₂) durant 60 segons, tal com és que es mostra a la figura 10. Passat el minut, es mesura l'augment de nivell de la mostra (cm) amb l'objectiu d'avaluar la capil·laritat del teixit. S'han provat tres exemplars de cada mostra.

S'ha decidit utilitzar la solució A ja que el CaCl₂ és un compost capaç d'absorbir humitat i el NaCl és una sal que reté la humitat. [22]



Figura 10 Test de capil·laritat vertical. Font propia

3.6 Seguretat i medi ambient

3.6.1 Normes i prevencions

Abans d'entrar a qualsevol laboratori, s'han de seguir una sèrie de normes i prevencions per tal d'evitar accidents i poder manipular components químics i el material amb seguretat.

A continuació s'expliquen les normes a tenir en compte tant dins del laboratori com amb els productes químics:

- Prohibit beure, menjar i, per suposat, fumar.
- És necessari examinar el laboratori prèviament, per saber on i com funcionen els extintors, les dutxes, els renta-ulls i les sortides d'emergència.
- És obligatori portar posada la bata, ulleres, guants, pantalons llargs i el cabell recollit.
- Cal deixar la zona de treball del laboratori neta i ordenada, tal i com estava abans d'entrar.
- Mirar l'etiquetatge i la fitxa de seguretat abans d'utilitzar qualsevol producte
- Els productes que deixin anar gasos inflamables o tòxics s'han de manipular dins de la campana de gasos evitant temperatures altes.
- No llançar productes contaminants a la pica, utilitzar el bidó de residus adequat en cada cas.

3.6.2 Residus experimentals

En aquest projecte s'han generat residus líquids i sòlids.

Al treballar al laboratori s'han generat residus sòlids com: guants de làtex, pipetes Pasteur i paper secant, material que és d'un sol ús i per tant s'aboca al bidó de residus sòlids contaminants. A més, el PET i el cotó també s'han de retirar a aquest mateix bidó.

De residus líquids contaminants només s'ha utilitzat l'hidròxid de sodi, que és una base, per tant s'ha d'abocar al bidó de bases i solucions bàsiques.

4. Resultats i discussió

En aquest apartat es mostren els resultats obtinguts al tractar el polièster amb els mètodes anteriorment explicats mitjançant la caracterització de cadascuna de les mostres.

El teixit de polièster es sotmet a dos tractaments amb dues solucions químiques diferents cada un. Els mètodes són el microones i el bany d'esgotament, mentre que les solucions són glicerol + bany d'aigua i glicerol + bany de NaOH.

Un cop realitzats els tractaments, la meitat de cada mostra s'analitza mitjançant les proves de caracterització, que són el percentatge d'humitat i el test vertical de capil·laritat.

Per altra banda, la segona meitat de cada mostra s'esbandeix tres vegades seguides en aigua destil·lada i, posteriorment es caracteritza.

La finalitat d'aquest experiment és optimitzar el tractament per obtenir la hidrofilitat més elevada del polièster i al mateix temps amb bona solidesa al esbaldit.

4.1 Anàlisi previ

Inicialment s'han realitzat les proves de caracterització a teixit sense tractar, teixit de PET i teixit de cotó, per comparar el teixit a estudiar amb un teixit més hidrofílic com és el cotó.

A la taula 4 es mostra la humitat mitjana de les tres mostres de cadascun dels teixits:

Taula 4. Humitat i capil·laritat dels teixits sense tractar.

Mostra	Humitat (%)	Capil·laritat (cm)
PET	0.3 ± 0.06	1.7 ± 0.5
Cotó	4.9 ± 0.04	3.8 ± 0.7

Com es pot observar, el percentatge d'humitat del cotó és gairebé el 94% superior al del PET.

En el cas del test de capil·laritat vertical, el cotó absorbeix gairebé el doble que el PET.

Amb els resultats adquirits, es pot confirmar que el cotó és un teixit molt més hidrofílic que el polièster.

En els apartats següents es mostren els resultats dels tractaments aplicats al teixit de PET. Les dades obtingudes es veuen sempre representades gràficament. A més, es contrasten amb els resultats del anàlisi previ.

4.2 Microones

El primer mètode per tractar els teixits de PET amb glicerol per esgotament, va ser utilitzant un forn de microones.

4.2.1. Mostres amb glicerol 50% spf

Inicialment, es va realitzar el tractament del teixit de PET en dues fases:

1. Bany de NaOH
2. Bany amb 50% spf de glicerol

Les condicions del forn de microones van ser les mateixes en les dues fases, i es va fer dos tractaments diferents: Un primer tractament a 300W de intensitat durant 2 min, i el segon tractament a 450W durant 5 minuts.

A continuació, les mostres tractades en bany de NaOH, van ser tractades amb glicerol 50% spf i es van repetir els dos tractaments diferents per a les mostres.

Les mostres tractades amb glicerol 50% spf, i les mostres pretractades en bany de NaOH i, posteriorment, tractades amb glicerol 50% spf, es van caracteritzar, i una part de cadascuna d'elles es va sotmetre a un esbaldit amb aigua, seguint el procediment explicat a la part experimental.

4.2.1.1 Resultats test d'humitat

En la taula 5 es resumeixen els resultats obtinguts d'humitat de les mostres tractades amb glicerol en microones, a dos temps i dos potències diferents.

Taula 5. Resultats humitat mostres tractades amb glicerol 50% spf

Tractament	Humitat (%)	
	2 minuts i 300W	5 minuts i 450W
Glicerol en bany H ₂ O	3.3 ± 0.4	5.4 ± 0.6
Glicerol en bany NaOH	4.6 ± 0.9	6.3 ± 0.9
DE Glicerol en bany H ₂ O	1.2 ± 0.2	0.9 ± 0.7
DE Glicerol en bany NaOH	0.6 ± 0.4	1.2 ± 0.3

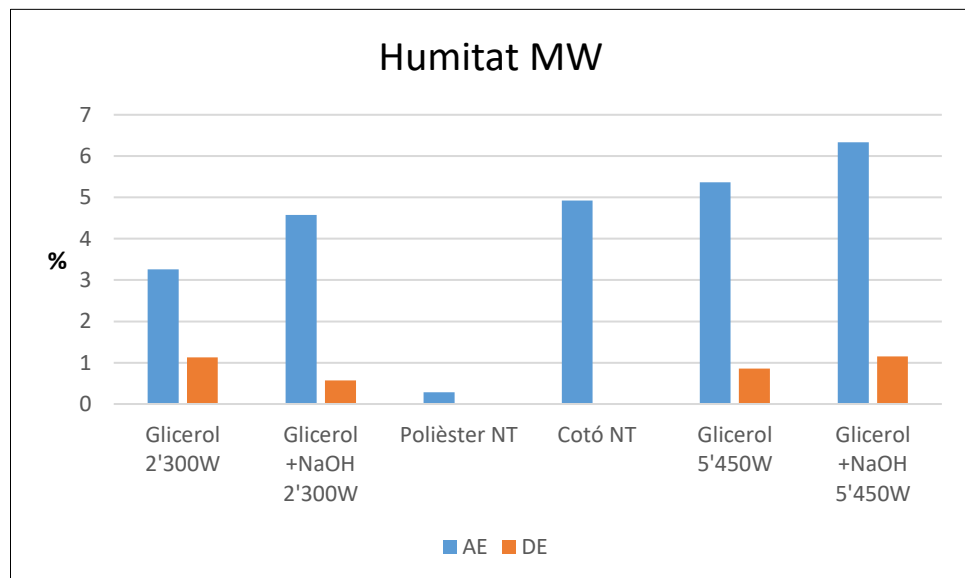


Figura 11 Humitat dels teixits tractats amb glicerol al 50% spf en un forn de microones, després del tractament (AE), i després de l'esbaldit (DE).

A la figura 11 es comparen els resultats de les mostres tractades en els dos banys abans i després d'esbandir.

S'observa que la mostra que dona una humitat més elevada, amb un $6.3 \pm 0.9\%$ d'humitat, és la tractada al microones durant 5 minuts a una potència de 450W amb glicerol en bany aquós amb NaOH 1M. També es veu que després de l'esbaldit disminueix la seva humitat a un $1.2 \pm 0.3\%$, igual que la mostra tractada amb glicerol durant 2 minuts a una potència de 300 W. Tot i així, la humitat de totes les mostres després de l'esbaldit segueixen sent superior a la del polièster sense tractar. Era d'esperar que, al esbandir els teixits, la humitat d'aquests disminuís ja que el glicerol del polièster es desenganxa.

4.2.1.2 Resultats test de capil·laritat vertical

Taula 6. Resultats test de capil·laritat vertical de les mostres tractades amb glicerol 50% spf

Tractament	Resultats del test vertical de capil·laritat (cm)	
	2 min 300W	5 min 450W
Amb glicerol 50% spf		
Glicerol en bany H ₂ O	3.4 ± 0.4	3,5 ± 0.5
Glicerol en bany NaOH	3.1 ± 0.1	4.0 ± 0.0
DE Glicerol en bany H ₂ O	4.3 ± 1.8	4.0 ± 0.0
DE Glicerol en bany NaOH	4.0 ± 0.5	1.8 ± 0.2

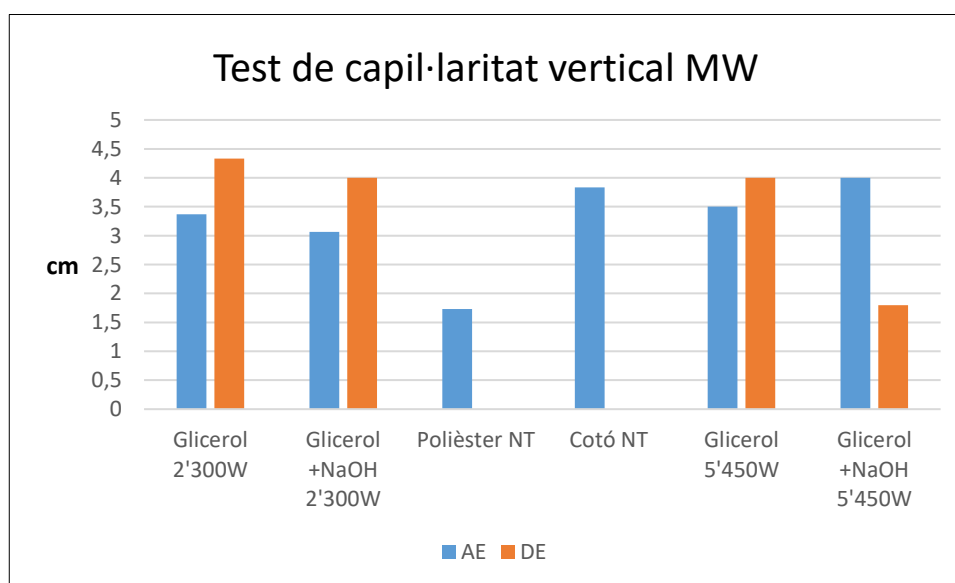


Figura 12 Test de capil·laritat vertical dels teixits tractats amb glicerol al 50% spf en un forn de microones, després del tractament (AE), i després de l'esbaldit (DE).

En el cas del test de capil·laritat vertical, el teixit tractat amb glicerol en bany de NaOH durant 5 minuts a una potència de 450W és el que dona millors resultats, però després d'esbandir és el que menys solució A absorbeix. Tot i això, que després de l'esbandit hi hagi millors resultats que abans pot ser degut a errors sistemàtics degut a la dificultat de veure la quantitat de líquid absorbida pel teixit. Per

tant, es descarten els resultats després d'esbandir. Es mantindria com a millor opció la mostra tractada amb glicerol en bany de NaOH.

Aquest va ser el primer experiment que es va dur a terme per a la familiarització del procés, per tant els resultats d'aquest apartat són orientatius però no són definitius.

4.2.2 Mostres amb glicerol 100% spf

A continuació, s'ha realitzat l'experiment amb glicerol al 100% spf, quantitat de glicerol optimitzada en anteriors estudis pel grup de recerca Innovacions Cosmètiques i Tèxtils del IQAC-CSIC, per aplicar a les mostres de PET per esgotament en bany termoestatitzat.

Les condicions del tractament en microones es detallen en l'apartat experimental, en aquest cas també s'han estudiat les mostres en dues condicions diferents de intensitat i temps de microones, que son les mateixes que a l'apartat 4.2.1, amb un bany aquós amb i sense NaOH.

4.2.2.1 Resultats test d'humitat

Taula 7. Humitat dels teixits de PET tractats amb 100% spf de glicerol en microones, i després de l'esbaldit (DE).

Tractament	Humitat (%)	
	2 min 300W	5 min 450W
Amb glicerol al 100% spf		
Glicerol en bany H ₂ O	8.5 ± 0.7	10.4 ± 0.9
Glicerol en bany NaOH	7.3 ± 0.6	9.3 ± 0.5
DE Glicerol en bany H ₂ O	2.1 ± 0.1	3.7 ± 0.9
DE Glicerol en bany NaOH	1.4 ± 0.9	2.0 ± 0.5

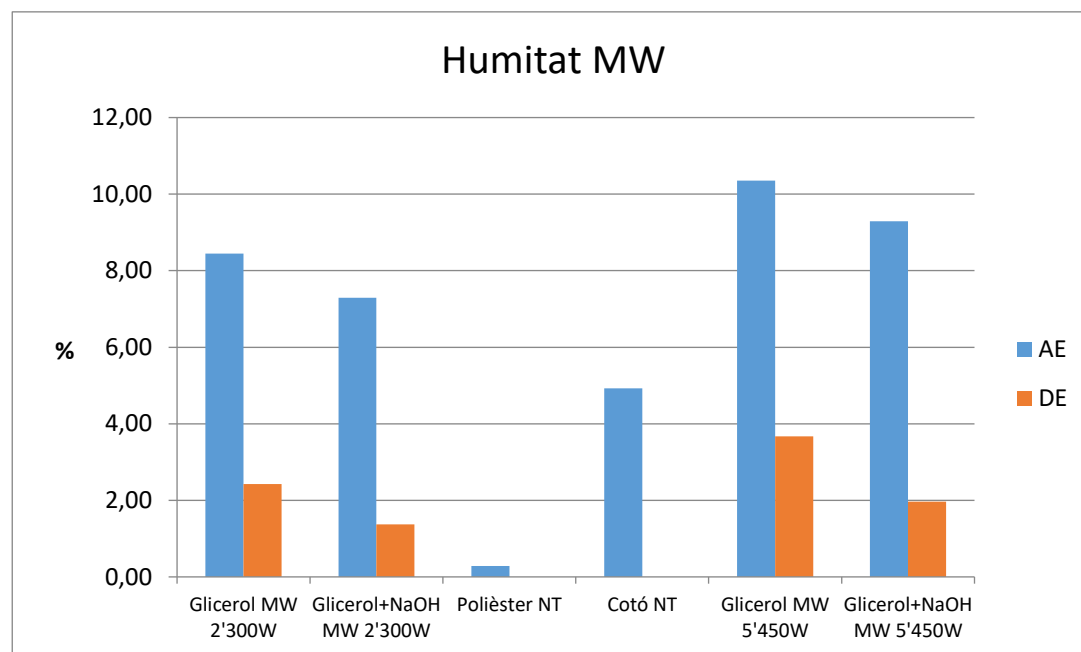


Figura 13 Humitat dels teixits tractats amb glicerol al 100% spf en un forn de microones, després del tractament (AE), i després de l'esbaldit (DE).

En aquest experiment, com es pot veure a la figura 13, el teixit que té una humitat més elevada amb un valor del $10,4 \pm 0,9\%$, és el tractat amb glicerol al microones durant 5 minuts a una potència de 450W. A més, després de l'esbandit és també el que dona una humitat superior, del $3,7 \pm 0,9\%$ sent força superior també a la del polièster sense tractar.

Si es comparen els teixits tractats amb glicerol 50 i 100 spf, la humitat abans d'esbandir del teixit tractat amb glicerol 100% spf és un 93% superior que amb glicerol 50% spf. Per altra banda, després d'esbandir, la humitat amb glicerol 100% spf és un sis vegades més elevada. A més, la humitat del teixit tractat amb glicerol i NaOH 100% spf després d'esbandir és del $3,7 \pm 0,9\%$, per tant també és superior que amb glicerol 50% spf, ja que la humitat és del $2,0 \pm 0,5\%$

Amb aquests resultats es pot veure que, el doble de glicerol implica aproximadament el doble d'humitat en el teixit però, a més, implica més del doble d'humitat després de l'esbandit, el que significa que com més glicerol, més difícil és extreure'l del teixit al esbandir-lo.

No obstant, al incrementar la quantitat de glicerol, les mostres que contenen únicament glicerol adquireixen un percentatge més alt d'humitat que les que contenen, a més, NaOH.

4.2.2.2 Resultats test de capil·laritat vertical

Taula 8. Resultats del test de capil·laritat vertical dels teixits de PET tractats amb 100% spf de glicerol en microones, i després de l'esbaldit.

Tractament	Resultats del test vertical de capil·laritat (cm)	
	2 min 300W	5 min 450W
Amb glicerol al 100% spf		
Glicerol en bany H ₂ O	3,4 ± 0.4	3,3 ± 0.2
Glicerol en bany NaOH	4,2 ± 0.4	3,9 ± 0.03
DE Glicerol en bany H ₂ O	3,3 ± 0.2	3,3 ± 0.1
DE Glicerol en bany NaOH	2,8 ± 0.3	3.0 ± 0.5

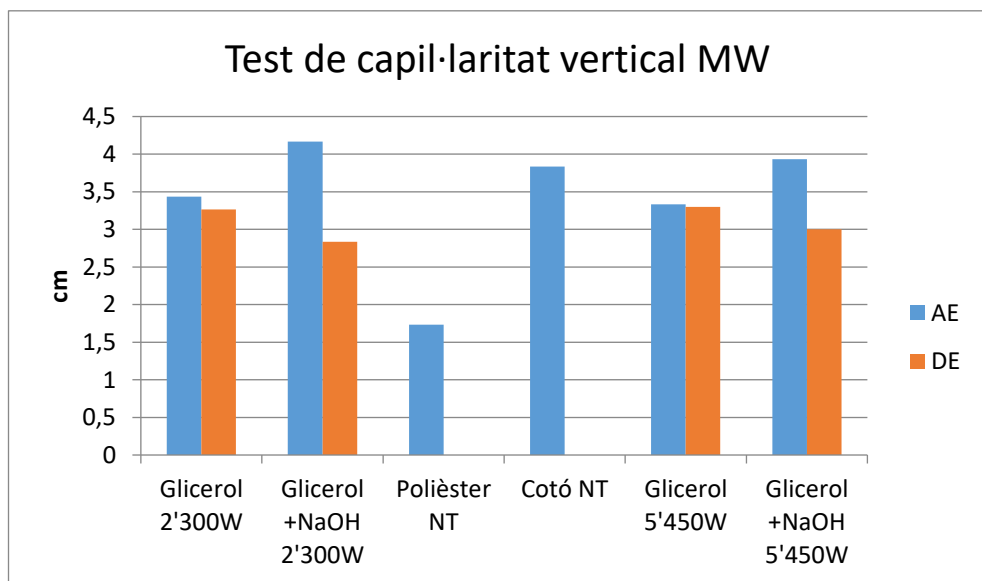


Figura 14 Capil·laritat vertical dels teixits tractats amb glicerol al 100% spf en un forn de microones, després del tractament (AE), i després de l'esbaldit (DE).

En el cas del test de capil·laritat vertical, el teixit que absorbeix més solució A és el tractat amb glicerol en bany de NaOH durant 2 minuts a una potència de 300W.

No obstant, després de l'esbaldit, el tractament amb glicerol en bany d'aigua durant 5 minuts a una potència de 450W mostra millors resultats.

Com l'objectiu principal és obtenir el polièster amb la superfície modificada que mostri una major hidrofilitat al passar per la rentadora, és a dir, després de l'esbandit, en aquest experiment la dissolució adient és el glicerol en bany d'aigua.

Per últim, comparant els teixits tractats amb glicerol 50 i 100 spf, en el cas del test vertical no es veuen diferències significatives, però els resultats obtinguts anteriorment i ara no tenen comportaments que segueixin el mateix patró, per tant, es farà servir els resultats de humitat per decidir quin mètode d'aplicació es més vàlid.

4.3 Bany termoestàtic amb agitació de va-i-ve

En aquest apartat s'expliquen els resultats obtinguts dels teixits tractats pel bany termoestàtic de va-i-ve.

4.3.1 Mostres amb glicerol 100% spf

El segon tractament s'ha realitzat també amb glicerol 100% spf i s'ha introduït al bany termoestàtic, prèviament escalfat, a 40°C i durant 60 minuts amb agitació contínua.

4.3.1.1 Resultats test d'humitat

Taula 9. Humitat dels teixits de PET tractats amb 100% spf de glicerol en microones, i després de l'esbandit.

Tractament	Humitat(%)
Glicerol en bany H ₂ O	6.2 ± 0.2
Glicerol en bany NaOH	6.3 ± 0.2
DE Glicerol en bany H ₂ O	1.5 ± 0.6
DE Glicerol en bany NaOH	2.8± 0.05

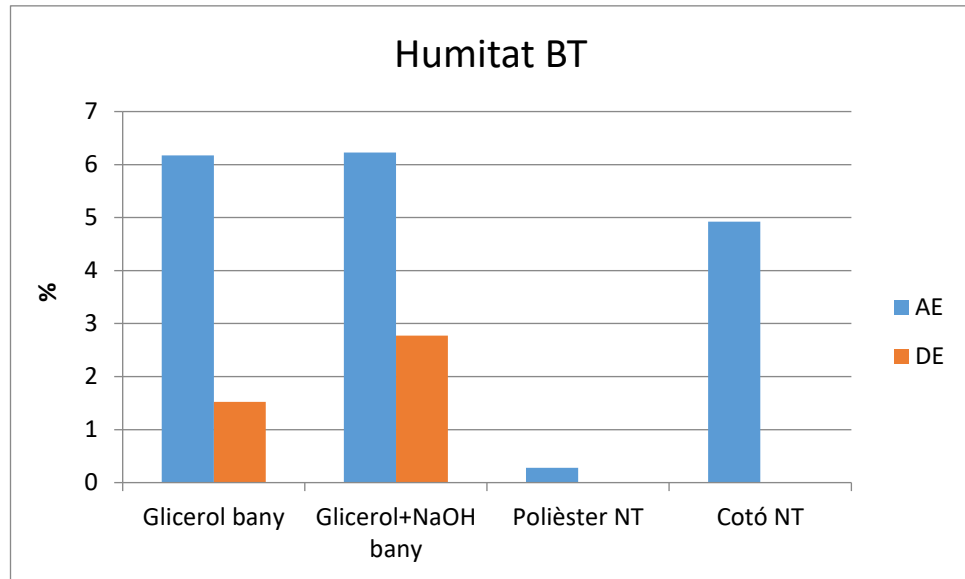


Figura 15 Humitat dels teixits tractats amb glicerol al 100% spf en bany termoestàtic de va-i-ve, després del tractament (AE), i després de l'esbaldit (DE).

Al realitzar el test d'humitat a les mostres tractades en el bany termoestàtic de va-i-ve, s'observa que les que han sigut impregnades amb glicerol amb NaOH contenen una humitat, del $6.3 \pm 0.2\%$, que, com es pot veure, és casi igual que les mostres tractades sense NaOH, per tant la diferència és menyspreable. A més, després de l'esbandit, ambdues mostres segueixen tenint una humitat superior a la del PET sense tractar.

4.3.1.2 Resultats test de capil·laritat vertical

Taula 10. Resultats del test de capil·laritat vertical dels teixits de PET tractats amb 100% spf de glicerol en microones, i després de l'esbaldit

Tractament	Resultats del test vertical de capil·laritat (cm)
Glicerol en bany H ₂ O	$3,9 \pm 0,1$
Glicerol en bany NaOH	$4,2 \pm 0,2$
DE Glicerol en bany H ₂ O	$3,8 \pm 0,2$
DE Glicerol en bany NaOH	$2,4 \pm 0,2$

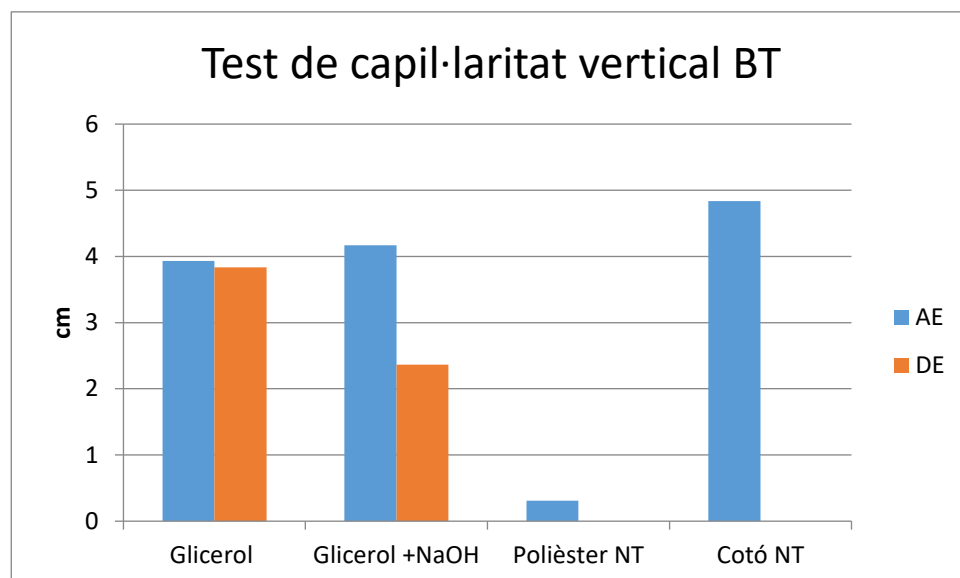


Figura 16 Test de capil·laritat vertical dels teixits tractats amb glicerol al 100% spf en bany termoestàtic de va-i-ve, després del tractament (AE), i després de l'esbaldit (DE).

Al fer el test de capil·laritat vertical es pot comprovar que el teixit tractat amb glicerol en bany de NaOH arriba a una major altura (absorbeix més solució A) que quan les mostres es tracten amb glicerol en bany d'aigua, però amb una diferència gairebé insignificant, de 0.3 cm. A més, cal afegir que després de l'esbaldit les mostres amb glicerol absorbeixen una quantitat més gran de solució A, 1.4 cm més que les mostres tractades amb glicerol en bany de NaOH.

4.4 Comparació dels dos tractaments

Finalment, després de tots els experiments realitzats, es comparen els resultats obtinguts al aplicar glicerol al 100% spf en els dos tractaments estudiats.

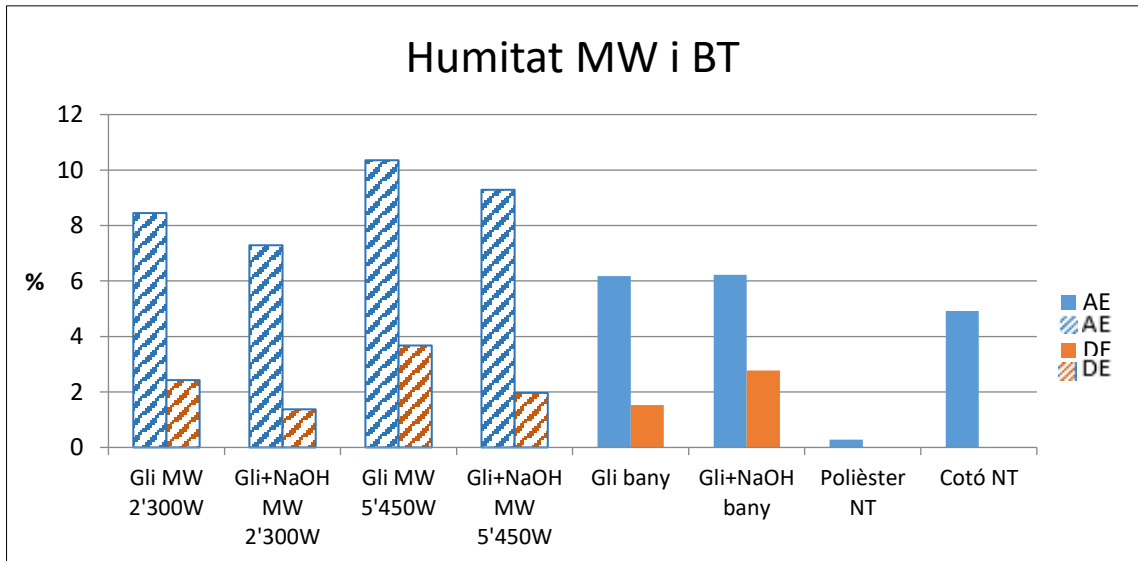


Figura 17 Comparació d'humitat dels teixits tractats en el forn de microones amb els teixits tractats en el bany termoestàtic de va-i-ve

En el test d'humitat, es pot observar que les mostres de polièster tractades amb glicerol i sense NaOH, en el tractament del microones a una potència de 450W i durant 5 minuts, adquireix una humitat més elevada.

S'observa inclús que els resultats abans i després de l'esbandit són directament proporcionals, és a dir, les mostres que abans d'esbandir mostren un caràcter més hidrofílic, després de l'esbandit també però amb un percentatge inferior, a excepció de les mostres tractades amb glicerol i NaOH al bany termoestàtic, en el que es veu que després de l'esbandit la humitat disminueix menys respecte les altres mostres.

Comentar finalment que totes les mostres de polièster dels dos tractaments adquireixen una humitat bastant superior que les mostres del teixit sense tractar, abans i després de l'esbandit.

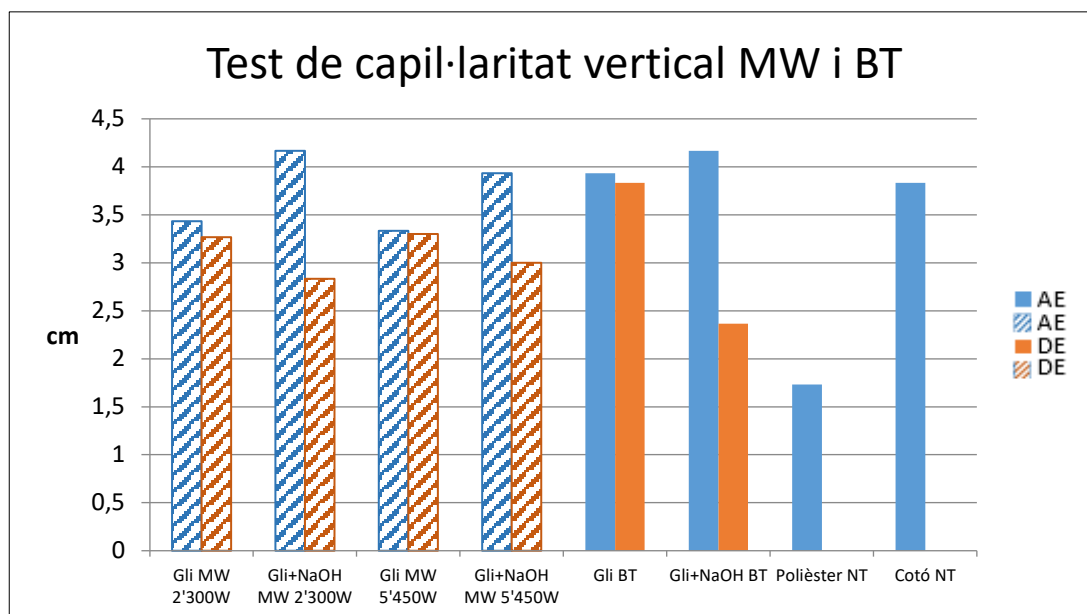


Figura 18 Comparació del test de capil·laritat vertical dels teixits tractats en el forn de microones amb els teixits tractats en el bany termoestàtic de va-i-ve

En canvi, en el test vertical s'observa que, abans de sotmetre les mostres a l'esbandit, el polièster absorbeix una quantitat gairebé igual de solució A, tant pel tractament del microones durant 2 minuts a una potència de 300W, com pel tractament del bany termoestàtic de va-i-ve. En ambdós casos el teixit està impregnat de glicerol en bany de NaOH. Cal afegir que els resultats obtinguts de les mostres impregnades amb únicament glicerol en el tractament de bany termoestàtic són molt similars que els anteriors, per tant es consideraria un resultat acceptable.

Per altre banda, després de l'esbandit, el teixit que és capaç d'absorbir més solució conté glicerol i està tractat amb el bany termoestàtic de va-i-ve.

En aquest cas, els resultats obtinguts abans i després de l'esbandit no tenen cap tipus de relació ja que aquest és un test en el que es poden cometre petits errors que afecten en els resultats.

Com s'explica a la teoria, quan el teixit es submergeix en el líquid, els capil·lars petits s'omplen primer ja que tenen una major pressió i actuen com a canal per omplir els capil·lars grans. Per tant, s'intueix que la part del teixit que conté capil·lars petits és més difícil observar si conté solució líquida o no. És per això que la quantitat de solució A absorbida per les mostres no és totalment fiable ja que pot haver error sistemàtic causat per l'ull humà.

4.5 Mostres pretractades amb plasma

En aquest apartat, es realitza el tractament del bany termoestàtic de va-i-ve a mostres pretractades amb plasma mitjançant el tractament corona realitzat pel Centre Tecnològic de Catalunya, Eurecat.

Inicialment s'ha caracteritzat dues mostres de PET, mitjançant el test d'humitat i el test de capil·laritat vertical, tractades simplement amb plasma.

En paral·lel, s'ha aplicat glicerol al 100% spf per esgotament en bany termoestàtic a dues mostres de polièster pretractades. Posteriorment, dues mostres del teixit tractat s'han sotmès a l'esbandit i, finalment, totes les mostres han sigut caracteritzades.

S'ha decidit no utilitzar NaOH ja que aquesta substància química no ha demostrat millorar la penetració de glicerol al PET i obtenir millors resultats.

Els resultats obtinguts són la mitja de les dues mostres analitzades en cada cas.

4.5.1 Resultats test humitat

Les mostres A1, B1 i C1 fan referència a les mostres 1, 2 i 3 respectivament:

- Mostra 1: Pretractada pel tractament corona amb plasma a una potència de 200W on, l'energia sobre la superfície tractada és de $57.6 \frac{W}{min \cdot m^2}$.
- Mostra 2: Pretractada pel tractament corona amb plasma a una potència de 400W on, l'energia sobre la superfície tractada és de $105.2 \frac{W}{min \cdot m^2}$.
- Mostra 3: Pretractada pel tractament corona amb plasma a una potència de 800W on, l'energia sobre la superfície tractada és de $210.4 \frac{W}{min \cdot m^2}$.

Taula 11. Humitat dels teixits de PET pretractats amb plasma i tractats amb 100% spf de glicerol en bany termoestàtic de va-i-ve, i després de l'esbandit

Tractament amb plasma	Humitat (%)
A1 sense glicerol	1.3 ± 0.8
B1 sense glicerol	1.8 ± 0.1
C1 sense glicerol	1.9 ± 0.2
NT sense glicerol	0.6 ± 0.1
A1 amb glicerol en bany H ₂ O	6.8 ± 0.04

B1 amb glicerol en bany H ₂ O	7.5 ± 0.1
C1 amb glicerol en bany H ₂ O	8.9 ± 0.4
NT amb glicerol en bany H ₂ O	6.5 ± 0.1
A1 amb glicerol en bany H ₂ O DE	1.0 ± 0.0
B1 amb glicerol en bany H ₂ O DE	1.4 ± 0.3
C1 amb glicerol en bany H ₂ O DE	1.3 ± 0.1
NT amb glicerol en bany H ₂ O DE	1.3 ± 0.2

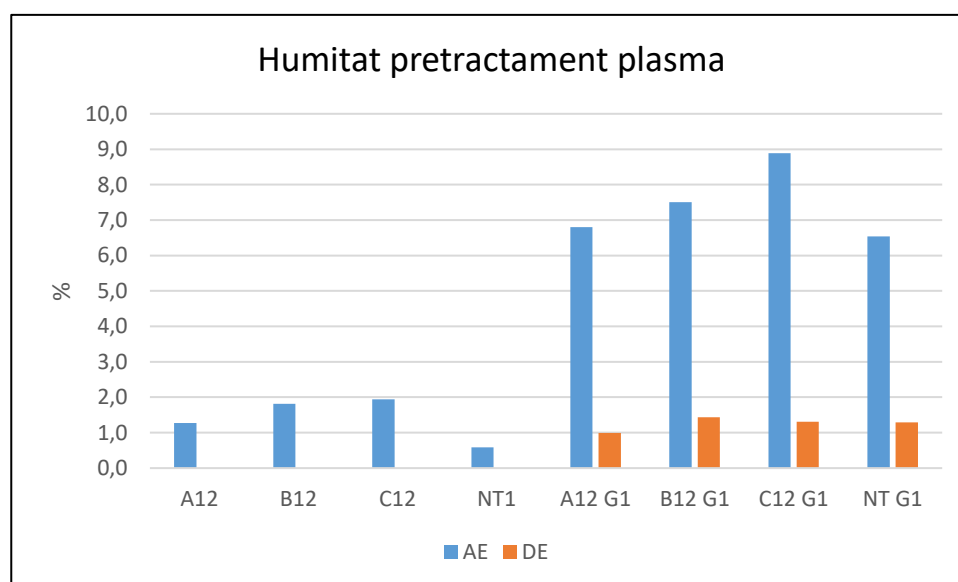


Figura 19 Humitat dels teixits pretractats amb plasma i tractats amb glicerol al 100% spf en bany termoestàtic de va-i-ve, després del tractament (AE), i després de l'esbaldit (DE).

Les mostres pretractades amb plasma contenen un percentatge d'humitat superior al polièster sense tractar, tot i això no demostren augmentar sorprenentment aquesta humitat.

En canvi, un cop es realitza el bany de va-i-ve a les mostres amarades amb glicerol, s'observa un increment significatiu de la humitat de les mostres, però aquestes han sigut pretractades mitjançant el tractament corona de tres maneres diferents.

Com s'observa a la figura 19, les mostres C assoleixen una humitat superior a totes les altres mostres, arribant al 8.9± 0.4%. No obstant, quan es sotmeten a l'esbaldit, les mostres pretractades amb el

tractament corona (A,B i C) perden les propietats hidrofíliques que el plasma havia aportat i el percentatge d'humitat cau de tal manera que s'igualava al de les mostres que no han estat pretractades amb plasma i simplement han estat tractades pel tractament termoestàtic amb agitació de va-i-ve.

Per altra banda, si es comparen els resultats obtinguts pel bany termoestàtic del apartat 4.2, la humitat de les mostres C que s'han sotmès prèviament al tractament corona, és d'un 2.7% superior. En canvi, després de l'esbandit és exactament igual, ambdues mostres, pretractades o no, contenen un 1.3% d'humitat.

4.5.2 Resultats test de capil·laritat vertical (TV)

Taula 12. Resultats del test de capil·laritat vertical dels teixits de PET pretractats amb plasma i tractats amb 100% spf de glicerol en microones, i després de l'esbandit

Tractament amb plasma	Resultats del test vertical de capil·laritat (cm)
A1 sense glicerol	3.9 ± 0.4
B1 sense glicerol	4.0 ± 0.3
C1 sense glicerol	4.0 ± 0.3
NT sense glicerol	2.8 ± 0.7
A1 amb glicerol en bany H ₂ O	3.8 ± 0.7
B1 amb glicerol en bany H ₂ O	4.0 ± 0.0
C1 amb glicerol en bany H ₂ O	4.3 ± 0.2
NT amb glicerol en bany H ₂ O	3.2 ± 0.1
A1 amb glicerol en bany H ₂ O DE	3.3 ± 0.7
B1 amb glicerol en bany H ₂ O DE	2.3 ± 0.07
C1 amb glicerol en bany H ₂ O DE	3.0 ± 0.6
NT amb glicerol en bany H ₂ O DE	1.0 ± 0.4

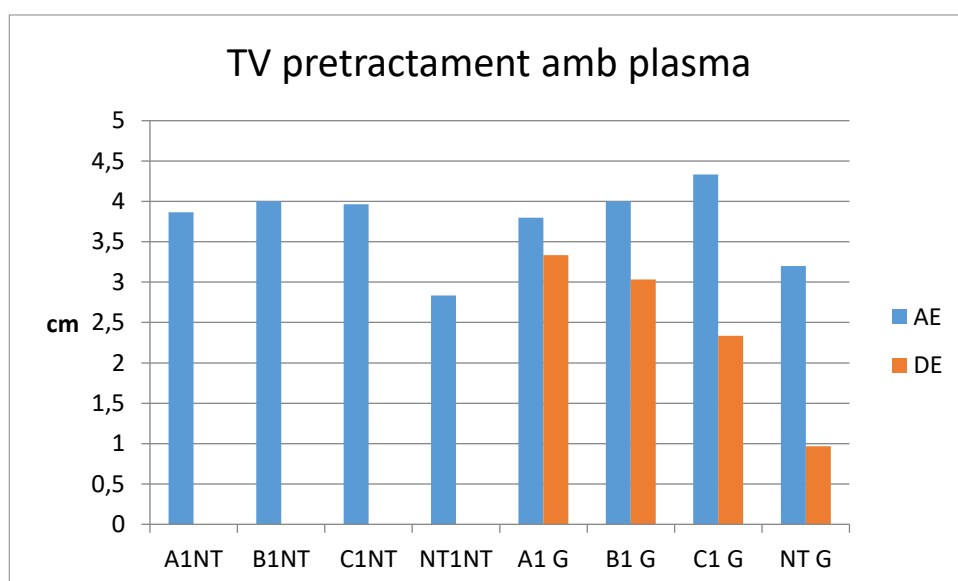


Figura 20 Test de capil·laritat vertical dels teixits pretractats amb plasma i tractats amb glicerol al 100% spf en bany termoestàtic de va-i-ve, després del tractament (AE), i després de l'esbaldit (DE).

En aquest cas, es pot observar que el pretractament amb plasma aconsegueix que el PET absorbeixi més d'un centímetre de solució A que el PET sense tractar. No obstant, al aplicar glicerol a les mostres i realitzar el tractament de bany termoestàtic, els resultats es mantenen pràcticament igual, encara que les mostres C demostren un millor comportament ja que absorbeixen 0.3 cm més que aquesta mateixa mostra sense l'últim tractament, tot i que la diferència no es molt significativa.

Després de l'esbandit, la mostra A sembla mantenir bastant la quantitat de líquid capaç d'absorbir.

4.6 Resultats tècnica DVS

En aquest apartat s'analitzen els resultats de la prova DVS realitzada per investigadors del IQAC-CSIC i s'estudien en funció dels resultats obtinguts en l'experiment del projecte. [23]

La sorció dinàmica de vapor (DVS) pot caracteritzar la resposta de teixit davant dels canvis d'humitat.

La relació entre el contingut d'humitat en l'equilibri i la humitat relativa (HR) a temperatura constant es coneix com a isoterma de sorció.

La determinació de la isoterma de sorció d'aigua aplicant de forma isotèrmica canvis discrets en la humitat implica anàlisis dinàmics i estàtics, dels quals es dedueixen coeficients de difusió i contingut a l'equilibri d'aigua.

4.6.1 Procés experimental

El procediment experimental que els investigadors del IQAC-CSIC va ser el següent:

Les mostres de teixit es van tallar a trossos petits de 2mm aproximadament i es van col·locar en una càpsula. El pes de les mostres de teixit oscil·la entre els 9 i 12mg. Aquestes van ser guardades en condicions ambientals de 23°C i 50% d'humitat relativa, durant 24h. L'experiment es va dur a terme seguint les següents etapes:

1. Etapa d'assecat de la mostra: Temperatura de 60°C i humitat relativa del 0%.
2. Pre-estabilització: 25°C i 0% d'HR.
3. Corbes d'absorció: diferents etapes successives d'absorció des del 5% fins al 95% d'humitat relativa, en salts del 10% d'humitat relativa, a una temperatura de 25°C.
4. Corbes de desorció: diferents etapes successives de desorció des de 95% fins al 5% d'humitat relativa, en salts del 10% d'HR, a una temperatura constant de 25°C.

El temps màxim d'assaig en cada etapa es fixa a 600 minuts, o s'interromp l'etapa abans, si la variació de massa de la mostra durant 20 minuts és inferior al 0.02%.

Les isoterms de sorció es descriuen generalment mitjançant models matemàtics basats en criteris empírics i / o teòrics que poden trobar-se en la literatura. Una de les equacions més utilitzades és la de el model GAB. Té una base teòrica, i els seus paràmetres proporcionen un aspecte físic del procés de sorció en comparació amb els models empírics. El model de GAB es basa en el concepte d'humitat monocapa i dona el valor del contingut d'humitat a la monocapa del material. Aquest model ha demostrat ser aplicable en polímers hidròfils i té una justificació teòrica considerable.. Així doncs, en aquest treball, les dades de les isoterms de sorció es van estimar d'acord amb el model GAB. La Taula 13 mostra la isoterma de sorció i els paràmetres utilitzats per ajustar les dades experimentals de sorció / desorció. L'ajust es va avaluar utilitzant el coeficient R^2 .

Taula 13. Model GAB i paràmetres utilitzats per ajustar les dades experimentals de sorció.

Model	Equació matemàtica
GAB	$W = W_m C_g K a_w / [(1 - K a_w) + C_g K a_w]$
Paràmetre	Definició
a_w	L'activitat de l'aigua expressada com la pressió relativa del vapor p / p_0 , a on p_0 és el vapor saturat..
W	Contingut d'humitat en equilibri de a_w en grams d'absorbit/100g d'absorbent sec.
W_m	Contingut en aigua de la primera capa en grams d'absorbit/100g d'absorbent sec.
C_g	Constant d'energia de la primera capa, a valors baixos d'humitat relativa. Aquest paràmetre és proporcional a la relació entre la velocitat d'entrada i de sortida de les molècules d'aigua en la monocapa.
K	Constant d'energia, a valors alts d'humitat relativa. Aquest paràmetre és proporcional a la relació entre la velocitat d'entrada i de sortida de les molècules d'aigua en les capes superiors.

4.6.2 Resultats numèrics DVS

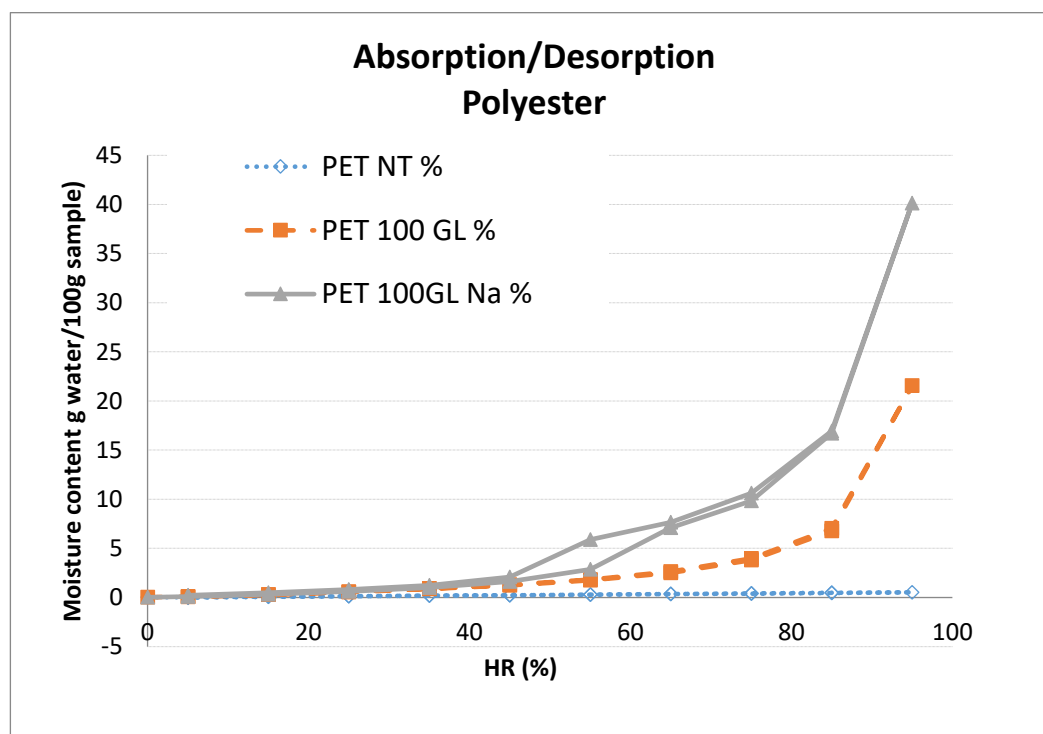


Figura 21 Absorció i desorció d'aigua dels teixits de polièster

A la taula 14 mostren les dades d'absorció i desorció obtingudes en el model de GAB, el temps total per arribar a l'equilibri i el coeficient de difusió aparent (DA), dels tres teixits de polièster.

Taula 14. Dades experimentals d'absorció i desorció

	PET NT	PET GL100	PET Na GL100
R95 (%)	0,53	21,55	40,13
W_m (%)	0,004068	0,01169	0,1362
C_g	3,157	1,749	0,1873
K	0,4764	0,9929	0,8582
R²	1	0,9999	0,9886
Pes (mg)	10,36	10,65138	10,42065
Temps (min)	414,5033	1396,298	1985,491
Coeficient de difusió aparent mitjà (min⁻¹·10⁻³)	0,26986	0,41303	0,83930

Tal i com es pot veure en la taula 14, el PET no tractat gairebé no absorbeix aigua, un 0.53%, d'humitat. A més, el coeficient d'energia a la primera capa (monocapa) és el més elevat (3.16), amb lo qual és pot afirmar que la humitat que entra al teixit es queda retinguda a la primera capa, ja que la constant d'energia de les capes superiors és inferior (0.48).

En el cas del PET tractat amb glicerol, la humitat del teixit augmenta al 21.55% i ja no hi ha tanta diferència entre la constant d'energia de la primera capa, amb la de les capes superiors, tot i que la segona segueix sent més elevada que la primera, el que significa que a la primera capa es queda retinguda més aigua que a les capes següents. No obstant, el coeficient de difusió aparent es gairebé el doble que en el PET sense tractar.

Per últim, el PET tractat amb hidròxid de sodi, amb una humitat relativa del 95% assoleix una humitat del 40%, i la constant d'energia de les capes superiors és més gran que la constant d'energia de la primera capa. A més, el coeficient de difusió aparent és de 0.83, valor bastant gran, fet que fa pensar que la superfície del teixit s'ha modificat lleugerament fent-la més permeable.

Afegir que hi ha una lleugera histèresis en el teixit tractat en NaOH, per tant confirma que el teixit interacciona d'alguna manera amb l'aigua que absorbeix, i després no es desorbeix igual. En aquest cas la histèresis es troba quan hi ha una humitat relativa d'entre el 45 i 65%, amb una diferència mitjana d'humitat en el teixit del 3%, confirmant aquesta modificació superficial del teixit de forma que la unió de la fibra amb l'aigua s'ha incrementat.

4.6.2 Comparació dels resultats DVS amb els resultats del TH i TV

En la Taula 14 es pot observar que la quantitat d'aigua a la monocapa (W_g) és insignificant en el cas del PET NT, però en canvi l'energia d'enllaç, C_g , és molt elevada en comparació als teixits PET tractats.

El teixit tractat en un bany amb NaOH (PET Na GL100), es el que absorbeix més aigua, però les constants d'energia a la monocapa, C_g , i a les capes superiors, K , són menors que les del PET GL100, fet que es confirma al observar els coeficients de difusió aparent, DA , el teixit PET Na GL100 s'ha modificat superficialment, (apareix una lleugera histèresis) i el teixit es trona més permeable a l'aigua, per tant l'aigua té més facilitat per ser absorbida i desorbida que quan el PET es tracta només amb GL.

Els resultats d'humitat, R_{95} , obtinguts per DVS, són similars als obtinguts pel test d'humitat, tot i que en el cas del DVS dona millors resultats el PET tractat amb Na GL100.

4.7 Possibles millores

Durant la realització del treball, m'ha sorgit alguna idea per tal de perfeccionar aquest projecte i fer-lo una mica més eficient de cara al futur. Per això, en aquest apartat s'exposen les possibles millores que, si hagués de començar el projecte de nou, em plantejaria.

4.7.1 Minimitzar l'error sistemàtic del TV

Tal i com s'ha comentat en el punt 4.2.1.2, en el test de capil·laritat vertical es produeixen errors sistemàtics degut a la dificultat de veure la quantitat de líquid absorbida pel teixit ja que aquest és blanc i al humidificar-se no s'aprecia gaire la diferència. Per tant, una de les possibles millores a destacar seria afegir colorant a la solució A, prèviament a la realització del test, d'un color bastant visual com per exemple, el rosa, per poder facilitar la visualització de solució absorbida pel PET.

4.7.2 Antelació del pretractament amb plasma

Com s'ha mencionat en l'apartat 3.4, cada teixit té una energia de superfície intrínseca que augmenta amb el tractament corona, però aquesta a mesura que passa el temps, disminueix i el tractament corona no pot aportar el mateix que si el teixit està acabat de fabricar ja que, passats uns dies o setmanes, l'energia intrínseca del teixit es redueix. És per això que aquesta part s'hauria de millorar ja que no es va fer el pretractament corona el més aviat possible, sinó que es va deixar esperar 1 mes per dur-lo a terme. El més adient seria realitzar el pretractament corona passades com a màxim 24 hores de la fabricació del teixit PET.

4.7.3 Elaborar un disseny experimental pel tractament microones

L'optimització del tractament per microones, degut a que és el tractament que ha donat millors resultats, es podria fer mitjançant un disseny experimental amb tres variables que serien: intensitat, temps i percentatge de glicerol. D'aquesta manera, en comptes de fer experiments aleatoris, amb els resultats obtinguts es podria treure un model matemàtic per saber quina variable influeix més en els resultats i quines condicions són les òptimes pel disseny.

4.7.4 Pretractament corona seguit pel tractament microones

Tal i com s'ha vist en l'apartat 4.4, el tractament que proporciona millors resultats és el Microones, més concretament a una potència de 450W i durant 5 minuts, ja que aconsegueix que el PET sigui capaç de retenir un percentatge d'humitat més elevat i d'absorbir més líquid. No obstant això, el PET pretractat amb plasma, a través del tractament corona, s'ha manipulat a posteriori únicament mitjançant el tractament per esgotament en bany termoestàtic de va-i-ve. Per tal de fer un projecte més rentable, una millora seria repetir el pretractament amb plasma i, seguidament, realitzar el tractament amb el Microones. D'aquesta manera, es preveu que el PET tractat sigui encara més hidrofílic.

5. Conclusions

Inicialment, s'ha comprovat al laboratori l'hidrofilicitat del PET (ja indicada a la introducció del treball), determinant que el PET conté un $0,3 \pm 0,06\%$ d'humitat. A més, únicament té $1,7 \pm 0,5$ cm de capil·laritat.

A partir del anàlisi de resultats, en el cas del tractament per microones es pot afirmar que els teixits PET tractats amb glicerol 100% spf (igual de glicerol que de teixit) obtenen una humitat gairebé del doble que els teixits tractats amb glicerol 50% spf, ja que la humitat del primer és de $10,4 \pm 0,9\%$ i la del segon és de $5,4 \pm 0,6\%$. Per altra banda, després d'esbandir, la humitat amb glicerol 100% spf és un sis vegades més elevada. Per tant, el doble de glicerol implica aproximadament el doble d'humitat en el teixit. I el que és més important, implica més del doble d'humitat després de l'esbandit, el que significa que com més glicerol, més difícil és extreure'l del teixit al esbandir-lo.

No obstant, al incrementar la quantitat de glicerol, les mostres que contenen únicament glicerol en les mateixes condicions del tractament, adquireixen un percentatge més alt d'humitat que les que contenen també NaOH. La presència del NaOH dona uns resultats una mica més baixos, de $9,3 \pm 0,5\%$.

En el cas del test de capil·laritat vertical, el teixit que absorbeix més solució A és el tractat amb glicerol en bany de NaOH durant 2 minuts a una potència de 300W.

Per altra banda, després de l'esbandit, el tractament amb glicerol en bany d'aigua durant 5 minuts a una potència de 450W mostra millors resultats.

Com l'objectiu principal és obtenir el polièster amb la superfície modificada que mostri una major hidrofilicitat al passar per la rentadora, és a dir, després de l'esbandit, en aquest experiment la dissolució adient és el glicerol en bany d'aigua.

Pel que fa el segon tractament, el bany termoestàtic amb agitació de va-i-ve, les mostres que han sigut impregnades amb glicerol en bany de NaOH contenen una humitat, del $6,3 \pm 0,2\%$, que és pràcticament igual que les mostres tractades sense NaOH, per tant la diferència és menyspreable. A més, després de l'esbandit, ambdues mostres segueixen tenint una humitat superior a la del PET sense tractar.

Comparant els dos tractaments, s'arriba a la conclusió que, tot i que ambdós tractaments assoleixen l'objectiu d'augmentar la hidrofilicitat del PET, tant abans com després de l'esbandit, el tractament que dona millors resultats és el microones. A més, cal destacar que aquest tractament és inclús millor en termes ecològics perquè comporta un menor malbaratament d'energia i temps.

Mitjançant aquests dos tractaments, tant les mostres impregnades amb glicerol en bany d'aigua, com les mostres impregnades amb glicerol en bany de NaOH tenen un caràcter més hidrofílic que les mostres sense tractar, encara que les mostres que únicament han estat amarades amb glicerol donen millors resultats. Per altra banda, amb els resultat del DVS, s'observa que el teixit es torna més

permeable a l'aigua, quan el PET es tracta amb glicerol en bany de NaOH. Per tant, tot i que el NaOH té la facilitat d'adherir-se a les fibres, no es pot afirmar que millori la penetració del glicerol i s'obtinguin millors resultats. Per això, el procés experimental s'ha continuat únicament amb glicerol.

Posteriorment, al realitzar el tractament corona amb plasma s'observa que les mostres tractades obtenen un percentatge d'humitat superior al polièster sense tractar, tot i que no demostren augmentar sorprenentment aquesta humitat ja que són d'entre l'1,3 i el 1,9%. Tot i que, un cop es realitza el bany de va-i-ve a les mostres amarades amb glicerol, que han estat pretractades pel tractament corona, s'observa un increment significatiu de la humitat de cadascuna de les mostres.

Les mostres C, tractades a unes condicions de 800W assoleixen una humitat superior a totes les altres mostres, arribant al $8.9\% \pm 0.4$. No obstant, quan es sotmeten a l'esbandit, totes les mostres pretractades amb el tractament corona perden les propietats hidrofíliques que el plasma havia aportat i el percentatge d'humitat cau de tal manera que s'iguali al de les mostres que no han estat pretractades amb plasma i simplement han estat tractades pel tractament termoestàtic amb agitació de va-i-ve.

Per tant, el tractament corona augmenta molt poc la hidrofilitat del PET. Això pot ser degut a la disminució de l'energia de superfície intrínseca del teixit a causa de l'excés de temps deixat entre la fabricació del PET i el tractament corona. Per això, aquest aspecte s'ha tingut en compte com a proposta de millora.

D'altra banda, també s'ha considerat com a proposta de millora realitzar el procediment del tractament corona amb un tractament posterior de microones, en comptes de bany termoestàtic amb agitació de va-i-ve, ja que ha donat millors resultats i, d'aquesta manera, es preveu que el PET tractat sigui encara més hidrofílic.

Tot i que s'ha arribat a la conclusió final que tant el tractament per microones, el bany termoestàtic amb agitació de va-i-ve i el tractament corona són tractaments capaços de modificar la superfície del PET convertint-lo en un teixit més hidrofílic, el primer és el que dona millors resultats a unes condicions de 450W i 5 minuts, tot i que no es descarta que el tractament corona porti uns millors resultats amb la millora proposada.

És necessari informar que, degut a la situació de confinament viscuda la present primavera, no s'ha pogut acabar d'optimitzar ja que hagués estat bé repetir el procediment per tal de fer una validació de dades i acabar de decidir si descartar el NaOH per obtenir millors resultats, o bé realitzar la

proposta de millora del apartat 4.7.3 per poder saber quines variables influeixen més en els resultats i quines condicions són les òptimes pels objectius proposats.

Finalment, comentar que aquest és un estudi previ que ajudarà a una investigació més a fons sobre les modificacions de la superfície adients per a que el PET sigui un teixit més hidrofílic i, per tant, resulti més còmode.

6.Pressupost i/o Anàlisi

Econòmica

En aquest apartat es detallen totes les despeses que inclou la realització del projecte. Aquest es divideix en 3 apartats:

- Cost experimental, que inclou material de laboratori, reactius, equips i consum d'energia.
- Cost de personal, que es calcula en funció de les hores dedicades.
- Cost total.

6.1 Cost experimental

6.1.1 Cost material de laboratori

El cost del material emprat al laboratori, s'han recuperat d'empreses proveïdores de materials de laboratori, com labotienda i LAB comercial.

$$Cost (\text{€}) = \text{Unitats}_u \cdot \text{Preu}_{\frac{\text{€}}{u}}$$

Taula 15. Cost del material necessari per l'experiment

Material	Unitats (u)	Preu (€/u)	Cost (€)
Matràs aforat 50mL	1	13.71	13.71
Vas de precipitats 100mL	4	5.50	22.00
Vas de precipitats 50mL	2	4.70	9.40
Espàtula	1	3.75	3.75
Cronòmetre	1	7.00	7.00
Proveta 200mL	2	25.00	50.00
Matràs erlenmeyer 200mL	4	3.99	15.96
Matràs erlenmeyer 1L	1	8.05	8.05
Pipeta Pasteur	2	11.79	23.58
Pesafiltres 35mL	12	15.73	188.76
Pinça de fusta	4	0.10	0.40
TOTAL			342.61

6.1.2 Cost reactius

El cost dels reactius s'han extret de l'empresa IBDCiència. Es té en compte la quantitat utilitzada.

$$\text{Cost (€)} = \text{Quantitat} \cdot \text{Preu}$$

Taula 16. Cost dels reactius i substàncies necessàries per l'experiment

Reactiu	Quantitat	Preu	Cost (€)
Glicerol	75g	7.35€/kg	0.55
Hidròxid de sodi (NaOH)	40g	6.99€/kg	0.28
Clorur de calci (CaCl ₂)	0.1843g	23.76€/kg	0.0044
Clorur de sodi (NaCl)	1.149g	9.5€/kg	0.01
Aigua destil·lada	2L	14.93€/L	29.86
Polièster	78	446€/kg	34.79
Cotó	6	600€/kg	3.60
Total			39.09

6.1.3 Cost equips

En la taula 15 següent es mostra el cost dels equips utilitzats. Aquest depèn del temps d'ús i la vida útil.

El cost material de cadascun dels equips es calcula mitjançant la següent expressió:

$$\text{Cost (€)} = \frac{\text{Cost equip}_\epsilon}{\text{Vida útil}_{\text{anys}}} \cdot \text{Temps d'ús}_{\text{anys}}$$

Taula 17. Cost dels equips

Equip	Cost equip (€)	Temps d'ús (anys)	Vida útil (anys)	Cost (€)
Balança analítica electrònica	341.22	0.13	10	4.44
Bany termoestàtic de va-i-ve	2207.00	0.07	15	10.30
Microones	523.48	0.07	15	2.44
Estufa	4399.64	0.13	15	38
Total				55.18

6.1.4 Cost energètic

En aquest apartat, en comptes de desglossar els costos energètics gastats durant l'estança al CSIC, que consumeix cadascun dels aparells i la llum, s'ha fet una estimació del que suposaria el lloguer del laboratori sencer. S'ha considerat el preu del lloguer de 6€/h. Per tant, si s'ha utilitzat durant 120h, el cost total energètic és de **720€**.

6.2 Cost personal

El càlcul es té en compte com si el projecte fos realitzat per una empresa. Es consideren un director de projecte i un enginyer tècnic. Els costos de personal s'han calculat sumant el cost de l'enginyer químic i el cost del director, ambdós s'han obtingut utilitzant la següent fórmula:

$$Cost\ personal\ (\text{€}) = \frac{Hores\ dedicades}{Hores\ anuals} * (SBA + SS) \frac{\text{€}}{\text{any}}$$

La part de la seguretat social que li costa a l'empresa és d'un 26% sobre el salari brut anual (SBA). S'han considerat 1200 hores anuals i es diferencien dos costos, cadascun pertany a un professional amb una cotització diferent.

Taula 18. Cost del personal

Personal	Hores anuals	Hores dedicades	SBA (€)	SS (€)	SBA+SS (€)	Cost (€)
Enginyer químic	1200	600	28000	9880	37880	18940
Director	1200	20	42500	11050	53550	893
Total						19833

6.3 Cost total

Finalment, es sumen tots els costos obtinguts durant el projecte. A més, s'afegeix un 10% per si hi ha algun imprevist, com el trencament d'un equip o material.

$$\text{Cost total} = \text{cost material} + \text{cost reactius} + \text{cost equips} + \text{cost energètic} + \text{cost personal}$$

$$\text{Cost total} = 342.61 + 39.09 + 55.18 + 720 + 19833 = \mathbf{20989.88€}$$

Aquest seria el cost que hagués suposat el projecte a l'empresa, tot i que no és real ja que l'ha fet una estudiant sota la supervisió d'una investigadora del CSIC.

Bibliografía

- [1] M. Geetha Soundri, S. Kavitha «The effect of material and structural analysis on comfort properties of bilayer modal polyester fabrics.» Vol 5, Coimbatore, 2017.
- [2] Monteagudo, Manuel Rodríguez. «EVALUACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS POR INYECCIÓN A PARTIR DE FIBRAS PROCEDENTES DE LA BIOMASA DE MAIZ (ZEA MAYS L.) Y POLIPROPILENO .» Tesis doctoral, Girona, 2014.
- [3] N. Oğlakcioğlu and A. Marmarali Thermal Comfort Properties of Some Knitted Structures. *Fibres Text. East. Eur.*, vol. 5, 2007.
- [4] Negra, M^aLuisa Coderch. «TEJIDOS BIOFUNCIONALES CON FINES COSMETO- DERMATOLÓGICOS (TEXBICO).» Científico, Barcelona, 2018.
- [5] Xu, Weilin, and Xin Liu. "Surface Modification of Polyester Fabric by Corona Discharge Irradiation." *European Polymer Journal*, vol. 39, no. 1, Jan. 2003, pp. 199–202, doi:10.1016/S0014-3057(02)00169-6.
- [6] "Definición de Una Fibra Textil | Nylon | Polímeros." n.d. Accessed April 11, 2020. <https://es.scribd.com/doc/95006925/Definicion-de-una-Fibra-Textil>.
- [7] Chaves, José Luis Castillo. La celulosa, el producto biológico más abundante, se merece su propia entrada. 29 de 10 de 2012. <https://jlcastilloch.es/la-celulosa-el-producto-biologico-mas-abundante-se-merece-su-propia-entrada/> (último acceso: 12 de 4 de 2020).
- [8] "EL POLIESTER Y TODAS SUS CARACTERISTICAS | FIBRAS SINTETICAS Y ARTIFICIALES." n.d. Accessed April 14, 2020. <http://thepoliestiren.blogspot.com/2013/02/el-poliester-y-todas-sus-caracteristicas.html>.
- [9] Bintuan, Xinjiang. *Functionalized polyesters derived from glycerol: Selective polycondensation methods toward glycerol-based polyesters by different catalysts*. Xina: Wiley Periodicals, Inc., 2019.
- [10] Aranda, Gustavo Lafuente. «"GLICEROL: SÍNTESIS Y APLICACIONES" .» trabajo de fin de máster, Barcelona, 2017.
- [11] Raffino, María Estela. *Concepto.de*. 19 de 11 de 2018. <https://concepto.de/estado-plasmatico/#ixzz6JDSlbn5m> (último acceso: 05 de 04 de 2020).

- [12] Lerner, Eric. Plasma. 6 de 6 de 2007. <https://www.plasma-universe.com/plasma/> (último acceso: 8 de 4 de 2020).
- [13] Tanarro, Isabel. PLASMA , El Cuarto Estado de La Materia. <http://hdl.handle.net/10261/42203> (April 11, 2020).
- [14] «CORONA & PLASMA FOR NARROW WEB.» Vetaphone. 19 de 03 de 2019. <file:///C:/Users/1esoa/Downloads/vetaphone-narrow-web-brochure-gb.pdf> (último acceso: 11 de 04 de 2020).
- [15] «Baños maría con agitación Thermolab.» GFL Gesellschaft für Labortechnik mbH, 2008: 8.
- [16] Guerrero, Agustin García De Mateos. SlideShare. 1 de 11 de 2014. <https://es.slideshare.net/Agustin-97/funcionamiento-del-micro> (último acceso: 20 de 03 de 2020).
- [17] Portal de Contenidos Educativos de Química General y Laboratorio Químico. s.f. <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/balanza-analitica.html> (último acceso: 6 de 4 de 2020).
- [18] Padrón, Yuraima. Todo es química. s.f. <https://iquimicas.com/estufa-de-laboratorio/> (último acceso: 5 de 4 de 2020).
- [19] Grinstein, Jorge. Sorción dinámica de vapor y agua • Surface Measurement Systems • DVS Advantage. s.f. <https://www.jenck.com/productos/producto/dvs-advantage> (último acceso: 13 de 4 de 2020).
- [20] Mariano. Tecnología de los Plásticos. 02 de 05 de 2012. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/05/tratamiento-corona.html> (último acceso: 22 de 04 de 2020).
- [21] Chatterjee, Arobindo. «Studies on Wicking Behaviour of Polyester Fabric.» Cinético, Jalandhar, 2014.
- [22] Ramkumar, Seshadri. «Studies on Wicking Behaviour of Polyester Fabric.» Técnico, Jalandhar, 2014.
- [23] x. M. Martí, C. Barba, AM Manich, L. Rubio, C. Alonso, L. Coderch. The influence of hair lipids in ethnic hair properties. *Int. J Cosm. Sci* 2016, 38.

Annex A

En aquest apartat es troben les taules realitzades amb el programa Microsoft Excel® per les mostres PET caracteritzades pel test d'humitat i pel test de capil·laritat vertical per cadascun dels tractaments efectuats.

A1. Taules test d'humitat i test de capil·laritat vertical

Taula 19. Humitat dels teixits sense tractar

Nomenclatura mostra	PF	% Humitat	Desviació
A1	1	0,281520209	0,000252592
A2	2	0,340954673	0,059687056
A3	3	0,221327968	-0,059939649
COA1	4	4,915992533	-0,006693268
COA2	5	4,966887417	0,044201616
COA3	6	4,885177453	-0,037508348

Taula 20. Capil·laritat dels teixits sense tractar

Nomenclatura mostra	Capil·laritat vertical	Desviació
PO1	2	0,266666667
PO2	1	-0,733333333
PO3	2,2	0,466666667
COB1	3,5	-0,333333333
COB2	3,5	3,5
COB3	4,5	4,5

A.1.1 Tractament de microones

Taula 21. Humitat mostres tractades amb glicerol 50% spf

			Abans d'esbandir		Després d'esbandir	
	Nomenclatura mostra	PF	%Humitat	Desviació	%Humitat	Desviació
GLI +H2O 2'300W	PET 3 A1	1	3,52439969	-0,264995258	1,225490196	-0,096733116
GLI +H2O 2'300W	PET 3 A2	2	3,389177739	-0,129773307	1,199242584	-0,070485503

GLI +H2O 2`300W	PET 3 A3	3	2,864635868	0,394768564	0,961538462	0,167218619
GLI +H2O 5'450W	PET 4 B1	4	4,975035663	0,391901082	1,462450593	-0,603347097
GLI +H2O 5'450W	PET 4 B2	5	5,131044666	0,23589208	0,172877449	0,686226047
GLI +H2O 5'450W	PET 4 B3	6	5,994729908	-0,627793162	0,941982445	-0,082878949
NaOH 1 2`300W (pretractat) + GLI 1 2'300W	PET 5 C1	7	4,975922953	-0,401043	0,325097529	0,242615137
NaOH 1 2`300W (pretractat) + GLI 1 2'300W	PET 5 C2	8	5,051975052	-0,477095099	0,42527339	0,142439276
NaOH 1 2`300W (pretractat) + GLI 1 2'300W	PET 5 C3	9	3,696741855	0,878138099	0,952767079	-0,385054413
NaOH 2 5`450W (pretractat) + GLI 2 5'450W	PET 6 D1	10	5,708282262	0,627101993	1,210705183	-0,057058658
NaOH 2 5`450W (pretractat) + GLI 2 5'450W	PET 6 D2	11	5,991657186	0,343727069	0,903433046	0,250213479
NaOH 2 5`450W (pretractat) + GLI 2 5'450W	PET 6 D3	12	7,306213317	-0,970829062	1,346801347	-0,193154822

Taula 22. Capil·laritat vertical mostres tractades amb glicerol 50% spf

	Nomenclatura mostra	Abans d'esbandir		Després d'esbandir	
		Capil·laritat (cm)	Desviació	Capil·laritat (cm)	Desviació
GLI +H2O 2`300W	PET 3 M1	3	1,33333333	2,5	-2,5
GLI +H2O 2`300W	PET 3 M2	3,6	0,73333333	4,5	-4,5
GLI +H2O 2`300W	PET 3 M3	3,5	0,83333333	6	-6
GLI +H2O 5'450W	PET 4 N1	3,5	-3,5	4	-4
GLI +H2O 5'450W	PET 4 N2	3	-3	4	-4
GLI +H2O 5'450W	PET 4 N3	4	-4	4	-4
NaOH 1 2`300W (pretractat) + GLI 1 2'300W	PET 5 O1	3	1	3,5	-3,5
NaOH 1 2`300W (pretractat) + GLI 1 2'300W	PET 5 O2	3	1	4	-4
NaOH 1 2`300W (pretractat) + GLI 1 2'300W	PET 5 O3	3,2	0,8	4,5	-4,5
NaOH 2 5`450W (pretractat) + GLI 2 5'450W	PET 6 P1	4	-4	2	-2
NaOH 2 5`450W (pretractat) + GLI 2 5'450W	PET 6 P2	4	-4	1,7	-1,7
NaOH 2 5`450W (pretractat) + GLI 2 5'450W	PET 6 P3	4	-4	1,7	-1,7

Taula 23. Humitat mostres tractades amb glicerol 100% spf

	Nomenclatura mostra	PF	Abans d'esbandir		Després d'esbandir	
			%Humitat	Desviació	%Humitat	Desviació
GLI +H2O 2'300W	PET 7 A1	1	7,877041306	0,57277832	2,38315595	0,044737632
GLI +H2O 2'300W	PET 7 A2	2	8,291276136	0,15854349	2,55720054	-0,12930696
GLI +H2O 2'300W	PET 7 A3	3	9,181141439	- 0,73132181	2,34332425	0,084569328
NaOH + GLI 1 2'300W	PET 8 B1	4	6,735479356	0,55347406	0,51535766	0,859083583
NaOH + GLI 1 2'300W	PET 8 B2	5	7,598253275	- 0,30929986	0,88088855	0,493552693
NaOH + GLI 1 2'300W	PET 8 B3	6	7,533127609	-0,2441742	2,72707752	- 1,352636276
GLI +H2O 5'450W	PET 9 C1	7	9,904556096	0,44995061	4,53291289	- 0,857345184
GLI +H2O 5'450W	PET 9 C2	8	9,88372093	0,47078577	3,5515454	0,124022303
GLI +H2O 5'450W	PET 9 C3	9	11,27524308	- 0,92073638	2,94224482	0,733322881
NaOH + GLI 2 5'450W	PET 10 D1	10	9,756956675	- 0,46785057	2,48554913	- 0,519915389
NaOH + GLI 2 5'450W	PET 10 D2	11	9,25224327	0,03686283	1,81642512	0,149208624
NaOH + GLI 2 5'450W	PET 10 D3	12	8,858118361	0,43098774	1,59492698	0,370706765

Taula 24. Capil·laritat mostres tractades amb glicerol 100% spf

	Nomenclatura mostra	Abans d'esbandir		Després d'esbandir	
		Capil·laritat (cm)	Desviació	Capil·laritat (cm)	Desviació
GLI +H2O 2'300W	PET 7 M1	3	0,43333333	3,1	0,16666667
GLI +H2O 2'300W	PET 7 M2	3,5	-0,06666667	3,2	0,06666667
GLI +H2O 2'300W	PET 7 M3	3,8	-0,36666667	3,5	-0,23333333
NaOH + GLI 1 2'300W	PET 8 N1	4,5	-0,33333333	3	-0,16666667
NaOH + GLI 1 2'300W	PET 8 N2	4	0,16666667	2,5	0,33333333
NaOH + GLI 1 2'300W	PET 8 N3	4	0,16666667	3	-0,16666667
GLI +H2O 5'450W	PET 9 O1	3,2	0,13333333	3,3	0,03333333
GLI +H2O 5'450W	PET 9 O2	3,3	0,03333333	3,4	-0,06666667
GLI +H2O 5'450W	PET 9 O3	3,5	-0,16666667	3,3	0,03333333
NaOH + GLI 2 5'450W	PET 10 P1	3,9	0,03333333	3,5	-0,5
NaOH + GLI 2 5'450W	PET 10 P2	4	-0,06666667	3	0
NaOH + GLI 2 5'450W	PET 10 P3	3,9	0,03333333	2,5	0,5

A.1.2 Tractament de bany termoestàtic de va-i-ve

Taula 25. Humitat dels teixits de PET tractats amb 100% spf de glicerol

	Nomenclatura mostra	PF	Abans d'esbandir		Després d'esbandir	
			% Humitat	Desviació	% Humitat	Desviació
GLI +H2O	PET 1 A1	1	5,95391705	0,21828424	2,16531335	-0,639415281
GLI +H2O	PET 1 A2	2	6,56868082	-0,39647953	1,26684094	0,259057123
GLI +H2O	PET 1 A3	3	5,99400599	0,17819529	1,14553991	0,380358158
NaOH + GLI	PET 2 B1	4	6,0927673	0,13380667	2,80763325	-0,035921791
NaOH + GLI	PET 2 B2	5	6,20600222	0,02057174	2,72424018	0,047471284
NaOH + GLI	PET 2 B3	6	6,38095238	-0,15437841	2,78326096	-0,011549493

Taula 26. Capil·laritat dels teixits de PET tractats amb 100% spf de glicerol

	Nomenclatura mostra	Abans d'esbandir		Després d'esbandir	
		Capil·laritat (cm)	Desviació	Capil·laritat (cm)	Desviació
GLI +H2O	PET 1 C1	3,8	0,13333333	3,7	0
GLI +H2O	PET 1 C2	4	-0,06666667	3,8	-0,1
GLI +H2O	PET 1 C3	4	-0,06666667	3,6	0,1
NaOH + GLI	PET 2 D1	4,2	-0,03333333	2,4	-0,03333333
NaOH + GLI	PET 2 D2	4	0,16666667	2,5	-0,13333333
NaOH + GLI	PET 2 D3	4,3	-0,13333333	2,2	0,16666667

A.1.3 Pretractament corona amb plasma

Taula 27. Humitat dels teixits de PET pretractats amb plasma

	Nomenclatura mostra	PF	%Humitat	Desviació
PET NT	A12 Y1	1	0,4491018	-0,81986687
PET NT	A12 Y2	2	2,08883553	0,81986687
PET NT	B12 W1	3	1,67583792	-0,1369742
PET NT	B12 W2	4	1,94978632	0,1369742
PET NT	C12 Z1	5	2,14723926	0,20670304
PET NT	C12 Z2	6	1,73383318	-0,20670304
PET NT	NT2 X1	7	0,65075922	0,06082934
PET NT	NT2 X2	15	0,52910053	-0,06082934

Taula 28. Humitat dels teixits de PET pretractats amb plasma i tractats amb 100% spf de glicerol al bany termoestàtic de va-i-ve, abans i després de l'esbaldit'

			Abans d'esbandir		Després d'esbandir	
	Nomenclatura mostra	PF	%Humitat	Desviació	%Humitat	Desviació
GLI +H2O	A12 Y1	1	6,84769776	0,0431791	0,96018735	-0,033176228
GLI +H2O	A12 Y2	2	6,76133955	-0,0431791	1,02653981	0,033176228
GLI +H2O	B12 W1	3	7,37018425	-0,13663882	1,1184661	-0,318147646
GLI +H2O	B12 W2	4	7,6434619	0,13663882	1,7547614	0,318147646
GLI +H2O	C12 Z1	5	8,52071006	-0,3706938	1,40740741	0,101720701
GLI +H2O	C12 Z2	6	9,26209766	0,3706938	1,20396601	-0,101720701
GLI +H2O	NT2 X1	7	6,42201835	-0,11534579	1,48829065	0,199280964
GLI +H2O	NT2 X2	15	6,65270993	0,11534579	1,08972873	-0,199280964

Taula 29. Capil·laritat dels teixits de PET pretractats amb plasma

	Nomenclatura mostra	Capil·laritat (cm)	Desviació
PET NT	A111	4	-0,13333333
PET NT	A112	4,1	-0,23333333
PET NT	A113	3,5	0,36666667
PET NT	B111	3,7	0,3
PET NT	B112	4,1	-0,1
PET NT	B113	4,2	-0,2
PET NT	C111	4	-0,03333333
PET NT	C112	3,7	0,26666667
PET NT	C113	4,2	-0,23333333
PET NT	NT111	2,5	0,33333333
PET NT	NT112	3,5	-0,66666667
PET NT	NT113	2,5	0,33333333

Taula 30. Capil·laritat dels teixits de PET pretractats amb plasma i tractats amb 100% spf de glicerol al bany termoestàtic de va-i-ve, abans i després de l'esbaldit

	Nomenclatura mostra	Abans d'esbandir		Després d'esbandir	
		Capil·laritat (cm)	Desviació	Capil·laritat (cm)	Desviació
GLI +H2O	A111	3,4	0,4	3	0,333333333
GLI +H2O	A112	3,5	0,3	3	0,333333333
GLI +H2O	A113	4,5	-0,7	4	-0,666666667
GLI +H2O	B111	4	0	3	0,033333333
GLI +H2O	B112	4	0	3	0,033333333
GLI +H2O	B113	4	0	3,1	-0,066666667
GLI +H2O	C111	4,3	0,033333333	2,9	-0,566666667
GLI +H2O	C112	4,5	-0,166666667	2,1	0,233333333
GLI +H2O	C113	4,2	0,133333333	2	0,333333333
GLI +H2O	NT111	3,3	-0,1	1	-0,033333333
GLI +H2O	NT112	3,1	0,1	1,3	-0,333333333
GLI +H2O	NT113	3,2	0	0,6	0,366666667