

**PROJECTE FI DE GRAU
GRAU EN ENGINYERIA QUÍMICA**



ESTUDI I OPTIMITZACIÓ DE LES CONDICIONS DE PROCÉS THERMOSOL

POL TOSCA ROPERO

Tutors: Josep Maria Canal Arias i Marta Riba Moliner

Convocatòria: Juny 2018

Universitat Politècnica de Catalunya(UPC)

Escola ESEIAAT

AGRAÏMENTS

Vull agrair a totes les persones que han fet possible la realització d'aquest projecte amb la seva ajuda i col·laboració. A Josep M^a Canal Arias, com a tutor del projecte, pels seus consells i la seva guia. A Marta Riba Moliner per totes les correccions, revisions i consells.

Agrair a tots ells per l'ajuda que m'han donat durant la duració del projecte. Per últim, però no menys important, agrair a tota la meva família i amics per tots els ànims i ajuda que m'han donat des del principi.

ÍNDEX GENERAL

RESUM.....	10
CAPÍTOL 1: OBJECTIUS.....	12
CAPÍTOL 2: INTRODUCCIÓ.....	14
2.1 Fons històric	14
2.2 Situació actual del mercat de les fibres de polièster	14
2.3 Fibres de polièster.....	17
2.3.1 Obtenció del polímer i processat	18
2.4 Propietats de les fibres de polièster.....	19
2.5 Teoria de la tintura del polièster.....	20
2.5.1 Mecanisme de tintura	20
2.5.2 Influència dels tractaments de termofixat per la tintura dels teixits de polièster	20
2.5.3 Influència del pH	21
2.6 Colorants dispersos.....	21
2.6.1 Classificació segons el número del Colour-Index.....	22
2.6.2 Solideses a la sublimació	22
2.6.3 Termomigració	23
2.7 Tecnologia de tintura per les fibres de polièster	23
2.7.1 Generalitats.....	23
2.7.2 Procés de tintura de polièster a 100°C sense transportador.....	24
2.7.3 Procés de tintura de polièster amb l'ús de transportadors	24
2.7.4 Procés de tintura de polièster a alta temperatura.....	25
2.8 Procés de tintura de polièster pel procediment thermosol.....	25
2.8.1 Preparació del teixit	25
2.8.2 Bany d'impregnació.....	26
2.8.3 Assecat	26
2.8.4 Procediment de thermosolat	27
2.8.5 Tractaments posteriors a la tintura del polièster	29
2.9 Maquinària pel procés de thermosolat.....	29
2.10 Introducció a la colorimetria	31
CAPÍTOL 3: PROCEDIMENT EXPERIMENTAL.....	34
3.1 Introducció	34
3.2 Assajos sobre el procés de thermosol del polièster.....	34
3.3 Disseny experimental.....	37

3.4 Preparació de les mostres	39
3.5 Impregnació i tintura.....	39
3.6 Assecat	41
3.7 Thermosolat	42
3.8 Tractaments d'eliminació de colorant no fixat	42
3.8.1 Tractament amb bany reductor	42
3.8.2 Tractament amb bany dispersant	44
3.9 Eliminació de les fibres de cotó.....	44
3.10 Caracterització de les mostres	46
3.10.1 Mesures colorimètriques	46
3.10.2 Solideses al fregament	46
3.11 Càlcul de les energies d'activació del tipus Arrhenius	48
CAPÍTOL 4: RESULTATS I TRACTAMENT DE DADES	50
4.1 Impregnació de les mostres	50
4.1.1 Càlcul del percentatge de colorant sobre pes de fibra	50
4.2 Caracterització de les mostres thermosolades	50
4.2.1 Intensitat de color (K/Scorr).....	50
4.2.2 Diferència de color (DE)	52
4.3 Caracterització de les mostres pels tractaments post-thermosolat	53
4.3.1 Tractament de bany amb agent reductor	53
4.3.2 Tractament de bany amb agent dispersant	57
4.4 Caracterització de les mostres després de l'eliminació del cotó	60
4.4.1 Intensitat de color (K/Scorr).....	60
4.4.2 Diferència de color (DE)	61
4.5 Determinació del nivell de solideses de les mostres pels diferents tractaments	63
4.5.1 Solideses al fregament de les mostres thermosolades a 170°C	63
4.5.2 Solideses al fregament de les mostres thermosolades a 180°C	64
4.6 Comparació dels resultats obtinguts amb el bany amb agent reductor i amb el bany amb agent dispersant.....	65
4.6.1 Intensitat de color (K/Scorr).....	65
4.6.2 Diferència de color (DE)	65
4.6.3 Solideses al fregament	66
4.7 Comparativa de les mostres amb bany reductor abans i després de l'eliminació del cotó	67
4.8 Modelització a través d'una equació del tipus d'Arrhenius.....	69
CAPÍTOL 5: COST ECONÒMIC	72

5.1 Preus comercials	72
5.1.1 Productes necessaris pel tractament de teixits amb bany reductor	72
5.1.2 Productes necessaris pel tractament de teixits amb bany dispersant.....	72
5.2 Càlcul del consum d'aigua i de productes.....	72
5.2.1 Tractament amb bany reductor	72
5.2.2 Tractament amb bany dispersant	73
5.3 Conclusions.....	73
CAPÍTOL 6: CONCLUSIONS	75
CAPÍTOL 7: FUTURES MILLORES	78
7.1 Preassecat amb infrarojos.....	78
7.2 Duplicar la concentració de colorant al bany de foulardat	78
7.2.1 Percentatge de colorant sobre pes de fibra.....	78
7.2.3 Caracterització de les mostres	79
BIBLIOGRAFIA.....	83
ANNEXES	86
ANNEXES 1. Impregnació	86
ANNEXES 2. Caracterització de les mostres thermosolades	87
ANNEXES 3. Caracterització de les mostres del tractament post-thermosolat	88
3.1 Tractament amb bany reductor	88
3.2 Tractament amb bany dispersant	90
ANNEXES 4. Tractament de l'eliminació del cotó	92
4.1 Caracterització de l'eliminació del cotó	93
ANNEXES 5. Solideses dels diferents tractaments	94
5.1 Solideses en sec.....	94
5.2 Solideses en humit	95
5.3 Imatges de les solideses	96
ANNEXES 6. Comparació del bany reductor i del bany dispersant	98
ANNEXES 7. Comparativa abans i després de l'eliminació de coto.....	100
ANNEXES 8. Modelització través d'una l'equació del tipus d'Arrhenius.....	102
ANNEXES 9. Reproductibilitat dels tractaments	103
ANNEXES 10. Realització de mesures amb el programa Data Color Tools	108
ANNEXES 11. Mostrari dels teixits thermosolats	114
ANNEXES 12. Mostrari dels teixits després del tractament de bany dispersant	115
ANNEXES 13. Mostrari dels teixits amb tractament de bany reductor.....	116
ANNEXES 14. Mostrari dels teixits després de l'eliminació del cotó	117

ÍNDIX DE FIGURES

Fig. 1: Evolució anual de les fibres de cotó respecte la resta de fibres al llarg dels anys.[6].....	16
Fig. 2: Demanda total de fibres amb la seva previsió (milions de tones). [6]	17
Fig. 3: Estructura química del tereftalat de polietilenglicol.	17
Fig. 4: Colorants dispersos del tipus azo.	22
Fig. 5: Fórmula química del colorant dispers Dianix Scarlet SE-3G empleat en l'estudi.[12]	22
Fig. 6: Diagrama de tintura amb transportador (carrier). [10].....	24
Fig. 7: Diagrama de tintura a alta temperatura.[10].....	25
Fig. 8 Etapes de difusió d'un colorant dispers a la fibra de polièster.[11].....	28
Fig. 9: Exemple de maquinària per realitzar la tintura per thermosolat.[13]	29
Fig. 10: Teixit blanc de calada de composició polièster/cotó 50/50 utilitzat per aquest estudi.	39
Fig. 11: Aspecte del bany de tintura de 5g/l de colorant.	40
Fig. 12: Unitat de foulardat utilitzada en l'operació d'impregnació.	40
Fig. 13: Col·locació de les mostres en el marc d'agulles per l'operació d'assecat.	41
Fig. 14: Rame utilitzada per assecat els teixits.....	42
Fig. 15: Rame utilitzada per realitzar el procés thermosol.	42
Fig. 16: Màquina Polymat.....	43
Fig. 17: Tubs metàl·lics de la màquina Polymat.	43
Fig. 18: Evolució del procés del tractament de bany dispersant i reductor.....	44
Fig. 19: Agitador orbital utilitzat en l'eliminació del cotó.	45
Fig. 20: Crockmeter utilitzar per mesurar les solideses.	47
Fig. 21: Escala de grisos de tacat estàndard.....	48
Fig. 22: Factor K/Scorr respecte als temps de tractament thermosol de les mostres per a cada una de les temperatures de procés.	51
Fig. 23: Factor K/Scorr respecte a la temperatura de tractament thermosol de les mostres per a cada un dels temps de procés.....	52
Fig. 24: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temps per diferents temperatures de tractament.	52
Fig. 25: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temperatures per diferents temps de tractament.	53
Fig. 26: Alíquotes dels banys residuals dels teixits rentats amb agent reductor de les diferents mostres.....	54
Fig. 27: Factor K/Scorr respecte al temps de tractament thermosol de les mostres per a cada un de les temperatures de procés després del bany amb agent reductor.	55
Fig. 28: Factor K/Scorr respecte a la temperatura de tractament thermosol de les mostres per a cada un dels temps de procés després del bany amb agent reductor.	55
Fig. 29: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temps per diferents temperatures de tractament després del bany amb agent reductor.	56
Fig. 30: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temperatures per diferents temps de tractament després del bany amb agent reductor.....	56
Fig. 31: Alíquotes dels banys residuals dels teixits rentats amb agent dispersant de les diferents mostres.....	57

Fig. 32: Factor K/Scorr respecte al temps de tractament thermosol de les mostres per a cada una de les temperatures de procés després del bany amb agent dispersant.	58
Fig. 33: Factor K/Scorr respecte a la temperatura de tractament thermosol de les mostres per a cada un dels temps de procés després del bany amb agent dispersant.....	58
Fig. 34: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temps per diferents temperatures de tractament després del bany amb agent dispersant.	59
Fig. 35: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temperatures per diferents temps de tractament després del bany amb agent dispersant.....	59
Fig. 36: Factor K/Scorr respecte al temps de tractament thermosol de les mostres de polièster per a cada una de les temperatures de procés després del bany amb agent reductor.	61
Fig. 37: Factor K/Scorr respecte a la temperatura de tractament thermosol de les mostres de polièster per a cada un dels temps de procés després del bany amb agent reductor.	61
Fig. 38: DE dels diferents teixits després del procés thermosol de les mostres de polièster a diferents temps per diferents temperatures de tractament després del bany amb agent reductor.....	62
Fig. 39: DE dels diferents teixits després del procés thermosol de les mostres de polièster a diferents temperatures per diferents temps de tractament després del bany amb agent reductor.....	62
Fig. 40: Valors obtinguts de solideses al fregament en sec de les mostres thermosolades a 170°C.	63
Fig. 41: Valors obtinguts de solideses al fregament en humit de les mostres thermosolades a 170°C.....	64
Fig. 42: Valors obtinguts de solideses al fregament en sec de les mostres thermosolades a 180°C.	64
Fig. 43: Valors obtinguts de solideses al fregament en humit de les mostres thermosolades a 180°C.....	65
Fig. 44: Comparativa de les solideses al fregament en sec dels tractaments amb bany dispersant i reductor.....	66
Fig. 45: Comparativa de les solideses al fregament en humit dels tractaments amb bany dispersant i reductor.....	67
Fig. 46: Increment percentual dels valors de K/Scorr de les mostres a diferents temps abans i després de l'eliminació del cotó.....	68
Fig. 47: Increment percentual dels valors de DE de les mostres a diferents temps abans i després de l'eliminació del cotó.	68
Fig. 48: Correlació entre els valors de K/Scorr obtinguts en mostres després i abans de l'eliminació del cotó.....	69
Fig. 49: Gràfic d'Arrhenius de les mostres amb tractament de bany reductor que presenten una tendència lineal i s'han creat les línies de tendència.....	70
Fig. 50: Gràfic d'Arrhenius de les mostres amb tractament de bany dispersant que presenten una tendència lineal.....	70
Fig. 51: Representació dels costos dels tractament post-thermosol.....	73
Fig. 52: Evolució dels valors de K/Scorr i de DE de les mostres thermosolades a 180°C segons la concentració de colorant.	79
Fig. 53: Evolució dels valors K/Scorr i de DE de les mostres del tractament amb bany reductor segons la concentració de colorant.	80
Fig. 54: Evolució dels valors K/Scorr i de DE de les mostres del tractament amb bany dispersant segons la concentració de colorant.	81
Fig. 55: Evolució del K/Scorr i DE de l'eliminació de color enfront el doble de colorant.....	81

Fig. 56: Resultat de les solidesses en sec de les mostres thermosolades a 170°C. T = thermosolat, D= tractament amb bany dispersant, R= tractament amb bany reductor.....	96
Fig. 57: Resultat de les solidesses en humit de les mostres thermosolades a 170°C. T = thermosolat, D= tractament amb bany dispersant, R= tractament amb bany reductor.....	96
Fig. 58: Resultat de les solidesses en sec de les mostres thermosolades a 180°C. T = thermosolat, D= tractament amb bany dispersant, R= tractament amb bany reductor.....	97
Fig. 59: Resultat de les solidesses en humit de les mostres thermosolades a 180°C. T = thermosolat, D= tractament amb bany dispersant, R= tractament amb bany reductor.....	97
Fig. 60: Gràfictipus d'Arrhenius per les mostres amb tractament de bany reductor	102
Fig. 61: Gràfic tipus Arrhenius per les mostres amb tractament de bany dispersant	102
Fig. 62: Evolució dels valors de K/Scorr en funció del temps de thermosolat per a les mostres original i duplicada tractades a 170 i 180°C.....	104
Fig. 63: Evolució dels valors de K/Scorr en funció del temps de thermosolat per a les mostres original i duplicada tractades a 170 i 180°C després del bany amb reductor.	105
Fig. 64: Evolució dels valors de K/Scorr en funció del temps de thermosolat per a les mostres original i duplicada tractades a 170 i 180°C després del bany amb dispersant.....	106
Fig. 65: Pantalla d'inici d'introducció de l'usuari i la contrasenya.	108
Fig. 66: Barra d'eines.....	108
Fig. 67: Pantalla de calibratge.	109
Fig. 68: Calibratge i negre estàndard.	109
Fig. 69: Calibratge del blanc i placa blanca.	109
Fig. 70: Calibratge placa de diagnòstic verda i placa verda.....	110
Fig. 71: Resultats del test de diagnòstic.....	110
Fig. 72: Barra d'eines per creació d'un estàndard.	111
Fig. 73: Pantalla de mesura.	111
Fig. 74: Pantalla de mesura després de realitzar les 4 mesures.	112
Fig. 75: Exemple de resultats de paquets respecte un estàndard blanc.....	112
Fig. 76: Formulari d'impressió de la reflectància dels paquets.....	113

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1: Comerç total de mercaderies i manufactures del sector tèxtil per regions de l'any 2013. [5]	15
Taula 2: Diferents tipus de fibres de polièster.[4].....	18
Taula 3: Propietats del colorant dispers Dianix Scarlet SE-3G.[12].....	23
Taula 4: Valors de α segons el tipus de màquina.[11]	28
Taula 5: Longitud d'ona corresponents a cada color.	31
Taula 6: Condicions de temps i temperatura del procés thermosol per a cada mostra.....	36
Taula 7: Preus pel tractament de teixits amb bany reductor	72
Taula 8: Preus pel tractament de teixits amb bany dispersant.....	72
Taula 9: Temps i temperatura de thermosol amb pes inicial, final i percentatge d'impregnació calculat de les mostres.....	86
Taula 10: Factor K/Scorr i DE respecte el temps de tractament thermosol de les mostres per a cada una de les temperatures de procés.....	87
Taula 11: Pesos de les mostres tallades i preparades pel rentat amb bany reductor.	88
Taula 12: Factor K/Scorr i DE respecte el temps de tractament thermosol de les mostres per a cada un de les temperatures de procés després del bany amb agent reductor.	89
Taula 13: Pesos de les mostres tallades i preparades pel rentat amb agent dispersant.	90
Taula 14: Factor K/Scorr i DE respecte al temps de tractament thermosol de les mostres per a cada una de les temperatures de procés després del bany amb agent dispersant.....	91
Taula 15: Mostres de l'eliminació de cotó del tractament amb bany reductor	92
Taula 16: Factor K/Scorr i DE respecte el temps de tractament thermosol de les mostres de polièster per a cada una de les temperatures de procés després del bany amb agent reductor.	93
Taula 17: Solideses al sec dels diferents tractaments a temperatura de thermosol de 170°C ..	94
Taula 18: Solideses en sec dels diferents tractaments a temperatura de thermosol de 180°C. 94	
Taula 19: Solideses al humit dels diferents tractaments a temperatura de thermosol de 170°C	95
Taula 20: Valors obtinguts de solideses al fregament en humit de les mostres thermosolades a 180°C.....	95
Taula 21: Comparació dels resultats obtinguts amb el bany amb agent reductor i amb el bany amb agent dispersant per la intensitat de color (K/Scorr).....	98
Taula 22: Diferències de color entre el tractament amb bany dispersant i reductor.....	99
Taula 23: % d'increment de K/Scorr del tractament amb bany reductor abans i després de l'eliminació del cotó	100
Taula 24: % d'increment de DE del tractament amb bany reductor a l'eliminació del cotó	101
Taula 25: Diferència entre mostres només thermosolades original i duplicada a 170 i 180°C	103
Taula 26: Diferència entre mostres amb tractament de bany reductor original i duplicada a 170 i 180°C.....	105
Taula 27: Diferència entre mostres amb tractament de bany dispersant original i duplicada a 170 i 180°C.....	106

RESUM

Les fibres de polièster són unes de les fibres més utilitzades a escala mundial pel que fa a la producció de materials tèxtils. Degut a la naturalesa hidròfoba d'aquestes fibres i amb l'objectiu d'aconseguir una bona afinitat colorant-fibra, fa que el procés de tintura s'hagi d'efectuar a través de l'ús de colorants dispersos insolubles en aigua. La determinació de les condicions òptimes d'aquest procés (temps i temperatura) són elements clau per a l'obtenció d'una tintura uniforme dins dels estàndards buscats. Concretament, en aquest projecte s'ha perseguit l'optimització del procés de tintura per un teixit polièster/cotó, ja que estudis previs realitzats en el mateix grup de recerca en teixits polièster 100%, demostraven una deficient uniformitat de color després d'un procés de foulardat.

Existeixen dos processos principals per dur a terme una tintura en teixits de polièster a la contínua, l'anomenat 'Pad-Steam' (foulardat-vaporitzat) i el thermosol (tractament amb temperatura). Algunes de les investigacions han demostrat que en el procés thermosol, la inversió econòmica és inferior degut l'estalvi econòmic pel fet de no haver de fer ús d'un equip de vaporització continu a alta temperatura.[1] A més a més, pel que fa a l'ecologia del procés, resulta més favorable en emissions perquè no es consumeix vapor d'aigua. En addició, hi ha un efecte complementari als teixits quan el procés de tintura es realitza a través de tractament thermosol, i és que en ser un tractament bàsicament tèrmic, les fibres queden termofixades, resultant-ne teixits amb elevada estabilitat dimensional i amb bones solideses (elevada fixació del colorant a les fibres), degut a la dilatació d'aquestes.[2]

Aquest projecte es centra en l'optimització del procés de tintura continu de teixits de polièster/cotó per tractament thermosol. És per aquest motiu que s'han estudiat diverses condicions de procés tals i com temps i temperatura (des de 170 a 210°C) basades en les condicions teòriques trobades a les referències.[3] Consecutivament, els resultats de les condicions experimentades s'han correlacionat amb les característiques dels teixits tenyits resultants. La caracterització dels teixits tenyits per tractament thermosol s'ha efectuat per avaluació de l'evolució de les intensitats i diferències de color d'aquests als diferents temps i temperatures.

Per altra banda, aquest procés de tintura del polièster per tractament thermosol, exigeix un tractament reductor posterior, per tal d'eliminar el colorant no fixat a les fibres. En la recerca de la millora i optimització global del procés, s'ha estudiat la necessitat d'aquest post-tractament reductor, explorant la possibilitat d'alternatives més econòmiques i mediambientalment més eficients.

Aquest estudi ha estat realitzat al Laboratori d'Ecoenobliment Tèxtil de l'Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT).

CAPÍTOL 1: OBJECTIUS

CAPÍTOL 1: OBJECTIUS

L'objectiu principal d'aquest projecte és l'optimització de les condicions del procés de tintura per tractament thermosol per un teixit de polièster/cotó (50/50) mitjançant l'ús d'un colorant dispers. El colorant estudiat és el Dianix Scarlet SE-3G i se n'estudiarà el comportament sobre el teixit en les diferents condicions de procés. La recerca i plantejament d'alternatives al post-tractament de tintura reductor, també serà una fita a perseguir.

A continuació, s'especifiquen els objectius per aquest estudi de manera més esquemàtica:

- Optimització de les condicions del procés de tintura per tractament thermosol (temps i temperatura) per un teixit de polièster/cotó (50/50) pel colorant dispers Dianix Scarlet SE-3G.
- Estudi de l'evolució del colorant dispers Dianix Scarlet SE-3G a la fibra de polièster del teixit avaluat.
- Respecte a les característiques dels teixits tenyits resultants, obtenció d'elevades intensitats de color i elevades solideses al fregament en humit i sec.
- Avaluació de l'efecte del post-tractament thermosol mitjançant bany reductor i la influència en la intensitat de color a partir de dades colorimètriques i solideses al fregament en humit i sec.
- Proposta i estudi d'un post-tractament thermosol alternatiu al bany reductor, determinant-ne la idoneïtat per comparativa de les intensitats de color i solideses al fregament en sec i humit dels teixits resultants respecte als resultats obtinguts a través del bany reductor.

CAPÍTOL 2: INTRODUCCIÓ

CAPÍTOL 2: INTRODUCCIÓ

2.1 Fons històric

La primera fibra comercial de polièster va ser desenvolupada pels britànics Dickson i Whinfield mentre treballaven a l'associació d'impressores de CalicoPrinter's de Lancashire, a Anglaterra el 1941. L'any 1940 van iniciar l'estudi dels èsters dels àcids ftàlics que els va conduir a la preparació del tereftalat de polietilenglicol. El 1941, combinant etilenglicol (EG) i dimetil tereftalat i a través de diverses fases de reacció, van aconseguir sintetitzar una matèria plàstica, el tereftalat de polietilenglicol (PET o PES). Posteriorment, a finals del segle XX, es va descobrir que el tereftalat de polietilenglicol podia filar-se i adquirir propietats tèxtils. D'aquesta manera va ser com va convertir-se en la primera fibra sintètica de polièster i que més tard ha servit de base per la producció d'altres fibres com ara el niló o el perló. El tereftalat de polietilenglicol es va patentar inicialment amb el nom de Terylene, però les especificacions de la patent no es van publicar a causa de la guerra i, conseqüentment, no es va emprendre cap programa d'investigació d'aquest nou producte.[4] L'etapa immediatament posterior va consistir en un ampli treball d'exploració sobre les possibilitats del polímer en el camp de les fibres, fils, plàstics i altres usos, així com en investigacions sobre intermedis, catalitzadors, processos de polimerització i tots els aspectes relacionats amb la producció i transformació dels productes finals.

Pel que fa al camp de la tintura, es van realitzar esforços per ampliar les possibilitats de tintura del PES, ja que aquesta fibra és hidrofòbica i no és apta per ser tenyida amb tots els colorants disponibles del moment. Més tard, va resultar la comercialització de polièsters aptes per ser tenyits amb colorants catiónics i quedant sense resoldre el problema, sempre difícil, de procedir a una modificació química que no ocasioni una major sensibilitat del polímer a l'esgrogueïment i que permeti tenyir les fibres corresponents amb colorants aniònics.

L'inconvenient per tenyir les fibres de PES es va solucionar incorporant transportadors al bany de tintura quan es realitzava a pressió atmosfèrica, o bé tenyint a temperatures de l'orde de 130°C. Així doncs, no va ser necessari procedir a una modificació química del polímer, encara que més tard s'hagi aplicat per obtenir polièsters NC (no carrier) o CF (carrierfree) tintables a 100°C sense transportador.[4]

2.2 Situació actual del mercat de les fibres de polièster

La indústria tèxtil constitueix una important font d'ingressos i treball per a molts països. Aquesta indústria, l'any 2001, va representar el 2,5% del comerç mundial de mercaderies i el 3,3% del comerç mundial de manufactures.

La regió en la qual té una major rellevància és Àsia, en la que les seves exportacions tèxtils representen el 3,2% de les exportacions totals de mercaderies i el 4,0% de les exportacions totals de manufactures de la regió l'any 2013 (Taula 1). [5]

Taula 1: Comerç total de mercaderies i manufactures del sector tèxtil per regions de l'any 2013. [5]

	Exportacions (mil milions d'euros)	Importacions (mil milions d'euros)
Part en el comerç total de mercaderies		
Mundial	1,7	1,7
Amèrica del Nord	0,8	1,3
Amèrica del Sud i Central	0,5	2,3
Europa	1,3	1,4
Comunitat de Estats Independents (CEI)	0,6	2,4
Àfrica	0,6	3,4
Orient Mitjà	0,5	2,2
Àsia	3,2	1,8
Austràlia, Japó i Nova Zelanda	0,7	1,3
Altres països d'Àsia	3,7	1,9
Part en el comerç total de manufactures		
Mundial	2,6	2,6
Amèrica del Nord	1,1	1,8
Amèrica del Sud i Central	2,1	3,4
Europa	1,8	2,2
Comunitat de Estats Independents (CEI)	2,6	3,2
Àfrica	3,0	5,5
Orient Mitjà	2,5	3,2
Àsia	4,0	3,0
Austràlia, Japó i Nova Zelanda	1,1	2,2
Altres països d'Àsia	4,5	3,2

Nota: Les parts percentuals corresponents a les importacions s'han obtingut de la matriu de la Secretaria pel comerç mundial de mercaderies per productes y regions.

A començaments del segle XX, el cotó era la fibra que tenia una quota dominant en el mercat tèxtil (Fig. 1). Ja al segle XXI, ha perdut aquesta posició de domini, disminuint i situant-se al nivell d'altres fibres existents, inclús arribant-se a situar per sota de la del polièster. Això indica que les fibres sintètiques estan prenent més força en el mercat a causa de la seva relativa facilitat de fabricació i la seva versatilitat per a tot tipus de teixits. Cal dir que les fibres que competeixen directament amb el cotó són les fibres naturals i les fibres sintètiques, essent el polièster la més important. Si en fixem en l'evolució del consum mundial total de fibres tèxtils (on s'inclouen el

cotó, les fibres sintètiques i la llana), van experimentar un creixement molt significatiu, passant de 9,6 milions de tones l'any 1950 a 56 milions de tones l'any 2004.

Com a resultat del comportament del consum decreixent de cotó, el gruix del creixement del mercat tèxtil ha sigut capturat per les fibres sintètiques, en particular per les fibres no cel·lulòsiques com el polièster que en 1995 van arribar a tenir el 45% del mercat mundial de tèxtils i que segueix en augment en l'actualitat.

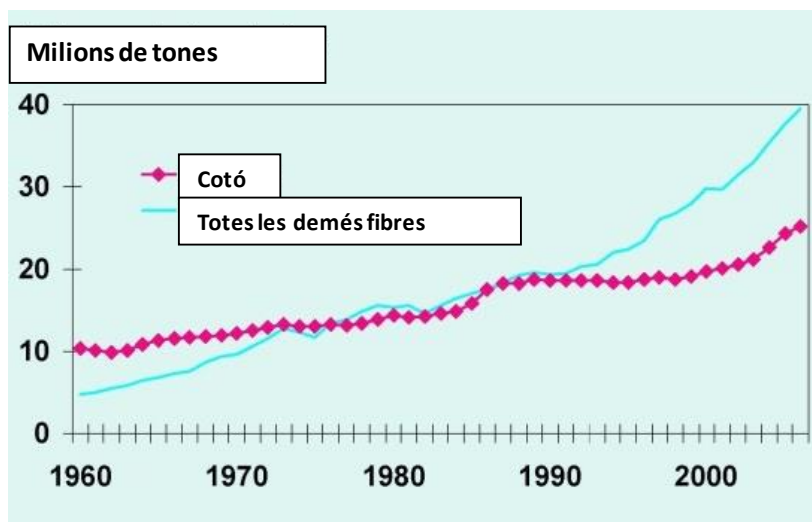


Fig. 1: Evolució anual de les fibres de cotó respecte la resta de fibres al llarg dels anys.[6]

A mesura que ha entrat al mercat una nova capacitat de producció, la producció de polièster ha augmentat considerablement, en particular a Àsia, i els preus del polièster han tendit més a la baixa a un ritme similar que el preu del cotó. Una gran part del creixement del polièster s'ha originat a la Xina i a l'Índia, així com en altres països al sud-est d'Àsia. En el cas de la Xina, tant la producció de polièster com l'aparent demanda d'aquesta fibra ha estat molt forta. Xina representa el 69% de totes les produccions de fibres de polièster del món, i si li afegim la corresponent a l'Índia i Àsia, aquestes tres regions representen el 86% de la producció global.[6]

Ja l'any 1980, la demanda de polièster en el món va ser de 5,2 milions de tones, i cap a l'any 2000, aquesta xifra ja havia arribat a 19,2 milions de tones (Fig. 2). Des d'un punt de vista més general, entre el període comprès entre 1980 a 2014, la demanda total de creixement de les fibres de polièster va ser de 55,7 milions de tones.[6]

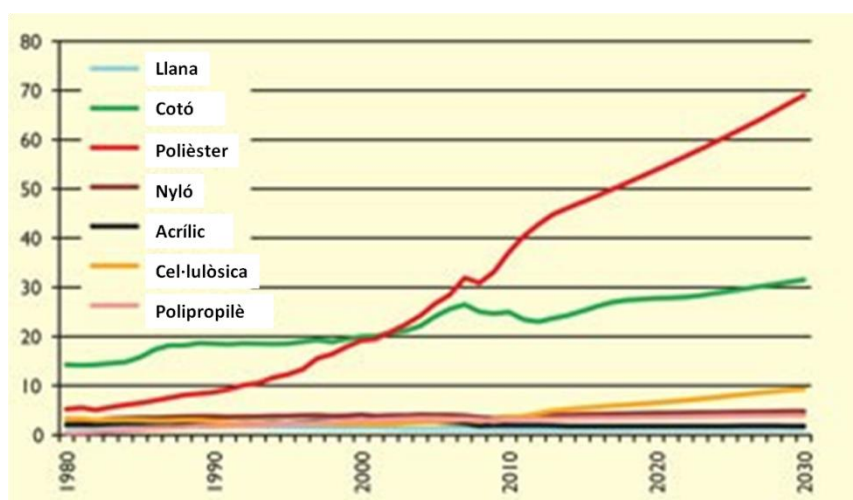


Fig. 2: Demanda total de fibres amb la seva previsió (milions de tones). [6]

Observant la tendència creixent d'aquest mercat queda clar que el polièster ha experimentat un protagonisme significatiu en comparació amb la resta de fibres, ja siguin les manufacturades com les naturals, motiu pel qual és un camp d'estudi d'interès.

2.3 Fibres de polièster

Les entitats Associació Espanyola de Normalització (UNE) i l'Organització Internacional d'Estandardització (ISO) defineixen al polièster com una fibra formada a partir d'un polímer de macromolècules sintètiques lineals que tenen en la cadena almenys el 85% (en massa) d'un èster d'un diol i de l'àcid tereftàlic.[7]

Per altra banda, la Comissió Federal del Comerç d'Estats Units d'Amèrica (FTC) les defineix com "fibres químiques de la qual la substància formadora és un polímer sintètic de cadena llarga que conté un mínim d'un 85% en pes d'un èster d'un diol i de l'àcid tereftàlic".[7]

El polímer de polièster en forma de fibra més comuna és el tereftalat de polietilenglicol (PET o PES) (Fig. 3), el qual es sintetitza generalment a partir d'una reacció de policondensació (reacció de polímers en cadena) entre l'àcid tereftàlic i l'etilenglicol.[8]

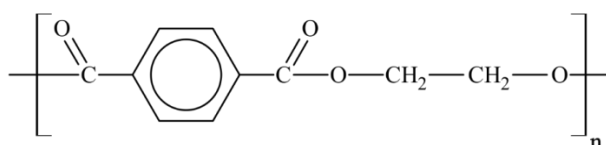


Fig. 3: Estructura química del tereftalat de polietilenglicol.

Dins de les fibres tèxtils de polièster, el PES és la principal encara que no l'única. L'any 1973, es va produir la crisi del petroli i es va iniciar una nova etapa que va conduir a elaborar processos de fabricació més econòmics i van sorgir un nombre significatiu de nous productes (Taula 2), capaços de satisfer la demanda i exigències de determinats sectors del mercat.[4]

Una d'aquestes és la preparada a partir del poli(1,4-cicloexadimetilentereftalat), la qual va ser introduïda comercialment per Eastman el 1958 sota la denominació de polièster Kodell II. Una altra fibra comercialitzada és la preparada per part de Unitika-Mitsubihí a partir de poli(etilenoxibenzoat) sota la denominació A-Tell. La A-Tell data del 1964, es va comercialitzar el 1967 i se'n va parar la seva producció fa uns anys. Les fibres de poli(butilentereftalat), per la seva part, es van comercialitzar l'any 1974 i s'utilitzen àmpliament per la fabricació de catifes,

així com possibiliten processos de tintura a baixa temperatura sense la necessitat d'afegir additius.

Taula 2: Diferents tipus de fibres de polièster.[4]

Polímer	Nom	Observacions
$\text{HO} \left[\text{OC} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{COO} \cdot (\text{CH}_2)_2 \cdot \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli(etilen tereftalat) (PET)	Producció comercial
$\text{HO} \left[\text{OC} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{COO} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli(1,4-cicloexilendimetilen tereftalat) (PCHDT)	Producció comercial
$\text{HO} \left[\text{OC} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{O} \cdot (\text{CH}_2)_2 \cdot \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli(etilen-p-oxibenzoat)	Poli (èster-èter) Producció interrompuda
$\text{HO} \left[\text{OC} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{COO} \cdot (\text{CH}_2)_4 \cdot \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli(butilen tereftalat) (PBT)	Producció comercial
$\text{HO} \left[\text{OC} \cdot \text{C}(\text{CH}_3)_2 \text{CH}_2 \cdot \text{O} \right]_n \text{H}$	Poli(pivalolactona)	Desenvolupament interromput abans de la producció comercial

2.3.1 Obtenció del polímer i processat

La matèria primera per l'obtenció del PES és l'etilenglicol, el qual es produeix per oxidació catalítica de l'etilè i que al seu temps és obtingut a partir del cracking del petroli.

El PES comercial s'obté a partir del dimetil tereftalat (DMT) o de l'àcid tereftàlic mitjançant un procés en el qual es distingeixen dues etapes. En la primera es forma el monòmer com a resultat de la transesterificació (intercanvi d'un grup alcoxi d'un alcohol) del DMT amb un glicol per esterificació de l'àcid tereftàlic amb glicol. El resultat de la reacció consisteix en una mescla de bis-hidroxiètilentereftalat (BHET) i oligòmers els quals la mida no és superior al del pentàmer (cinc monòmers). La segona etapa consisteix en la polimerització de l'anterior monòmer fins que s'arriba al pes molecular desitjat. En aquesta reacció s'obtenen etilenglicol i aigua com productes secundaris. La reacció d'esterificació de l'àcid tereftàlic es produeix a gran velocitat quan la temperatura és suficientment alta (~275 °C), sense que sigui necessari afegir un catalitzador, únicament requereix l'eliminació de l'aigua com a producte secundari. La policondensació del monòmer correspon a una reacció d'equilibri que s'ha de conduir a un polímer d'alt pes molecular (10000-30000 unitats repetitives) quan l'ús final d'aquest és fibres amb propietats tèxtils que és on es prestarà especial interès.

Perquè un polièster tingui propietats de fibra tèxtil, ha de posseir unes determinades característiques, i és per això que es requereixen unes operacions de processat addicionals. Totes les fibres de polièster d'importància comercial es preparen per al procediment de filatura per fusió, el qual implica la preparació d'un fos, una extrusió del fos a través d'uns forats situats a la filera, l'extensió dels dolls de polímer que surten a través dels forats i la recollida dels filaments solidificats en una bobina o un mecanisme de recollida.[2] En el cas concret del PES,

es formen dolls de polímer 4-5 vegades més grans respecte la mida final esperada, però a 70 °C en comptes de temperatura ambient. Això millora l'orientació de cadena del polímer i promou la seva cristal·lització.

2.4 Propietats de les fibres de polièster

Les fibres de polièster tenen caràcter hidrofòbic i només absorbeixen una quantitat molt petita d'aigua, per tant, no hi ha canvis significatius respecte a les seves propietats de tracció quan es mullen. La recuperació de la humitat de la fibra de polièster és aproximadament del 0,4%, amb un 65% d'humitat relativa i a 20 °C.[2] En general doncs, els materials de polièster s'assequen ràpidament per la seva molt baixa absorció.

Les propietats de tracció de les fibres de polièster varien amb la temperatura; a 180 °C, es conserva aproximadament la meitat de la tenacitat que té a temperatura ambient i la seva extensibilitat augmenta. En el cas dels fils de mitja tenacitat, la seva mida es redueix aproximadament en un 6% en aigua bullent però només un 3% en aire calent per a una mateixa temperatura; es troben diferències similars a majors temperatures.[9] Tot i això, les fibres de polièster adopten una forma permanent quan es modelen a altes temperatures. Per altra banda, presenten elevats mòduls d'elasticitat inicial, alta resistència a les deformacions i bona recuperació, escassa evolució sota les petites tensions a l'ús i una alta resistència a l'abradió.[9] El polièster pot estar exposat a la llum solar durant 600 hores i la tenacitat de la fibra es manté encara al voltant del 60-70% de la seva força original.

Les fibres de polièster presenten una notable resistència química a la majoria de substàncies químiques més freqüents en condicions normals d'exposició, i només unes poques tenen poc o cap efecte en la seva força. La seva resistència als agents oxidants i reductors és excel·lent i, en conseqüència, es poden utilitzar tractaments de blanqueig amb clorat sòdic, hipoclorit sòdic o peròxid d'hidrogen. Els àcids fòrmics concentrats, àcids acètics i oxàlics produeixen pèrdues de força del 15%, 6% i 8%, respectivament, després d'un tractament de 80 °C durant 72 hores, però resisteixen solucions diluïdes d'àcids minerals fins a 100 °C.[4] Per altra banda, es poden tractar amb alcalins diluïts a temperatures de fins a 100°C i poden suportar les condicions fortament alcalines utilitzades en la tintura i processos de mercerització. No obstant això, les solucions d'àlcals càustics ataquen i hidrolitzen el polímer, però a temperatures per sota del punt d'ebullició, tal atac es limita a la superfície de la fibra. Aquesta característica particular s'ha utilitzat en la producció de polièster en forma de seda.[8]

Sent un èster, el PES és susceptible a la hidròlisi però en condicions normals el seu ús no es veu limitat com a teixit, excepte quan es dissol lentament en medi alcalí a alta temperatura. El polímer és raonablement estable a dissolucions d'àcids diluïts i també a temperatures de 130°C a pH 4,5-6. No obstant això, en un bany àcid de pH inferior a 4 o en un bany alcalí, es produirà un atac molt ràpid. Per sobre de pH 8, una temperatura elevada pot induir a una greu degradació de les fibres de polièster si el tractament es prolonga.[2] Així doncs, aquest polímer presenta una excel·lent resistència als àcids inorgànics corrosius a concentracions diluïdes (H_2SO_4 , HCl, HNO_3 i H_3PO_4), així com als àcids orgànics en condicions més energètiques. L'acció concreta depèn de la concentració de l'àcid i de la temperatura i temps d'actuació. Per tant, aquests àcids difícilment modifiquen la resistència del polièster quan actuen a temperatura ambient i quan la seva concentració no passa del 30%.[2]

La densitat de les fibres de polièster oscil·la entre 1,38 i 1,42 g/cm³ i presenta un punt de fusió entre 252-256°C. El polièster que forma la fibra té una temperatura de transició vítria (quan el

polímer és refredat per sota d'aquesta temperatura, es torna rígid i trencadís) (T_g) en sec entre 80-90°C i una temperatura màxima de fixació de 230°C.

2.5 Teoria de la tintura del polièster

Aquesta fibra és hidrofòbica i presenta una estructura molt compacta i altament cristal·lina; a més els anells benzènics dels grups tereftalats imparteixen rigidesa en les formes amorfes resultant un punt de transició vítria elevat de l'ordre de 80°C. Aquest fet fa que sigui necessari tenyir les fibres de polièster a temperatures elevades, o bé fer ús d'additius, anomenats transportadors o *carriers* (en anglès) per reduir el citat punt de transició.[2]

2.5.1 Mecanisme de tintura

El procés de tintura de fibres hidrofòbiques, com és el cas de les de polièster amb colorants dispersos, pot ser considerat com un procés de transferència de colorant des d'un dissolvent líquid (aigua) a un dissolvent orgànic sòlid (fibra). Per dur a terme aquest fenomen, els colorants s'apliquen a la fibra a través d'un medi aquós, anomenat bany de tintura, el qual se li afegeixen altres elements per assegurar una bona impregnació amb el teixit i una adequada penetració de les molècules de colorant a la fibra.

A causa del seu caràcter hidròfob, els colorants dispersos, juntament amb un agent actiu, es troben en dispersió en medi aquós. És precisament la condició d'hidrofobicitat d'aquests en el medi, que facilita la deposició de colorant sobre les fibres orgàniques. L'aplicació d'energia en forma de calor al bany de tintura, augmenta l'energia cinètica de les molècules de colorant i la tintura de les fibres tèxtils en resulta accelerada. La temperatura influeix fins a cert punt en la fibra i ajuda al colorant a penetrar al sistema del polímer per l'acceleració de les molècules i per inflar l'estructura del polièster. Les molècules de colorant arriben a les regions amorfes de la fibra i s'hi uneixen mitjançant enllaços d'hidrogen i forces de Van Der Waals.

Un procés de tintura, de manera general es pot dividir en les següents etapes:

- 1) Difusió del colorant en fase sòlida a l'aigua separant-se en molècules individuals. Aquesta difusió depèn de la capacitat de dispersió i de la solubilitat intrínseques del colorant i aquestes poden afavorir-se amb la presència d'agents dispersants i amb l'augment de la temperatura.
- 2) Adsorció del colorant dispers a la superfície de la fibra. La capacitat d'adsorció d'aquest, per paràmetres fisicoquímics entre matèria tèxtil i bany.
- 3) Difusió del colorant adsorbit des de la superfície de la fibra cap a l'interior de la fibra. En condicions normals, la taxa d'adsorció sempre és superior a la de difusió. Aquesta és l'etapa que governa el procés de tintura.

D'acord amb l'estudi realitzat per J. Cegarra,[1] l'evolució de les isoterms d'adsorció de colorants dispersos indiquen una tendència lineal respecte a la concentració de colorant en el bany de tintura. Sobrepasat el límit de saturació, l'adsorció experimenta un increment per efecte de la temperatura i, al mateix temps, les afinitats disminueixen indicant que el procés és exotèrmic.

2.5.2 Influència dels tractaments de termofixat per la tintura dels teixits de polièster

Els tractaments tèrmics per fixar les dimensions de la fibra de polièster és realitzant utilitzant calor sec, bé per contacte amb aire calent o bé per calor radiant. En general, quan es tracta de filament continu es sotmet a una temperatura de 175-190°C durant 20-30 segons, i en el cas de

teixits de fibra tallada a 200-230°C durant 5-30 segons. Aquests tractaments modifiquen la microestructura dels substrats, influenciant-ne els valors de saturació de colorant a l'hora de realitzar la tintura.[11]

Generalment, el colorant absorbit decreix a mesura que augmenta la temperatura de termofixat, passant per un mínim cap als 180°C que, a temperatures més elevades torna a créixer. La forma de les corbes d'absorció varia segons el colorant i, fins i tot n'hi ha que són independents de les temperatures de termofixat.

2.5.3 Influència del pH

Per a la tintura dispersa, el bany de colorant ha de ser àcid i el pH ha d'estar entre 4,5-5,5. Per mantenir aquest pH, generalment s'utilitza àcid acètic. Durant el desenvolupament del color, s'ha de mantenir el pH dins del rang establert o la velocitat de tintura decaurà i el color resultant serà inestable.[9]

2.6 Colorants dispersos

Els colorants dispersos s'utilitzen generalment per tenyir fibres químiques de polímer sintètic. Aquests, són compostos orgànics no iònics, pràcticament insolubles en aigua i que s'apliquen en forma de dispersió aquosa. És per aquest motiu que adopten el nom de colorants dispersos.

El seu origen es remunta l'any 1920, com a conseqüència de la recerca de nous colorants per a tenyir fibres d'acetat de cel·lulosa (les quals no es podien tenyir amb els colorants solubles en aigua disponibles fins aleshores).[1]

Algunes de les propietats més rellevants dels colorants dispersos són:

- No iònics i per tant estan lliures del grup ionitzant
- Solubles a l'aigua o tenen molt poca solubilitat en aquesta
- Colorants orgànics que són adequats per a la tintura de fibres hidrofòbiques
- Carriers o agents dispersants són necessàries per a la tintura
- Bona solidesa a la llum

Les molècules dels colorants dispersos responen a les següents estructures: (i) colorants amb grups azo, principalment monoazoderivats i alguns diazos, (ii) colorants nitro-difenil-amina, i, (iii) colorants antraquinònics comprenent derivats de la 1-aminoantraquinona, i 1,4 diaminoantraquinona.[11]

En el nostre cas d'estudi, es tracta d'un colorant dispers del primer tipus (i). Dins d'aquests, els colorants dispersos inclouen una gama molt amplia d'estructures que es divideixen principalment en tres (Fig. 4). Les substàncies tipus I són quasi insolubles en aigua i no són absorbides en gran proporció per la fibra, ja que tenen grups amino permeten una copulació posterior similar a la dels colorants diazotables. Els del tipus II són lleugerament més solubles que els anteriors, pel fet que tenen el grup dietanolamina, i per tant, s'obtenen resultats de tintura millors. Finalment els del grup III, són els que presenten millors solideses a la sublimació, generalment són colors grisos, marrons i blau marí, a causa de l'efecte batocròmic del segon grup azo.[11]

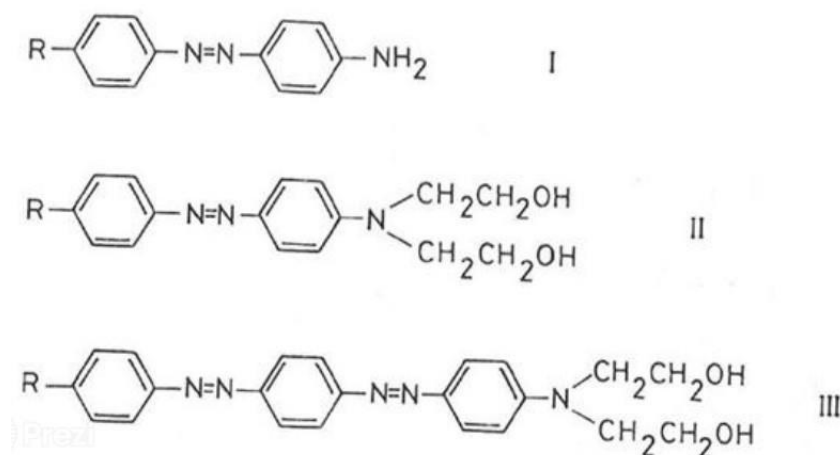


Fig. 4: Colorants dispersos del tipus azo.

2.6.1 Classificació segons el número del Colour-Index

Per facilitar la classificació, a la indústria tèxtil, de la gran quantitat de colorants dispersos existents actualment, s'utilitza amb freqüència la referència del Colour-Index (C.I). Els colorants de diferents fabricants registrats sota el mateix número en el Colour-Index contenen, generalment, els mateixos components químics fonamentals dels colorants. No obstant això, el número de referència del Colour-Index per si mateix no és suficient per definir les propietats tintòries d'un colorant dispers. Altres factors, com ara els components secundaris de preparació, concentració de coloro la forma de preparació industrial del producte, no estan registrats en el número de Colour-Index, si bé poden exercir una important influència en el comportament tintori. La selecció dels dispersants i una preparació molt cuidada juguen un paper determinat en l'estabilitat dels colorants durant la tintura.[3]

El colorant dispers utilitzat en aquest estudi s'anomena Dianix Scarlet SE-3G. La nomenclatura, segons el Color-Index és Disperse Red 54, C.I. 11131 i la seva estructura molecular és mono-azoica, corresponent al del grup del tipus II dins dels colorants d'aquesta tipologia. La seva fórmula molecular és $C_{19}H_{18}ClN_5O_4$ i la fórmula química està representada a la Fig. 5.[12]

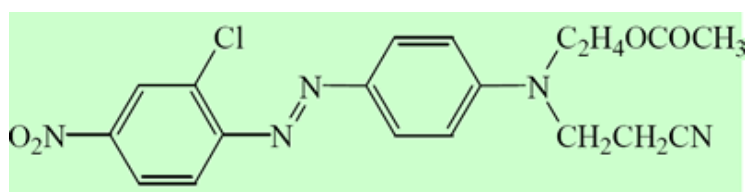


Fig. 5: Fórmula química del colorant dispers Dianix Scarlet SE-3G empleat en l'estudi.[12]

2.6.2 Solideses a la sublimació

Segons J. Cegarra,[1] s'entén per solideses d'una tintura d'un teixit la resistència que té aquest a perdre o variar el seu color després d'haver sigut sotmès a una acció d'un agent extern. El concepte de solideses s'utilitza àmpliament com a metodologia de caracterització de materials tenyits, on aquests se'ls assigna una classificació numèrica d'acord amb el resultat del seu color després de l'acció de l'agent extern. Concretament, la solidesa a la sublimació és la resistència d'un colorant a ser eliminat del teixit en fase vapor mitjançant temperatura. Aquesta és també una característica específica dels colorants dispersos, i com s'ha comentat, es valora el comportament del colorant en passar de l'estat sòlid a l'estat de gas (fase gasosa).

La sublimació es pot produir durant la fixació del colorant (thermosolat, vaporitzat) o durant el tractament tèrmic del gènere tenyit. La solidesa a la sublimació depèn de dos factors principals que són la mida i polaritat de la molècula. A més, també depèn de les forces d'unió entre el colorant i el suport.[2]

Pel que fa al colorant dispers de l'estudi (Dianix Scarlet SE-3G), algunes de les propietats de les solideses que presenta es troben a la Taula 3.[12]

Taula 3: Propietats del colorant dispers Dianix Scarlet SE-3G.[12]

Estàndar*	Solideses al planxat		Solideses a la llum	Solideses al rentat	
	Degradació	Tacat		Degradació	Tacat
AATCC			6	5	5
ISO	4-5	4-5	6	4-5	4-5

*AATCC: Associació Americana de Químics Tèxtils i Coloristes

ISO: Organització Internacional de Normalització

2.6.3 Termomigració

El fenomen de termomigració s'associa al moviment del colorant des de dins fins a fora de la fibra en teixits tenyits quan estan sotmesos a temperatura. La termomigració, per tant, pot donar-se durant l'assecat, el fixat o qualsevol altre procés tèrmic. Aquesta migració del colorant pot resultar en un canvi de matís, taques d'aigua, disminució del nivell de solideses, etc. en els teixits tenyits.

2.7 Tecnologia de tintura per les fibres de polièster

2.7.1 Generalitats

La fibra de polièster, dins de les fibres sintètiques que es tenyeixen amb colorants dispersos, és la d'estructura més compacta i cristal·lina, gràcies al seu punt de transició vítria de 80-90°C. Per això és necessari utilitzar temperatures elevades durant la tintura, podent arribar fins 140°C perquè la velocitat de tintura sigui apreciable o bé, emprar additius transportadors que facilitin arribar a la temperatura d'ebullició.[1]

Donat que aquestes fibres tenen unes propietats tèxtils apreciades i que poden barrejar-se amb altres fibres, tant sintètiques com naturals, s'ha desenvolupat extraordinàriament la tecnologia de tintura, existint mètodes per tots els casos. Aquests abasten des dels tradicionals per esgotament fins mètodes continus com el procediment thermosol.

Els mètodes d'aplicació depenen de la forma en la qual es trobi la matèria. Així, el filament continu es tenyeix per esgotament en autoclau d'alta temperatura o amb la utilització de transportadors (carriers) a temperatures moderades de 100°C, o per mètodes a la contínua per impregnació i fixat del color per calor sec. Els filats i teixits de fibra tallada i els texturats, generalment, es tenyeixen per esgotament. Finalment, les mescles amb fibres cel·lulòsiques s'acostuma a dur a terme per mètodes d'esgotament (igual que les mescles amb llana) i pel procediment thermosol.

En tots els processos es segueixen de manera general els mateixos passos, essent aquests els següents: (i) preparació de la matèria, (ii) tintura, (iii) esbandit, (iv) aclarit reductor si es necessita i (v) ensabonat.[11]

La matèria a tenyir conté generalment petites quantitats de preparacions hidrosolubles fàcilment eliminables per un simple rentat, del que pot prescindir-se quan els articles estan en

forma de pentinat, floca, filats prims i texturats. Els gèneres de punt s'han de rentar prèviament, sobretot si requereixen una operació de prefixat, ja que solen portar incorporats olis emulsionables per millorar-ne la capacitat de lliscament entre maquinària.

A continuació, es procedirà a explicar de forma resumida els diferents procediments disponibles per a la tintura de les fibres de polièster, centrant especial importància en la tintura a la contínua per thermosol, que és la que ens pertany en aquest estudi.

2.7.2 Procés de tintura de polièster a 100°C sense transportador

El procés de tintura de polièster a 100°C sense transportadors, actualment es fa servir mot poc, només quan les intensitats de color requerides han de ser molt pàl·lides, i els colorants es difonen amb molta rapidesa, ja que com s'ha comentat anteriorment, són processos lents i poc controlables a causa de la naturalesa de les fibres de polièster. Les solidesa a la sublimació són molt deficientes pel fet que el colorant penetra molt poc per la baixa temperatura del procés i l'absència d'additius. El procés de tintura consisteix a dispersar el colorant amb un agent anió actiu a una concentració de 0,5-1 g/l i ajustar el pH a 5,5 amb àcid acètic. El procés s'inicia a 60°C i s'eleva la temperatura a 100°C en 30-40 minuts. Després, es manté 60-90 minuts per facilitar la difusió del colorant i finalment es renta.

Normalment, els colorants s'esgoten abans d'arribar als 100°C, però convé arribar fins a aquesta temperatura de totes maneres, per obtenir una penetració adequada. Si no es procedís d'aquesta manera, els tractaments posteriors podrien donar lloc a tintures desiguals. Com que els colorants no resulten en valors d'esgotament elevats, la relació del bany té una elevada influència, podent esdevenir diferències en l'esgotament de fins a un 20% quan la relació del bany canvia d'1/2 a 1/20.[10]

2.7.3 Procés de tintura de polièster amb l'ús de transportadors

Quan es tenyeix amb màquines en les quals no es poden arribar a temperatures superiors als 100°C és necessari afegir un transportador. El procés de tintura que es duu a terme consisteix en les següents operacions: (i) preparació del colorant, l'agent dispersant en aigua, (ii) manteniment del bany a 60° C i s'afegeixen tots els productes químics (dispersant i carriers) juntament amb el material a tenyir, (iii) el bany es manté durant 15 minuts sense elevar la temperatura, (iv) el pH del bany es manté mitjançant àcid acètic a 4-5,5, (v) la temperatura del bany s'eleva fins als 90°C i es manté durant 60-120 minuts, (vi) la temperatura es redueix a 60°C i es realitza el rentat reductor si és necessari. El rentat reductor només es fa per millorar la solidesa. Finalment, el material s'esbandeix bé i es deixa assecar (Fig. 6).[10]

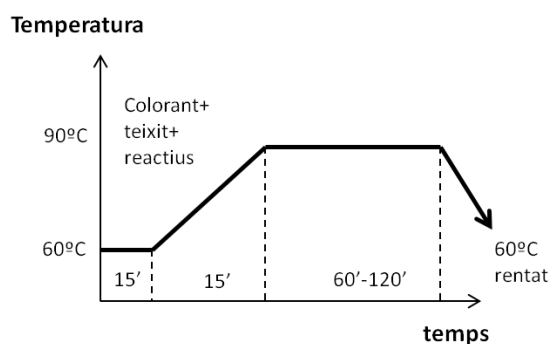


Fig. 6: Diagrama de tintura amb transportador (carrier). [10]

2.7.4 Procés de tintura de polièster a alta temperatura

Si el procés de tintura es duu a terme a elevades temperatures, es pot prescindir dels transportadors. La raó fonamental rau en el fet que la velocitat de tintura augmenta en gran extensió amb la temperatura.[1]

El procés de tintura es desenvolupa, primer preparant el bany de tintura, el qual contingui tots els elements excepte el colorant. Es prepara el bany de tintura, i es controla el pH a 4-5,5 mitjançant àcid acètic. Es treballa la matèria durant 5 minuts a 50-60°C i es manté durant 15 minuts, s'afegeix el colorant dispers, s'eleva la temperatura a 130°C en 30-45 minuts i es manté durant 1-2 hores, segons la intensitat de color perseguida. Durant aquest temps, el colorant es dissemina en el bany i queda adsorbat a la fibra. Finalment, es refreda i el gènere és aclarit en calent i es sotmet als tractaments posteriors corresponents a la neteja reductora (Fig. 7).[10]

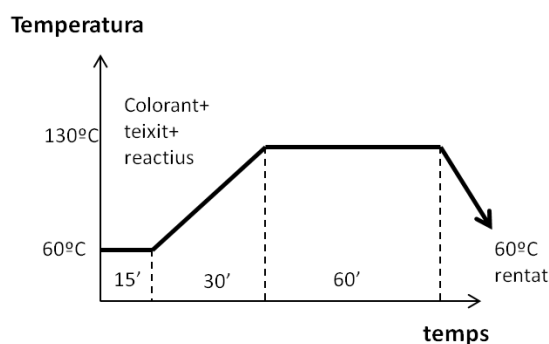


Fig. 7: Diagrama de tintura a alta temperatura.[10]

2.8 Procés de tintura de polièster pel procediment thermosol

El procediment thermosol és un dels mètodes més sofisticats dins dels sistemes de tintura a la contínua. Aquest procediment es basa a embolcallar una fibra de polièster amb una capa de colorant dispers (amb una mida de partícula molt petita) i sotmetre el sistema a altes temperatures (200°C), promovent la difusió del colorant a l'interior de la fibra a una velocitat molt superior que ho faria a 100-120°C.

Un dels problemes del thermosolat és la sublimació del colorant, és a dir, un mecanisme provocat per l'efecte de la temperatura. En l'introduir el colorant a la fibra de polièster per l'efecte de la temperatura, la fibra s'infla i el colorant pot accedir a l'interior. En estar dins, per efecte de la mateixa temperatura, la fibra torna a obrir-se novament provocant que el colorant marxi a la superfície.

El procés consta de diverses etapes, la d'impregnació mitjançant un foulard seguit d'un esbandit uniforme, assecat del teixit en dues etapes (preassecat, en el que queda un 30-40% d'aigua i assecat, en el que s'elimina totalment) i finalment, s'efectua el thermosolat a 200-220°C en el que es dona lloc l'absorció i la fixació del colorant.[9]

2.8.1 Preparació del teixit

Previ a l'etapa d'impregnació, el teixit a tenyir ha de ser uniformement hidròfil, ja que el colorant ha de penetrar uniformement a la fibra. Per assegurar-ho, les recomanacions de treball i manipulació per efectuar aquests tractaments són: treballar amb el teixit al llarg per evitar arrugues, utilitzar productes de bona capacitat de re-humectació, i que el contingut d'humitat del teixit sigui uniforme en el moment d'efectuar la impregnació.

2.8.2 Bany d'impregnació

L'operació d'impregnació es realitza habitualment en un foulard, aquest poden ser de dos o tres cilindres amb una unitat d'espremut que asseuri la uniformitat. És per això que els cilindres acostumen a tenir una forma esbombada és a dir, que posseeixin un cert coronament (0,025 – 0,075 cm de coronament). Pel que fa a la composició del bany d'impregnació, a part del colorant també s'hi afegeixen agents antimigratoris perquè el colorant no migri fora de la fibra durant la tintura, estabilitzadors del pH i acceleradors d'absorció per afavorir l'adsorció del colorant sobre la fibra (agent dispersant).[11]

Els colorants dispersos més freqüentment usats són les marques líquides o granulats els quals tenen una millor dispersabilitat en l'aigua que els ordinaris, donant millor penetració i tintures uniformes. Els colorants han de tenir solideses a la sublimació excel·lents, bon rendiment i estabilitat a altes temperatures. Els que no reuneixin aquestes condicions no són apropiats per la tintura thermosol, perquè la sublimació disminueix notablement el rendiment, a més embruta les màquines i taca el teixit. Tenint en compte la sublimació, s'han classificat els colorants com:

- a) Molt sòlids a la sublimació: fixen a 210°C en 45-75 segons.
- b) Moderadament sòlids a la sublimació: fixen a 210°C en 45-75 segons., per intensitats superiors a 1/3 IS*.
- c) Poc sòlids a la sublimació: per intensitats no superiors a 1/6 IS*.
- d) No aptes pel procés de tintura per procediment thermosol.

*IS = Intensitats Estàndards, és a dir, taules normalitzades d'intensitat de color.[11]

En els banys d'impregnació és necessari afegir un agent antimigratori (també anomenat espesant) per evitar que el colorant migri cap a zones més humides durant l'etapa d'evaporació de l'aigua (assecat) del teixit. Aquests agents han d'evitar la migració sense augmentar en excés la viscositat del bany de foulardat (bany d'impregnació). Entre els antimigratoris més aconsellats es troben l'alginat sòdic (2-4 g/l), la carboximetilcel·lulosa (4-8 g/l), els derivats de l'àcid poliacrílic o altres preparats com pot ser el Solidokoll N. Per altra banda, s'ha d'assegurar l'absència de sals càlciques, ja que alguns antimigratoris poden precipitar en la seva presència.

El valor de pH del bany d'impregnació ha de ser estable perquè, sobretot en les mescles, poden quedar residus alcalins, per exemple la cel·lulosa, que pot destruir el colorant. Per evitar-ho, s'afegeix una sal tampó al bany, per exemple el fosfat monosòdic, que regula el pH entre 6,5-7 a la concentració d'1 g/l.

Altres compostos com els acceleradors d'absorció (també anomenats dispersants) poden ser afegits al bany d'impregnació. Aquests actuen disgregant el colorant, facilitant-ne la difusió i resultant en un major rendiment. Sovint però, els acceleradors es troben incorporats en els colorants dispersos comercials. Tot i això, se'n limita el seu ús, ja que poden afectar a les propietats d'absorció dels colorants, augmentant-ne o disminuint-ne les quantitats de colorant fixat a la fibra.

2.8.3 Assecat

L'operació d'assecat es divideix en dos processos: preassecat i assecat. És tracta de l'etapa més important en el procés de tintura per procediment thermosol, ja que és quan pot donar-se el fenomen de migració del color, o bé del centre del teixit cap a les vores o d'una cara del teixit cap a l'altre depenent fonamentalment del sistema calefactor utilitzat. L'assecat pot realitzar-se per tres sistemes:

- a) Preassecat amb infrarojos i assecat amb cilindres
- b) Preassecat amb infrarojos i assecat amb HotFlue
- c) Preassecat i assecat amb HotFlue

El preassecat per infrarojos és dur a terme sense aire per evitar que els efectes de la capil·laritat facilitin la migració del colorant cap a l'exterior de la fibra. Consisteix en l'eliminació d'una gran part de la fase líquida corresponent al 80-60% de la humitat continguda a la zona de l'entrada de la màquina d'assecat, quedant només 20-40% d'humitat per extreure. La temperatura del preassecat és molt elevada, d'uns 350 a 400°C. A més d'això, l'evaporació de l'aigua en el preassecat ha de ser lenta i aconseguir-se amb la menor quantitat d'aire possible en contacte amb la matèria. Contràriament, el HotFlue asseca el teixit per corrent d'aire i es caracteritza per la seva baixa velocitat a la qual subministra l'aire a l'interior de la càmera.[11]

Pel que fa als assecadors de cilindres, es tracta de sistemes de cilindres disposats consecutius on cada cilindre està dotat per un sistema de calefacció independent termostatitzat, essent els tres primers cilindres els que eliminen la major quantitat d'aigua. La temperatura del primer cilindre és d'aproximadament uns 100°C, el segon d'uns 110°C i així successivament fins a arribar als 130°C, i amb aquesta disposició i configuració s'evita el fenomen de migració del colorant cap a l'exterior de la fibra.

La importància que l'ús d'un o d'un altre sistema pugui tenir en la consecució d'un procés de tintura amb resultat uniforme depèn de l'article que s'operi. Per exemple, els teixits de polièster 100% resulten millor tenyits quan es fan servir els sistemes d'assecat a) i b), així mateix, quan es tenyeixen teixits d'estructura oberta com batistes, teixits calats o tropicals, l'aparença de la tintura és millor amb els sistemes d'assecat a) i b) que amb c).

2.8.4 Procediment de thermosolat

Després de les etapes d'impregnació i d'assecat, els segueix l'etapa thermosol. El procediment thermosol inclou l'etapa de difusió del colorant que es troba adsorbat sobre la superfície de la fibra cap a l'interior d'aquesta. Se'n distingeixen 3 etapes fonamentals:

- 1) Període d'escalfament
- 2) Període d'absorció del colorant
- 3) Període de difusió del colorant

Aquestes 3 etapes s'esdevenen simultàniament, i en la majoria dels casos tenen una evolució similar al diagrama que es mostra a la Fig. 8.[11]

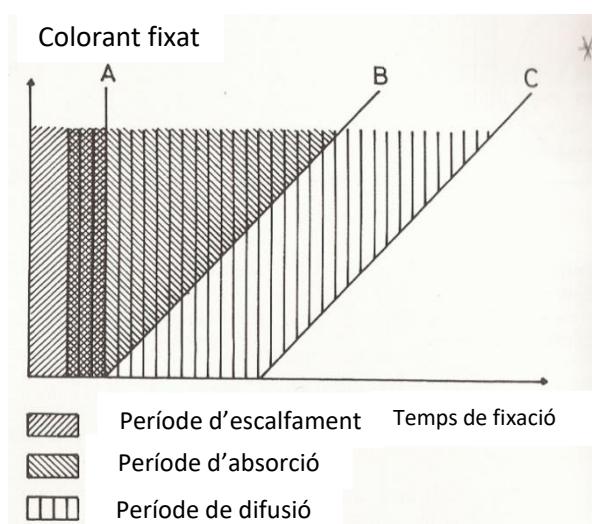


Fig. 8 Etapes de difusió d'un colorant dispers a la fibra de polièster.[11]

La primera etapa, la d'escalfament, pot efectuar-se de diverses maneres, ja sigui per contacte directe de la fibra amb un l'agent tèrmic (cilindre escalfat o xapa de ferro calent) o per vapor reescalfat. Una manera de valorar la rapidesa del tractament és amb l'anàlisi del coeficient de transferència de calor (α), un valor adimensional el qual ha sigut calculat per a teixits de polièster mitjançant l'Eq.1 i estan inclosos en la Taula 4.[11]

Eq. 1:
$$\alpha = \frac{q_0 \cdot C_p}{t} \cdot \ln \frac{T_E}{T_D}$$

on q_0 és el pes del teixit en kg/m^2 , C_p correspon la calor específica en $\text{Kcal/kg } ^\circ\text{C}$, t és el temps en h, T_E és la diferència (Temperatura Màxima – Temperatura Ambient) i T_D és la diferència (Temperatura Màxima – Temperatura Assolida)

Taula 4: Valors de α segons el tipus de màquina.[11]

Equip	α	Temps d'escalfament (s)
Hot-Flue	25-30	30-60
Rame	100-200	8-20
Cilindres perforats	250	3-5
Cilindres de fixació	250	3-5

Normalment, la transferència de calor és més energètica quan existeix contacte directe entre la matèria i la unitat calenta que quan l'escalfament s'efectua per aire.

Un altre aspecte important i que s'ha de tenir en compte en aquesta etapa és l'estructura del teixit. Experimentalment s'ha demostrat que a mesura que la densitat d'un teixit augmenta, el temps d'escalfament també augmenta.[11]

El procés de difusió del colorant, que s'inicia juntament amb l'etapa d'absorció, està molt influït per la temperatura, de manera que quan augmenta la temperatura, la velocitat de difusió

augmenta molt més ràpid que la velocitat d'absorció. Per tant, com menor sigui el temps que es trigui a arribar a la temperatura òptima de fixació del colorant, menor serà el temps destinat a la consecució de la tintura, pel fet que els dos efectes d'absorció i difusió es superposen.

Resulta difícil determinar el moment en què el procés de difusió conclou, ja que no es sap amb exactitud quan el colorant està uniformement distribuït a l'interior de la fibra. Sembla lògic pensar que com més elevada sigui la temperatura, el temps de fixat colorant-fibra serà menor.

A més a més, si es considera que la difusió i l'absorció comencen simultàniament, a menor temps d'absorció, també menor el de difusió. A la pràctica però, el què s'acostuma a fer és una vegada s'ha absorbit el colorant, es deixa la matèria a la temperatura a la qual es realitza el thermosolat el suficient per promoure la màxima fixació de colorant, sense prolongar-ho excessivament per evitar-ne la sublimació. El temps de fixat addicional determinat experimentalment oscil·la al voltant dels 15 segons, independentment de la concentració de colorant. Per tant, els temps totals òptims des que la matèria entra a la càmera de thermosolat fins que surt per l'altre extrem a una temperatura de 210°C, és d'uns 20 a 30 segons per intensitats de color molt dèbils i, de 50-60 segons per intensitats més elevades (aquests valors depenen dels marges d'eficàcia de l'equip).[11]

2.8.5 Tractaments posteriors a la tintura del polièster

Els tractaments posteriors a la tintura de polièster tenen per objectius l'eliminació del colorant adherit a la superfície de la fibra i l'eliminació del colorant que durant la tintura migra cap a l'exterior de la fibra i es dipositen a la seva superfície. El material es sotmet a un rentat reductor per destruir el colorant superficial no fixat. Per tonalitats mitjanes i intenses, s'utilitza hidrosulfit sòdic amb concentracions d'1-2 g/l, 4 ml/l d'hidròxid sòdic 36°Be i 1-3 g/l d'un detergent no iònic. En el cas de perseguir tonalitats més pàl·lides, es pot prescindir de l'hidrosulfit sòdic. No obstant això, el tractament alcalí és útil per les fibres en floca i pentinat, ja que no només es milloren les solideses al fregament, sinó que també se'n facilita la filatura i bobinat.[9]

Les tintures defectuoses com a conseqüència d'una mala igualació, poden corregir-se mitjançant una etapa d'ebullició o a alta temperatura, juntament amb l'addició d'agents dispersants i transportadors que confereixin propietats migratòries al colorant. Una altra opció seria la de desmuntar el colorant, és a dir, eliminar quasi la totalitat del colorant fixat a la fibra. Aquesta operació no és fàcil, però es pot dur a terme a través d'una etapa de reducció mitjançant sosa càustica i hidrosulfit sòdic, o bé a través d'una oxidació amb clorit sòdic. L'addició de transportadors i agents dispersants reforcen el desmuntat. Cal tenir en compte que les restes d'agent transportador també caldria eliminar-les mitjançant un rentat alcalí.

2.9 Maquinària pel procés de thermosolat

Per veure l'abast d'aquest procés de tintura, es detallarà un exemple de producció de tintura a la contínua pel procés de thermosolat pel cas de teixits estrets (Fig. 9).[13]

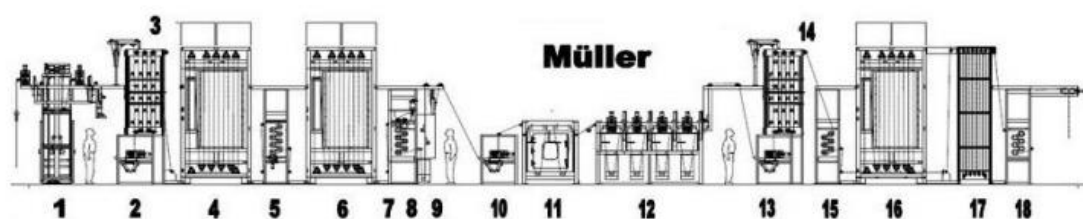


Fig. 9: Exemple de maquinària per realitzar la tintura per thermosolat.[13]

1- Acumulador: la seva funció és estirar el teixit que ve de les gàbies i si hi ha alguna avaria puntual en la maquinària, també acumularà la cinta per oferir temps als operaris de manteniment a arreglar-la sense haver de parar la producció.

2- Foulard de tintura: El teixit és impregnat a través del bany de tintura, recorrent uniformement entre els dos cilindres que conformen l'equip de foulardat. .

3-Preassecat: es realitza mitjançant infrarojos on s'elimina entre el 60% i el 70% de la humitat continguda al teixit.

4-Forn assecador: S'elimina la humitat restant (30-40%) al teixit per mitjà de temperatura d'entre 100 i 120°C. Aquest procés es realitza amb aire calent.

5-Unitat de fre: S'encarrega de regular la velocitat d'entrada de la cinta en el forn termofixador.

6-Forn termofixador: En aquest procés la fibra, sotmesa a temperatures de l'ordre de 200°C, dilata i el colorant difon al seu interior i es fixa dins d'ella. El factor temperatura és molt important, si és inferior a la temperatura requerida pel colorant utilitzat en el bany de tintura, aquest no penetrarà, ja que la fibra de polièster no dilatarà prou. Per altra banda, si la temperatura és massa elevada, la fibra dilatarà en excés i, una vegada el colorant hagi penetrat, a continuació sortirà d'ella (sublimació).

7-Unitat d'arrossegament: S'encarrega de regular la velocitat de sortida de la cinta del forn termofixador.

8-Calandra: Proporciona al teixit un tacte més suau i una millor lluentor mitjançant l'ús de pressió.

9-Refredament per aigua: El teixit surt del forn a temperatures molt elevades, al voltant de 180°C, pel que ha de ser refredat abans d'entrar a la següent unitat de foulardat amb bany reductor.

10-Foulard químic: Se li aplica fibra al teixit un tractament amb un bany reductor per eliminar tot el colorant sobrant i no fixat que s'ha quedat en la superfície de la cinta.

11-Vaporitzador: Augmenta l'eficàcia del bany reductor.

12-Rentat: Quatre tancs de rentat són utilitzats per netejar el teixit únicament amb aigua.

13-Foulard d'acabat: En aquesta operació de foulardat es dóna al teixit l'acabat desitjat com, per exemple, majors resultats de lliscament.

14-Infrarojos: Es realitza el preassecat a la cinta on s'elimina entre el 60-70% de la seva humitat.

15-Unitat de fre: S'encarrega de regular la velocitat d'entrada de la cinta en el forn termofixador.

16-Forn d'assecat: Se 'elimina la humitat restant (30-40%) al teixit a una temperatura d'entre 100 i 120°C. Aquest procés es realitza amb aire calent.

17- Refredament: El teixit es refreda a temperatura ambient per evitar la formació d'arrugues abans d'introduir-lo dins de l'emmagatzematge.

18-Unitat d'arrossegament: S'encarrega de regular la velocitat de sortida del teixit.

2.10 Introducció a la colorimetria

El color ha estat utilitzat per l'home per expressar les seves manifestacions d'interpretació de la realitat que l'envolta, la seva vocació artística o el seu sentit estètic. Les tres característiques que determinen el color són la lluentor, matís i saturació. Des del punt de vista merament físic, la producció de color requereix tres elements: una font de llum, un objecte il·luminat per aquesta font i un observador per percebre el color. Alternativament, l'ull pot ser reemplaçat per un detector fotosensible i un equip auxiliar que approximi l'acció de detecció de la llum.[14]

L'ull humà percep únicament les radiacions de la llum compreses entre 380 i 750 nm (nanòmetres, on $1\text{nm}=10^{-9}$ metres). El rang de longituds d'ones comprès entre 400 i 700 nm es denomina espectre visible.

L'any 1667, Isaac Newton va experimentar fent creuar un feix de llum blanca a través d'un prisma, trobant que aquest feix es descomponia en petits feixos de color fàcilment recognoscibles. Newton va classificar les corresponents longituds d'ona en nanòmetres de l'espectre visible (Taula 5).[14]

Taula 5: Longitud d'ona corresponents a cada color.

Color	Longitud d'ona (nm)
Violeta	380-430
Blau	430-480
Verd	480-560
Groc	560-590
Taronja	590-630
Vermell	630-750

Un objecte es veu acolorit perquè reflecteix certes longituds d'ona de la llum blanca que incideix sobre ell i absorbeix unes altres. L'objecte es veurà negre si absorbeix la totalitat de la llum incident. S'observarà blanc, si reflecteix la totalitat d'aquesta incidència sense absorbir-ne gens. Es veurà groc, si absorbeix la llum de longituds d'ona diferents del groc i reflecteix la corresponent a aquesta.

La llum solar ha sigut, i probablement serà per molt de temps, el il·luminant de referència. Per aquesta raó quan la CIE (Comissió Internacional de la Il·luminació) va establir una sèrie de patrons d'il·luminació per fer servir en colorimetria, tenint en compte la necessitat de reproduir amb medis artificials la llum solar, almenys aproximadament. En aquest estudi, es farà servir un il·luminant D65, corresponent a una radiació solar de 6500°K, i equivalent a una irradiació directa diürna, essent la que més s'aproxima a la llum de dia.[14]

L'any 1973 la CIE va adoptar una unitat de mesura del color, la que avui en dia s'anomena unitat CIELAB, on:

- L = Iluminositat
- a = Eixos vermell-verd
- b = Eixos groc-blau

Aquestes coordenades CIELAB ens donen referència del color que es mesura, ja que:

- Si $a > 0$, major saturació de vermell o menor saturació de verd.
- Si $a < 0$, major saturació de verd o menor saturació de vermell.

- Si $b > 0$, major saturació de groc o menor saturació de blau.
- Si $b < 0$, major saturació de blau o menor saturació de groc.

Aquest sistema es molt pràctic per avaluar les diferències de color i, per tant, per poder valorar de manera quantitativa el color del teixits que han sigut tenyits. Al respecte s'han definit els següents paràmetres:

- DL: diferència de lluminositat o d'intensitat de la mostra respecte el patró establert.
- Da: diferència en l'eix vermell-verd.
- Db: diferència en l'eix groc-blau.
- Dc: diferència de cromaticitat.
- DE: diferència total de color ($DE = DL^2 + Da^2 + Db^2$).

CAPÍTOL 3: PROCEDIMENT EXPERIMENTAL

CAPÍTOL 3: PROCEDIMENT EXPERIMENTAL

3.1 Introducció

En aquest projecte, un dels estudis que s'ha desenvolupat és l'estudi de la influència de les condicions de temperatura i temps del procés de tintura a la contínua per tractament thermosol en la intensitat i la diferència de color en teixits de polièster/cotó (50/50). Per dur-ho a terme, s'ha utilitzat un teixit blanc de calada de 220 g/m² de pes i de 140 cm d'amplada, preparat industrialment per a la tintura, és a dir, ha estat sotmès prèviament a les operacions de gasejat, descolat (eliminació de coles d'ordit), descruat, blanquejat, assecat i termofixat. S'ha verificat que tant els fils d'ordit com els de trama estan compostats per una mescla íntima de polièster i cotó 50/50, tal com denota l'etiqueta del fabricant. Per poder treballar d'una manera còmode i fer els estudis pertinents al laboratori, aquest teixit s'ha dividit en diferents mostres més petites, les quals són les que s'han sotmès als diferents processos de tintura, cadascuna d'elles a diferents condicions de temps i temperatura de tractament, mitjançant el colorant dispers Dianix Scarlet SE-3G. Per últim, s'han avaluat els resultats dels processos de tintura de les mostres a través de les tècniques de caracterització colorimètriques i d'assajos de solideses al fregament en sec i humit.

3.2 Assajos sobre el procés de thermosol del polièster

Per tal de determinar les condicions de procés més òptimes pel sistema, s'han preparat banys de tintura del colorant Dianix Scalet SE-3G a una concentració de 5 g/l. S'ha establert que les temperatures del procés de thermosolat a estudiar són 170, 180, 190, 200 i 210°C i els temps del procés de 28, 43, 58, 73 i 86 s, per a cada una de les temperatures. La justificació de l'elecció d'aquestes condicions és perquè, en estudis previs realitzats en el grup de recerca, s'han trobat que aquestes són dins dels rangs de temperatura i temps per a obtenir resultats acceptables.

Un paràmetre important a tenir en compte i que influeix en el resultat del procés de tintura per thermosol, és la concentració de colorant en el bany de tintura. Per avaluar-ho, es preparen banys de tintura a concentracions les de 5 i 10 g/l de colorant. Davant de la impossibilitat de realitzar un estudi complet d'aquest factor per a totes les temperatures i temps de procés proposats, s'ha decidit avaluar aquest paràmetre en les mostres que es thermosolaran a 180°C a 28, 43, 58, 73 s. Remarcant que aquest apartat es veurà en futures millores, ja que no és el cas principal de l'estudi.

Seguidament, per estudiar la reproductibilitat del procés thermosol es realitzen duplicats de les mostres thermosolades a les condicions de 170°C a temps de 28, 43, 58, 73, 86 s, juntament amb les de 180°C a 28, 43, 58, 73, 86 s. S'ha establert que l'obtenció de desviacions < 1 en els resultats de la intensitat de color, es consideraran processos d'alta reproductibilitat i, tanmateix es prendran aquests resultats com extensibles a la resta de les mostres.

Després del procés de tintura per thermosol, el pas següent obligatori és la realització d'un bany reductor per tal d'eliminar el colorant no fixat a la fibra. Com a alternativa a aquest procés, s'ha volgut determinar l'acció d'un bany amb agent dispersant com a operació substitutòria a l'acció del bany reductor. La possibilitat d'executar-ho amb l'única acció d'un agent dispersant suposaria un estalvi de productes i una millora mediambiental pel que fa a la contaminació de les aigües de rentat. Per fer-ho, s'han avaluat els efectes d'aquestes operacions per separat en totes les mostres una vegada han sigut thermosolades.

Finalment, s'ha avaluat l'efectivitat del procés thermosol per tenyir les fibres de polièster. Per aquesta determinació, ja que es disposa d'un teixit de polièster/cotó i l'estructura del cotó podria influenciar en els resultats, s'elimina el cotó present en el teixit mitjançant l'acció d'un àcid, obtenint així un sistema de teixit, el qual està constituït només per polièster i el colorant estudiat.

Per a una fàcil comprensió i degut a la gran quantitat de resultats obtinguts, la codificació que s'estableix a partir d'ara és la següent:

- **Número de la mostra** = ex. 1, 2, ,3, etc.
- **Número de la mostra + ' =** Número de mostra duplicada (ex. 1', 2', 3', etc.)
- **Número de la mostra + ! =** Valor òptim o mitjana de la mostra i la duplicada (ex. 1!, 2!, 3!, etc.)
- **Número de la mostra + T =** Número de mostra thermosolada (ex. 1T, 2T, 3T, etc.)
- **Número de la mostra + D =** Número de mostra sotmesa amb bany dispersant (ex. 1D, 2D, 3D, etc.)
- **Número de la mostra + R =** Número de mostra sotmesa amb bany reductor (ex. 1R, 2R, 3R, etc.)
- **Número de la mostra + D/R + .E =** Número de mostra que ha estat sotmesa a un bany amd dispersant/reductor després d'eliminar el cotó (ex. 1D.E, 2D.E, 1R.E, 2R.E, etc.)

A la Taula 6 es recullen les dades utilitzades per a determinar la influència de la concentració de colorant al bany de tintura del procés thermosol a les condicions especificades per diferents mostres de teixit.

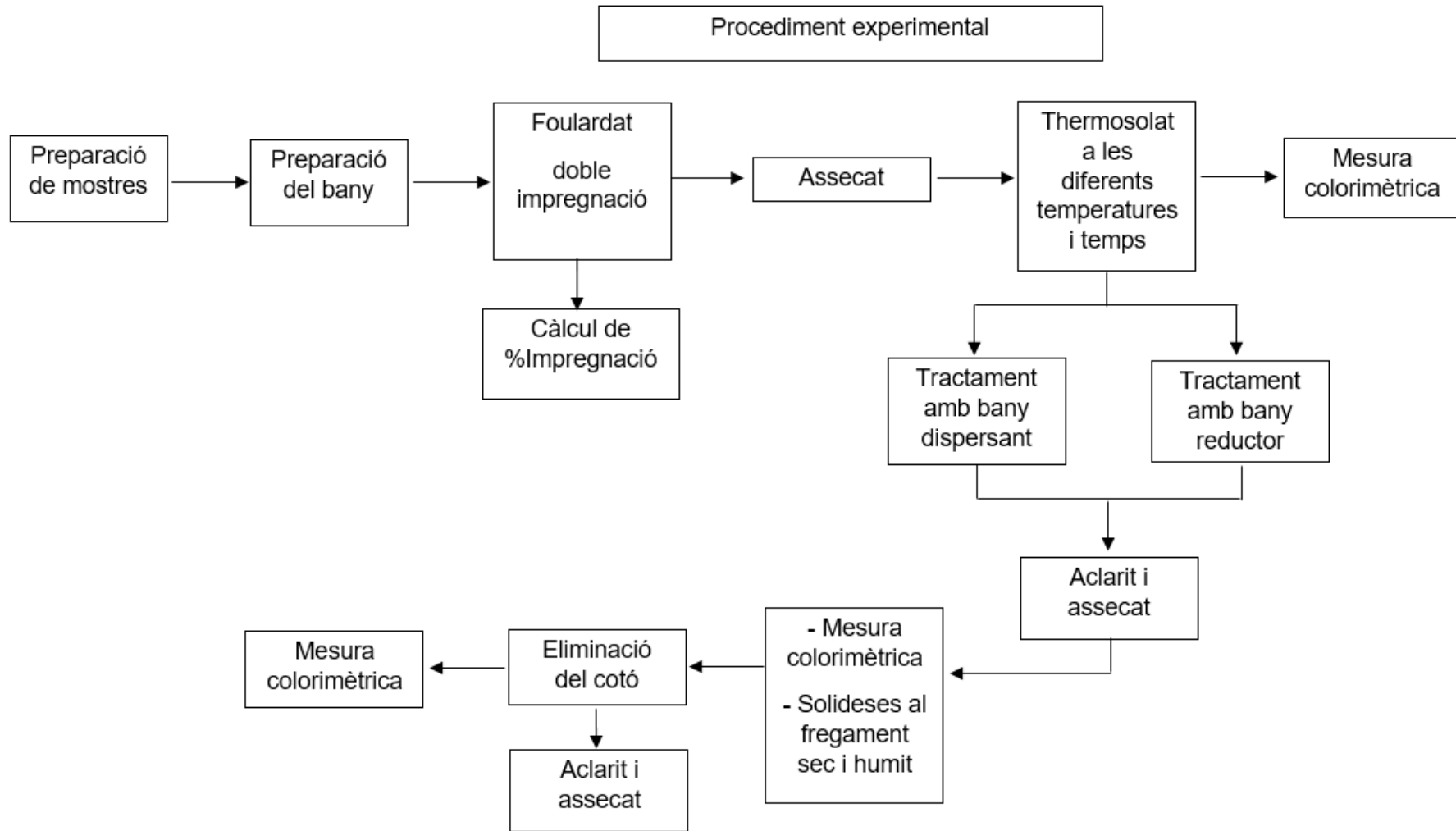
Taula 6: Condicions de temps i temperatura del procés thermosol per a cada mostra.

Concentració de colorant en el bany	Mostra	Condicions del procés thermosol	
		Temps (s)	Temperatura (°C)
5 g/l	1	28	170
	2	43	170
	3	58	170
	4	73	170
	5	86	170
	6	28	180
	7	43	180
	8	58	180
	9	73	180
	10	86	180
	11	28	190
	12	43	190
	13	58	190
	14	73	190
	15	28	200
	16	43	200
	17	58	200
	18	73	200
	19	28	210
	20	43	210
	21	58	210
	22	73	210
10 g/l	23	28	180
	24	43	180
	25	58	180
	26	73	180

3.3 Disseny experimental

1. Preparació dels teixits de polièster/cotó
 - a. Elaboració de les mostres de teixit de mides 12x42 cm
 - b. Pesada de les mostres en sec
2. Procés de tintura per thermosol de les mostres
 - a. Preparació del bany de tintura
 - i. Concentració de colorant, control i ajust del pH
 - b. Operació de foulardat per doble impregnació
 - c. Pesada de les mostres en humit
 - d. Assecat
 - e. Tractament de thermosolat
 - f. Rentat reductor o amb dispersant
 - g. Aclarit
 - h. Assecat
3. Eliminació del cotó
4. Caracterització de les mostres
 - a. Mesures colorimètriques
 - b. Assajos de solideses al fregament

A la pàgina següent es fa un esquema de com es procedirà la realització de la part experimental.



3.4 Preparació de les mostres

Es preparen mostres a partir d'un teixit blanc de calada de 220 g/m² de pes i de 140 cm d'amplada de composició polièster/cotó 50/50 (Fig. 10). Per fer-ho, amb l'ajut d'un regle i un llapis es marca el teixit i es talla en sentit ordit a la mida de 12 cm d'ample i a 42 cm de llarg. D'aquesta manera s'obté la primera mostra. Aquesta operació es repeteix per tantes mostres com siguin necessàries per realitzar l'estudi. Una vegada les mostres estan tallades, es marquen i numeren amb un retolador especial per teixits, procurant que les marques ocupin el mínim espai dins la mostra i es puguin llegir fàcilment. A continuació, amb molta cura, s'emboliquen individualment els teixits en forma de rotllo de manera que la numeració de cada un d'ells sigui visible. Es pesen cada una de les mostres (pes en sec) i s'apunta el valor (Taula 9 dels Annexes).

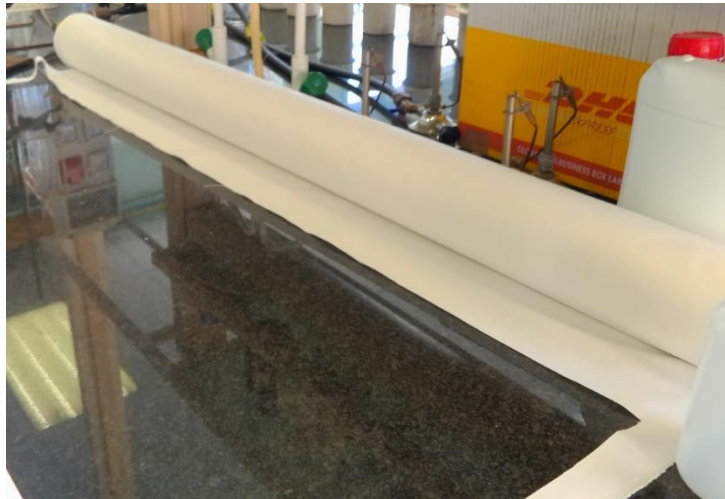


Fig. 10: Teixit blanc de calada de composició polièster/cotó 50/50 utilitzat per aquest estudi.

3.5 Impregnació i tintura

El primer pas del procés de tintura és la preparació del bany. Així doncs, es prepara un bany amb un volum total d'1 l seguint els passos següents:

- Es pesen 5 g o 10 g de colorant Dianix Scarlet SE-3G en una balança de precisió amb l'ajut d'un vas de precipitats i d'una espàtula. Inicialment afegeix una petita quantitat d'aigua per facilitar-ne la dispersió i es va agitant amb una vareta de vidre.
- A la balança de precisió, es pesen per separat 1 g de Liogeno DFTN (agent dispersant) en un vas de precipitats amb l'ajut d'un comptagotes. Inicialment afegeix una petita quantitat d'aigua per facilitar-ne la solubilització i es va agitant amb una vareta de vidre.
- Separadament, en un vas de precipitats es prepara 7,5 g de Solidokoll N (agent antimigratori) amb l'ajut d'un comptagotes mitjançant una balança de precisió. Inicialment afegeix una petita quantitat d'aigua destil·lada per facilitar-ne la solubilització i s'agita amb una vareta de vidre fins a tenir una mescla uniforme.

Un cop preparats individualment cada un dels elements, es mesclen en un vas de precipitats, sobretot vigilant de no crear espuma al bany. Primer s'afegeix l'agent dispersant, després l'agent antimigratori i per últim el colorant. Per evitar la formació d'espuma, cada un dels constituents del bany s'addiciona fent-se caure a través d'una vareta de vidre. Finalment, s'afegeix aigua destil·lada fins a arribar al volum de preparació.

Un cop preparat els dos banys de tintura (un a una concentració de colorant de 5 g/l i l'altre a 10 g/l), es comprova que el pH de les mescles estigui entre 5 i 5,5 amb el pH-metre, prèviament calibrat. Si s'escau, s'afegeix àcid acètic per acidificar-los i ajustar-los (Fig. 11).

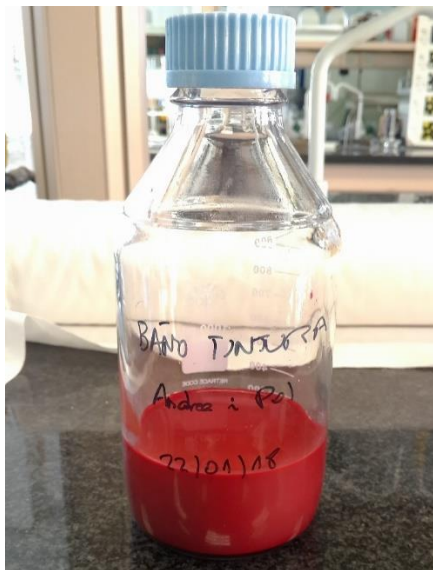


Fig. 11: Aspecte del bany de tintura de 5g/l de colorant.

Seguidament, es realitza l'etapa d'impregnació del teixit amb el bany preparat mitjançant un equip de foulardat. En l'etapa d'impregnació, el teixit es fa circular per dins el dipòsit o pastera que conté el bany amb el colorant dispers. El colorant, que no reacciona amb la fibra, queda adsorbit al teixit per pressió i finalment, difon a l'interior de la fibra per temperatura, quedant fixat a ella. L'operació d'impregnació es realitza en els teixits en un foulard (Fig. 12), i per ambdós banys de tintura, es realitza dues vegades (doble impregnació) amb els següents paràmetres:

- Velocitat: 2 m/min
- Pressió: 2 kg/cm²
- Volum de la pastera (volum del bany de tintura): 350 ml



Fig. 12: Unitat de foulardat utilitzada en l'operació d'impregnació.

Per tal d'aconseguir una bona uniformitat d'impregnació del colorant, tal com s'ha esmentat anteriorment, els teixits s'impregnen dues vegades sempre per la mateixa cara i seguint el mètode cap-cua, és a dir, primer passant el cap del teixit i després passant primer la cua d'aquest. També, entre cada operació d'impregnació d'un mateix teixit o mostra, es mescla el bany de tintura, per mantenir-ne l'homogeneïtat, ja que es tracta d'una dispersió de colorant.

Una vegada es finalitza la doble impregnació del teixit, es pesa amb la finalitat de calcular el percentatge d'impregnació ($I\%$) seguint l'Eq. 2.

$$\text{Eq. 2} \quad I\% = \frac{PesF - PesIni}{PesIni} \cdot 100$$

on $PesF$ és el pes del teixit després de l'operació d'impregnació i $PesIni$ és el pes del teixit abans de la impregnació (pes sec).

Després, cada un dels teixits es clava en un marc d'agulles, de manera que no quedi massa tens (Fig. 13), i es procedeix a l'assecat.



Fig. 13: Col·locació de les mostres en el marc d'agulles per l'operació d'assecat.

3.6 Assecat

Abans d'iniciar l'operació d'assecat, es comprova amb un cronòmetre que el temporitzador de la Rame (Fig. 14) s'ajusta al temps fixat. Seguidament, s'hi introdueixen els marcs amb els teixits. Les condicions d'assecat són les següents:

- Temperatura: 120°C
- Temps: 60 s



Fig. 14: Rame utilitzada per assecar els teixits.

3.7 Thermosolat

Al finalitzar l'operació d'assecat, es posen els marcs amb els teixits directament a la següent Rame (Fig. 15) per realitzar-ne el procés tèrmic de thermosolat. De la mateixa manera que en l'operació d'assecat, també s'ha comprovat amb un cronòmetre que el temporitzador de l'equip s'ajusta al temps fixat.



Fig. 15: Rame utilitzada per realitzar el procés thermosol.

Les condicions de thermosolat seran les que s'han especificat anteriorment en l'apartat 3.2.

3.8 Tractaments d'eliminació de colorant no fixat

El pas posterior al procés de thermosolat dels teixits és un tractament amb bany reductor. Aquest és un tractament necessari, ja que el colorant que no ha penetrat dins la fibra es queda en la superfície, resultant en solideses deficientes. Tot i ser un pas necessari, en aquest estudi s'avalua si aquest tractament podria ser substituït per un simple bany amb agent dispersant. En cas de ser així, suposaria un notable estalvi de reactius i es reduiria significativament la càrrega contaminant de les aigües residuals.

3.8.1 Tractament amb bany reductor

En general, el procés de tintura thermosol de teixits de polièster amb colorants dispersos exigeix una etapa, posterior al thermosolat, de bany amb un agent reductor, per tal d'eliminar el colorant adsorbat a la superfície de la fibra. És per aquest motiu, que les mostres de teixit que han estat thermosolades, es sotmeten a aquesta etapa utilitzant el Polymat (Fig. 16).

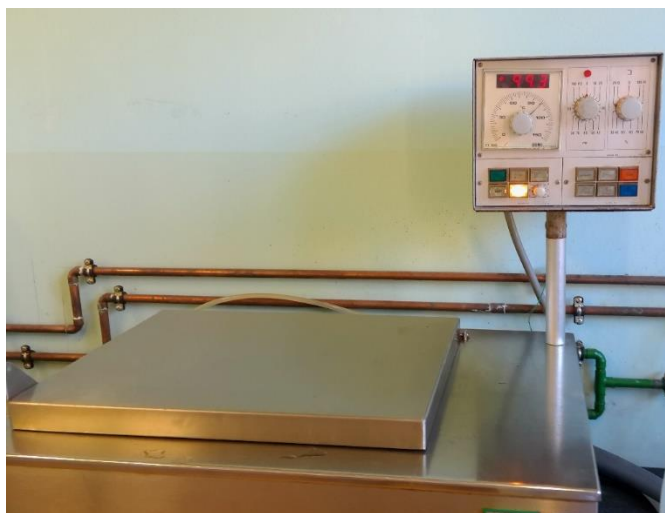


Fig. 16: Màquina Polymat.

Les mostres de teixit que han estat thermosolades, es tallen cada una a una mida d'uns 3-5 g, es pesen i s'enumeren per aconseguir una relació de bany 1/20 (Taula 11 dels Annexes).

El bany reductor es prepara seguint la següent recepta:

- 2 g/l d'hidròxid de sodi
- 2 g/l d'hidrosulfit sòdic
- Es pesa 1 g/l de Liogeno DFTN (agent dispersant)

L'hidrosulfit sòdic ha de ser l'últim en afegir-se al bany pel fet que es tracta d'un agent reductor.

S'introdueixen les mostres als tubs metàl·lics del Polymat (Fig. 17).



Fig. 17: Tubs metàl·lics de la màquina Polymat.

Seguint les condicions de procés descrites a la Fig. 18, es posa en marxa la màquina Polymat, es posen els tubs a la màquina i es supervisa l'augment de temperatura de 30°C fins 100°C (Fig. 18 A). Quan la temperatura s'estabilitza a 100°C, es deixen els tubs 30 minuts amb un gradient de velocitat que sigui de 2,5°C/min (Fig. 18 B).

Un cop finalitzat el bany amb les mostres de teixit, s'han pres alíquotes dels banys residuals per determinar-ne després la quantitat de colorant eliminat.

Paral·lelament, els teixits rentats es posen en recipients de ceràmica amb 500 ml d'aigua de xarxa i s'agiten amb una vareta de vidre durant 2 minuts (Fig. 18 C). Després, es traspassen en

un altre recipient de ceràmica amb 500 ml d'aigua destil·lada i s'agita amb una vareta de vidre durant 2 minuts més (Fig. 18 D). Finalment, les mostres s'esbandeixen i es deixen assecar a l'aire.

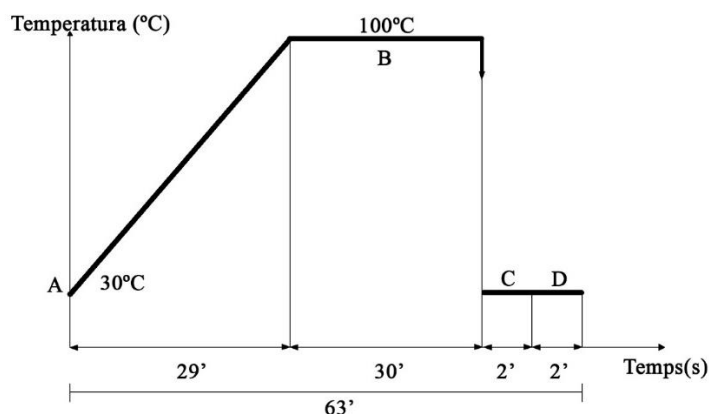


Fig. 18: Evolució del procés del tractament de bany dispersant i reductor.

3.8.2 Tractament amb bany dispersant

Es realitza un pas addicional per eliminar el colorant no fixat a les mostres thermosolades. Aquest es un rentat amb agent dispersant i es procedeix de la manera que es descriu a continuació.

Per a la preparació del bany pel rentat amb agent dispersant es segueixen els següents passos per aconseguir una relació de bany 1/20:

- Es prepara 5 g/l de Liogeno DFTN (agent dispersant). S'afegeix una petita quantitat d'aigua destil·lada per facilitar-ne la dissolució.
- Es tallen les mostres de manera que s'obtinguin teixits d'entre 3-5 g, s'enumeren i es pesen (Taula 13 dels Annexes).
- Els teixits tallats es disposen en els tubs metàl·lics (Fig. 17) i, d'acord amb els pesos de les mostres.
- S'introdueixen els tubs al Polymat (Fig. 16) i s'inicia el procés seguint la Fig. 18, exactament igual que amb el tractament de bany reductor.

3.9 Eliminació de les fibres de cotó

Complementàriament al procés propi de tintura, es realitza l'eliminació de les fibres de cotó dels diferents teixits thermosolats, tant els teixits resultats del tractament amb agent reductor com els del tractament amb dispersant per realitzar la caracterització colorimètrica de les fibres de polièster. Complementàriament, es pren una mostra del teixit sense tractar (mostra 0) per poder comparar resultats amb la mostra de referència. D'aquesta manera es podrà determinar d'una manera més precisa l'efectivitat del procés de tintura per procés thermosol a l'estructura tèxtil de polièster.

Aquesta operació consisteix a submergir els teixits en un bany d'àcid, el qual es prepara de la següent manera:

- Es prepara un bany d'1 l d'una dissolució d'àcid sulfúric de proporcions 2:1 de volum: 2 parts d'àcid sulfúric (600 ml) + 1 part d'aigua (300 ml). S'ha d'anar amb compte, ja que l'àcid sulfúric amb l'aigua crea una reacció exotèrmica i, per tant, s'ha de fer la mescla

en un bany maria amb aigua en circulació perquè refrigeri constantment la mescla i controlar la temperatura d'aquesta amb un termòmetre.

Es talla de cada mostra provinent del bany reductor o amb dispersant que es vol estudiar perquè tingui un pes aproximat de 0,5-2 g i s'estableix una codificació de treball mitjançant talls als teixits, ja que l'àcid sulfúric esborraria qualsevol marca feta amb retolador (Taula 15 dels Annexes).

- Es posen els teixits en el bany d'àcid amb una relació Rb=1/50 durant 60 minuts a temperatura ambient. Per remoure, es va fer servir un agitador orbital a una velocitat de 150 rpm (Fig. 19).



Fig. 19: Agitador orbital utilitzat en l'eliminació del cotó.

- Un cop passats els 60 min, es prepara un bany neutralitzador. Per fer-ho, s'escalfen 500 ml d'aigua destil·lada en un recipient fins a 60°C i s'afegeixen 1,5 g de carbonat sòdic. Es posen els teixits en un recipient comú amb el bany d'àlcali.
- Es fa un esbandit dels teixits, es renten amb aigua i s'assequen a temperatura ambient.

Com a últim pas, es pesen les mostres un cop seques i se'n determina el percentatge de polièster i cotó contingut (Eq. 3 i 4; Taula 15 dels Annexes).

$$\text{Eq. 3} \quad \% \text{Cotó} = \frac{\text{PesIni} - \text{PesF}}{\text{PesIni}} \cdot 100$$

$$\text{Eq. 4} \quad \% \text{Polièster} = 100 - \% \text{Cotó}$$

3.10 Caracterització de les mostres

Per realitzar un estudi quantitatiu del procés de tintura de les mostres realitzades, es realitzaran diferents mesures colorimètriques amb un espectrofotòmetre i, paral·lelament, es determinaran les solideses al fregament en sec i humit. Les mesures colorimètriques s'han efectuat amb el colorímetre Datacolor SF600 Plus-CT.

3.10.1 Mesures colorimètriques

La CIE (Comissió Internacional de la Il·luminació) va establir una sèrie de patrons d'il·luminació per fer servir en colorimetria, tenint en compte la necessitat de reproduir en medis artificials la llum solar. En aquest estudi, es farà servir el il·luminant D65, corresponent a una radiació solar de 6500°K, i equivalent a una irradiació directa diürna, sent la que més s'aproxima a la llum del dia.

3.10.1.1 Intensitat de color

Les mesures d'intensitat de color (K/S) es realitzen mitjançant un colorímetre. Aquests valors no s'obtenen directament de l'equip, sinó que es calculen a partir dels valors de reflectància (R) mesurats. Així doncs, els valors de K/S es poden calcular a partir de l'equació de Kubelka-Munk:

$$\text{Eq.5} \quad \frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

Els valors de K/S de les mostres ($\frac{K}{S}$ *calculat*) són valors numèrics dels quals no se'n pot extreure informació per si mateixos, per tant, s'han de relacionar amb una mostra de referència per tal de corregir-ne les diferències. És per això que primer es calcula el valor de K/S pel teixit sense tractar ($\frac{K}{S}$ *blanc*), i aquest serveix per obtenir els valors de K/S corregits ($\frac{K}{S}$ *corr*) de les mostres (Eq. 6).

$$\text{Eq.6} \quad \frac{K}{S} \text{ corr} = \frac{K}{S} \text{ calculat} - \frac{K}{S} \text{ blanc}$$

3.10.1.2 Diferències de color

La determinació de la diferència de color entre diferents teixits es basa en la determinació quantitativa de desviacions de color referent a les coordenades de l'espai de color CIE Lab. Es tracta de mesures comparatives, on s'agafa una mostra i se n'analitza el color a través de les coordenades L, a i b de l'espai CIE i, seguidament, se n'analitza una altra i es calculen les diferències entre les coordenades de les dues mostres. Aquesta determinació és molt útil per a l'apreciació de canvis de matís, lluminositat i color.

Aquesta tècnica ens permet comprovar com ha variat el color respecte al teixit blanc (mostra 0), observant com varia la lluminositat (L), les coordenades vermell/verd (+a indica vermell, -a indica verd) i les coordenades groc/blau (+b indica groc, -b indica blau).[15]

3.10.2 Solideses al fregament

S'entén per solidesa d'una tintura quan parlem de la resistència que presenta a variar o perdre el color del teixit al ser sotmès a l'acció d'un determinat agent, podent donar lloc a la degradació del color o a la descàrrega sobre altres teixits.

La solidesa al fregament té per objectiu determinar la descàrrega que es produeix sobre una proveta de teixit blanc de cotó estàndard (testimoni) en fregar amb el teixit de color que s'està analitzant, en unes condicions de pressió i velocitat de fricció específiques. El color transferit s'avalua mitjançant la comparació amb una escala de grisos normalitzada. L'assaig es pot fer amb el testimoni sec o bé mullat.

En el present estudi s'utilitza el Crockmeter (Fig. 20) per a l'avaluació de les solideses al fregament, tant en sec com en humit. El procediment és el següent:

- Es col·loca la mostra sobre el porta-mostres del Crockmeter, amb l'ordit en direcció del fregament i la cara cap amunt
- És el testimoni i es col·loca en el dit fregador de l'equip, ajustant-lo amb un clip.



Fig. 20: Crockmeter utilitzar per mesurar les solideses.

3.10.2.1 Solideses en sec

El procediment és el següent:

- Es baixa el dit fregador cobert amb el testimoni sobre la mostra tenyida. Es fa girar la maneta a la velocitat d'1 volta/s, realitzant un total de 10 voltes. En el cas que la mostra es mogui, fer servir els dits de la mà fent pressió sobre la mostra.

Per últim, es realitza una lectura de la descàrrega de color sobre el testimoni de cotó, comparant el canvi de color amb l'escala de grisos estandarditzada (Fig. 21).

3.10.2.2 Solideses en humit

El procediment és el següent:

- Es pren el testimoni i s'humiteja amb aigua destil·lada.
- Es baixa el dit fregador cobert amb el testimoni sobre la mostra tenyida. Es fa girar la maneta a la velocitat d'1 volta/s, realitzant un total de 10 voltes. En el cas que la mostra es mogui, fer servir els dits de la mà fent pressió sobre la mostra.

Per últim, es realitza una lectura de la descàrrega de color sobre el testimoni de cotó, comparant el canvi de color amb l'escala de grisos de tacat estàndard (Fig. 21).

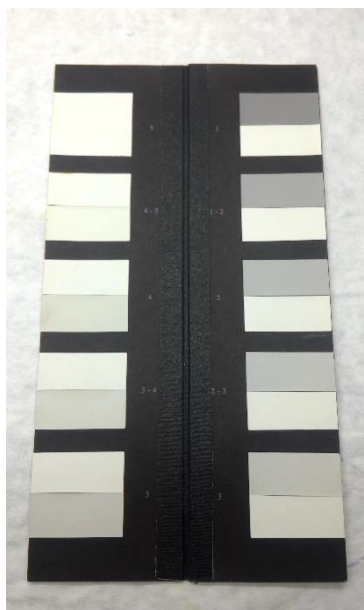


Fig. 21: Escala de grisos de tacat estàndard.

3.11 Càlcul de les energies d'activació del tipus Arrhenius

L'equació d'Arrhenius (Eq.7) és una expressió matemàtica que s'utilitza per a comprovar la dependència de la constant de velocitat (o cinètica) d'una reacció amb la temperatura a la qual es porta a terme aquesta reacció.[16]

Eq.7:
$$k(T) = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

On $k(T)$ correspon a la constant cinètica (depenent de la temperatura), A és un factor pre-exponencial d'Arrhenius que les seves unitats depenen de l'ordre de reacció, E_a correspon a l'energia d'activació, R és la constant universal dels gasos i T és la temperatura absoluta [K].

Per ser usada com a model de regressió lineal entre les variables k i T^{-1} aquesta equació pot ser reescrita com:

Eq.8:
$$\ln(k) = \ln(A) - \frac{E_a}{R} \cdot \left(\frac{1}{T}\right)$$

Si s'adapta l'Eq.3 al cas d'estudi, representant en l'eix d'abscisses l'invers de la temperatura i en l'eix d'ordenades el $\ln(k/\text{Scorr})$, s'obté una recta. El pendent d'aquesta recta ens indica el quocient $\frac{-E_a}{R}$ i el punt d'intersecció amb l'ordenada ens indica el $\ln(A)$. Coneixent la constant universal dels gasos (8,314 J/mol·K), es pot obtenir l'energia d'activació del colorant als diferents temps i temperatures.

CAPÍTOL 4: RESULTATS I TRACTAMENT DE DADES

CAPÍTOL 4: RESULTATS I TRACTAMENT DE DADES

4.1 Impregnació de les mostres

Com s'ha esmentat en el capítol 3.5, s'ha realitzat una pesada del teixit abans (pes del teixit sec) i després de passar pel foulard, amb l'objectiu de calcular el percentatge d'impregnació de les mostres. A la Taula 9 dels Annexes es mostren els valors d' $I\%$ calculats i s'observa que aquests són d'ordre similar a totes les impregnacions. Aquest fet ens permet assegurar que la quantitat de colorant contingut en les mostres és molt similar i constant, i que per tant, el procés resulta bastant uniforme. Realitzant la mitjana dels valors d' $I\%$, el valor obtingut és de $53,20 \pm 0,37\%$ d'impregnació, valor que resultarà important en la posterior operació d'assecat, ja que permetrà ajustar l'energia subministrada, i així, poder estalviar energia.

4.1.1 Càlcul del percentatge de colorant sobre pes de fibra

A partir de la impregnació es pot conèixer el % de colorant a la fibra. Per fer-ho, primer es calcula els g en el bany de foulard a partir de la mitja dels pesos de tots els teixits (Eq.9). En el nostre cas d'estudi, s'ha obtingut un valor de $5,52 \pm 1,44$ volum en pes del bany de foulardat.

$$\text{Eq.9} \quad \text{pes teixit} \cdot I\% = \text{Volum en pes del bany foulard}$$

A partir del volum en pes del bany de foulard que ha quedat a la fibra i saben que el bany és de 5 g/l, es calcula els g de colorant que presenta la fibra (Eq.10). S'ha obtingut un valor de 0,0266 g de colorant.

$$\text{Eq.10} \quad \text{volum en pes del bany foulard} \cdot \frac{\text{g colorant}}{\text{g bany foulard}}$$

Per últim, es calcula el % de colorant per pes de fibra (Eq.11). La tintura que s'ha realitzat en aquest estudi és de 0,266 g colorant/g fibra. S'ha obtingut un valor de 0,266% sobre pes de fibra (spf).

$$\text{Eq.11} \quad \%spf = \frac{\text{g colorant}}{\text{g fibra}} \cdot 100$$

4.2 Caracterització de les mostres thermosolades

Com s'ha esmentat en el capítol 3.10, la caracterització de les mostres thermosolades s'ha realitzat mitjançant l'elaboració de mesures en un colorímetre. Seguint els passos indicats, a partir del valor mínim de reflectància (R) corresponent a una longitud d'ona determinada (concretament, 480 nm) es calculen els valors de K/Scorr i DE de cadascuna de les mostres (Taula 10 dels Annexes). A continuació s'analitzaran per separat els resultats obtinguts corresponents a aquests valors calculats d'intensitat de color i diferències de color.

4.2.1 Intensitat de color (K/Scorr)

Una vegada han sigut calculats els valors d'intensitat de color (K/Scorr) de les mostres de teixit seguint la metodologia descrita al capítol 3.10, primer s'analitzen els resultats pels teixits thermosolats a diferents temperatures (Fig. 22). Els resultats no indiquen tendència clara pel que fa l'evolució dels K/Scorr amb la temperatura de procés, probablement pel fet que encara roman colorant sobre el teixit i això, pot resultar en una desviació en els valors de les mesures colorimètriques. Correlacionant els valors de K/Scorr amb els de reflectància (la tendència dels quals es comporta inversament) (Taula 10 dels Annexes), aquests últims resultats indiquen que probablement a majors concentracions, la quantitat de colorant adsorbit a la superfície de la

fibra és major i que, per tant, es tracta d'una coloració superficial, sense penetració en la seva totalitat dins les fibres.

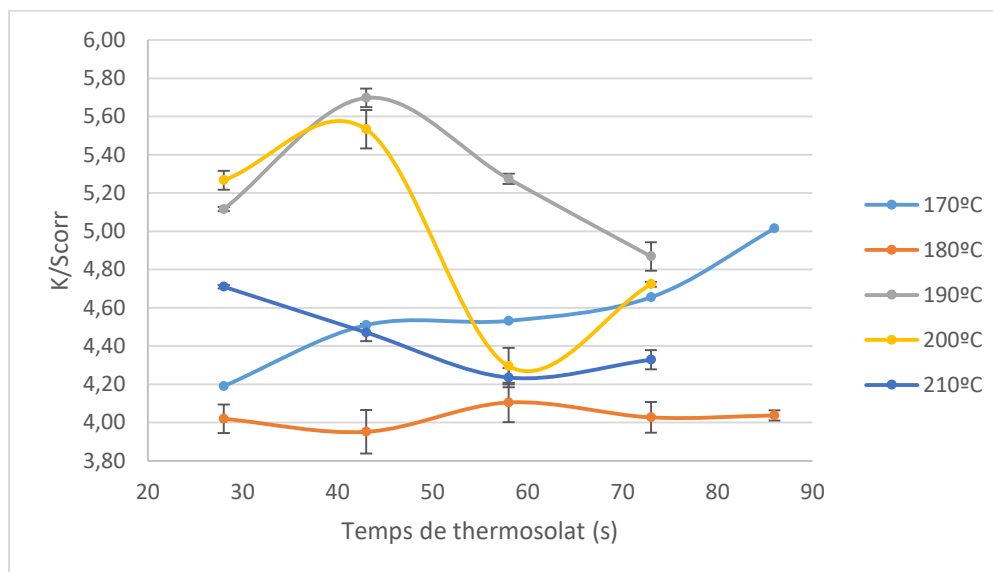


Fig. 22: Factor K/Scorr respecte als temps de tractament thermosol de les mostres per a cada una de les temperatures de procés.

Analitzant l'evolució dels valors de K/Scorr dels teixits thermosolats a diferents temps en funció de la temperatura de procés (Fig. 23), es pot observar que cap dels teixits segueix una evolució clara pel que fa a la intensitat de color. S'observa que fins a 180°C totes les mostres presenten un valor de K/Scorr semblant, però que a partir de 180°C, els valors de K/Scorr per a totes les mostres experimenten un increment notable. Per a una mateixa temperatura de procés, concretament a partir de 190°C, el temps de tractament passa a ser un factor rellevant pels resultats d'intensitat de color, essent més intensos per a tractaments de 43 s i menys intensos per als de 73 s. Aquests resultats podrien explicar-se de manera que per a temps de procés més llargs, als teixits hi ha una major quantitat de colorant. Aquesta tendència només pot observar-se per a temperatures de procés a partir dels 190°C (excepte per la mostra thermosolada 28 s), semblant que es comportin de manera inversa a temperatures inferiors. Aquest fenomen significa que per a cada temperatura de procés existeix un temps òptim, i viceversa. Amb l'objectiu d'obtenir el mateix efecte en la intensitat de color, per a processos thermosol a temperatures més altes, el temps de tractament per aconseguir un fixat del colorant adequat serà inferior que en processos thermosol a temperatures inferiors. Inevitablement però, els teixits contenen colorant adsorbit (no fixat), el qual podria alterar les mesures realitzades.

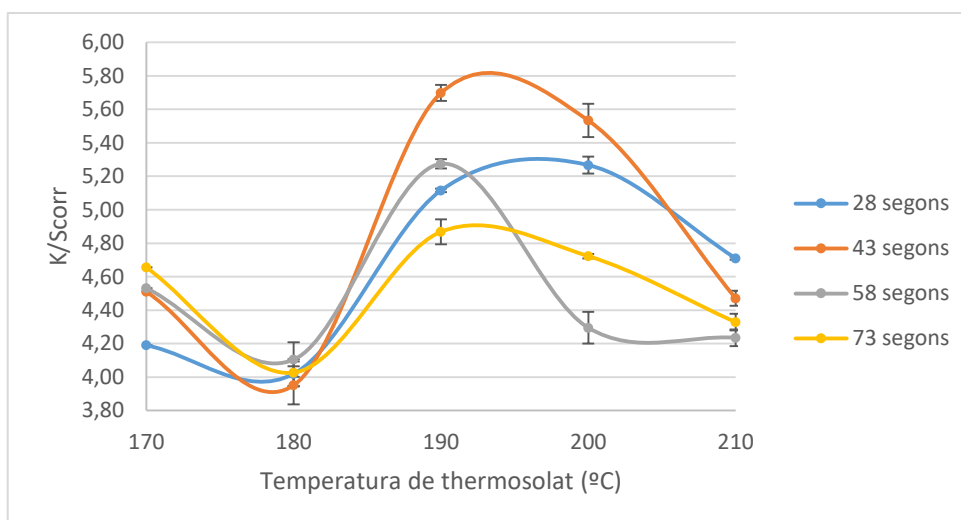


Fig. 23: Factor K/Scorr respecte a la temperatura de tractament thermosol de les mostres per a cada un dels temps de procés.

4.2.2 Diferència de color (DE)

Per a la determinació de les diferències de color (DE) dels teixits tenyits per procés thermosol, els resultats s'han comparat amb una mostra de referència de teixit sense tractar (blanc o mostra de referència).

De manera similar al comportament observat en l'anàlisi dels K/Scorr, les evolucions dels valors de DE no segueixen una tendència clara en els teixits analitzats (Fig. 24). Aquests resultats poden venir presumiblement alterats per la quantitat de colorant adsorbit a la fibra, el qual ens dona elevades desviacions en les lectures colorimètriques i no ens permet establir un patró de comportament clar.

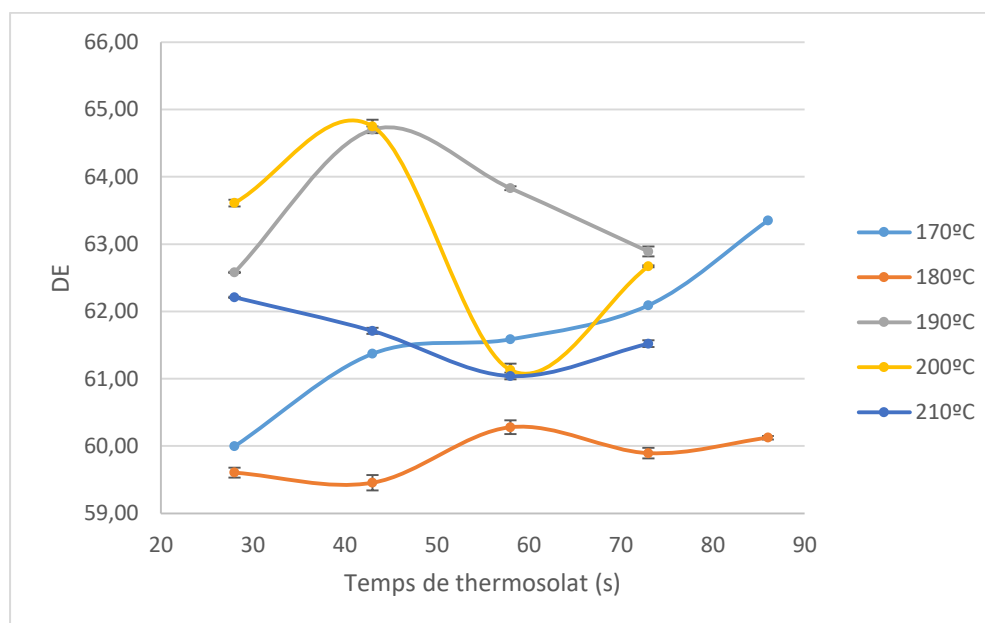


Fig. 24: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temps per diferents temperatures de tractament.

Representant els valors de DE en funció de la temperatura de thermosol per a cada un dels temps de procés (Fig. 25), s'han obtingut evolucions molt similars a les obtingudes pels K/Scorr (Fig. 23). Aquesta observació indica que per aconseguir elevats valors de DE respecte una mostra

sense tractar i per tant, aconseguir un teixit amb una elevada intensitat de color (K/Scorr), per a temperatures de procés de thermosol baixes s'haurà de treballar amb temps llargs i a l'inrevés. De manera extensiva, els valors de DE poden estar alterats per les restes de colorant que probablement estarà adsorbit al teixit.

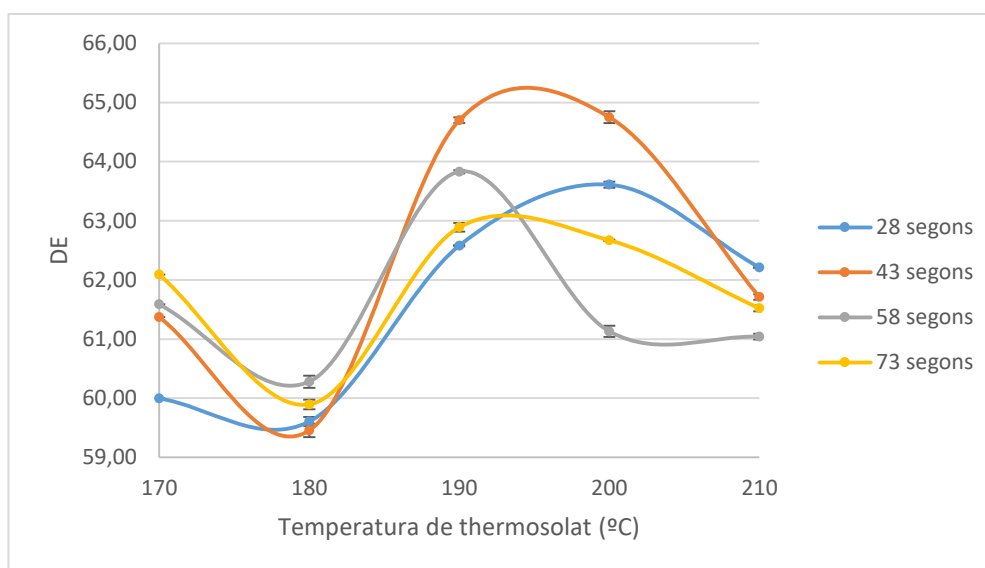


Fig. 25: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temperatures per diferents temps de tractament.

4.3 Caracterització de les mostres pels tractaments post-thermosol

D'acord amb la pròpia naturalesa del procés de tintura amb colorants dispersants, un cop realitzat el procés de thermosol a les diferents condicions, és obligatori la realització d'un bany reductor amb l'objectiu d'eliminar el colorant no fixat (adsorbit) dins la fibra. Com ja s'ha comentat anteriorment, el present projecte vol avaluar la possibilitat de substituir aquesta operació de rentar els teixits amb un bany reductor, pel d'un rentat amb agent dispersant. D'aquesta manera, les mostres thermosolades a les condicions d'estudi han estat tractades amb bany reductor, i unes altres mostres thermosolades a les mateixes condicions d'estudi han estat tractades amb bany amb dispersant. Per determinar-ne l'efectivitat, els teixits s'han caracteritzat per tècniques colorimètriques i se n'han comparat resultats.

4.3.1 Tractament de bany amb agent reductor

Una vegada realitzat el tractament de post-thermosol per bany amb agent reductor tal com es descriu al capítol 3.8.1. El procediment que es segueix és el mateix que s'ha seguit per les mesures dels teixits thermosolats.

En primer terme, com a primera valoració qualitativa, s'han avaluat les aigües de rentat de les diferents mostres (Fig. 26). D'aquesta manera, s'ha pogut confirmar que els teixits contenen colorant adsorbit i que a mesura que s'augmenta els temps del procés thermosol (28 a 86 s), menys intensa és la tonalitat del color del bany residual i, conseqüentment, major quantitat ha quedat fixat a la fibra.

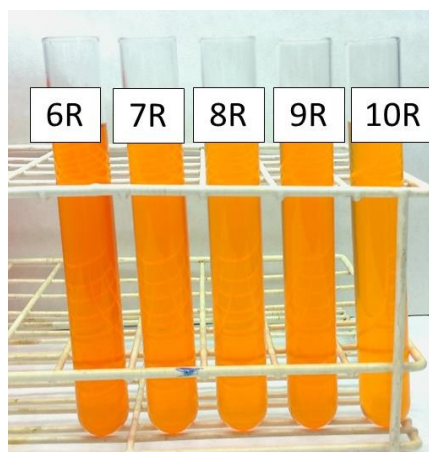


Fig. 26: Alíquotes dels banys residuals dels teixits rentats amb agent reductor de les diferents mostres.

Per altra banda, es determinen quantitativament els valors d'intensitat de color (K/Scorr) i diferències de color (DE) dels diferents teixits thermosolats i rentats amb agent reductor mitjançant tècniques colorimètriques (Taula 12 dels Annexes).

4.3.1.1 Intensitat de color (K/Scorr)

En l'anàlisi de l'evolució de les intensitats de color (K/Scorr) respecte al temps de les mostres rentades amb bany reductor (Fig. 27), les evolucions dels valors de K/Scorr per als teixits thermosolats per sobre de 180°C s'observa que tendeixen a un mateix valor. Això és possiblement degut a que el colorant arriba a una temperatura per sobre de la qual sublima, perdent-se i no arribant a penetrar completament dins la fibra. Una altra hipòtesi, és que pot ser degut al fet que el procés de tintura arriba a un equilibri en el qual la fibra no accepta més colorant, arribant a un punt on el valor de K/Scorr es manté gairebé constant.

A diferència del tractament amb bany dispersant, aquest tractament és molt més agressiu a causa de l'acció de l'hidrosulfit, el qual actua directament sobre les molècules de colorant degradant-les i, és per això, que s'observa una separació més notable entre les diferents temperatures de thermosolat.

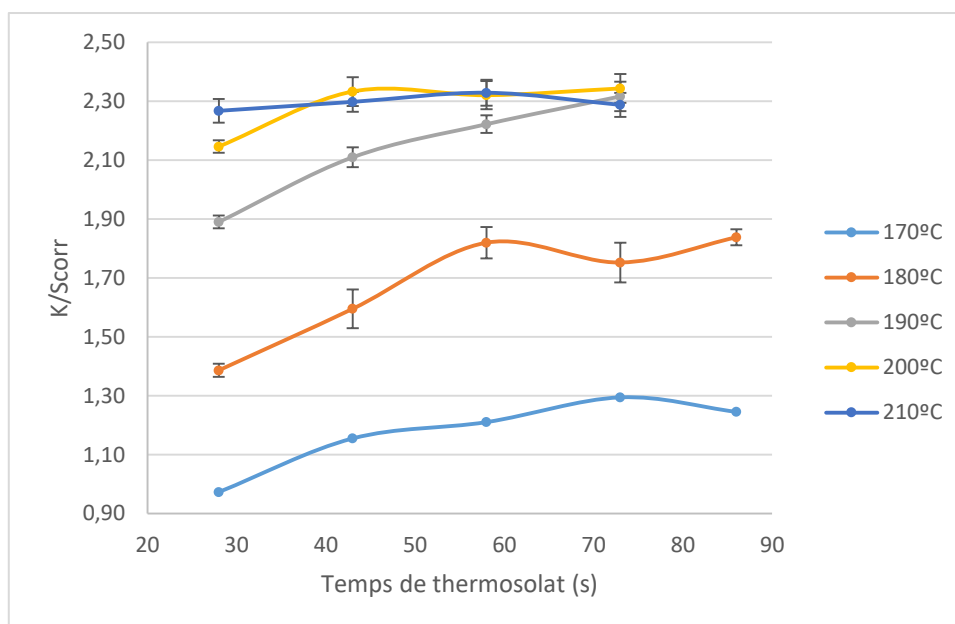


Fig. 27: Factor K/Scorr respecte al temps de tractament thermosol de les mostres per a cada un de les temperatures de procés després del bany amb agent reductor.

Extensivament, representant els valors de K/Scorr respecte a la temperatura del procés de thermosolat (Fig. 28), es veu que efectivament, a mesura que s'augmenta la temperatura i temps del tractament els valors de K/Scorr augmenten fins a arribar a un màxim on gairebé no hi ha variacions de K/Scorr en tots els casos.

A partir de 190°C i 58 segons es pot observar que els K/Scorr no varien notablement. Es podria deduir que la causa d'aquest fenomen és la termomigració o la sublimació del colorant, essent una zona no favorable per a la tintura en aquestes condicions de temps i temperatura.

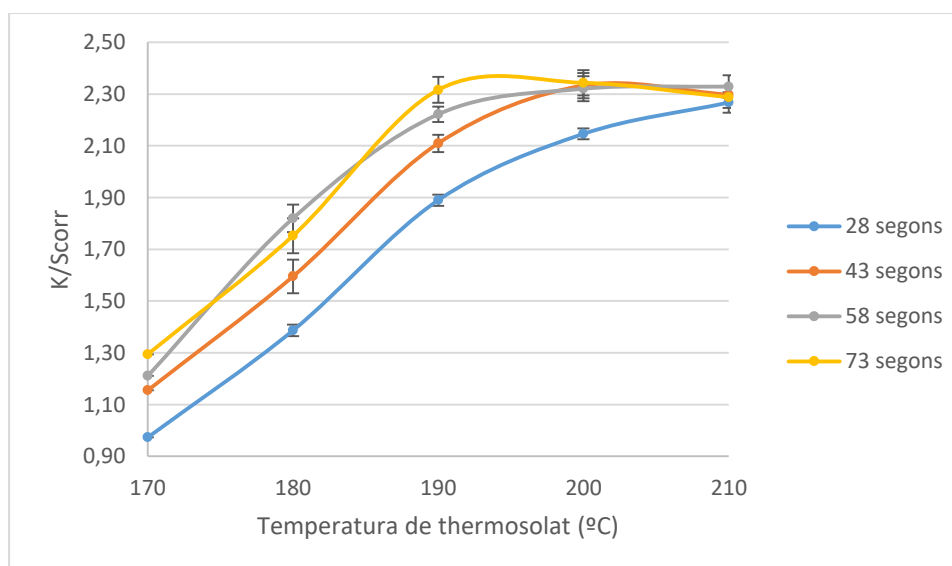


Fig. 28: Factor K/Scorr respecte a la temperatura de tractament thermosol de les mostres per a cada un dels temps de procés després del bany amb agent reductor.

4.3.1.2 Diferència de color (DE)

Tal com s'ha anat analitzat per colorimetria, l'avaluació de la diferència de color (DE) respecte a la mostra sense tractar després del tractament de bany reductor (Fig. 29) s'observa que segueix la mateixa tendència obtinguda pels valors de K/Scorr. D'aquesta manera es confirma un cop més que aquests paràmetres estan intrínsecament relacionats

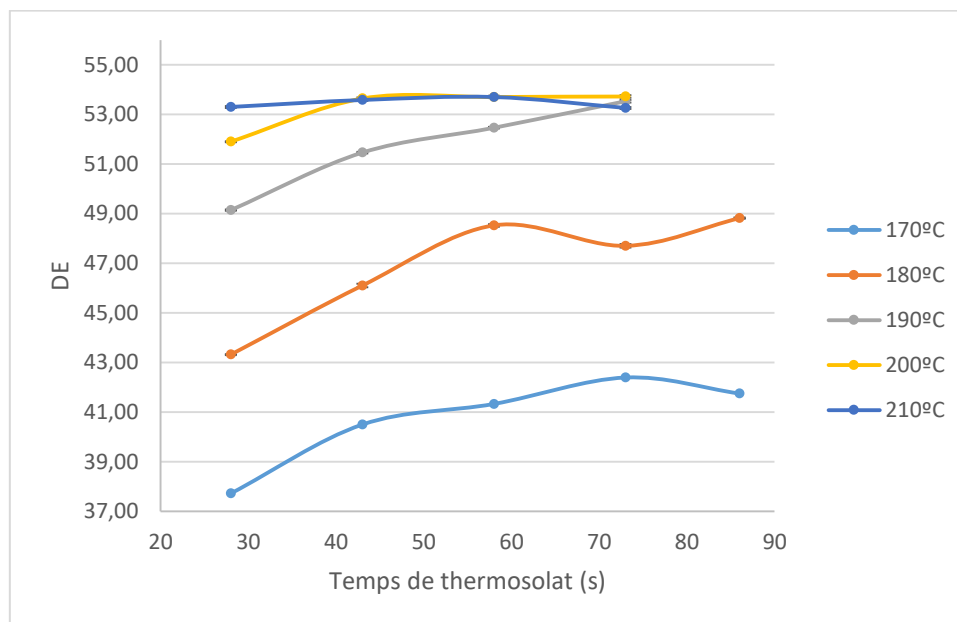


Fig. 29: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temps per diferents temperatures de tractament després del bany amb agent reductor.

Per últim, analitzant la gràfica de l'evolució dels valors de DE respecte les temperatures de thermosolat (Fig. 30), de manera similar al cas anterior i en concordança amb totes les mesures realitzades fins ara, la tendència és a augmentar la DE a mesura que augmenta la temperatura i el temps del procés de thermosolat fins a una zona estacionària.

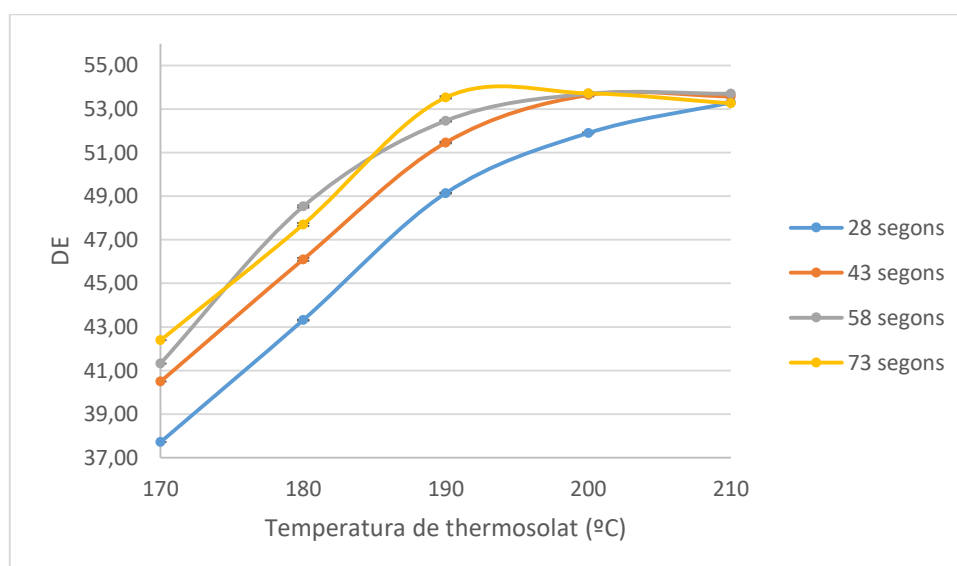


Fig. 30: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temperatures per diferents temps de tractament després del bany amb agent reductor.

4.3.2 Tractament de bany amb agent dispersant

Les condicions de tractament post-thermosol amb bany amb agent dispersant són les especificades al capítol 3.8.2. El procediment que es segueix és el mateix que s'ha seguit per les mesures dels teixits thermosolats i els teixits sortits del bany amb dispersant. Per tant, després de sotmetre els teixits a aquest bany amb la finalitat d'eliminar-ne el colorant no fixat, se'n determina la intensitat de color (K/Scorr) mitjançant l'ús del colorímetre. Per a la realització d'aquestes mesures, es procedeix de la mateixa manera que s'ha fet amb les mesures de K/Scorr anteriors. Per tant, a partir del valor mínim de reflectància (R) el qual correspon a una longitud d'ona determinada (480 nm), es calculen els valors de K/Scorr i diferència de color (DE) de cadascuna de les mostres (Taula 14 dels Annexes).

4.3.2.1 Intensitat de color (K/Scorr)

Una vegada les mostres thermosolades han estat sotmeses al bany amb agent dispersant, els resultats observats d'intensitat de color (K/Scorr) estan en concordança amb la hipòtesi prèviament plantejada, és a dir, que els teixits contenien colorant adsorbit a la fibra (no fixat). Analitzant qualitativament les aigües de rentat (Fig. 31), es pot observar que a mesura que s'augmenta el temps del procés de thermosolat (de 28 a 86 s), sembla que la tonalitat d'aquest bany residual és menys intensa, ja que s'ha exercit una major fixació del colorant a la fibra.

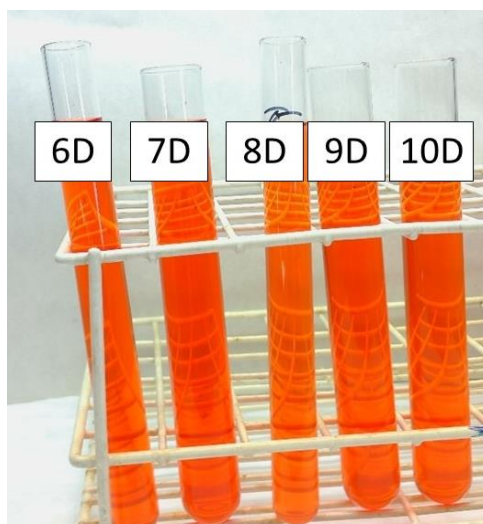


Fig. 31: Alíquotes dels banys residuals dels teixits rentats amb agent dispersant de les diferents mostres.

Per altra banda i de manera quantitativa, aquest fenomen es confirma, ja que queda de rellevància una disminució dels valors de K/Scorr (Taula 14 dels Annexes) respecte als valors obtinguts per les mostres analitzades directament després de thermosolar (Taula 10 dels Annexes).

Representant els valors de K/Scorr enfront del temps de thermosolat per a cada una de les temperatures de procés (Fig. 32), s'observa que el comportament de les mostres thermosolades a 170 i 180°C estan allunyades de les mostres processades a majors temperatures. De manera general però, presenten una tendència dels valors de K/Scorr creixent fins als 60 s de tractament, fet que podria ser indicatiu de què es podria haver arribat al temps màxim en el qual el teixit admet colorant i, conseqüentment, probablement s'ha arribat a un estat d'equilibri de tintura.

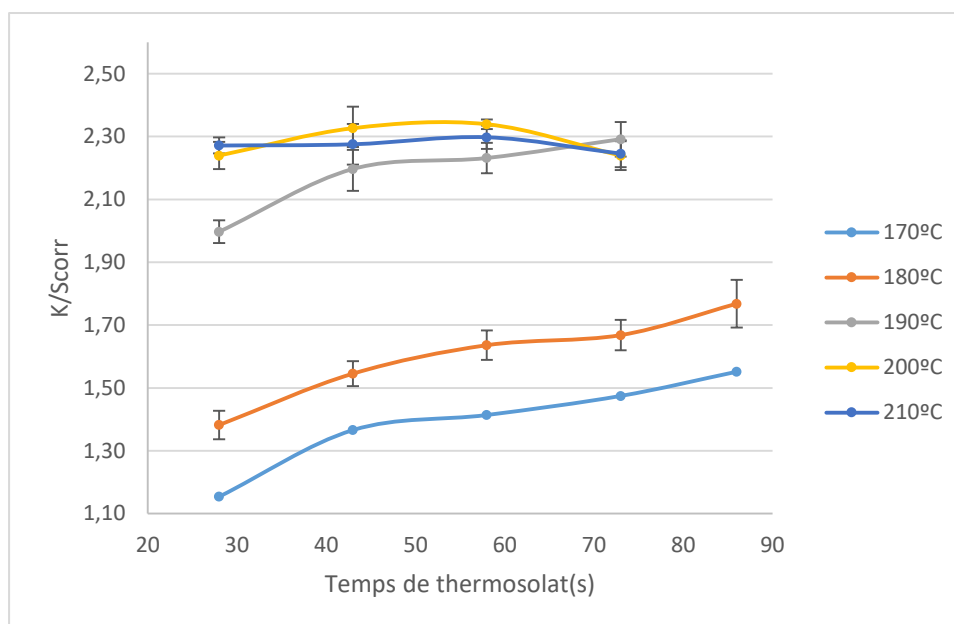


Fig. 32: Factor K/Scorr respecte al temps de tractament thermosol de les mostres per a cada una de les temperatures de procés després del bany amb agent dispersant.

En addició, representant els valors de K/Scorr dels teixits enfront de la temperatura de thermosolat per a cada un dels temps de procés (Fig. 33), s'observa que el fet d'haver eliminat el colorant sobrant de la superfície del teixit, les evolucions resulten menys intenses que les observades just després del procés thermosol (Fig. 22). De la mateixa manera que en les anteriors observacions, ha mesura que augmenta el temps de thermosolat, augmenta el K/Scorr fins a arribar a un punt on el K/Scorr es torna asimptòtic degut o bé a la sublimació del colorant per efecte de la temperatura, o que el teixit no permet més colorant a les seves fibres i que per tant, s'ha arribat a l'equilibri de la tintura.

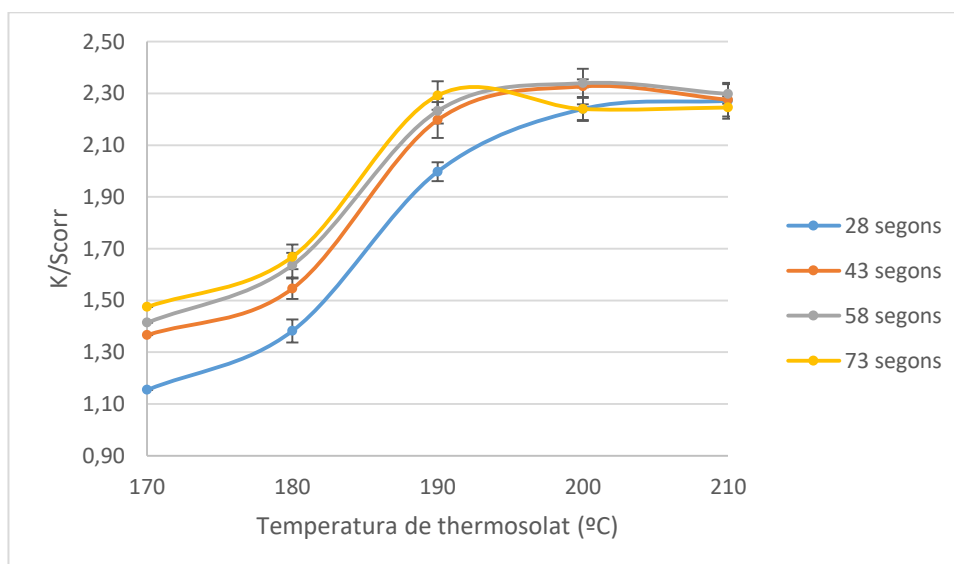


Fig. 33: Factor K/Scorr respecte a la temperatura de tractament thermosol de les mostres per a cada un dels temps de procés després del bany amb agent dispersant.

4.3.2.2 Diferència de color (DE)

Per a la determinació de la diferència de color dels teixits rentats amb bany dispersant, es procedeix de la mateixa manera que en l'apartat 4.2.2 per les mostres thermosolades. En aquest cas, s'observa que l'evolució dels valors de DE segueixen una tendència similar a l'obtinguda anteriorment en la determinació de l'evolució de K/Scorr en funció del temps de procés (Fig. 34). Això és degut a la relació entre aquests factors.

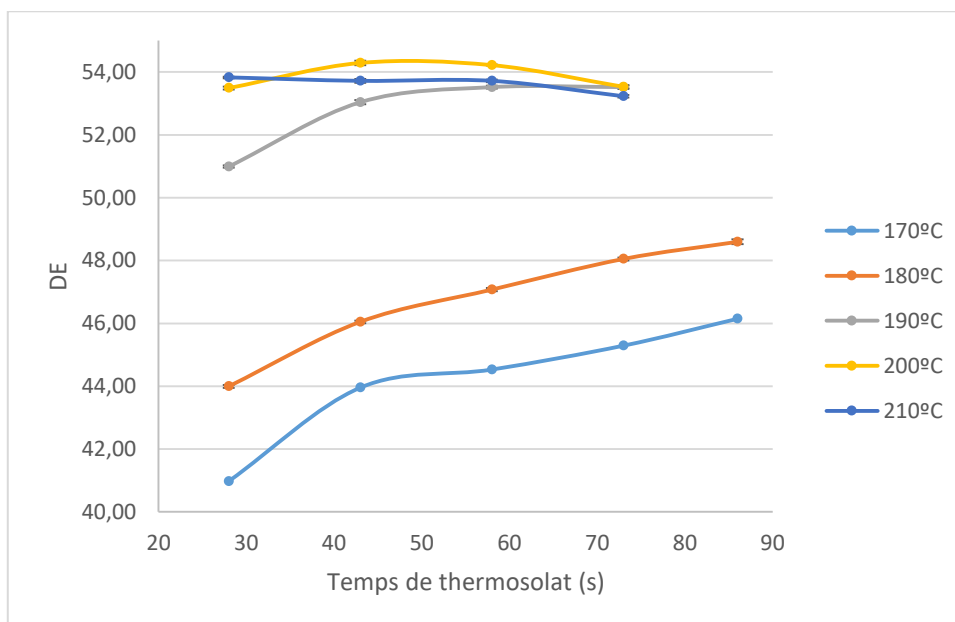


Fig. 34: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temps per diferents temperatures de tractament després del bany amb agent dispersant.

En l'evolució dels valors de K/Scorr respecte a la temperatura de thermosolat (Fig. 35), es comprova que efectivament a mesura que s'augmenta el temps de thermosolat, el K/Scorr augmenta fins a arribar un punt estacionari on, o bé podria ser que part del colorant hagués sublimat per efecte de la temperatura, o bé que el teixit no admetés més colorant. Aquests resultats concorden amb les observacions obtingudes fins ara.

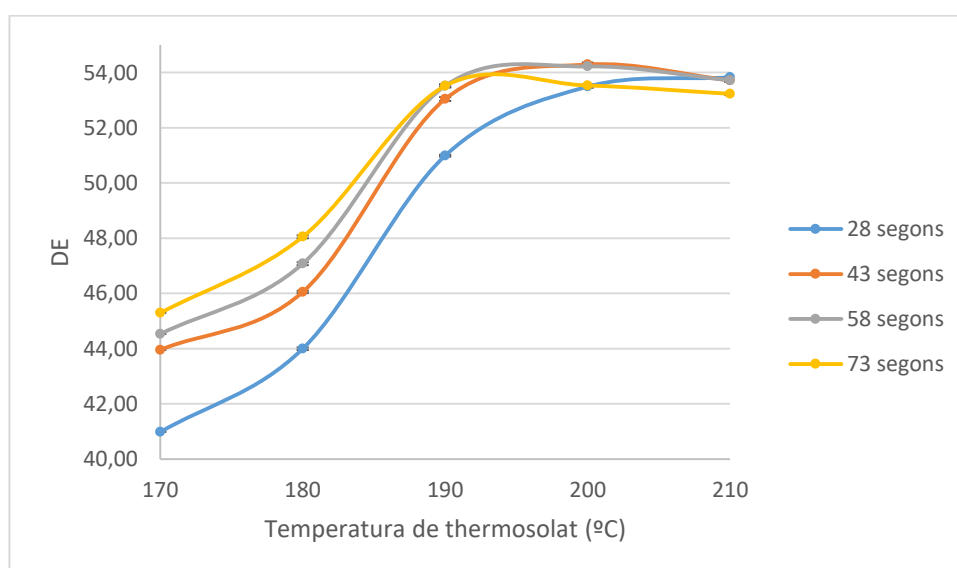


Fig. 35: DE dels diferents teixits després del procés thermosol a diferents temperatures per diferents temps de tractament després del bany amb agent dispersant.

Tot i que hi ha diferències amb el tractament amb bany reductor, aquestes són mínimes i segueixen una tendència similar, ja que possiblement els valors de color mesurats són referents al colorant fixat a la fibra, sense presència o amb mínima presència de colorant adsorbit.

4.4 Caracterització de les mostres després de l'eliminació del cotó

Com s'ha esmentat en el capítol 3.9, ja que l'estudi es realitza en mostres de teixit polièster/cotó (50/50), amb la finalitat d'elaborar una concordança directa entre les condicions de procés de tintura per tractament thermosol a les fibres de polièster, s'elimina el cotó de les mostres. Aquest pas, només s'ha estat realitzat en les mostres thermosolades que han passat pel tractament amb el bany reductor a causa de l'elevat volum de mostres i la falta de temps. Així doncs, com a possible extensió a aquest projecte i a aquest apartat, es proposa el futur estudi de les fibres de polièster resultants després de l'eliminació del cotó en teixits tenyits a les condicions esmentades.

El procediment experimental de la realització d'aquesta operació està descrit al capítol 3.9. Els valors obtinguts pel que fa al pes de les mostres (Taula 15 dels Annexes) indiquen petites desviacions de composició respecte als indicats pel fabricant. No obstant això, es tracten de valors molt pròxims als que s'haurien esperat, no superant un 6,32% de desviació. Aquestes diferències podrien presumiblement atribuir-se a dos factors, o bé es tracta d'un teixit d'una composició diferent de polièster/cotó (50/50), o bé a la pèrdua de fils/fibres a l'hora de realitzar l'eliminació de cotó i manipulació del teixit, propiciant una disminució del pes total. Realitzant la mitjana dels valors obtinguts, es pot concloure que el teixit està compost per un 53,51% de polièster i un 46,49% de cotó. Així doncs, tenint en compte les petites pèrdues de fils durant el tractament, es podria afirmar que es tracta d'un teixit compost per 50% polièster i 50% cotó.

De la mateixa manera que les caracteritzacions realitzades a les mostres resultants dels tractaments anteriors, aquí també s'han avaluat a través de tècniques colorimètriques les intensitats de color (K/Scorr) i diferències de color (DE) (Taula 16 dels Annexes) de les mostres que han estat thermosolades i han estat tractades amb el bany reductor.

4.4.1 Intensitat de color (K/Scorr)

En concordança amb totes les determinacions fetes al llarg de les observacions de tot l'estudi, els valors de K/Scorr augmenten a mesura que augmenta el temps i temperatura del procés de thermosolat, fent-se més evidents aquestes diferències després de l'eliminació del cotó (Fig. 36). Els valors de K/Scorr obtinguts per les mostres augmenten significativament un cop eliminat el cotó, probablement degut a que no queda teixit blanc i s'observa el color real del polièster amb tota la seva intensitat.

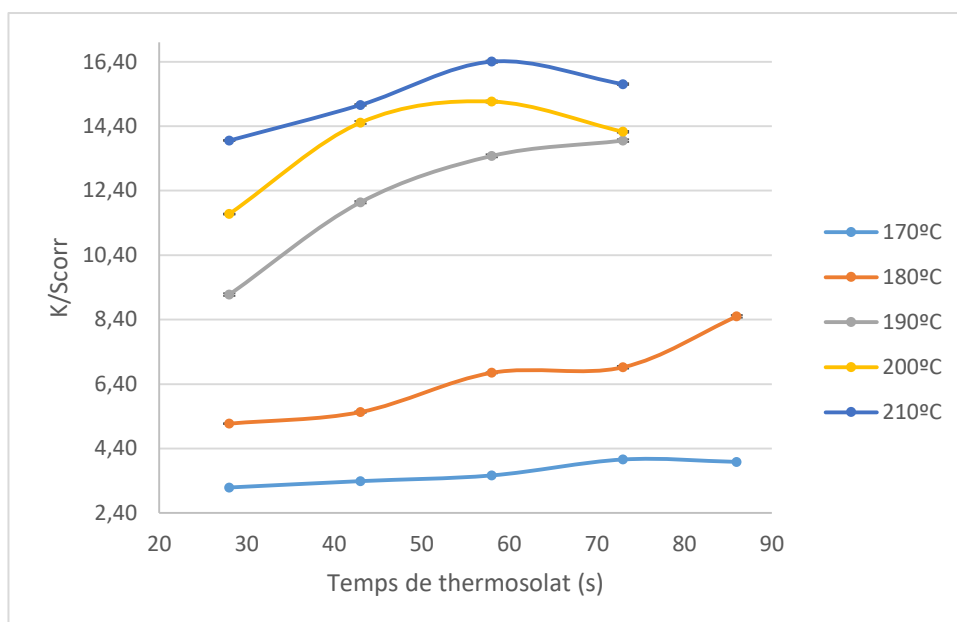


Fig. 36: Factor K/Scorr respecte al temps de tractament thermosolat de les mostres de polièster per a cada una de les temperatures de procés després del bany amb agent reductor.

De la mateixa manera que els resultats obtinguts per les mostres després del tractament amb bany reductor, l'evolució del K/Scorr en les mostres en les quals s'ha eliminat el cotó tenen una tendència ascendent amb la temperatura (Fig. 37). La diferència es troba en el fet que una vegada eliminada la fibra no tenyida, és a dir, el cotó, que dificulta la mesura de la intensitat del color en les fibres de polièster, resulta en un augment del K/Scorr del teixit.

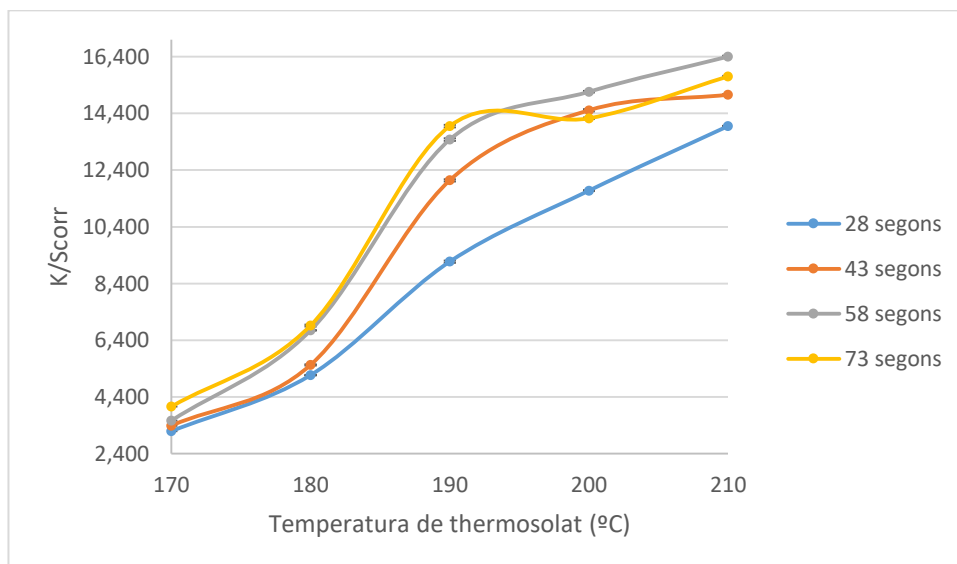


Fig. 37: Factor K/Scorr respecte a la temperatura de tractament thermosolat de les mostres de polièster per a cada un dels temps de procés després del bany amb agent reductor.

4.4.2 Diferència de color (DE)

Seguint la mateixa tendència, les evolucions dels valors de diferència de color (DE) (Fig. 38) estan intrínsecament relacionats amb els valors de K/Scorr obtinguts (Fig. 36), fet el qual està en concordança amb tots els resultats observats fins ara.

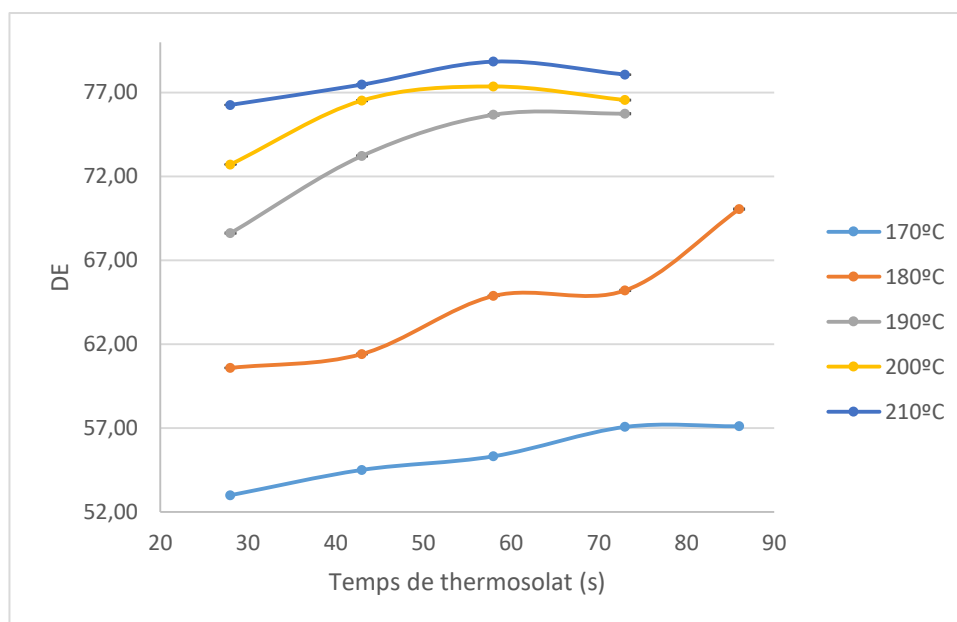


Fig. 38: DE dels diferents teixits després del procés thermosolat de les mostres de polièster a diferents temps per diferents temperatures de tractament després del bany amb agent reductor.

Representant els valors de DE respecte a la temperatura del procés de thermosolat en referència a una mostra sense tractar (Fig. 39), resulten en una tendència similar que l'observada en l'evolució del K/Scorr (Fig. 37). A partir de 190°C fins a 210°C les diferències entre realitzar el thermosolat a 58 o 73 s són gairebé menyspreables, permetent-nos estalviar 15 s de procés a més de 20°C de temperatura si s'estigués realitzant la tintura al màxim temps i temperatura estudiat. En addició, totes les partícules sublimades de colorant que s'haguessin emès a l'atmosfera per estar en el punt on el colorant es converteix en vapor, no seran emeses.

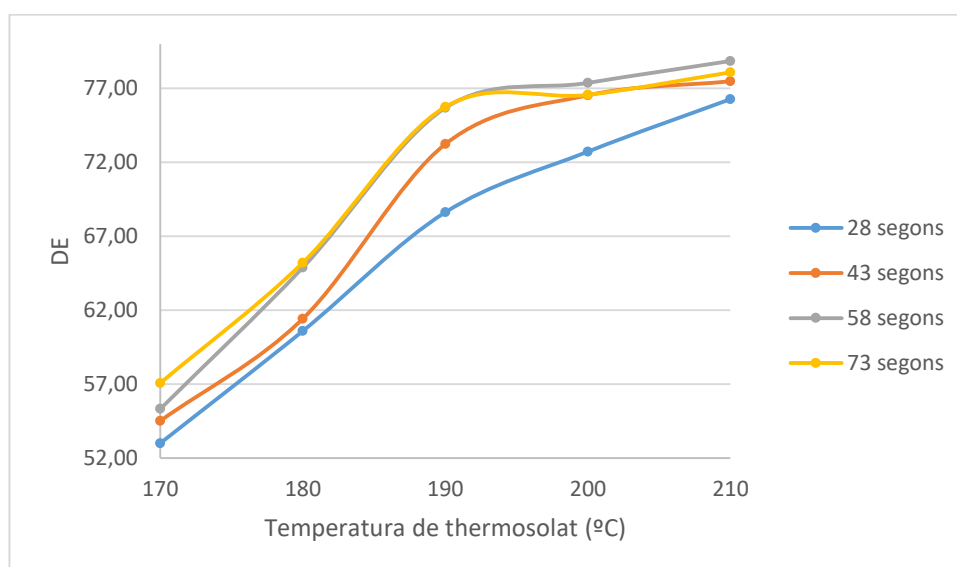


Fig. 39: DE dels diferents teixits després del procés thermosolat de les mostres de polièster a diferents temperatures per diferents temps de tractament després del bany amb agent reductor.

4.5 Determinació del nivell de solideses de les mostres pels diferents tractaments

Per a la determinació del nivell de solideses per fregament en sec i humit pels diferents tractaments, s'han avaluat les mostres tenyides pel procés de tintura per thermosol a les temperatures de 170 i 180°C als diferents temps per a tots els tractaments exceptuant el de l'eliminació del cotó a causa de la falta de temps. El procediment seguit per a la seva determinació és el descrit al capítol 3.10.2.

4.5.1 Solideses al fregament de les mostres thermosolades a 170°C

Els resultats obtinguts per a la determinació del nivell de solideses al fregament en sec (Taula 17 dels Annexes i Fig. 40), es pot observar que les mostres amb tractament de bany reductor i dispersant resulten en unes solideses de 4-5 fins a 5, essent aquest el màxim. Aquest fenomen pot ser degut a una efectiva eliminació del colorant no adsorbit. Per altra banda, les solideses en sec de les mostres només thermosolades presenten valors de 3-4 a 4, resultant en pitjors de solideses respecte als tractaments de rentat a causa de l'excés de colorant que queda sobre la fibra.

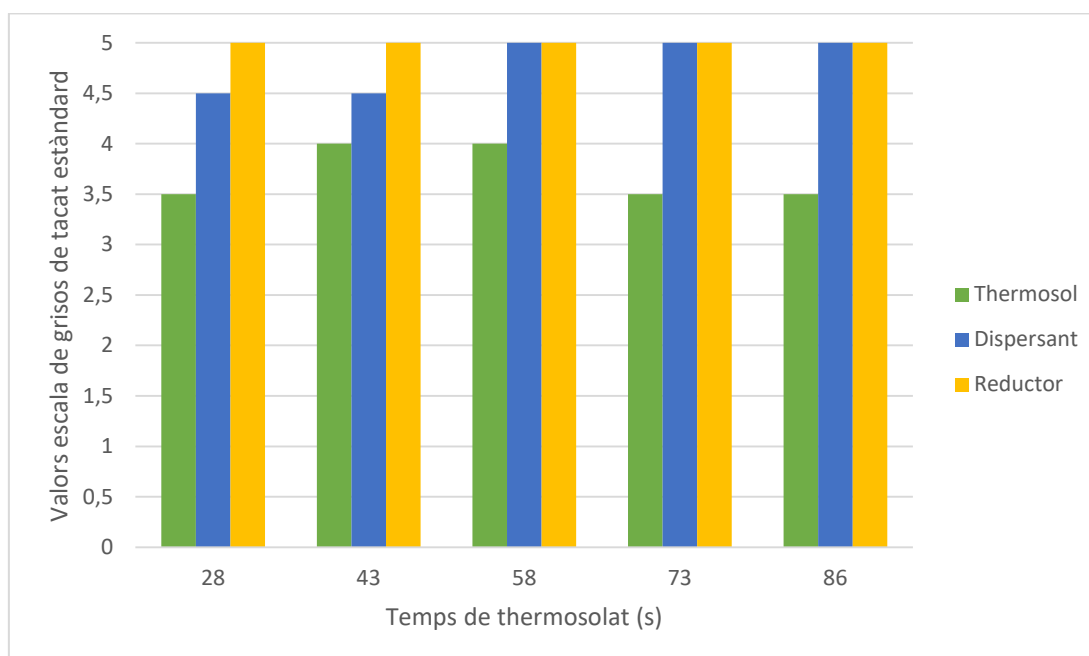


Fig. 40: Valors obtinguts de solideses al fregament en sec de les mostres thermosolades a 170°C.

De manera extensiva, per les solideses en humit (Taula 19 dels Annexes i Fig. 41) es determina que els valors de solideses són inferiors que els determinats per sec. Aquestes diferències es veuen agreujades sobretot en les mostres que han sigut només thermosolades. Aquesta observació podria explicar-se com a conseqüència de dos factors: (i) els teixits que han estat thermosolats i no s'han tractat posteriorment contenen una quantitat més elevada de colorant no fixat a la fibra (tal com s'ha demostrat en els apartats anteriors), per tant, un índex de descàrrega elevat; (ii) la diferència entre els valors de solideses en sec i humit per una mateixa mostra ve influenciada per la presència de l'aigua, actuant aquesta com a medi en el qual el colorant pot ser arrossegat més fàcilment. Per altra banda, les mostres amb tractament de bany dispersant i reductor segueixen presentant bones solideses i molt semblant entre elles.

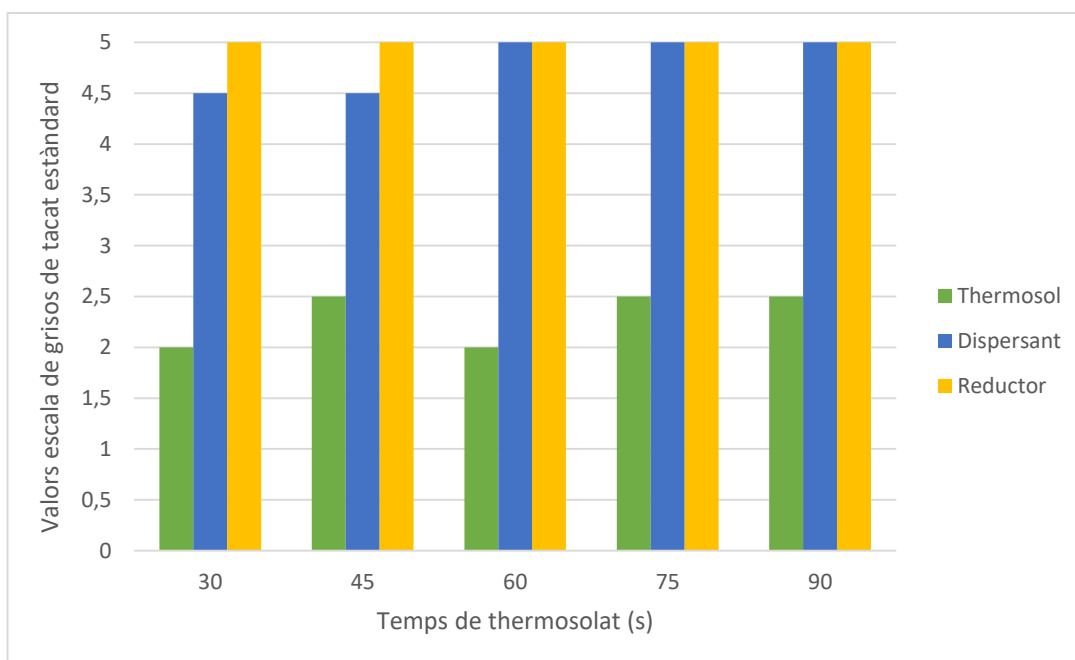


Fig. 41: Valors obtinguts de solideses al fregament en humit de les mostres thermosolades a 170°C.

4.5.2 Solideses al fregament de les mostres thermosolades a 180°C

La determinació del nivell de solideses al fregament en sec per a les mostres thermosolades a 180°C (Taula 18 dels Annexes i Fig. 42), de la mateixa manera que s'ha obtingut als 170°C, resulten en elevades solideses per les mostres dels tractaments amb bany dispersant i reductor. Les mostres que han estat només thermosolades no presenten tan bones solideses com les que han rebut tractaments posteriors. Aquesta observació està en concordança amb els resultats anteriors, de manera que es confirma una vegada més la presència de colorant no adsorbit en les mostres thermosolades i la necessitat d'eliminar-lo amb post-tractaments.

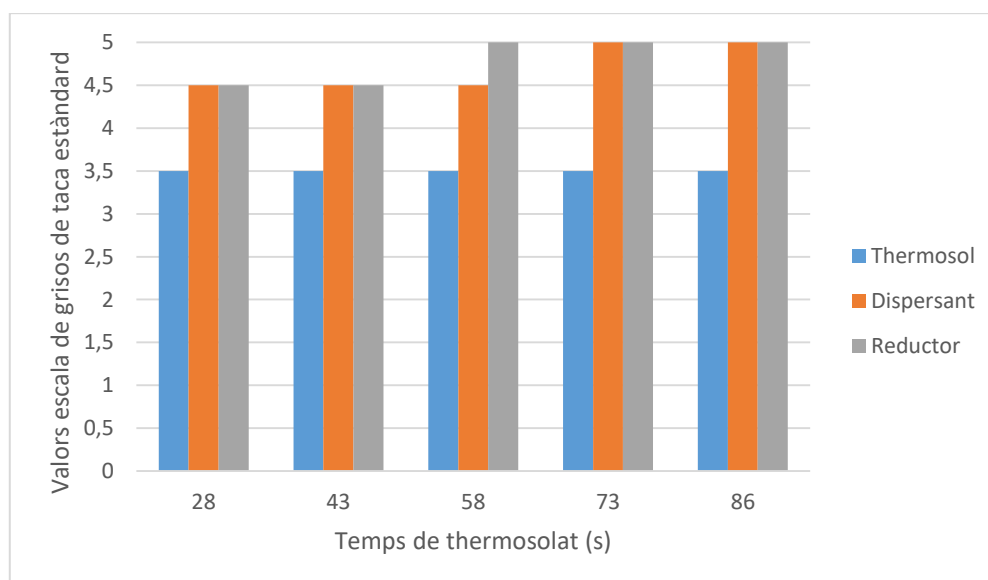


Fig. 42: Valors obtinguts de solideses al fregament en sec de les mostres thermosolades a 180°C.

Les solideses al fregament en humit en canvi (Taula 20 dels Annexes i Fig. 43), disminueixen notablement respecte en sec, i segueix la mateixa tendència quan es comparen els resultats de

les mostres thermosolades i les thermosolades amb post-tractament (bany reductor i bany dispersant) pel mateix motiu que s'ha comentat prèviament.

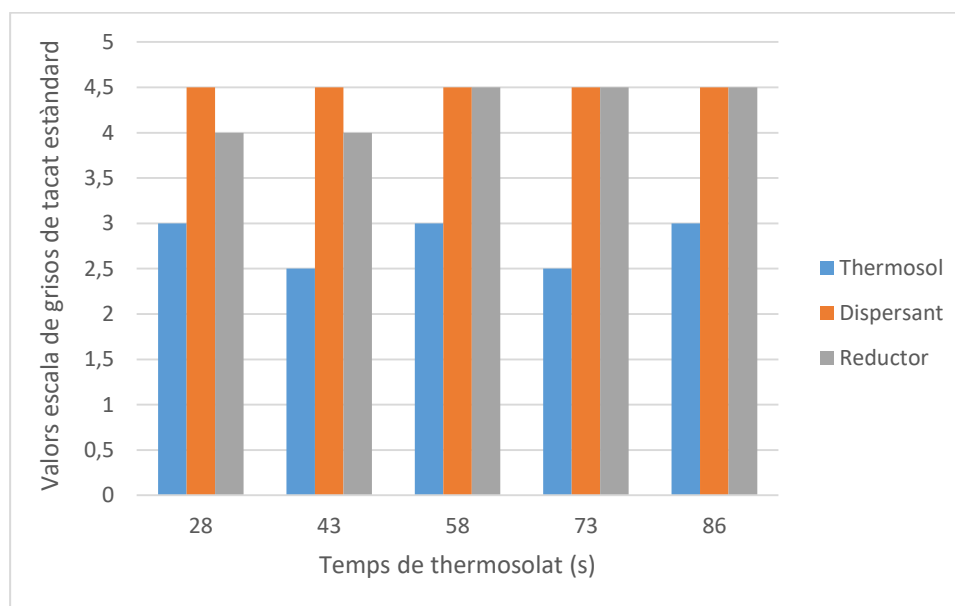


Fig. 43: Valors obtinguts de solideses al fregament en humit de les mostres thermosolades a 180°C.

4.6 Comparació dels resultats obtinguts amb el bany amb agent reductor i amb el bany amb agent dispersant

Tal com s'ha demostrat experimentalment en l'apartat anterior s'han determinat les diferències qualitatives i quantitatives de les mostres thermosolades després d'haver estat sotmeses a un bany reductor i a un bany amb agent dispersant. Aquesta secció pretén establir una comparativa més detallada entre aquests resultats a partir dels valors individuals per a cada tractament ja analitzats anteriorment.

4.6.1 Intensitat de color (K/Scorr)

Les diferències (en valor absolut) dels valors d'intensitat de color (K/Scorr) entre els tractaments amb bany reductor i bany dispersant (Taula 21 dels Annexes), mostren que van disminuint a mesura que s'augmenta el temps i la temperatura del procés de tintura per thermosol. Aquesta observació pot ser deguda a dos possibles factors: (i) part del colorant pot haver arribat a patir sublimació per temperatura, (ii) s'ha arribat a l'equilibri de tintura en el que la fibra no accepta més quantitat de colorant en el seu interior.

Tot i això, es veu clarament que no hi ha diferències notables entre el tractament amb bany dispersant i el reductor. Aquestes diferències no són superiors a 0,306, indicant que es podria substituir el tractament amb bany reductor per només amb el bany dispersant. Aquesta situació és possible, segurament, a que s'està treballant a intensitats baixes de colorants sobre pes de fibra (inferiors a l'1%).

4.6.2 Diferència de color (DE)

De manera anàloga, es calculen les diferències de color entre el tractament amb bany dispersant i reductor (Taula 21 dels Annexes). En aquest cas, es presenten més diferències de color a temperatures de thermosolat baixes com són de 170 a 190°C. Això és degut, com s'ha anat dient, a què el colorant sublima a més de 190°C i per molt que s'augmenti la temperatura i/o el temps de thermosolat, la DE no augmenta notablement. En passar els 190°C, les diferències de color

disminueixen, de l'ordre de 0,90 de mitja. Aquest són valors que no s'aprecien a simple vista. Per tant, ambdós tractaments ens donen resultats molt similars tot i que el rentat reductor segueix sent una mica superior al dispersant, ja que s'elimina més colorant de la superfície. Per triar si val la pena o no fer el reductor, s'ha de comprovar les solideses per veure si hi ha molt colorant a la superfície amb el dispersant i ens dóna un producte poc atractiu que té poca resistència al fregament.

4.6.3 Solideses al fregament

Com s'ha vist en el capítol 4.5, s'han determinat les solideses al fregament en sec i humit a les temperatures de thermosolat de 170 i 180°C, i tractaments amb bany dispersant i reductor.

Les diferències de solideses al fregament en sec per les mostres després dels tractaments amb bany dispersant i reductor (Fig. 44), demostren que no són notables per a cap dels teixits tractats. Per a temps baixos de processos de tintura per thermosolat (28 i 43 segons) s'observen disminucions en les solideses, ja que són temps molt curts de tractament on el colorant no té prou temps per fixar-se a les fibres. Tot i això, a més temperatura no es pot afirmar que no hi hagi disminucions en les solideses al fregament.

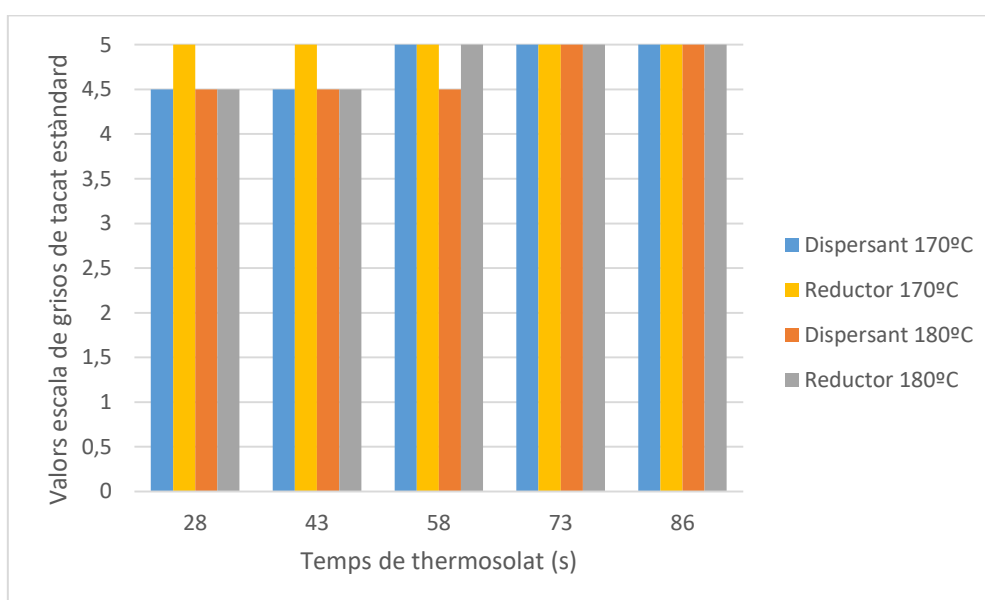


Fig. 44: Comparativa de les solideses al fregament en sec dels tractaments amb bany dispersant i reductor

Si ara es compara els tractaments amb bany dispersant i reductor en humit (Fig. 45), d'igual manera s'observen molt bones solideses pels dos tractaments. Podent concloure que a 170 i 180°C no hi ha diferències a les solideses al fregament pels tractaments amb bany dispersant i reductor.

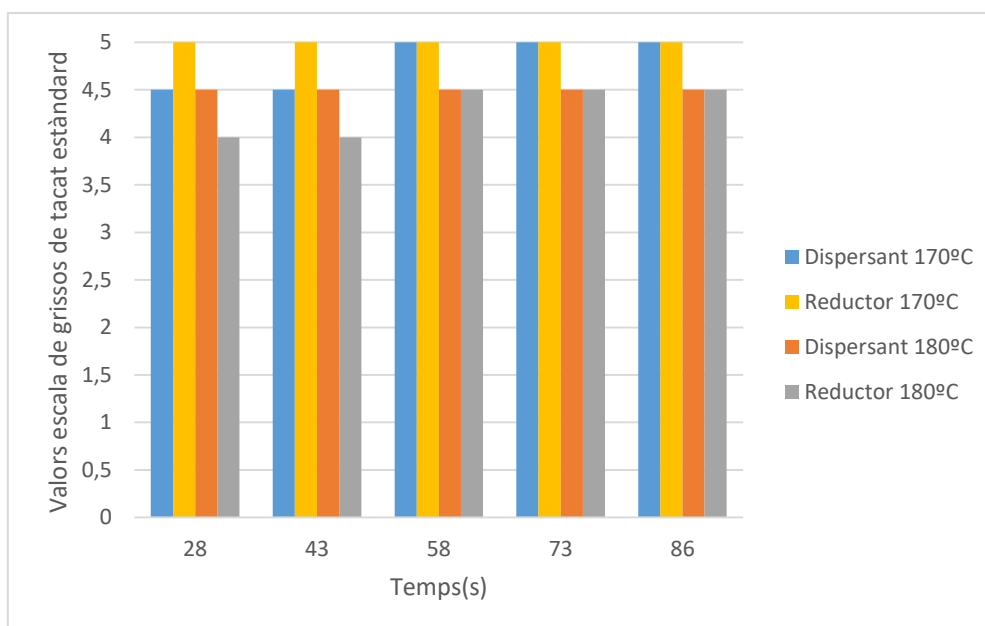


Fig. 45: Comparativa de les solideses al fregament en humit dels tractaments amb bany dispersant i reductor

4.7 Comparativa de les mostres amb bany reductor abans i després de l'eliminació del cotó

Com que el nostre teixit a estudiar és polièster-cotó i el colorant que s'ha fet servir és un colorant dispers, aquest només penetra a les fibres de polièster i el cotó es queda amb el seu color inicial. Per veure el color real del polièster, s'ha realitzat l'eliminació del cotó i s'ha vist com la intensitat i diferències de color augmentava notablement. S'han realitzat dues gràfiques, una pel K/Scorr (Taula 23 dels Annexes i Fig. 46) i un altre per el DE (Taula 24 dels Annexes i Fig. 47), on es pot observar el % en el que ha augmentat aquestes característiques del tractament reductor al tractament amb l'eliminació de cotó.

Degut a que el teixit estudiat té una composició polièster/cotó i l'objectiu és aconseguir un procés de tintura amb colorant dispers òptim, s'ha de tenir en compte que els colorants dispersos només penetren en les fibres de polièster i que les de cotó romanen amb el seu color inicial. Per aquest motiu i veure el color real del polièster, s'ha procedit a l'eliminació del cotó del teixit compost, i se n'ha valorat la intensitat de color (K/Scorr) i diferències de color (DE). Les gràfiques de l'increment percentual de K/Scorr (Taula 23 dels Annexes i Fig. 46) i l'increment percentual de DE (Taula 24 dels Annexes i Fig. 47), s'observa l'augment d'aquestes característiques en les mostres amb tractament de bany amb agent reductor abans i després de l'eliminació del cotó.

Concretament, la Fig. 46 indica que a mesura que augmenta el temps de tractament, els valors K/Scorr augmenten, fins als 58 s aproximadament, on arriba al màxim per a altes temperatures (190-210°C). Per tant, es pot determinar que la intensitat de color augmenta notablement després de l'eliminació del cotó, pel fet que el cotó és blanc i no deixa observar el color real del polièster.

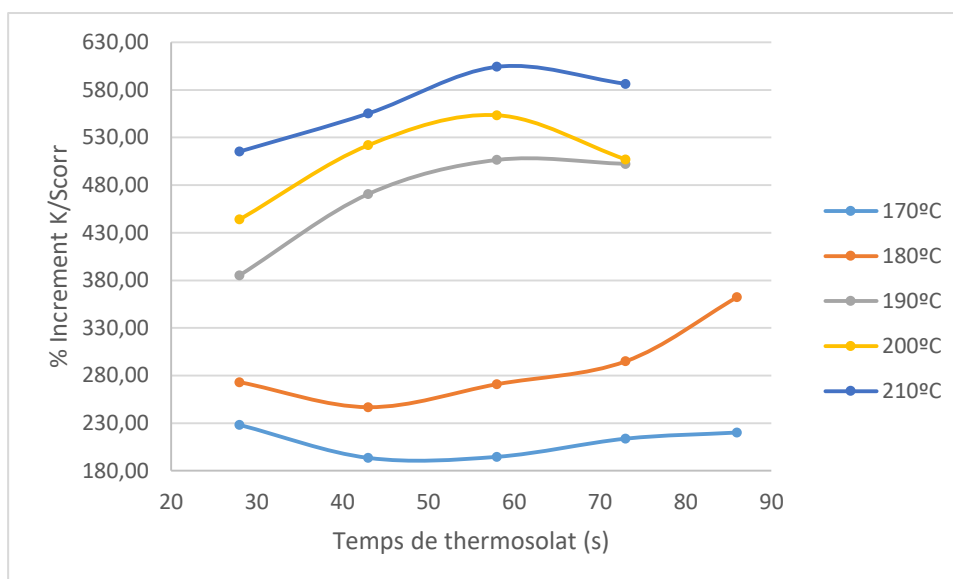


Fig. 46: Increment percentual dels valors de K/Scorr de les mostres a diferents temps abans i després de l'eliminació del cotó

Per altra banda, els valors de DE (Fig. 47) indiquen que entre 180 i 190 °C hi ha una zona d'increment més baix que la resta de mostres. De la mateixa manera que s'ha observat amb el K/Scorr, els valors de DE arriben a un màxim als 58 aproximadament d'acord amb altes temperatures.

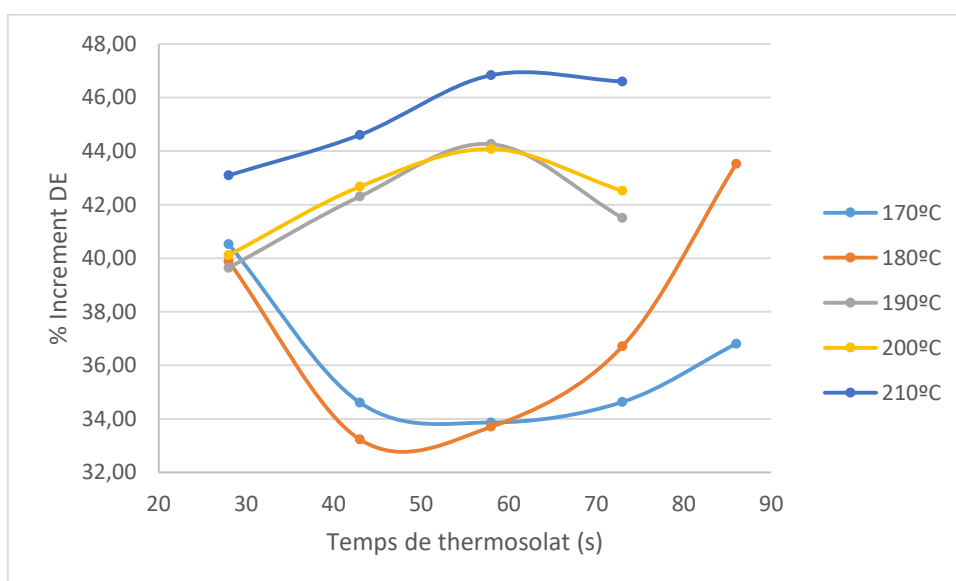


Fig. 47: Increment percentual dels valors de DE de les mostres a diferents temps abans i després de l'eliminació del cotó.

Finalment, s'ha comprovat la tendència correlativa entre les mostres abans i després de l'eliminació de cotó. Representant els valors de K/Scorr de les mostres d'abans d'eliminar el cotó a l'eix d'abscisses i valors de K/Scorr de les mostres després d'eliminar el cotó en l'eix d'ordenades per 28, 43 i 58 s, (Fig. 48). Es determina que a aquests temps i a totes les temperatures de thermosolat hi ha una correlació lineal entre els tractaments. Aquest fet podria indicar que la quantitat de colorant que tenyeix al polièster és linealment proporcional a l'augment d'aquest paràmetre.

A més temps de procés de thermosolat, 73 i 86 s, no s'observa una correlació lineal. Aquest fet pot ser causat per la sublimació o termomigració del colorant, afirmant que aquest temps no són òptims per a la realització de la tintura.

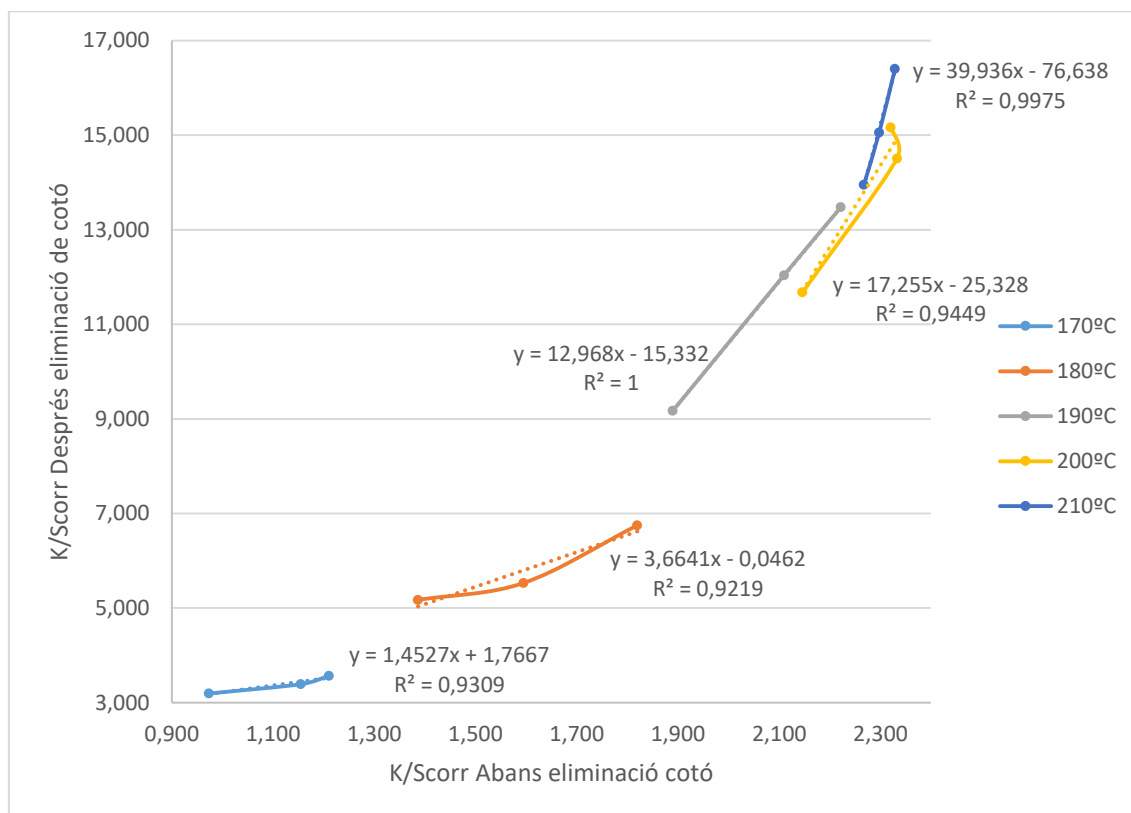


Fig. 48: Correlació entre els valors de K/Scorr obtinguts en mostres després i abans de l'eliminació del cotó

4.8 Modelització a través d'una equació del tipus d'Arrhenius

Tal com s'ha explicat al capítol 3.12, tot i que no s'està realitzant un estudi de cinètica química, sí que s'està mesurant l'increment de colorant a la fibra respecte a les temperatures i temps experimentals. Això suggereix que es podria fer un estudi del tipus Arrhenius. Tot i que el K/Scorr no és la cinètica de la reacció (k), aquest estan relacionats i s'ha pres la suposició de realitzar aquest càlcul per veure com evoluciona el colorant en l'adsorció dins la fibra. S'ha procedit a representar gràficament a través de l'equació d'Arrhenius el $\ln(K/Scorr)$ vs. $1/T$. Aquest procediment s'ha realitzat pel tractament amb bany dispersant i reductor.

Segons la representació gràfica de l'equació d'Arrhenius, els valors haurien de representar l'equació d'una recta. Degut a l'elevada desviació de la tendència dels resultats, es decideix prescindir dels punts obtinguts per les mostres processades a 200°C i 210°C (Fig. 61 i Fig. 60) els punts no presenten cap tendència de lineal com es podria esperar. Aquest fenomen pot ser degut al fet que el colorant ha arribat al punt de sublimació o termomigració fet que fa que no s'hagi introduït a la fibra. Per tant, s'han realitzat els gràfics de nou obviant aquests valors. Pel que fa a les temperatures de 170°C a 190°C, es pot determinar que es compleix la linealitat pels tractaments amb bany dispersant i reductor.

Per les mostres amb tractament de bany reductor (Fig. 49), els punts formen rectes lineals, tot i que a 58 segons i 180°C hi ha un punt que es desvia i que s'obviarà. La regressió lineal d'aquestes rectes van des de 0,96 fins a 0,99.

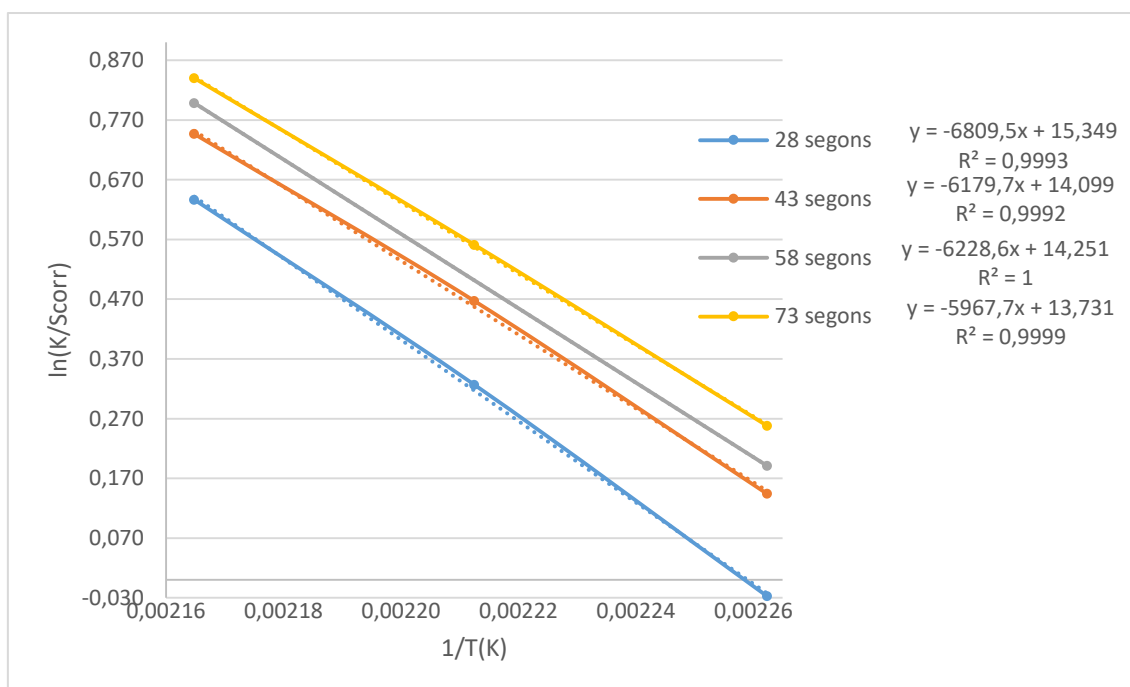


Fig. 49: Gràfic d'Arrhenius de les mostres amb tractament de bany reductor que presenten una tendència lineal i s'han creat les línies de tendència

Així doncs, les mostres que han rebut un post-tractament amb bany dispersant (Fig. 50) tenen una tendència de forma de J invertida. Això pot ser degut al fet que el bany amb agent dispersant no ha sigut efectiu totalment i part del colorant s'ha mantingut a la superfície de la fibra. A més les rectes presenten una regressió lineal que va des de 0,92 fins a 0,95.

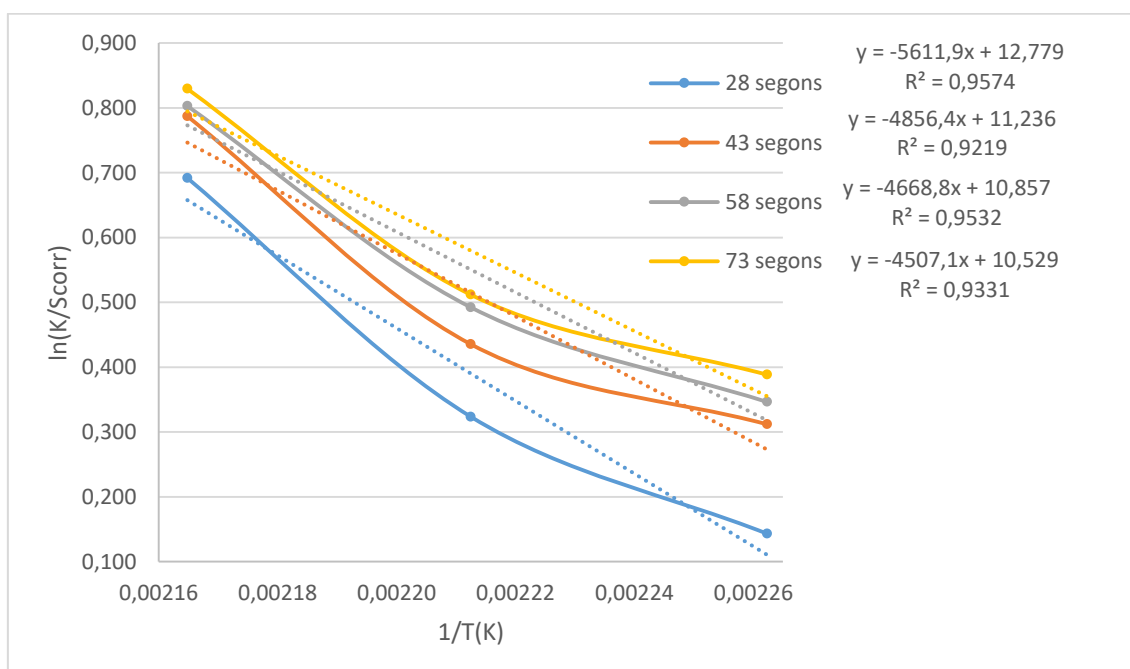


Fig. 50: Gràfic d'Arrhenius de les mostres amb tractament de bany dispersant que presenten una tendència lineal

Com a conclusió, es podria afirmar que els dos tractaments segueixen l'equació d'Arrhenius i que el K/Scorr està relacionat d'alguna manera a la constant cinètica.

CAPÍTOL 5: COST ECONÒMIC

CAPÍTOL 5: COST ECONÒMIC

Un dels objectius del treball és la possibilitat de recórrer a una operació alternativa al rentat amb bany reductor per al procés de tintura per tractament thermosol estudiat. En el capítol 4.6 s'ha demostrat que es podria considerar una substitució per una operació amb bany amb agent dispersant. És per això, que en aquest capítol es detallaran els costos de producció de tot el procés realitzat fins ara en línies generals, per valorar l'estalvi econòmic, tant en productes com en energia, que suposaria realitzar un tractament amb dispersant en lloc de reductor.

Degut a l'elevada complicació i necessitat de temps que suposaria realitzar el càlcul de la variació de preus tenint en compte cada una de les condicions de thermosolat estudiades (temperatura i temps), aquest apartat s'emmarcarà només en els càlculs dels tractaments post-thermosolat esmentats.

5.1 Preus comercials

Pel càlcul del cost econòmic, primer de tot s'ha de conèixer el preu aproximat dels productes. Així doncs, en els següents apartats s'ha detallat el pes econòmic de cada un dels elements que hi intervenen.

5.1.1 Productes necessaris pel tractament de teixits amb bany reductor

Taula 7: Preus pel tractament de teixits amb bany reductor

Producte	Preu
Hidròxid de sodi	6€/kg[17]
Hidrosulfit sòdic	5€/kg[18]
Liogeno DTFN	12€/kg(Estimació)
Aigua	1,23€/m ³ [19]

5.1.2 Productes necessaris pel tractament de teixits amb bany dispersant

Taula 8: Preus pel tractament de teixits amb bany dispersant

Producte	Preu
Liogeno DTFN	12€/kg(Estimació)
Aigua	1,23€/m ³ [19]

5.2 Càlcul del consum d'aigua i de productes

S'ha suposat que la quantitat de teixit a tenyir és de 100 kg. Aquest teixit té un gramatge de 220 g/m² i una amplada de 140 cm.

Per realitzar aquests tractaments post-thermosolat, ambdós tenen les mateixes condicions de temps i de temperatura com es representa en la Fig. 18 i tenen una relació de bany 1/20 (Eq.13). Per tant, aquestes seran les constants del procés. Prendrem per variables la quantitat i preu dels productes.

$$\text{Eq.13} \quad 100 \text{ kg teixit} \cdot \frac{20 \text{ l bany}}{1 \text{ kg teixit}} = 2000 \text{ l de bany}$$

5.2.1 Tractament amb bany reductor

Per aquest tractament, s'han fet servir 2 g/l d'hidròxid de sodi, 2 g/l d'hidrosulfit sòdic i 1 g/l de Liogeno DTFN. Si es realitzen els càlculs com en el cas anterior (Eq.14, Eq.15, Eq.16), es determina que es necessitarien 4 kg d'hidròxid de sodi, el qual té un preu de 24 €, 4 kg d'hidrosulfit sòdic un preu de 20 € i 2 kg de Liogeno DTFN de 24 €.

$$\text{Eq. 14} \quad 2000 \text{ l de bany} \cdot \frac{0,002 \text{ kg hidròxid de sodi}}{1 \text{ l}} \cdot \frac{6\text{€}}{1 \text{ kg}} = 24 \text{ € d'hidròxid de sodi}$$

$$\text{Eq. 15 } 2000 \text{ l de bany} \cdot \frac{0,002 \text{ kg hidrosulfit sòdic}}{1 \text{ l}} \cdot \frac{5\text{€}}{1 \text{ kg}} = 20 \text{ € d'hidrosulfit sòdic}$$

$$\text{Eq. 16 } 2000 \text{ l de bany} \cdot \frac{0,001 \text{ kg Liogeno DFTN}}{1 \text{ l}} \cdot \frac{12\text{€}}{1 \text{ kg}} = 24 \text{ € de Liogeno DFTN}$$

5.2.2 Tractament amb bany dispersant

Pel tractament amb bany dispersant, s'han fet servir 5 g/l de Liogeno DFTN. Sabent que per la relació de bany es necessiten 2000 litres de bany per tractar 100 kg de teixit i que el preu del Liogeno DFTN és de 12 €/l, s'obté que 10 kg de Liogeno DFTN costaria 120 € (Eq.17).

$$\text{Eq. 17 } 2000 \text{ l de bany} \cdot \frac{0,005 \text{ kg Liogeno DFTN}}{1 \text{ l}} \cdot \frac{12\text{€}}{1 \text{ kg}} = 120 \text{ € de Liogeno DFTN}$$

5.3 Conclusions

En total, pel bany dispersant es necessitarien 10 kg de producte i costaria un total de 40 €. Pel cas del bany reductor, es necessitarien 10 kg de producte i costaria un total de 68 €. Per tant, l'estalvi que representaria utilitzar l'operació amb bany dispersant en substitució del bany reductor seria del 41,18% (Fig. 51). Tots aquests són preus aproximats però es pot fer una idea general del que suposaria un tractament o un altre.

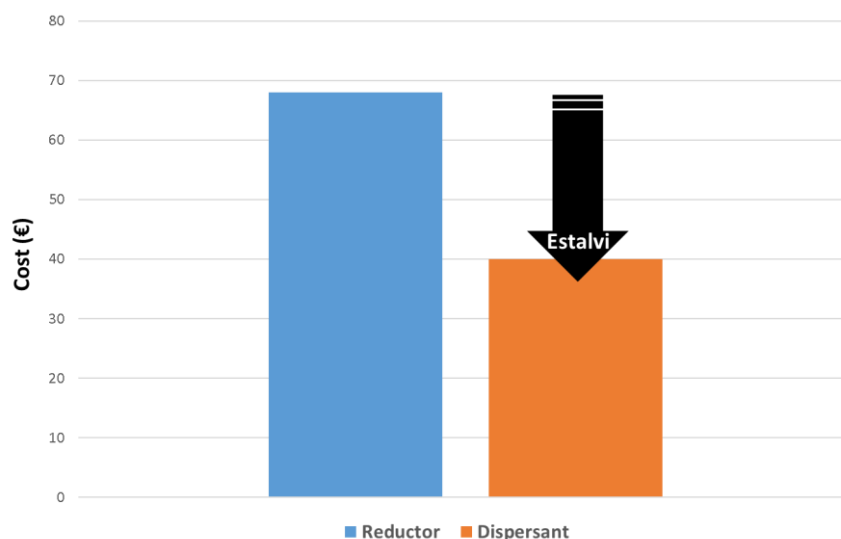


Fig. 51: Representació dels costos dels tractament post-thermosol

Tot i que en els dos casos es fa servir la mateixa quantitat de producte, el fet d'utilitzar l'hidrosulfit sòdic ja suposa un desavantatge, perquè s'ha de tractar segons el seu full de seguretat (restrictiu). A més a més, de forma posterior a aquest tractament, s'han de realitzar les operacions addicionals de neutralitzat i esbandit, incrementant encara més els costos i els processos a realitzar.

CAPÍTOL 6: CONCLUSIONS

CAPÍTOL 6: CONCLUSIONS

En aquest estudi s'han avaluat diferents condicions de temps i temperatura per un procés de tintura a la contínua per procés thermosol d'un teixit polièster/cotó (50/50) amb colorant Dianix Scarlet SE-3G per a la seva optimització. Després de la caracterització dels teixits thermosolats resultants (impregnació per foulardat i assecat), no s'ha pogut extreure una tendència clara pel que fa l'evolució de les intensitats de color (K/Scorr) amb la temperatura i temps de procés, probablement pel fet que encara roman colorant sobre el teixit i això, pot desviar les mesures colorimètriques. Amb operacions de tractament de post-thermosolat, s'ha pogut corregir aquesta tendència.

Dins d'aquesta mateixa operació de tintura, s'ha determinat la quantitat de bany de colorant que el teixit s'endú mitjançant el càlcul del percentatge d'impregnació ($I\%$). Per a totes les mostres analitzades, s'ha observat que els valors d' $I\%$ són del mateix ordre, podent assegurar que la quantitat de colorant contingut en les mostres és molt similar i constant, i que, per tant, el procés resulta uniforme. Realitzant la mitjana dels valors d' $I\%$, el valor obtingut ha sigut de $53,20 \pm 0,37\%$, valor que ens indica la qualitat de la metodologia experimental. Aquest valor d' $I\%$, ha resultat important en la posterior operació d'assecat, ja que ens ha permès ajustar l'energia subministrada, i així, incrementar l'estalvi energètic del procés.

El nivell de solideses dels teixits resultants després de thermosolar, sense els rentats posteriors, han donat unes solideses baixes, d'entre 2 i 4 de l'escala de grisos de tacat estàndard. Aquesta observació ens ha permès concloure la necessitat d'una operació d'eliminació de colorant adsorbit a la fibra (no fixat) adicional, tal com els estudis teòrics demostren.

Per a l'eliminació del colorant adsorbit a la superfície dels teixits thermosolats, s'ha procedit al tractament de post-thermosolat de bany amb agent reductor. Mitjançant una primera avaluació qualitativa dels banys residuals de rentat, s'ha pogut afirmar que visualment els teixits contenien una quantitat apreciable de colorant no fixat, sobretot a temps baixos de procés de thermosolat. Aquesta observació s'ha vist confirmada a través dels valors de K/Scorr i DE d'aquestes mostres, les quals ens han permès determinar que les condicions més favorables per a l'obtenció de teixits amb elevades intensitats i diferències de color es troben a 190°C i 58 segons.

Per altra banda, ja que l'operació de tractament post-thermosol mitjançant bany reductor suposa una elevada despesa econòmica i és un procés relativament agressiu, s'ha valorat la possibilitat de substituir-la per un tractament amb bany amb agent dispersant a les mateixes condicions de temperatura i temps. En primer terme, la valoració qualitativa dels banys residuals d'aquesta operació, ha indicat, de la mateixa manera que ho ha fet el tractament amb bany reductor, la presència de colorant no fixat. Comparant aquests resultats amb els de bany reductor, s'ha observat que l'aspecte del bany residual del tractament dispersant ha resultat ser d'un color més intens que el seu homòleg. Aquest fenomen ha permès confirmar l'agressivitat de l'agent reductor, ja que l'acció de l'hidrosulfit sòdic sobre el colorant és de degradació. Pel que fa a l'avaluació quantitativa mitjançant colorimetria, s'ha pogut concloure que les condicions més favorables de procés per a l'obtenció de teixits amb elevades intensitats i diferències de color es troben a 190°C i 58 segons. En treballar a condicions de percentatge de colorant sobre pes de fibra inferiors a l'1% (0,26%spf), ens ha permès establir la recomanació del tractament post-thermosolat amb bany dispersant.

S'ha demostrat que l'operació per tractament de post-thermosolat amb bany dispersant és un adequat substitut per l'operació de bany amb agent reductor. S'ha comparat la capacitat d'eliminació del colorant no fixat amb l'agent dispersant i l'agent reductor, observant que els valors de K/Scorr han sigut similars en les dues operacions. Només s'han detectat petites diferències a temperatures baixes de thermosolat com són 170°C i 190°C, indicant que possiblement el colorant pot sublimar a valors de temperatura de procés superiors a 190°C, i que encara que se n'augmenti la temperatura i/o el temps, els valors de DE no augmenten notablement. Per tant, ambdós tractaments ens donen resultats molt similars tot i que el rentat reductor segueix tenint un poder d'extracció del colorant superficial lleugerament superior.

Pel que fa al nivell de solideses al fregament, s'ha demostrat una efectivitat similar tant en el tractament de post-thermosolat amb bany reductor i bany dispersant, en sec i en humit. Per a baixos temps de procés de tintura de thermosolat, com són 28 s i 43 s, s'han obtingut solideses inferiors a la resta, possiblement perquè el colorant no ha tingut prou temps de difondre's a l'interior de la fibra.

Respecte a l'àmbit econòmic, també s'ha demostrat que és possible realitzar la tintura per thermosol a 190°C i 58 s amb un tractament post-thermosolat amb bany dispersant com a substitut del bany reductor, suposant un estalvi energètic d'uns 20°C i d'un temps de 30 s de procés respecte a la temperatura màxima teòrica (210°C i 90 s). Finalment, també s'ha arribat a la conclusió de què la realització d'un tractament amb agent dispersant ha suposat un estalvi en productes del 41% respecte al preu inicial amb bany reductor, demostrant un cop més la idoneïtat del procés proposat.

Mitjançant el tractament de les dades de K/Scorr de les mostres després de tractaments post-thermosolat a través de l'equació d'Arrhenius, s'ha pogut determinar que presenten linealitat. Aquest fet ens ha permès afirmar que hi ha una correlació entre la intensitat de color i la cinètica del procés de difusió del colorant.

Finalment, el tractament d'eliminació del cotó del teixit amb composició de mescla de fibres, ens ha permès obtenir una quantificació del colorant Dianix Scarlet SE-3G fixat a la fibra de polièster. És per això que els valors de K/Scorr i DE s'han vist augmentats després d'aquest tractament, ja que no s'han vist afectats per les fibres blanques del component de cotó.

CAPÍTOL 7: FUTURES MILLORES

CAPÍTOL 7: FUTURES MILLORES

En aquest capítol es detallaran algunes de les millores que es podrien incorporar a aquest sistema de tintura realitzat al laboratori. Algunes d'elles han sorgit al llarg de la realització del producte i per això no ha estat possible afegir-les al projecte final. Com s'ha comentat en algun dels apartats, un factor limitant d'aquest estudi ha sigut el temps. Degut a això, algunes de les vies explorades han quedat obertes per a futurs estudis i/o futures millores.

7.1 Preassecat amb infrarojos

En el desenvolupament del nostre disseny experimental, es va fer servir una Rame per assecat i un altre per thermosolar. A nivell industrials, hi ha un pas previ a aquest assecat, que és un preassecat amb infrarojos. Aquest és un mètode molt extens a la majoria d'indústries que realitzen la tintura pel mètode continu per thermosol, ja que permet extreure un 60-70% de la humitat de la fibra d'una manera molt ràpida i eficaç.

Podria ser interessant en un projecte futur, estudiar la influència d'un preassecat abans d'assecar, ja que ens ajudaria a estalviar temps i temperatura en el pas d'assecat. En el nostre cas, es va assecat a 120°C i 60 segons. Amb un preassecat es podria reduir a la meitat i s'augmentaria la productivitat.

7.2 Duplicar la concentració de colorant al bany de foulardat

En el plantejament d'aquest estudi, s'ha estudiat com evoluciona el color en una concentració de colorant de 0,26% sobre pes de fibra. En algun moment del projecte, es van realitzar tintures per thermosol doblant aquesta concentració, només a temperatura de 180°C, i es van fer els tractaments posteriors (bany reductor, dispersant i eliminació) seguint els mateixos procediments que en la realització d'aquest estudi. A les Taules de la 9 a la 17 dels Annexes s'hi recullen aquestes dades.

7.2.1 Percentatge de colorant sobre pes de fibra

A partir de la impregnació es pot conèixer el percentatge de colorant a la fibra. Per fer-ho, primer es calcula la quantitat d'aquest en el bany de foulard a partir de la mitja dels pesos de tots els teixits (Eq.17).

$$\text{Eq.17} \quad 11,06 \pm 0,13 \text{ g teixit} \cdot \frac{53,96 \pm 0,20}{100} = 5,97 \pm 0,092 \text{ g bany foulard}$$

A partir des la quantitat de del bany de foulard ha quedat a la fibra i saben que el bany és de 10 g/l, es calcula la quantitat de colorant que presenta la fibra (Eq.18).

$$\text{Eq.18} \quad 5,97 \text{ g bany foulard} \cdot \frac{10 \text{ g colorant}}{1000 \text{ g bany foulard}} = 0,0597 \text{ g colorant}$$

Per últim, es calcula el percentatge de colorant per unitat de superfície de fibra (Eq.19).

$$\text{Eq.19} \quad \% = \frac{\text{g colorant}}{\text{g fibra}} \cdot 100 \rightarrow \% = \frac{0,0597 \text{ g colorant}}{11,06 \text{ g fints}} \cdot 100 = 0,54\% \text{ sobre pes de fibra}$$

La tintura que s'ha realitzat en aquesta part de l'estudi és de 0,54 g colorant/g fibra. Això indica que a baixes concentracions de colorant, no és necessària la realització d'un bany reductor, ja que hi ha poc colorant a la fibra.

El motiu pel qual s'han desenvolupat tintures doblant la concentració de colorant ha sigut per determinar l'efectivitat de la tintura i del bany dispersant. Això és perquè a majors concentracions de colorant, podria haver la necessitat d'un tractament més agressiu, mitjançant l'ús d'hidrosulfit sòdic, per la total eliminació de la major quantitat de colorant no fixat.

7.2.3 Caracterització de les mostres

Comparant la tintura de 5 g/l de colorant amb la tintura de 10 g/l per les mostres només thermosolades (Fig. 52), es pot observar que la intensitat de color (K/Scorr) augmenta 2,5 vegades més si es realitza a 10 g/l que a 5 g/l de colorant. Per altra banda, la diferència de color (DE) augmenta 5,47 vegades. En tractar-se de les mostres només thermosolades (sense tractaments post-thermosol), no es treure arribar a conclusions decisives pel fet que encara s'ha demostrat que hi ha colorant no fixat sobre les fibres. Tot i això, es pot observar que els valors de K/Scorr i de DE estan relacionats, ja que segueixen la mateixa tendència.

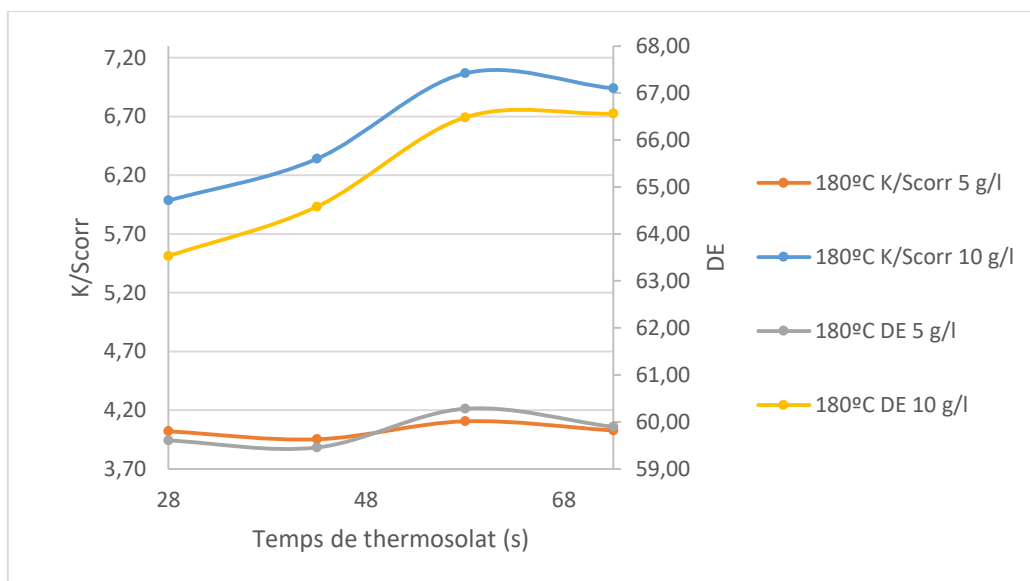


Fig. 52: Evolució dels valors de K/Scorr i de DE de les mostres thermosolades a 180°C segons la concentració de colorant.

Similarment, es representen els valors de K/Scorr i de DE per les mostres de tractament amb bany reductor a les dues concentracions estudiades (Fig. 53). Realitzant la mitjana de la diferència entre els dos valors obtinguts de K/Scorr (un per a cada concentració), s'observa que

aquest augmenta un 0,71 quan es dobla la quantitat de colorant al bany. Pel que fa a l'evolució del DE, augmenta en 5.

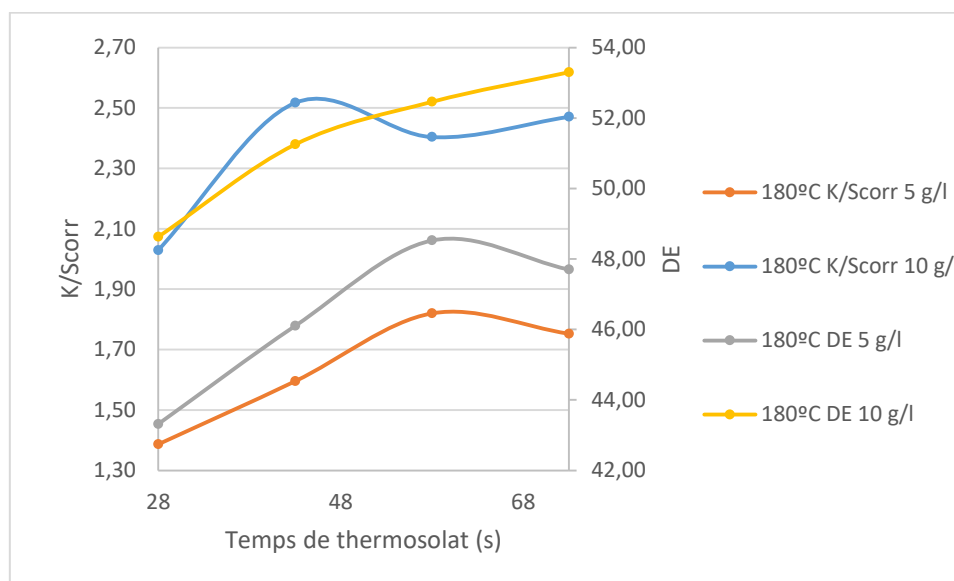


Fig. 53: Evolució dels valors K/Scorr i de DE de les mostres del tractament amb bany reductor segons la concentració de colorant.

S'obtenen resultats similars representant els valors de K/Scorr i de DE obtinguts pel tractament amb bany dispersant per les dues concentracions de colorant (Fig. 54). Realitzant la mitjana de la diferència entre els dos valors obtinguts de K/Scorr, s'observa que aquest augmenta en 0,71 si es dobla la quantitat de colorant al bany. Pel que fa als valors de DE, aquests augmenten en 6,62. La tendència que segueix l'evolució un cop s'ha incrementat la concentració és a disminuir a partir dels 58 segons, indicant probablement que una concentració de colorant tan elevada que la fibra ja no pot absorbir-ne més i, conseqüentment, sublima. En canvi, si no es dobla el bany, es pot observar que aquesta tendència decreixent no es presenta. Aquest fet, ens podria indicar que a l'incrementar el doble la concentració, es necessiten menors temps de procés de thermosolat per arribar a la màxima intensitat de color.

Es pot observar que l'increment de K/Scorr coincideix amb el del tractament amb bany reductor, exceptuant alguns punts, possiblement indicant que no seria necessari un tractament amb bany reductor.

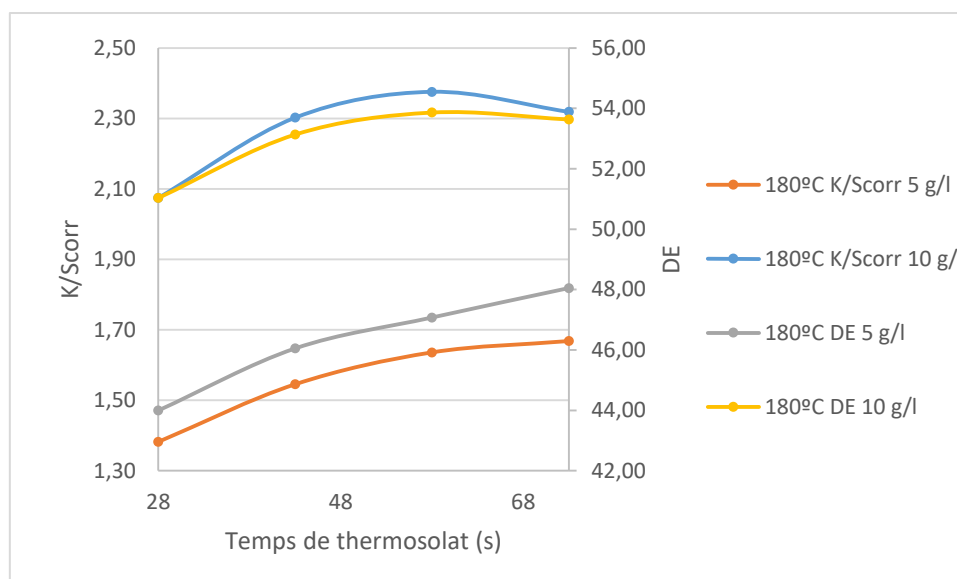


Fig. 54: Evolució dels valors K/Scorr i de DE de les mostres del tractament amb bany dispersant segons la concentració de colorant.

Per últim, es representen els valors de K/Scorr i de DE de les mostres després del tractament de l'eliminació del cotó per a les dues concentracions (Fig. 53). Realitzant la mitjana de la diferència entre els dos valors de K/Scorr obtinguts, s'observa que augmenta un 6,51 per a concentracions elevades de colorant al bany. Els valors de DE augmenten un 7,7. Aquest augment la intensitat de color podria indicar una major penetració de colorant a la fibra de polièster.

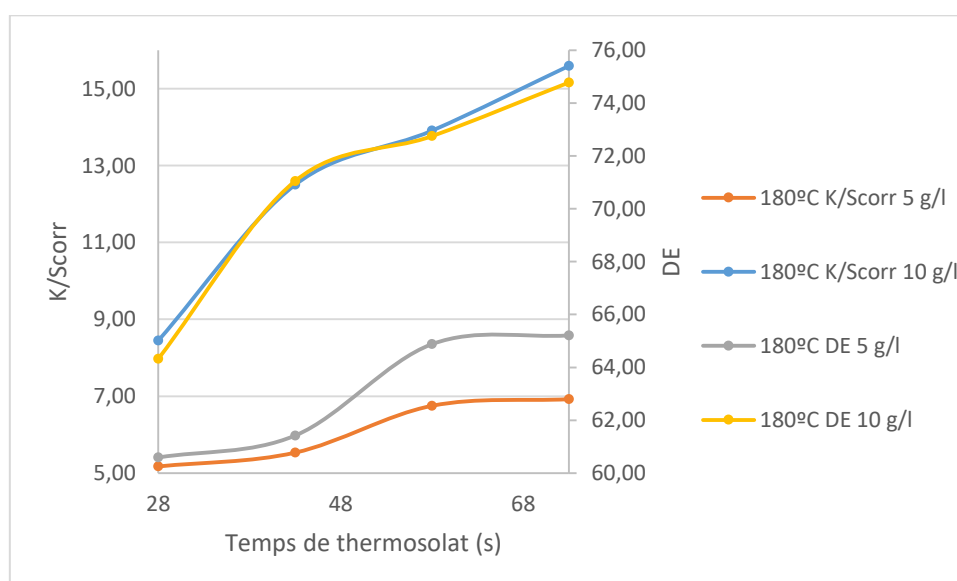


Fig. 55: Evolució del K/Scorr i DE de l'eliminació de color enfront el doble de colorant

Com a conclusió d'aquest apartat, seria interessant realitzar el mateix estudi amb una major quantitat de colorant (doble o superior), podent determinar d'aquesta manera la concentració màxima per pes de fibra en la qual el tractament amb bany dispersant és efectiu i substitutori al bany reductor. Addicionalment, també es podria determinar la concentració màxima de colorant a la que la fibra l'admet.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- [1] Cegarra Sánchez, J. 1923-2009., Puente, P. i Valldeperas, J., 1981. *Fundamentos científicos y aplicados de la tintura de materias textiles*. Universidad Politécnica. ISBN 8460021343.
- [2] Broadbent, A.D. i Society of Dyers and Colourists., 2001. *Basic principles of textile coloration*. Society of Dyers and Colorists. ISBN 0901956767.
- [3] SANDOZ, 2002. *Poliéster técnicas de ennoblecimiento*. Sandoz. Barcelona.
- [4] Gacén Guillén, Joaquín. *Fibras de Poliester. Evolución y futuro*. Boletín del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial, 1983, nº 84, p. 9-22.
- [5] OMC | Estadísticas del comercio internacional, 2014 - Comercio de mercancías. [Consulta: 7 juny 2018]. Disponible a:
https://www.wto.org/spanish/res_s/statis_s/its2014_s/its14_merch_trade_product_s.htm.
- [6] *Fibras Manufacturadas Continúan su Crecimiento | Textiles Panamericanos*. [Consulta: 7 juny 2018]. Disponible a:
<http://textilespanamericanos.com/textiles-panamericanos/articulos/2015/02/fibras-manufacturadas-continuan-su-crecimiento/>.
- [7] Fité, F.X.C., 2015. *Materials per al disseny de productes tèxtils*. Iniciativa Digital Politècnica. Servei de Biblioteques, Publicacions i Arxiu.
- [8] Koh, J., 2011. *Dyeing with Disperse Dyes. A: Textile Dyeing*. InTech, DOI 10.5772/20458.
- [9] Martín Macías, M., 2011. *Tintura digital de tejidos con colorantes dispersos y reactivos*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [10] *Dyeing of Polyester Fabric with Disperse Dyes - Textile Learner*. [Consulta: 7 juny 2018]. Disponible a:
<http://textilelearner.blogspot.com/2012/01/dyeing-of-polyester-fabric-with.html>.
- [11] Dr. Manuel Riquelme Sanchez., 1947. *Tintura de fibras textiles. Química Aplicada a la Industria Textil. Tomo III*. Barcelona.
- [12] *Disperse Red 54*. [Consulta: 7 juny 2018]. Disponible a:
<http://www.worlddyevariety.com/disperse-dyes/disperse-red-54.html>.
- [13] Trejo Salado, T. i Trejo Salado PFG, T., 2014. *Estudio de instalación y puesta en marcha de una máquina de tintura a la continua para cinturones de seguridad*.
- [14] Lucía, G. i De León, *determinación de tricromías para teñir poliéster basándose en las curvas de agotamiento de colorantes dispersos*.
- [15] *Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B**. [Consulta: 8 juny 2018]. Disponible a:
<http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>.
- [16] Laidler, K.J. i Laidler, K.J., 1996. *Glossary or terms used in chemical kinetics, including reaction dynamics. A: IUPAC Recommendations 1996*. Vol. 68, núm. 1, p. 174.
- [17] *Hidróxido de Sodio Comprar Online - Alquera*. [Consulta: 7 juny 2018]. Disponible a:

<https://alquera.com/hidroxido-de-sodio/>.

[18] Precios de Hidrosulfito de Sodio – Información Comercial | QuimiNet.com. [Consulta: 7 juny 2018]. Disponible a:

<https://www.quiminet.com/productos/hidrosulfito-de-sodio-7628230/precios.htm>.

[19] Precios y tarifas - Aguas de Barcelona. [Consulta: 7 juny 2018]. Disponible a:

<http://www.aiguesdebarcelona.cat/facturadelaigua/es/precios-tarifas/>.

ANNEXES

ANNEXES

ANNEXES 1. Impregnació

Taula 9: Temps i temperatura de thermosol amb pes inicial, final i percentatge d'impregnació calculat de les mostres.

Mostra	PesIni (g)	PesF (g)*	I%
1	9,25	14,24	53,95
1'	9,15	14,04	53,44
2	9,20	14,05	52,72
2'	9,22	14,11	53,04
3	9,15	13,98	52,79
3'	9,06	13,88	53,20
4	9,00	13,80	53,33
4'	9,15	14,00	53,01
5	8,91	13,62	52,86
5'	9,08	13,86	52,64
6	10,82	16,55	52,96
6'	10,70	16,43	53,55
7	10,87	16,65	53,17
7'	10,77	16,50	53,20
8	10,85	16,63	53,27
8'	11,08	16,92	52,71
9	11,05	16,91	53,03
9'	11,10	17,05	53,60
10	10,88	16,65	53,03
10'	11,02	16,82	52,63
11	11,00	16,90	53,64
12	10,50	16,10	53,33
13	10,82	16,53	52,77
14	11,21	17,20	53,43
15	11,12	17,06	53,42
16	11,07	17,02	53,75
17	11,04	-	-
18	11,10	17,07	53,78
19	11,16	17,08	53,05
20	11,15	17,04	52,83
21	10,81	16,61	53,65
22	10,81	16,59	53,47
23	11,17	-	-
24	10,87	16,75	54,09
25	11,11	17,08	53,74
26	11,08	17,07	54,06

*S'han tingut en compte els pesos de totes les mostres pel càlcul de les impregnacions tot i que alguns resultats s'han extraviat

ANNEXES 2. Caracterització de les mostres thermosolades

Taula 10: Factor K/Scorr i DE respecte el temps de tractament thermosol de les mostres per a cada una de les temperatures de procés.

Mostra	K/Scorr	DE	dE
1!T	4,19	60,00	-
2!T	4,51	61,37	-
3!T	4,53	61,59	-
4!T	4,66	62,09	-
5!T	5,01	63,35	-
6!T	4,02	59,60	0,15
7!T	3,95	59,46	0,23
8!T	4,11	60,28	0,21
9!T	4,03	59,90	0,16
10!T	4,04	60,13	0,05
11T	5,12	62,58	0,02
12T	5,70	64,70	0,1
13T	5,27	63,83	0,05
14T	4,87	62,89	0,15
15T	5,27	63,61	0,10
16T	5,53	64,75	0,20
17T	4,30	61,13	0,19
18T	4,72	62,67	0,03
19T	4,71	62,21	0,02
20T	4,47	61,71	0,09
21T	4,24	61,04	0,10
22T	4,33	61,52	0,10
23T	5,98	63,5	0,13
24T	6,34	64,59	0,17
25T	7,07	66,48	0,09
26T	6,94	66,56	0,08

ANNEXES 3. Caracterització de les mostres del tractament post-thermosolat

3.1 Tractament amb bany reductor

Taula 11: Pesos de les mostres tallades i preparades pel rentat amb bany reductor.

Mostra	Pes (g)*	Volum de bany (ml)*
1R	-	-
1'R	-	-
2R	-	-
2'R	-	-
3R	-	-
3'R	-	-
4R	-	-
4'R	-	-
5R	-	-
5'R	-	-
6R	2,92	58,40
6'R	2,93	58,60
7R	2,98	59,60
7'R	3,05	61,00
8R	3,04	60,80
8'R	3,02	60,40
9R	3,08	61,60
9'R	3,01	60,20
10R	2,89	57,80
10'R	2,98	59,60
11R	4,21	84,20
12R	4,02	80,40
13R	4,01	80,20
14R	4,34	86,80
15R	4,23	84,60
16R	4,22	84,40
17R	4,14	82,80
18R	4,24	84,80
19R	4,28	85,60
20R	4,25	85,00
21R	4,03	80,60
22R	4,10	82,00
23R	4,20	84,00
24R	4,23	84,60
25R	4,25	85,00
26R	4,28	85,60

**S'han tingut en compte els pesos de totes les mostres per a la preparació de bany 1/20 tot i que alguns resultats s'han extraviat*

Taula 12: Factor K/Scorr i DE respecte el temps de tractament termosol de les mostres per a cada un de les temperatures de procés després del bany amb agent reductor.

Mostra	K/Scorr	DE	dE
1!R	0,97	37,72	-
2!R	1,16	40,50	-
3!R	1,21	41,33	-
4!R	1,30	42,39	-
5!R	1,25	41,75	-
6!R	1,39	43,32	0,05
7!R	1,60	46,10	0,13
8!R	1,82	48,53	0,11
9!R	1,75	47,70	0,14
10!R	1,84	48,82	0,06
11R	1,89	49,14	0,04
12R	2,11	51,46	0,07
13R	2,22	52,46	0,06
14R	2,32	53,53	0,10
15R	2,15	51,90	0,04
16R	2,33	53,64	0,10
17R	2,32	53,70	0,097
18R	2,34	55,72	0,10
19R	2,27	53,30	0,08
20R	2,30	53,58	0,07
21R	2,33	53,70	0,09
22R	2,29	53,26	0,08
23R	2,03	48,63	0,08
24R	2,52	51,25	0,10
25R	2,40	52,46	0,08
26R	2,47	53,30	0,02

3.2 Tractament amb bany dispersant

Taula 13: Pesos de les mostres tallades i preparades pel rentat amb agent dispersant.

Mostra	Pes (g)*	Volum de bany (ml)*
1D	-	-
1'D	-	-
2D	-	-
2'D	-	-
3D	-	-
3'D	-	-
4D	-	-
4'D	-	-
5D	-	-
5'D	-	-
6D	5,08	101,60
6'D	5,00	100,00
7D	5,03	100,60
7'D	5,01	100,20
8D	5,01	100,20
8'D	5,00	100,00
9D	4,98	99,60
9'D	5,07	101,40
10D	5,08	101,60
10'D	5,07	101,40
11D	4,44	88,80
12D	4,24	84,80
13D	4,34	86,80
14D	4,29	85,80
15D	4,16	83,20
16D	4,29	85,80
17D	4,31	86,20
18D	4,28	85,60
19D	4,31	86,20
20D	4,30	86,00
21D	4,28	85,60
22D	4,13	82,60
23D	3,84	76,80
24D	3,72	74,40
25D	3,70	74,00
26D	-	-

*S'han tingut en compte els pesos de totes les mostres per a la preparació de bany 1/20 tot i que alguns resultats s'han extraviat

Taula 14: Factor K/Scorr i DE respecte al temps de tractament thermosol de les mostres per a cada una de les temperatures de procés després del bany amb agent dispersant.

Mostra	K/Scorr	DE	dE
1!D	1,15	40,98	-
2!D	1,37	43,96	-
3!D	1,41	44,53	-
4!D	1,48	45,29	-
5!D	1,55	46,15	-
6!D	1,38	44,00	0,09
7!D	1,55	46,05	0,08
8!D	1,64	47,08	0,10
9!D	1,67	48,05	0,10
10!D	1,77	48,60	0,15
11D	2,00	50,99	0,07
12D	2,20	53,04	0,14
13D	2,23	53,52	0,10
14D	2,29	53,52	0,11
15D	2,24	53,49	0,09
16D	2,33	54,29	0,14
17D	2,34	54,22	0,03
18D	2,24	53,53	0,09
19D	2,27	53,83	0,05
20D	2,28	53,72	0,13
21D	2,30	53,72	0,08
22D	2,25	53,23	0,09
23D	2,07	51,00	0,10
24D	2,30	53,10	0,07
25D	2,38	53,86	0,06
26D	2,32	53,63	0,08

ANNEXES 4. Tractament de l'eliminació del cotó

Taula 15: Mostres de l'eliminació de cotó del tractament amb bany reductor

Mostra	Pesni(g)	PesF(g)	%Polièster	%Cotó
0*	0,90	0,45	50,00	50,00
1!R.E	0,87	0,46	52,87	47,13
2!R.E	0,87	0,49	56,32	43,68
3!R.E	0,86	0,47	54,65	45,35
4!R.E	0,89	0,49	55,06	44,94
5!R.E	0,89	0,47	52,81	47,19
6!R.E	1,44	0,76	52,78	47,22
7!R.E	1,49	0,79	53,02	46,98
8!R.E	1,44	0,76	52,78	47,22
9!R.E	1,41	0,73	51,77	48,23
10!R.E	1,31	0,70	53,44	46,56
11R.E	1,16	0,61	52,59	47,41
12R.E	1,06	0,57	53,77	46,23
13R.E	1,13	0,59	52,21	47,79
14R.E	1,14	0,62	54,39	45,61
15R.E	1,19	0,63	52,94	47,06
16R.E	1,23	0,66	53,66	46,34
17R.E	1,20	0,64	53,33	46,67
18R.E	1,13	0,61	53,98	46,02
19R.E	1,24	0,67	54,03	45,97
20R.E	1,16	0,62	53,45	46,55
21R.E	1,09	0,59	54,13	45,87
22R.E	1,18	0,63	53,39	46,61
23R.E	1,11	0,59	53,15	46,85
24R.E	1,12	0,60	53,57	46,43
25R.E	1,24	0,67	54,03	45,97
26R.E	1,26	0,67	53,17	46,83

*Teixit original al que se li ha eliminat el cotó

4.1 Caracterització de l'eliminació del cotó

Taula 16: Factor K/Scorr i DE respecte el temps de tractament thermosol de les mostres de polièster per a cada una de les temperatures de procés després del bany amb agent reductor.

Mostra	K/Scorr	DE	dE
1!R.E	3,19	53,00	-
2!R.E	3,39	54,51	-
3!R.E	3,57	55,32	-
4!R.E	4,06	57,07	-
5!R.E	3,99	57,11	-
6!R.E	5,17	60,59	0,02
7!R.E	5,53	61,42	0,04
8!R.E	6,75	64,88	0,03
9!R.E	6,92	65,21	0,07
10!R.E	8,5	70,06	0,08
11R.E	9,17	68,62	0,08
12R.E	12,04	73,23	0,07
13R.E	13,48	75,68	0,09
14R.E	13,95	75,75	0,08
15R.E	11,68	72,72	0,03
16R.E	14,51	76,53	0,09
17R.E	15,16	77,37	0,06
18R.E	14,23	76,56	0,05
19R.E	13,95	76,27	0,03
20R.E	15,06	77,48	0,05
21R.E	16,40	78,85	0,07
22R.E	15,70	78,08	0,04
23R.E	8,45	64,32	0,06
24R.E	12,5	71,05	0,09
25R.E	13,91	72,75	0,1
26R.E	15,59	74,78	0,08

ANNEXES 5. Solideses dels diferents tractaments

5.1 Solideses en sec

Taula 17: Solideses al sec dels diferents tractaments a temperatura de thermosol de 170°C

Mostra	Puntuació
1!T	3-4
2!T	4
3!T	4
4!T	3-4
5!T	3-4
1!D	4-5
2!D	4-5
3!D	5
4!D	5
5!D	5
1!R	5
2!R	5
3!R	5
4!R	5
5!R	5

Taula 18: Solideses en sec dels diferents tractaments a temperatura de thermosol de 180°C

Mostra	Puntuació
6!T	3-4
7!T	3-4
8!T	3-4
9!T	3-4
10!T	3-4
6!D	4-5
7!D	4-5
8!D	4-5
9!D	5
10!D	5
6!R	4-5
7!R	4-5
8!R	5
9!R	5
10!R	5

5.2 Solideses en humit

Taula 19: Solideses al humit dels diferents tractaments a temperatura de thermosol de 170°C

Mostra	Puntuació
1!T	3
2!T	2-3
3!T	3
4!T	2-3
5!T	3
1!D	4-5
2!D	4-5
3!D	4-5
4!D	4-5
5!D	4-5
1!R	4
2!R	4
3!R	4-5
4!R	4-5
5!R	4-5

Taula 20: Valors obtinguts de solideses al fregament en humit de les mostres thermosolades a 180°C.

Mostra	Puntuació
6!T	3
7!T	2-3
8!T	3
9!T	2-3
10!T	3
6!D	4-5
7!D	4-5
8!D	4-5
9!D	4-5
10!D	4-5
6!R	4
7!R	4
8!R	4-5
9!R	4-5
10!R	4-5

5.3 Imatges de les solideses

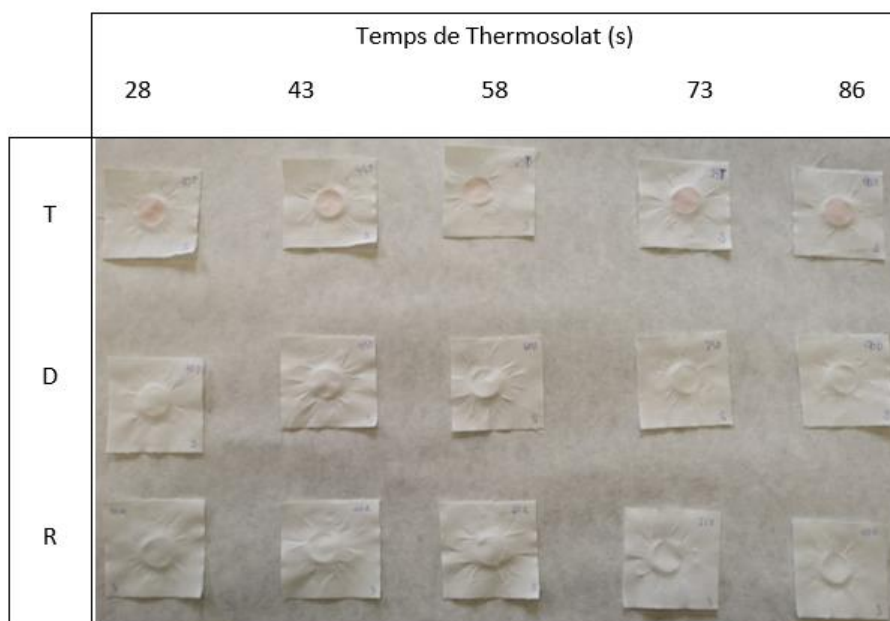


Fig. 56: Resultat de les solideses en sec de les mostres thermosolades a 170°C. T = thermosolat, D= tractament amb bany dispersant, R= tractament amb bany reductor.

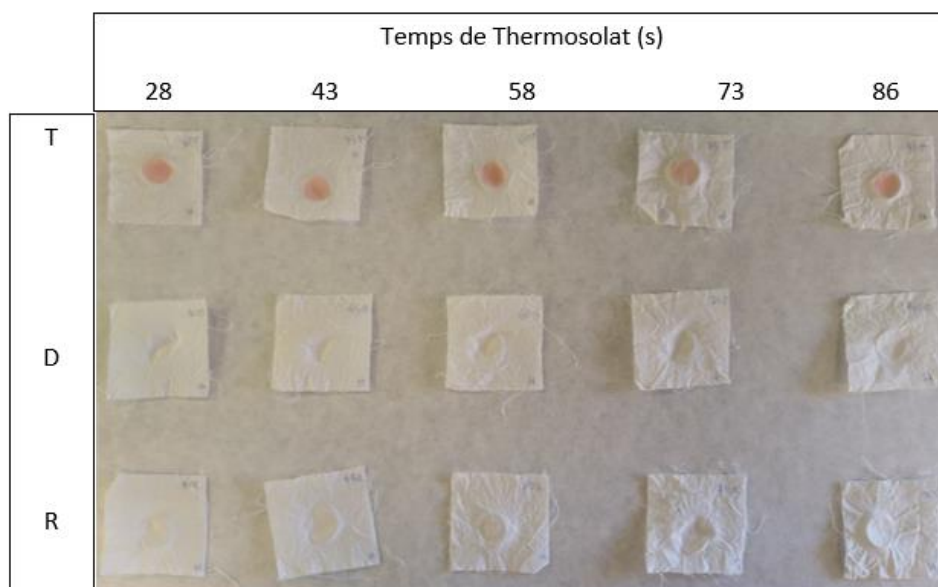


Fig. 57: Resultat de les solideses en humit de les mostres thermosolades a 170°C. T = thermosolat, D= tractament amb bany dispersant, R= tractament amb bany reductor

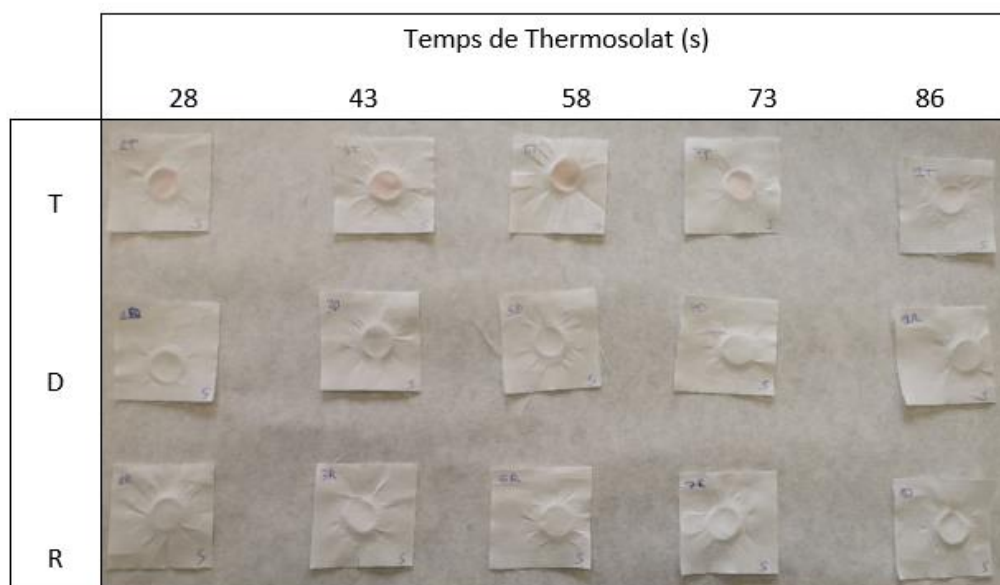


Fig. 58: Resultat de les solideses en sec de les mostres thermosolades a 180°C. T = thermosolat, D= tractament amb bany dispersant, R= tractament amb bany reductor.

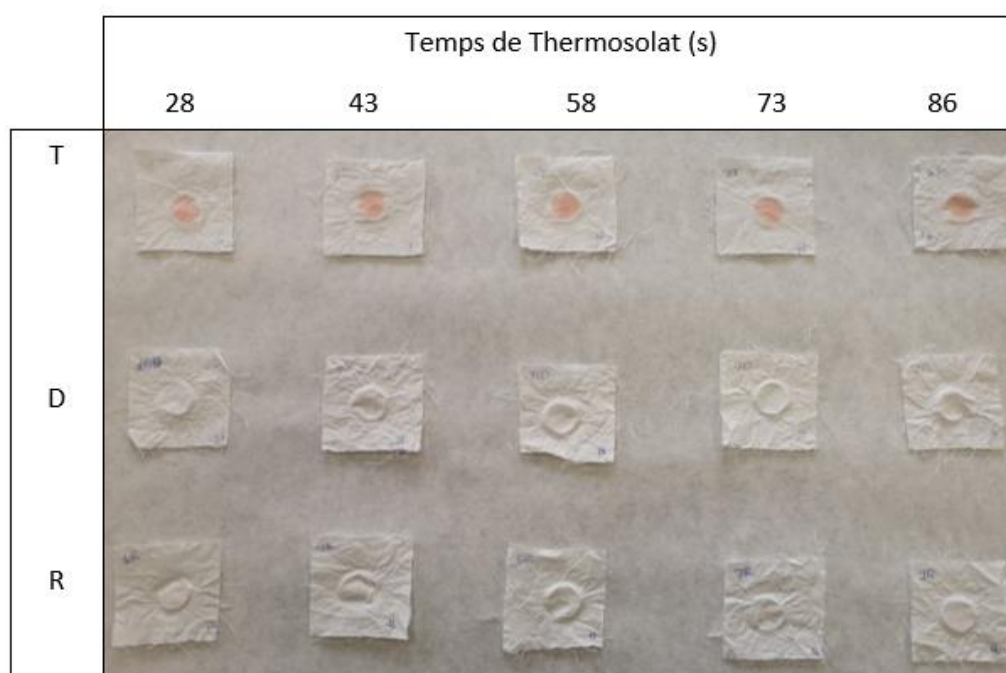


Fig. 59: Resultat de les solideses en humit de les mostres thermosolades a 180°C. T = thermosolat, D= tractament amb bany dispersant, R= tractament amb bany reductor.

ANNEXES 6. Comparació del bany reductor i del bany dispersant

Taula 21: Comparació dels resultats obtinguts amb el bany amb agent reductor i amb el bany amb agent dispersant per la intensitat de color (K/Scorr).

Mostra	K/Scorr dispersant	K/Scorr reductor	Δ K/Scorr _{dispersant-reductor}
1!	1,15	0,97	0,18
2!	1,37	1,16	0,21
3!	1,41	1,21	0,20
4!	1,48	1,30	0,18
5!	1,55	1,25	0,31
6!	1,38	1,39	0,01
7!	1,55	1,60	0,05
8!	1,64	1,82	0,18
9!	1,67	1,75	0,08
10!	1,77	1,84	0,07
11	1,20	1,89	0,11
12	2,20	2,11	0,09
13	2,23	2,22	0,01
14	2,29	2,32	0,03
15	2,24	2,16	0,09
16	2,33	2,33	0,00
17	2,34	2,32	0,02
18	2,24	2,34	0,10
19	2,27	2,27	0,00
20	2,28	2,30	0,02
21	2,30	2,33	0,03
22	2,25	2,29	0,04

Taula 22: Diferències de color entre el tractament amb bany dispersant i reductor.

Mostra	ΔDE dispersant-reductor
1!	2,17
2!	3,62
3!	2,97
4!	1,85
5!	3,71
6!	1,08
7!	1,71
8!	1,19
9!	2,65
10!	0,61
11	2,15
12	1,86
13	1,40
14	0,86
15	1,83
16	1,11
17	0,66
18	0,99
19	0,80
20	0,59
21	0,72
22	0,55

ANNEXES 7. Comparativa abans i després de l'eliminació de coto

Taula 23: % d'increment de K/Scorr del tractament amb bany reductor abans i després de l'eliminació del cotó

Mostra	K/Scorr reductor	K/Scorr eliminació	% K/Scorr
1!	0,97	3,19	228,12
2!	1,16	3,39	193,52
3!	1,21	3,57	194,65
4!	1,30	4,06	213,73
5!	1,25	3,99	220,16
6!	1,39	5,17	273,06
7!	1,60	5,53	246,79
8!	1,82	6,75	270,94
9!	1,75	6,92	294,97
10!	1,84	8,50	362,36
11	1,89	9,17	385,41
12	2,11	12,04	470,71
13	2,22	13,48	506,48
14	2,32	13,95	502,37
15	2,15	11,68	444,05
16	2,33	14,51	521,96
17	2,32	15,16	553,43
18	2,34	14,23	507,07
19	2,27	13,95	515,36
20	2,30	15,06	555,35
21	2,33	16,40	604,31
22	2,29	15,70	586,45

Taula 24: % d'increment de DE del tractament amb bany reductor a l'eliminació del cotó

Mostra	DE reductor	DE eliminació	% DE
1!	37,73	53,00	40,53
2!	40,50	54,51	34,61
3!	41,33	55,32	33,87
4!	42,39	57,07	34,63
5!	41,76	57,11	36,82
6!	43,33	60,59	39,88
7!	46,10	61,42	33,23
8!	48,53	64,88	33,70
9!	47,70	65,21	36,72
10!	48,83	70,06	43,52
11	49,14	68,62	39,64
12	51,46	73,23	42,31
13	52,46	75,68	44,26
14	53,53	75,75	41,51
15	51,90	72,72	40,12
16	53,64	76,53	42,67
17	53,70	77,37	44,08
18	53,72	76,56	42,52
19	53,30	76,27	43,10
20	53,58	77,48	44,61
21	53,70	78,85	46,83
22	53,26	78,08	46,60

ANNEXES 8. Modelització través d'una l'equació del tipus d'Arrhenius

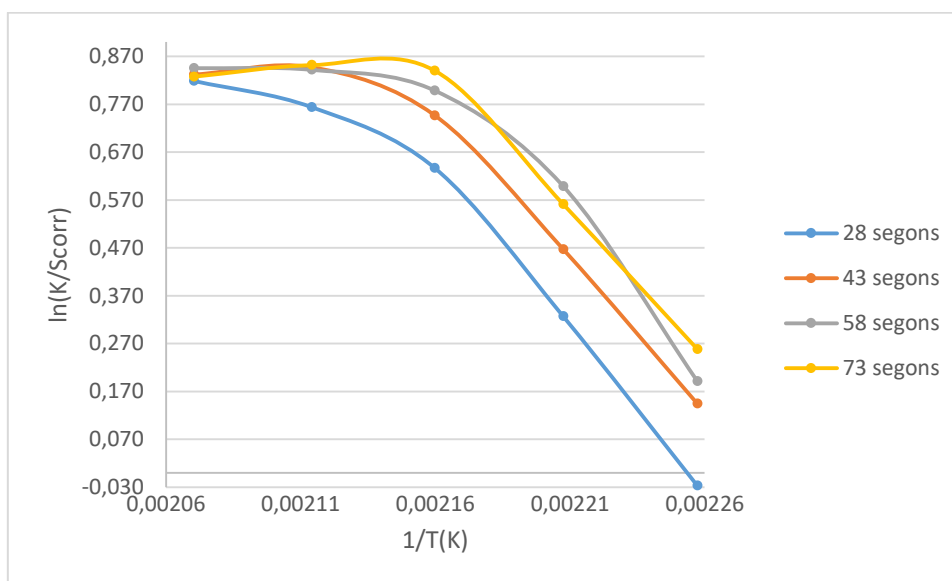


Fig. 60: Gràfictipus d'Arrhenius per les mostres amb tractament de bany reductor

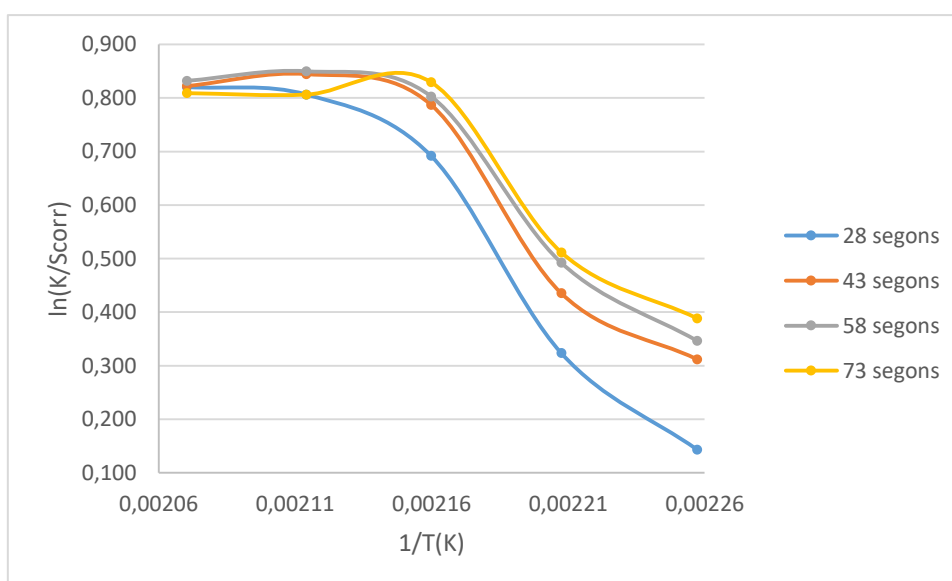


Fig. 61: Gràfic tipus Arrhenius per les mostres amb tractament de bany dispersant

ANNEXES 9. Reproductibilitat dels tractaments

Per comprovar la reproductibilitat d'aquest estudi, s'han realitzat duplicats de mostres per a cada condició de procés de tintura thermosol estudiat. Aquestes mostres duplicades s'han valorat per colorimetria i s'han comparat els resultats d'intensitat de color (K/Scorr) i diferències de colors (DE) entre elles. Degut a l'elevada quantitat de mostres a realitzar, la reproductibilitat s'ha avaluat només per les mostres que han estat tenyides a temperatura de thermosolat 170°C i 180°C i que han estat sotmeses al tractament post-thermosolat amb bany reductor i dispersant.

Analitzant els valors obtinguts de K/Scorr de les mostres només thermosolades en funció del temps de thermosolat (Taula 25 i Fig. 62), es pot observar que no es presenten diferències notables entre les mostres originals i les duplicades, amb una diferència inferior al 0,21. En addició, els valors de DE entre la mostra original i la duplicada resulten en diferències valors inferiors a 1, indistingible per l'ull humà. Per tant, es pot dir que el procés de tintura per tractament de thermosolat, des de la preparació del bany de tintura fins a l'assecat posterior al thermosolat de les mostres és reproducible.

Taula 25: Diferència entre mostres només thermosolades original i duplicada a 170 i 180°C

Mostra	K/Scorr	$\Delta K/Scorr _{\text{original-duplicada}}$	ΔDE
1T	4,18	0,02	0,11
1'T	4,20		
2T	4,51	0,01	0,10
2'T	4,51		
3T	4,45	0,17	0,55
3'T	4,62		
4T	4,76	0,21	0,85
4'T	4,55		
5T	4,99	0,05	0,15
5'T	5,04		
6T	4,00	0,01	0,14
6'T	4,04		
7T	3,95	0,07	0,07
7'T	3,96		
8T	4,07	0,03	0,16
8'T	4,14		
9T	4,04	0,05	0,29
9'T	4,01		
10T	4,06	0,05	0,37
10'T	4,01		

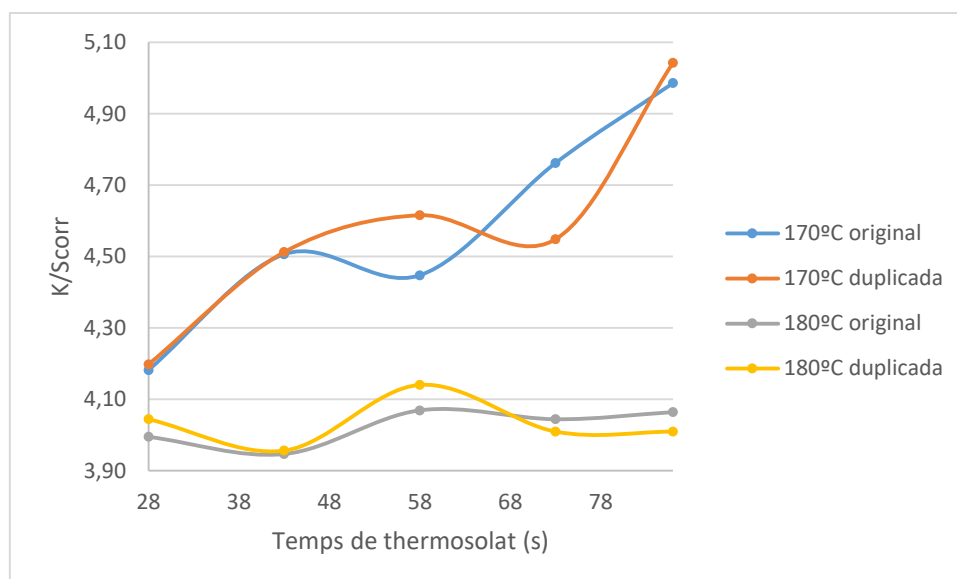


Fig. 62: Evolució dels valors de K/Scorr en funció del temps de thermosolat per a les mostres original i duplicada tractades a 170 i 180°C.

Per altra banda, els valors de K/Scorr per a les mostres amb tractament post-thermosol amb bany reductor en funció del temps de thermosolat (Taula 26 i Fig. 63), resulten en diferències molt poc notables entre les originals i les duplicades, amb valors inferiors a 0,93. En aquest cas, s'han obtingut uns valors de DE superiors que en el cas de les mostres únicament thermosolades. Això és a causa del fet que s'ha eliminat la majoria del colorant superficial de la fibra, el qual podria forçar variacions colorimètriques entre la mostra original i la duplicada degut a l'eliminació del colorant per part d'un agent agressiu com és l'hidrosulfit sòdic. Tot i això, es segueixen observant DE inferiors a 1 en la majoria de les mostres. D'aquesta manera es pot afirmar que el procés post-thermosolat amb bany amb reductor és reproduïble.

Taula 26: Diferència entre mostres amb tractament de bany reductor original i duplicada a 170 i 180°C

Mostra	K/Scorr	$\Delta K/Scorr _{\text{original-duplicada}}$	ΔDE
1R	0,93	0,09	1,55
1'R	1,02		
2R	1,16	0,01	0,53
2'R	1,15		
3R	1,19	0,03	0,76
3'R	1,23		
4R	1,28	0,02	0,33
4'R	1,31		
5R	1,22	0,05	0,96
5'R	1,27		
6R	1,39	0,01	0,01
6'R	1,38		
7R	1,60	0,01	0,01
7'R	1,59		
8R	1,84	0,04	0,04
8'R	1,80		
9R	1,73	0,04	0,04
9'R	1,77		
10R	1,83	0,01	0,01
10'R	1,84		

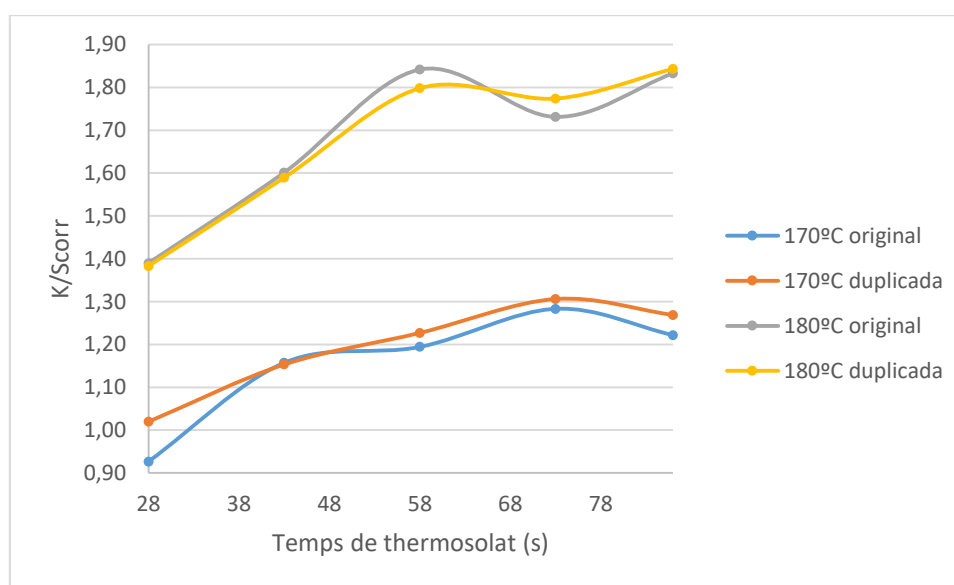


Fig. 63: Evolució dels valors de K/Scorr en funció del temps de thermosolat per a les mostres original i duplicada tractades a 170 i 180°C després del bany amb reductor.

Per últim, els valors de K/Scorr de les mostres sotmeses al tractament post-thermosol amb tractament de bany dispersant en funció del temps de procés (Taula 27 i Fig. 64) es pot observar que no presenten diferències notables entre les mostres, essent aquesta diferència inferior a 0,17. De la mateixa manera, les DE obtingudes pel bany dispersant són inferiors a 1 en la majoria

de les mostres. D'aquesta manera es pot afirmar que el procés post-thermosolat amb bany amb dispersant és reproducible.

Taula 27: Diferència entre mostres amb tractament de bany dispersant original i duplicada a 170 i 180°C

Mostra	K/Scorr	$\Delta K/Scorr _{\text{original-duplicada}}$	ΔDE
1D	1,19	0,07	0,95
1'D	1,12		
2D	1,39	0,05	0,49
2'D	1,34		
3D	1,41	0,00	0,14
3'D	1,41		
4D	1,56	0,18	2,31
4'D	1,38		
5D	1,58	0,05	0,62
5'D	1,53		
6D	1,39	0,01	0,2
6'D	1,38		
7D	1,34	0,03	0,39
7'D	1,31		
8D	1,65	0,03	0,47
8'D	1,62		
9D	1,62	0,10	0,47
9'D	1,72		
10D	1,80	0,06	0,54
10'D	1,74		

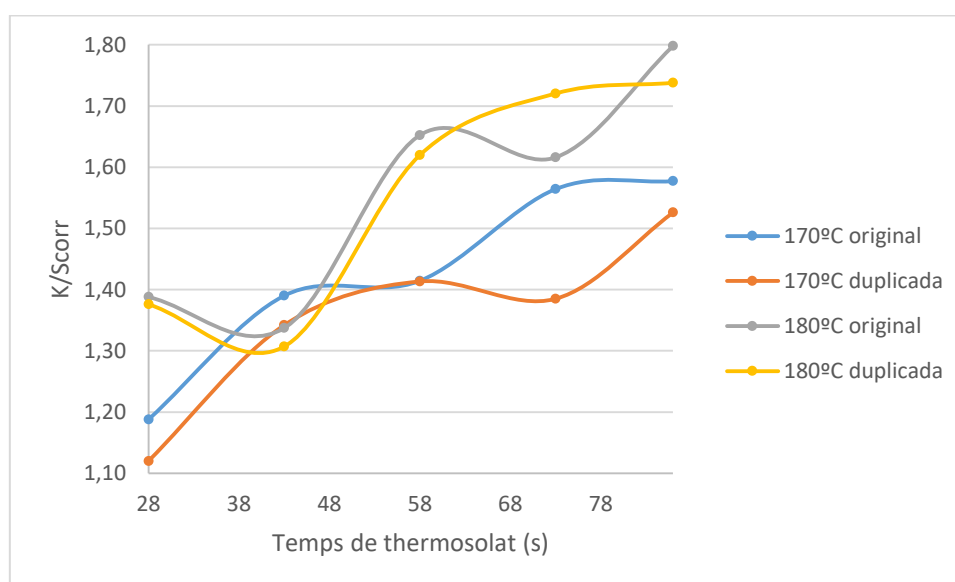


Fig. 64: Evolució dels valors de K/Scorr en funció del temps de thermosolat per a les mostres original i duplicada tractades a 170 i 180°C després del bany amb dispersant.

Veient aquests resultats, es pot concloure que s'ha establert una metodologia reproduïble al llarg del projecte. S'ha observat una bona reproductibilitat entre les mostres originals i duplicades pel que fa a valors de K/Scorr (diferències inferiors a 0,21). També s'ha observat diferències de color molt baixes (inferiors a 1) en gairebé totes les mostres. Valors que no són detectables per l'ull humà.

ANNEXES 10. Realització de mesures amb el programa Data Color Tools

En aquest apartat, es veurà com s'han realitzat les mesures colorimètriques amb el programa DataColor Tools.

Es procedeix amb la mesura de l'intensitat de color (K/S) i DE a partir del programa DataColor Tools.

- S'inicia el programa DataColor Tools.
- S'introdueix l'usuari i la contrasenya. En el nostre cas, només l'usuari que és "dci".



Fig. 65: Pantalla d'inici d'introducció de l'usuari i la contrasenya.

- Un cop dins del programa ens en anem a l'apartat on posa "Calibrar".



Fig. 66: Barra d'eines.

- Dins de "Calibrar", es comprova que tots els paràmetres estan seleccionats en la posició en la qual anem a fer la mesura de color. Els nostres paràmetres estan seleccionats com es pot veure a la imatge:

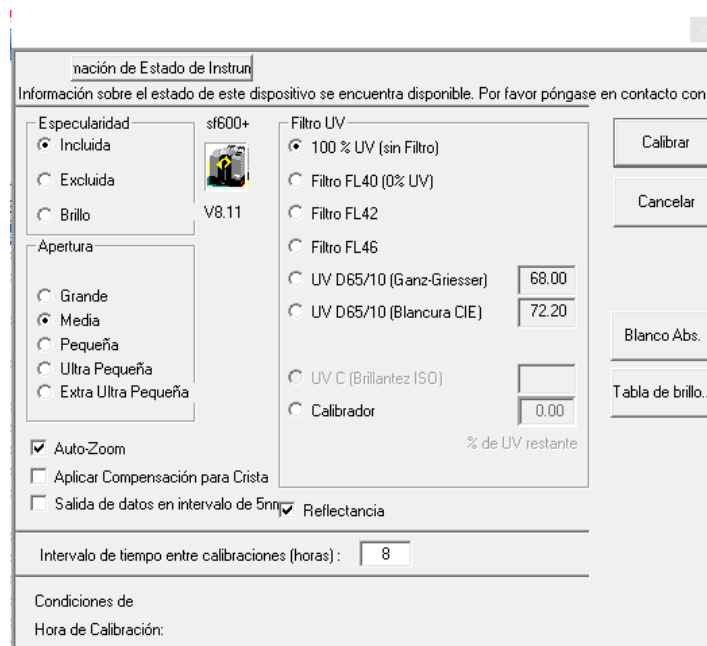


Fig. 67: Pantalla de calibratge.

- És important que l'obertura coincideixi amb la placa que em posa a la nostra màquina. La nostra té una obertura de 20 mm.
- Es procedeix a calibrar l'espectrofotòmetre. Primer de tot en demanarà introduir un negre estàndard.

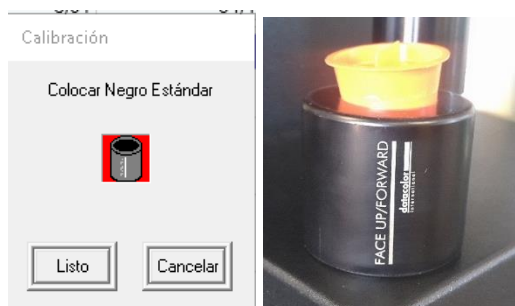


Fig. 68: Calibratge i negre estàndard.

- Tot seguit, ens demanarà una placa blanca.

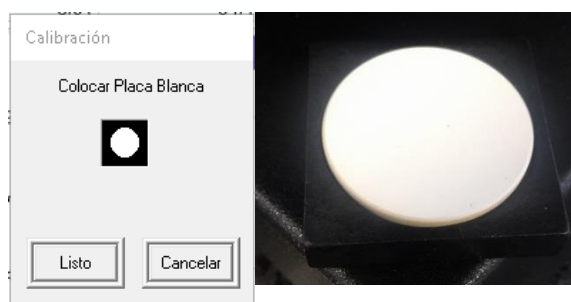


Fig. 69: Calibratge del blanc i placa blanca.

- Per últim, ens demanarà una placa de diagnòstic, que es tracta d'una placa verda.



Fig. 70: Calibratge placa de diagnòstic verda i placa verda.

- Si tots els passos estan realitzats correctament, el programa ens dirà un error en la diferència de color i si aquest del valor menor a 0,2 es pot continuar.

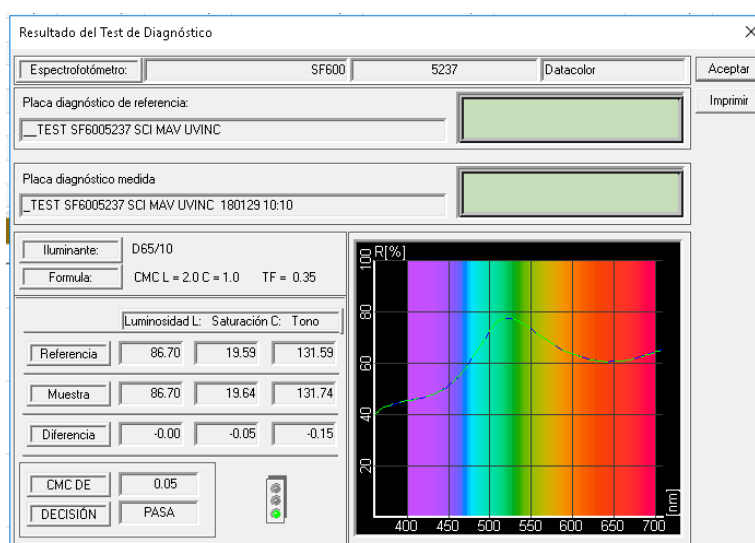


Fig. 71: Resultats del test de diagnòstic.

- A partir d'aquí, ja es poden fer totes les mesures necessàries.

A continuació, s'explicarà com fer la mesura colorimètrica d'unes mostres:

- Per començar, s'ha de crear una mostra estàndard que servirà per fer les comparacions amb la resta de mostres. Per fer-ho, es va a "Est:PromInst" i es selecciona "Promedioinstrumento".

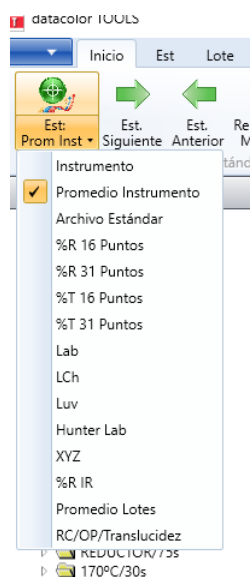


Fig. 72: Barra d'eines per creació d'un estàndard.

- Es tria un teixit blanc 50/50 polièster i cotó i s'anomena, per exemple, ANDREA-POL 00.
- Després d'introduir el nom, se'ns obrirà una finestra. S'hi hauran de mesures introduint els teixits a l'espectrofotòmetre. Per introduir les mostres, es pleguen fins a assegurar-nos que són opaques. Es realitzen quatre mesures de cada mostra per la mateixa cara, assegurant-nos de mantenir una certa reproductibilitat. L'aspecte de la superfície ha de ser el mateix.

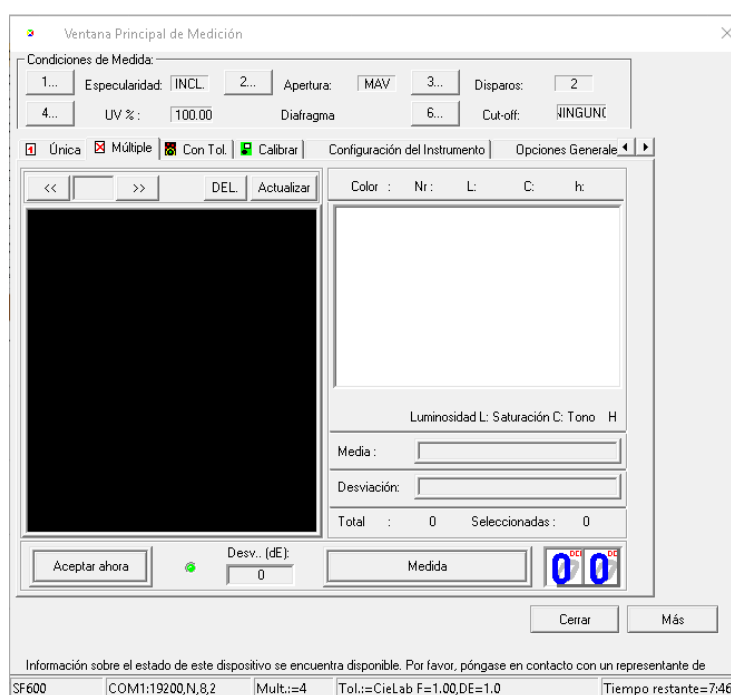


Fig. 73: Pantalla de mesura.

- Si totes les mesures donen valors d'un ordre no superior a una desviació (dE) de 0,2 podem dir que s'ha realitzat una mesura correcte. En cas contrari, s'haurà de seleccionar les mostres que creiem que es desvien més i es torna a mesurar.

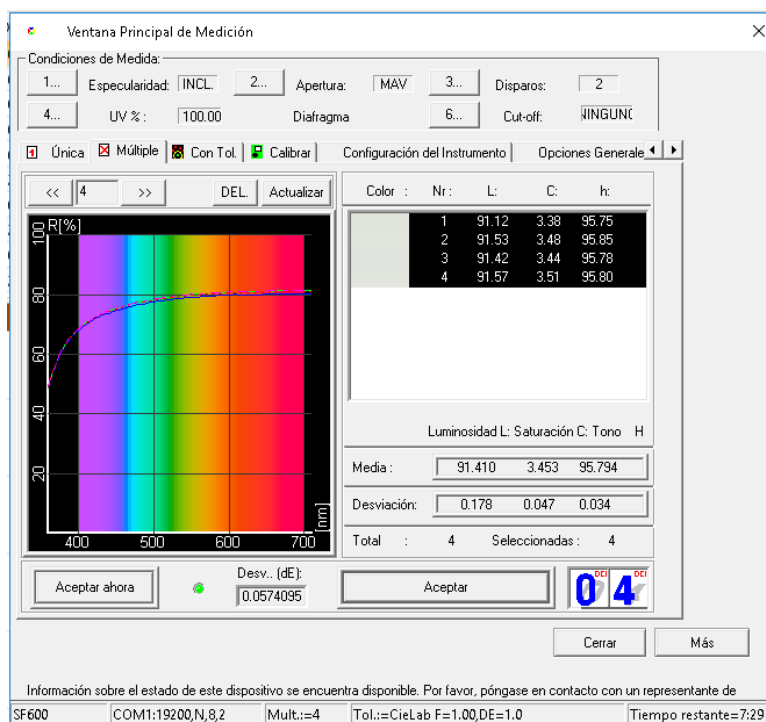


Fig. 74: Pantalla de mesura després de realitzar les 4 mesures.

- Un cop tenim l'estàndard, es procedeix a fer els paquets. Es va a "Lote:PromInst" i es selecciona "Promedio Instrumento".
- Se li assigna un nom al primer paquet, com per exemple 180°C/30.1 i es procedeix a fer les mesures com en el procediment anterior.
- Obtinguts tots els paquets, es pot veure una taula on està tota la informació. D'aquí, ens interessa la desviació de color (DE) respecte a la mostra estàndard i la reflectància dels paquets, que la que es pot visualitzar anant a "Formularios", "FormularioImpresión" i "P_% REFLEC.LOTES".

Estàndard	Ilum. Actual	CIE L*	CIE a*	CIE b*	CIE C*	CIE h
POL 00	D65 10 Deg	94.26	-0.31	3.03	3.05	95.88

Lote	Ilum. Actual	CIE DL	CIE Da	CIE Db	CIE DC	CIE DH	CIE DE	P/F CIE Lab	CMC DE	P/F
180°C/30.1	D65 10 Deg	-36.35	39.65	25.54	45.57	-12.15	59.55	Falla	58.86	Falla
180°C/90.2	D65 10 Deg	-35.74	40.21	26.44	46.56	-12.19	59.95	Falla	59.95	Falla
180°C/30.2	D65 10 Deg	-36.46	39.66	25.62	45.63	-12.14	59.66	Falla	58.94	Falla
180°C/45.1	D65 10 Deg	-35.94	39.75	25.80	45.81	-12.15	59.47	Falla	59.10	Falla
180°C/45.2	D65 10 Deg	-35.90	39.70	25.85	45.80	-12.13	59.44	Falla	59.08	Falla
180°C/60.1	D65 10 Deg	-36.06	40.39	26.35	46.65	-12.23	60.22	Falla	60.10	Falla
180°C/60.2	D65 10 Deg	-36.18	40.39	26.46	46.72	-12.23	60.34	Falla	60.18	Falla
180°C/75.1	D65 10 Deg	-35.92	40.23	26.36	46.52	-12.20	60.03	Falla	59.93	Falla
180°C/75.2	D65 10 Deg	-35.85	40.01	26.19	46.24	-12.16	59.76	Falla	59.60	Falla
180°C/90.1	D65 10 Deg	-35.88	40.52	26.59	46.90	-12.24	60.30	Falla	60.37	Falla

Fig. 75: Exemple de resultats de paquets respecte un estàndard blanc.

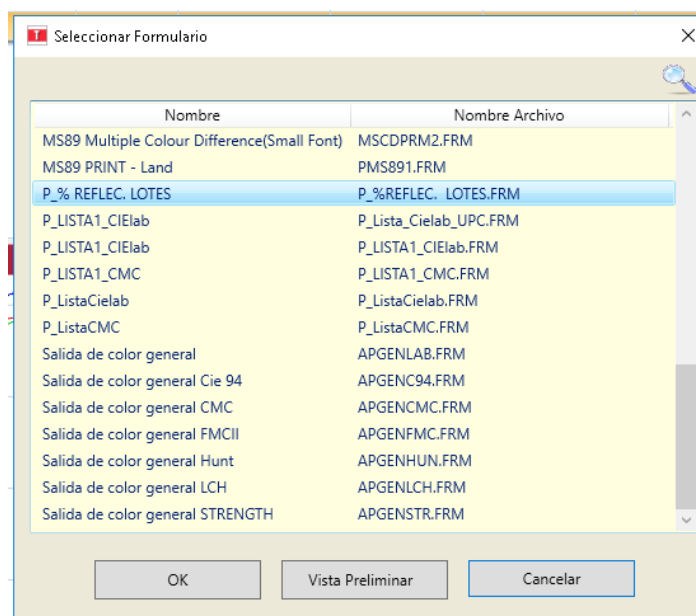
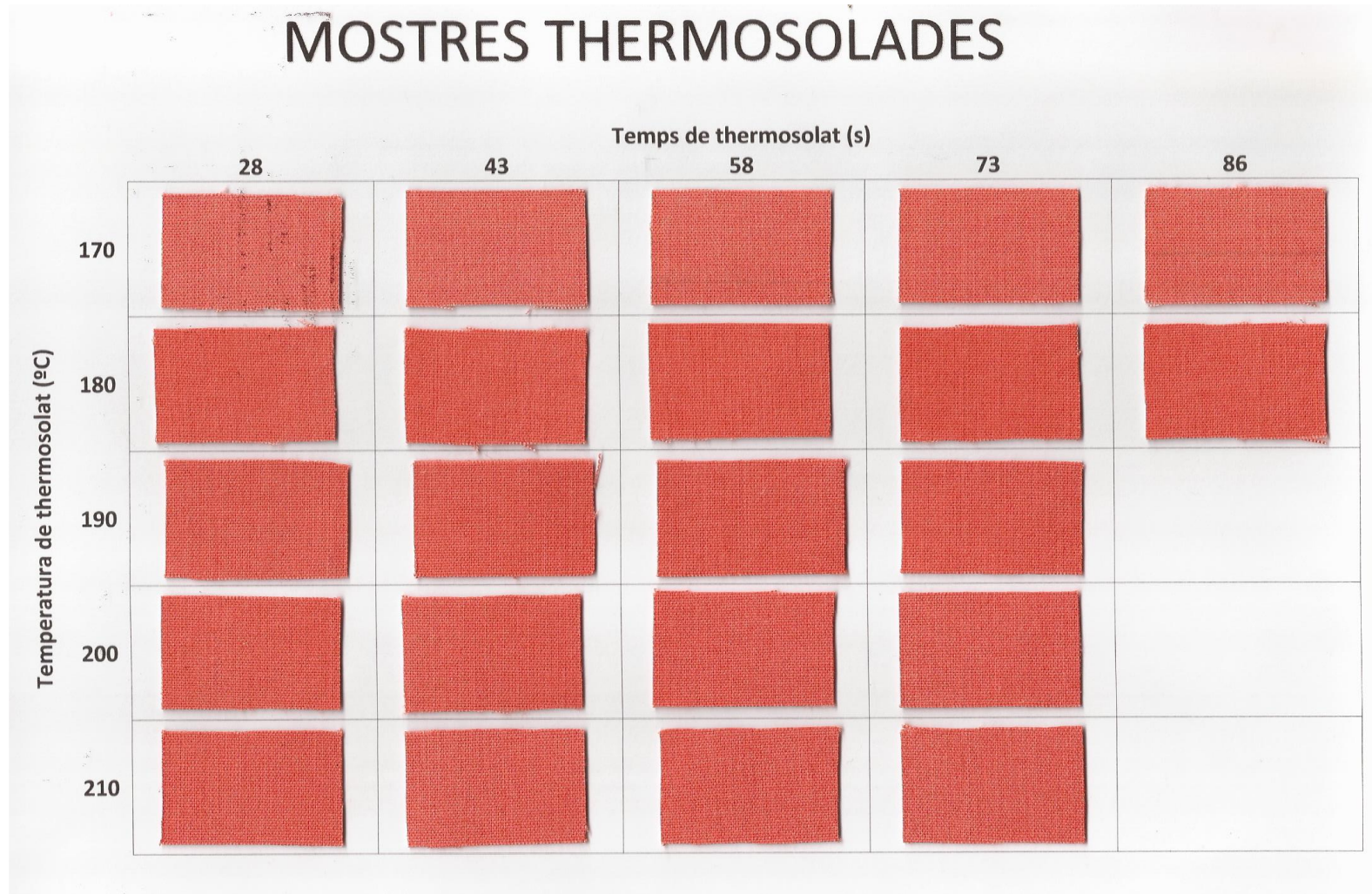


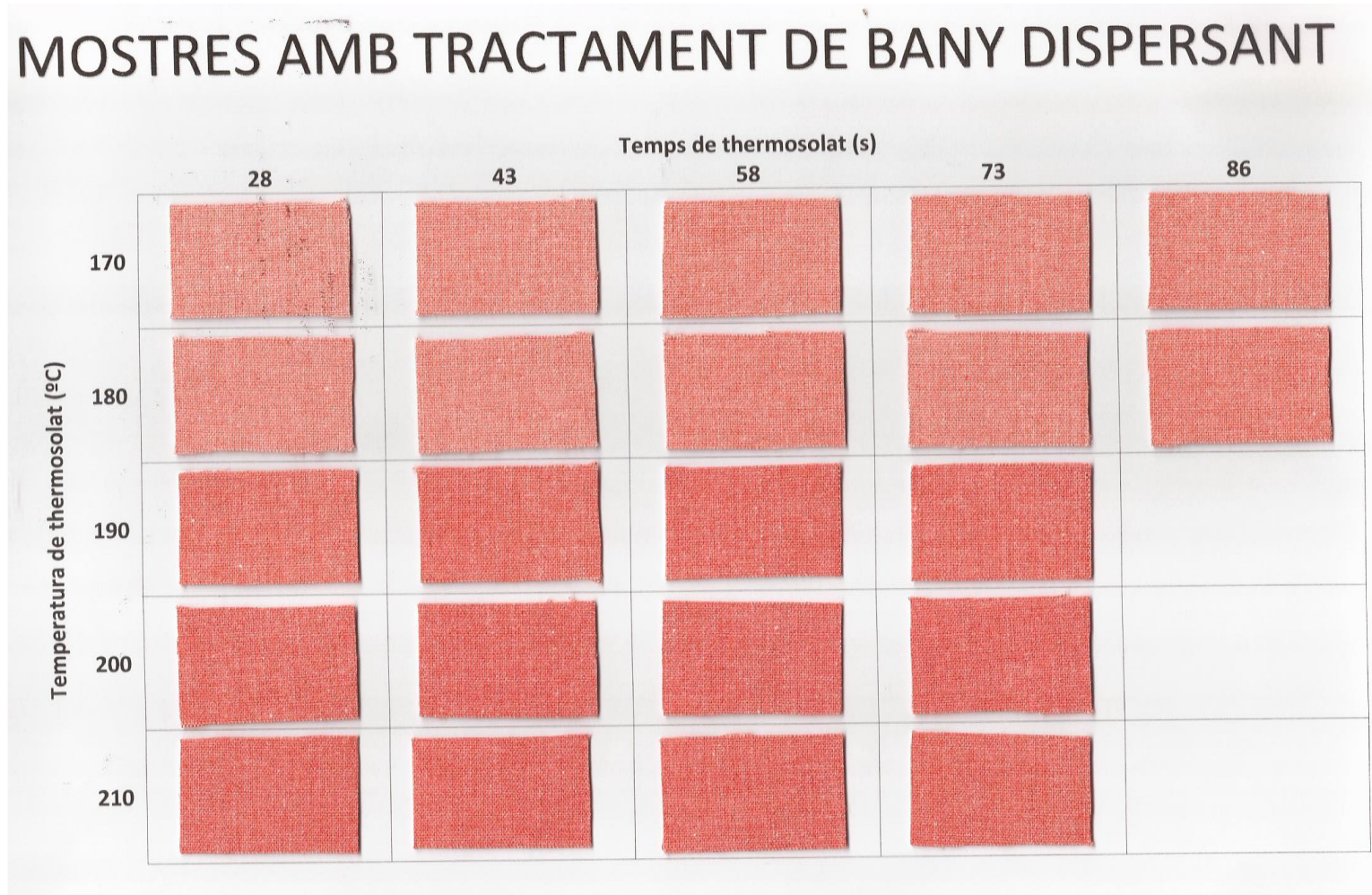
Fig. 76: Formulari d'impressió de la reflectància dels paquets.

- S'obre una taula a totes les longituds d'ona, i es tria la que tingui un valor més petit de reflectància (R%).

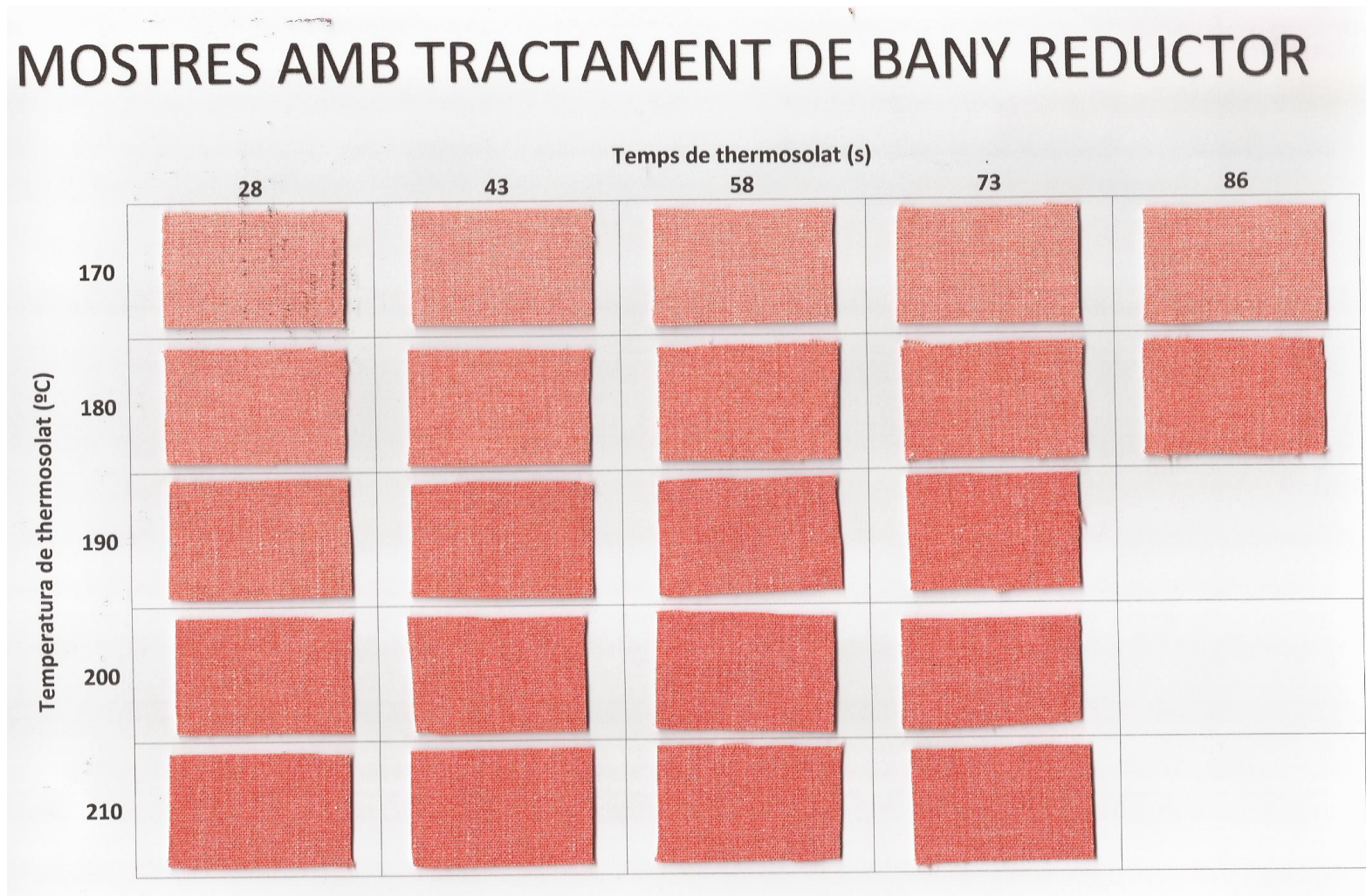
ANNEXES 11. Mostrari dels teixits thermosolats



ANNEXES 12. Mostrari dels teixits després del tractament de bany dispersant



ANNEXES 13. Mostrari dels teixits amb tractament de bany reductor



ANNEXES 14. Mostrari dels teixits després de l'eliminació del cotó

