

COLORITURA MODERNA E COLORANTI NATURALI

Uno studio sui possibili sviluppi della tecnica
per soddisfare le esigenze sostenibili del futuro

Corso di Laurea Magistrale

in Design for the Fashion System

Dipartimento di Design, Politecnico di Milano

a.a 2018/2019

Relatore: Federica Vacca

Laureando: Sara Rondanini

Corelatore: Erminia D'Itria

INDICE

0.1 Introduzione

0.2 Abstract

CAPITOLO 1 | PARADIGMA NATURALE

1. Introduzione

1.1 Genealogia della coloritura

1.1.1 Età Arcaica

1.1.2 Età di mezzo e rinascita

1.2 Classificazione dei coloranti naturali in base ai metodi di approvvigionamento

1.3 Applicazione del colore: pratiche preindustriali

1.3.1 Processo di tintura naturale

1.3.2 Stampa tessile preindustriale

CAPITOLO 2 | PARADIGMA ARTIFICIALE

2. Introduzione

2.1 Genesi del colore standardizzato

2.1.1 Tecniche: Rivoluzione industriale

2.1.2 Prodotti: Sintesi dei coloranti

2.2 Classificazione dei coloranti naturali in base alla composizione chimica

2.3 Verso una nuova esigenza: la progettazione del colore

2.3.1 Clino Trini Castelli e il design primario

CAPITOLO 3 | PARADIGMA SOSTENIBILE

3.1 Un fenomeno in continua crescita: il ritorno al naturale

3.2 Il colore naturale oggi: ricerca e attuazione

3.2.1 Nuovi pigmenti naturali

3.2.2 Nuovi addensanti naturali

3.2.3 Nuovi mordenti naturali

3.3 Innovazione applicata al mercato: casi studio

CAPITOLO 4 | ESPERIENZA SUL CAMPO

4. Introduzione

4.1 Esperimento

4.1.2 Materiali

4.1.3 Metodi

4.2 Risultati

4.2.1 Misurazione del colore

4.2.2 Solidità del colore

4.2.2.1 Resistenza allo sfregamento

4.2.2.2 Resistenza al lavaggio

4.2.3 Pretrattamento con chitosano

4.2.3.1 Test allocromatico

4.3 Conclusioni e linee future

CAPITOLO 5 | EPILOGO

5.1 Conclusioni

5.2 Linee Future

0.0 | PROLOGO

0.1 Introduzione

Negli ultimi tremila anni gli uomini sono stati affascinati dalla tematica del colore e, a proposito di questa, hanno realizzato visioni e interpretazioni più o meno articolate del mondo che ci circonda. La familiarità dell'uomo con i coloranti naturali risale all'epoca preistorica, infatti sulle pareti delle grotte abitate dai primi uomini sono state ritrovate pitture realizzate con pigmenti di colore nero, rossastro e ocra, insieme con resti di conchiglie e suppellettili altrettanto dipinti. Per quanto riguarda la tintura, si potrebbe affermare che ha un'origine tanto antica quanto quella dei tessuti, dal momento che è opinione comune tra gli studiosi supporre che questa attività venisse realizzata in Europa già nell'età del Bronzo, quando l'uso di sostanze e piante locali contribuiva a caratterizzare i tessuti di una particolare popolazione o zona geografica. Gli uomini primitivi erano soliti utilizzare coloranti vegetali a scopo propiziatorio, prima in occasione delle battute di caccia, poi durante guerre e feste religiose, per dipingere la propria cute e le vesti di pelle animale.

Erano infatti convinti che il colore avrebbe dato loro poteri magici, li avrebbe protetti dal male e avrebbe permesso loro di vincere le battaglie che li aspettavano.

I primi documenti scritti relativi alla pratica della tintura sono stati ritrovati in Cina e datati 2600 a.C, ma tra le rovine della civiltà della valle dell'Indo risalente al 3500 a.C, a Mohenjodaro e Harappa, sono stati rinvenuti reperti di indumenti colorati e tracce di tintura con robbia.

Durante l'impero egizio, le mummie venivano sepolte avvolte da bende di lino sulle quali sono state ritrovate tracce di coloranti e in particolare nella tomba del faraone Tutankhamon è stata rinvenuta l'*alzarina*, un pigmento naturale estratto dalla robbia.

Riferimenti all'utilizzo come coloranti di zafferano e kermes possono essere rintracciati anche all'interno della Bibbia, così come la presenza del *viola tiriano* (porpora), colorante che ha vissuto il periodo di maggiore rilevanza grazie ai Fenici, che ne hanno fatto la maggior fonte di ricchezza della propria gente.

Non è chiaro come siano stati scoperti i coloranti, ma è certo che il loro utilizzo sia strettamente legato alla civiltà umana, tanto che risulta impossibile immaginare un mondo senza di essi.

Le tecniche primitive di tintura, che prevedevano la riduzione in poltiglia di bacche, l'utilizzo di terre e lo sfruttamento di carboni residui dal legno per il fuoco, sono diventate sempre più sofisticate con il tempo e si sono evolute insieme con l'evolversi delle popolazioni, delle loro abitudini e dell'utilizzo del colore come significante per la trasmissione di un determinato messaggio.

Anticamente, i coloranti più noti erano rappresentati dal rosso ottenuto dalle radici della robbia (*Rubia tinctorum*), dal blu delle foglie della pianta conosciuta come indaco (*Indigofera tinctoria*) e dal giallo estratto dagli stimmi dello zafferano (*Crocus sativus*) e della curcuma (*Curcuma longa*).¹

Oggi, l'ambito dell'impressione di una tinta su una superficie è divenuta una scienza complessa, non solo dal punto di vista della realizzazione, con la diffusione dei coloranti sintetici, ma anche dal punto di vista della progettazione e della veicolazione di un significato.

Lo scopo infatti è quello di soddisfare un pubblico che in un paio di secoli ha cambiato radicalmente il proprio modo di accogliere e leggere il colore, che *“smette di essere un bene di lusso per divenire un bene di consumo”*.²

0.2 Abstract

Il seguente trattato vuole verificare come l'evoluzione delle tecniche relative alla coloritura nel corso dei secoli sia connessa all'affermazione di matrici disciplinari, all'interno delle quali è possibile cristallizzare una visione globalmente condivisa delle società ad esse corrispondenti.

Lo scopo è quello di dimostrare che, nell'attualità, l'incremento delle pratiche sostenibili relativamente a processi di tintura e stampa risulta di grande interesse per il mercato, nell'ambito della gestione dell'innovazione per l'industria tessile.

Per dare prova di ciò, lo studio sarà strutturato a partire da una suddivisione in periodi storici definiti, la cui analisi ha permesso di identificare, nell'ambito del colore e della tintura, tre stadi principali.

Per identificarli, ci si avvarrà del termine scientifico *paradigma*, volto a descrivere i modelli prevalenti e condivisi che definiscono le tradizioni culturali e tecnologiche di ogni periodo considerato.

In questo modo, si prenderà in esame come prima epoca quella determinata dal *Paradigma Naturale*, compresa tra l'era delle civiltà del bacino del mediterraneo e la Rivoluzione Industriale.

¹ Siva, R., *Status of natural dyes and dye-yielding plants in India*, 2007, pp.2,3

² Falcinelli, R. *Cromorama*, ed. Einaudi, 2017, p 125

Dalla descrizione dell'origine e dello sviluppo delle tecniche all'analisi dell'importanza e dei significati attribuiti ad esse, verrà esplorata tale età, quando il conseguimento del colore da parte dell'uomo era un evento raro e imprevedibile, strutturato da valori netti e gerarchici, legati al suo significato simbolico ed economico e al suo aspetto qualitativo, rappresentato dalla durata.

Il successivo periodo storico considerato prende il nome di *Paradigma Artificiale* ed è quello incluso tra la Rivoluzione Industriale agli anni Novanta del Novecento, interessato dall'introduzione e dall'adozione di prodotti e tecniche standardizzate per la tintura e la riproduzione di stampe che hanno comportato la perdita del valore del colore come significante in favore della sua accessibilità, con il passaggio alla ricerca dell'aspetto quantitativo, dato dall'assortimento.

Alla fine di questo stadio verrà inoltre descritta l'avvenuta istituzione di nuove dimensioni progettuali, volte a sviluppare una rinnovata sensibilità nei confronti dell'aspetto qualitativo sensoriale del Design.

L'ultima età identificata è quella che interessa la rinnovata tendenza verso il naturale che ha visto uno sviluppo a livello industriale a partire dagli anni Novanta del Novecento, caratterizzata dalla crescente e ormai consolidata consapevolezza dei consumatori, per la quale è necessario restituire alla produzione del colore la qualità di trasduttore di significati, in particolare di principi etici dal punto di vista ambientale e sociale, prendendo così il nome di *Paradigma Sostenibile*.

Una volta comprovato l'interesse del mercato al tema, anche attraverso l'analisi di casi studio, è stato svolto un esperimento volto a individuare in maniera sperimentale i migliori processi, prodotti e formule finalizzati alla produzione di stampe naturali su tessuti di diversa composizione, confrontandoli con i loro omologhi sintetici tradizionali in sulla base di verifiche scientifiche.

CAPITOLO 1 | PARADIGMA NATURALE

1. Introduzione

Il primo capitolo tratta del periodo storico compreso tra l'era che viene storicamente definita come *Epoca Antica*, fino alla fine dell'epoca generalmente indicata come *Rinascimento*.

L'epoca considerata è legata dalla *matrice naturale* che delimitava il campo in cui avveniva la riproduzione del colore e di quello su cui si muovevano gli attori del settore.

Si trattava infatti dell'unico paradigma conosciuto nell'era presa in esame, che di conseguenza univa tutte le diverse declinazioni e sfaccettature delle opere di coloritura.

Nella logica di questo principio ordinatore, i modelli proposti dal mercato erano rappresentati da pratiche non standardizzate, che hanno svolto il ruolo di motore della ricerca nel tentativo di operare un incremento delle tecniche.

Per delucidare l'esposizione, l'intervallo di tempo considerato è stato suddiviso in due micro ere a partire da una ripartizione fatta dagli storici, con l'identificazione di due ere che hanno preso il nome di *Età Arcaica* e *Età di mezzo e rinascita*.

La prima comprende il periodo di tempo all'interno del quale fiorirono i popoli che abitarono il bacino del Mediterraneo a partire da circa tremila e cinquecento anni prima di Cristo, concludendosi con la caduta dell'Impero Romano d'Occidente nel 476 d.C., mentre la seconda inizia a partire da questo evento e termina con il verificarsi della Rivoluzione Industriale, il cui inizio viene formalmente collocato a metà del 1700.

Nell'esordio del capitolo parte vengono analizzati l'origine e lo sviluppo delle tecniche tintorie e di stampa all'interno delle società incontrate nel corso delle epoche storiche citate, così come l'importanza e i significati attribuiti ad esse, i quali a loro volta si sono rivelati differenti a seconda dei costumi propri dei popoli in cui queste venivano praticate.

La narrazione prosegue con la catalogazione del colore considerato nel corso del primo stadio interessato dal capitolo, sulla base dei principali metodi di approvvigionamento dei pigmenti nel periodo in cui l'unico paradigma conosciuto era quello naturale.

Tale suddivisione è stata infatti ritenuta la più adatta per determinare una classificazione dei coloranti relativamente all'epoca considerata, dal momento che le competenze proprie del periodo, focalizzate sull'ottenimento di una determinata tinta, non solo erano fondate più su una applicazione pratica della tecnica che su conoscenze speculative, ma erano anche spesso strettamente legate all'economia del territorio, prima ancora di essere beni commerciali.

Risulta inoltre speculare all'elenco che sarà inserito al termine del secondo capitolo, elaborato sulla base di componenti chimiche e nozioni scientifiche alla fine del XI° secolo.

Il capitolo si conclude con l'esame delle pratiche di tintura e realizzazione di stampe più utilizzate nell'epoca storica considerata, caratterizzata da componenti naturali e metodi di riproduzione manuali.

Per quanto riguarda la prima sono esaminate le tecniche relative alla preparazione del bagnocolore e ai tre principali metodi di tintura, mentre in merito alla seconda sono presi in considerazione la formulazione dell'impasto e le macchine utilizzate per l'applicazione.

1.1 Genealogia della coloritura

Sebbene il tema della tintura abbia goduto di grande interesse fin dall'epoca arcaica, in ogni civiltà questa è stata declinata attraverso pratiche e materiali differenti, a seconda delle credenze religiose, delle convenzioni sociali o delle disponibilità del territorio.

Si sono inoltre attribuiti al suo utilizzo significati e valori eterogenei, che non sempre coincidevano con la considerazione attribuita nei confronti di chi questa pratica la professava di mestiere.

1.1.1 Età Arcaica

Nell'epoca in cui fiorirono gli antichi popoli del bacino del mar Mediterraneo, grazie ai commerci e in seguito alle conquiste, questi si influenzarono vicendevolmente e in maniera progressiva, operando scambi che permisero loro di adottare nuove usanze e tecniche di produzione, tra gli altri campi, anche in merito all'arte tintoria e prodotti inediti destinati al conseguimento di pigmenti e coloranti.

Egizi

Gli Egizi in epoca faraonica erano soliti servirsi largamente del lino per la realizzazione dei loro abiti, mentre la lana, a causa della sua durata e perché considerata impura, non ha goduto di grande interesse fino al periodo di dominazione greca, quando sono state introdotte nuove specie di pecore che offrivano lane più pregiate e adatte per subire i processi di tintura e, solo successivamente, di filatura.

Non era infatti comune la pratica della coloritura in capo e, così come la lana veniva tinta prima di essere filata, anche il lino e il cotone subivano questa operazione prima di essere tessuti.

In questo modo, al momento della tessitura, le trame tinte (specialmente nelle varie gradazioni del porpora) si utilizzavano per ottenere decori vegetali, floreali e geometrici attraverso l'utilizzo della tecnica ad arazzo.

I filati vedevano diverse fasi operative prima di giungere a quella della tessitura.

Inizialmente si predisponavano lavaggi a base di detergenti come potassio, radica saponaria, patron, cenere, piante alcaline e urine fermentate contenenti ammoniaca, con il fine di eliminare le sostanze grasse dal filo.

Si procedeva quindi con la pratica della mordenzatura, ovvero un nuovo bagno che costituiva un'operazione molto delicata, dato che le sfumature finali dei colori dipendevano direttamente dalla scelta del mordente.

Queste prime due fasi erano propedeutiche a quella vera e propria di tintura, che interessava prevalentemente l'utilizzo di tre tipologie di coloranti, ossia pigmenti minerali sciolti in acqua, sostanze vegetali derivate da piante, o sostanze organiche come le lacche, che agiscono su base chimica.

Tra le sostanze tintorie più utilizzate vi era il blu, che veniva realizzato a partire dalla macerazione delle foglie di *Indigofera tinctoria* o di *Indigofera argentea*, che non necessitavano l'uso di mordenti, mentre questi permettevano di ottenere diverse tonalità nel caso del rosso, ottenuto da robbia, kermes e, in epoca bizantina, cocciniglia, una diffusa lacca proveniente dall'India.

Per ottenere il rosso vivo alla robbia venivano aggiunti sali di alluminio, incorporando a questo composto anche stagno era possibile ricreare l'arancione mentre con sali di rame e ferro si avevano i bruni rossastri e i toni più scuri.

Il giallo, invece, si estraeva dal fiore di zafferano, dal cartamo (*Chartamus tinctorius*), dal *Lotos medicago*, dalla curcuma e dal frutto acerbo del melograno (*Punica granatum*).

Tra i tessuti di abbigliamento e tappezzeria colorati, i più amati erano quelli purpurei, che imitavano la ben più costosa e simbolica tinta estratta dall'umore di tre tipi di murice, vale a dire *murex brandaris*, *murex trunculus* e *purpura haemastoma*.

La tecnica più attestata per ottenere questa sfumatura presso gli Egizi vedeva la combinazione dell'indaco con il rosso.

Il livello raggiunto dalle pratiche di tintura e tessitura operate da questo popolo permetteva la realizzazione di fini manufatti artigianali e il gusto prediligeva decori sofisticati e colori dosati in maniera tale da ottenere composizioni armoniche e delicate, policrome ma non troppo vistose.

Nonostante l'abilità degli artigiani in questi campi, la maggiore propensione per gli Egizi era tuttavia quella di ottenere capi e filati che fossero il più chiari possibile.

La tendenza più diffusa, infatti, era quella di sbiancare le vesti sottoponendole a diversi trattamenti, quali l'esposizione solare, l'utilizzo di detergenti vegetali e l'applicazione di sali minerali, prima di essere battute e sciaquate in abbondante acqua.³

Vista l'aspirazione di questo popolo alla purezza e a dispetto della qualità riconosciuta ai beni prodotti, i tintori non godevano di privilegi per il loro operato e non venivano tenuti in considerazione all'interno della società, dal momento che portavano sul corpo i segni lasciati dall'ambiente in cui abitualmente svolgevano il loro mestiere⁴.

Fenici

Diametralmente opposta alla civiltà degli Egizi, almeno per quanto riguarda la considerazione riservata a tintori e tessitori, era la società dei Fenici, presso la quale queste categorie di artigiani erano riunite in gruppi che collaboravano per ottenere tessuti di notevole qualità e ai singoli veniva riconosciuta la qualifica solo dopo un lungo praticantato.

La fibra più utilizzata dal principio era la lana, che veniva tinta in fiocco, mentre in seguito fu affiancata dall'impiego del lino, che subiva il processo di colorazione in seguito alla filatura. Tra i colori più diffusi vi erano il giallo derivato dal melograno, il bruno del sammaco (*Rhus coriaria*) e il rosso scarlatto ottenuto da un insetto simile al kermes per forma e capacità tintorie.

Un'altra pianta utilizzata per tingere di rosso le stoffe era la *dracena draco*, dalla quale si estraeva la resina (chiamata appunto "sangue di drago") che si utilizzava per conferire alle stoffe un tono rosso brillante, ma è la porpora, tinta di origine animale, che ha dato a questo popolo la grande fama di cui ha goduto in epoca arcaica e che si è protratta nei secoli.

I Fenici sono infatti considerati i tintori più abili del mondo antico, dal momento che si dedicarono esclusivamente alla produzione della porpora, alla tintura delle stoffe e al loro commercio. Furono infatti in grado di trasformare una pratica artigianale in una fiorente

³ Peri, P., *Tessuti egiziani dall'età ellenistica al medioevo nelle Raccolte del castello sforzesco di Milano*, 2013, ed. Settegorni, pp. 16-21

⁴ Cristofori, M., (a cura di) "Cenni storici sulla produzione tessile nel mondo antico", in Corti, C., (a cura di) *Tessuti, colori e vestiti del mondo antico*, 2001, ed. Baraldini, pp. 23-27

attività, che li rese un popolo ricco grazie ai fruttuosi mercati che portavano a termine in tutto il mar Mediterraneo.

In una società così vincolata alla produzione del colore, l'attività di preparazione della porpora era chiaramente strutturata e conosciuta nei minimi dettagli.

I molluschi di cui ci si approvvigionava potevano essere di tre tipologie diverse (murex trunculus, murex brandaris e purpura haemastoma, l'ultimo di qualità inferiore perché più soggetto alla perdita di intensità) e venivano raccolti esclusivamente in autunno e in inverno, dal momento che in queste stagioni la concentrazione di sostanza colorante al loro interno era maggiore, mentre le tecniche tintorie, i luoghi di approvvigionamento e le materie prime dei coloranti erano tenuti segreti.

I molluschi più piccoli venivano frantumati comprensivi del guscio, mentre quelli più grandi subivano un processo più complesso. Questi venivano infatti privati della speciale ghiandola contenente la tinta, che veniva salata tre giorni ed era successivamente trattata per estrarne il colorante.

Per realizzare un grammo di colore erano necessari circa seimila molluschi, il che giustificava l'elevato prezzo degli artefatti finali.

Il vibrante tono delle stoffe color porpora e in particolare la loro caratteristica di eccezionalità, hanno reso questa tinta la prediletta e la più ricercata per secoli da dignitari di corte, sovrani e sacerdoti, divenendo per lungo tempo il simbolo dei ceti più elevati.⁵

Babilonesi

Contemporaneamente all'epoca dei Fenici, nella fertile zona geografica compresa tra il Tigri e l'Eufrate, l'arte della tintura e della tessitura ebbero un ruolo socio-economico rilevante, al punto che anche le donne avevano una parte molto attiva per quanto riguarda la produzione dei tessuti e che i tintori erano divisi per categorie a seconda che si occupassero di lino, cotone o lana.

I coloranti più utilizzati erano rosso, blu-porpora e viola, come testimoniano anche alcuni passi della Bibbia, che fanno riferimento a vesti color porpora e violetto. Questi venivano estratti dalle diffuse piante tintorie già trattate ma specialmente dal kermes (*Coccus ilicis*), un parassita della farnia (*Quercus robur*) e di altre piante tipiche del territorio.

A sostegno della tesi che in Mesopotamia attività di tintura fossero molto praticate e ben organizzate, vi è il ritrovamento sulle rive dell'Eufrate, in corrispondenza dell'antica città di Ur, di una tavoletta in argilla datata 2200 a.C., contenente informazioni relativamente alla confezione e alla tintura dei tessuti⁶.

Ebrei

Simile alla società dei Fenici per quanto riguarda il largo utilizzo della lana era il popolo ebraico, che vedeva Gerusalemme come maggiore centro di filatura, tintura, tessitura e commercio di questa fibra e dei suoi derivati.

⁵ Cristofori, M., *op.cit.*

⁶ Cristofori, M., (a cura di) *op.cit.*

La lana rappresentava infatti la fibra tessile più utilizzata presso gli Ebrei, subito seguita dal lino.

Tra le fasi che vedevano interessato il vello dell'animale, la prima era quella di sgrassatura tramite l'utilizzo di carbonato di sodio o decotti a base di saponaria officinalis.

In seguito venivano le operazioni di filatura e, solo alla fine, di tintura.

Durante quest'ultimo stadio, la lana veniva tinta in matasse per mezzo di un'immersione più o meno prolungata all'interno di recipienti di marmo, nota come bagnocolore.

Questo periodo di macerazione era variabile a seconda della gradazione e della tonalità delle tinte che si desiderava ottenere.

Successivamente, si liberavano le matasse dal colore in eccesso e si lasciavano essiccare in ambienti appositi fino al momento della tessitura.

Per quanto riguarda l'estrazione dei colori, questa avveniva mediante urina invecchiata e fermentata o decotti acidi di piante simili a cetrioli.

I colori più diffusi nella tradizione ebraica erano dati da diverse sfumature di rosso, ossia giacinto, scarlatto e purpureo e dal nero, ottenuto dalle galle di quercia e dal mirtillo (*vaccinuim myrtillius*)⁷.

Persiani

Popolo di abili tessitori e tintori, gli artefatti persiani presentavano composizioni policrome geometriche e floreali.

Grazie alla loro tecnica tintoria, ereditata da molti secoli di esperienza, erano in grado di ottenere una vasta gamma di tinte e sfumature.

I colori più utilizzati erano il rosso derivato dalla robbia, il turchino dato dall'indaco, il giallo ottenuto da melograno, zafferano e reseda (*reseda luteola*).

Vi era inoltre il cremisi realizzato a partire dal kermes.

Le femmine di questo insetto, che si raccoglievano nel mese di aprile, venivano uccise con soluzioni acide e in seguito polverizzate e, al momento dell'utilizzo, disciolte in soluzioni acide o alcaline a seconda della tonalità di rosso che si desiderava ottenere⁸.

Greci

Per i Greci la tessitura era l'attività per eccellenza dell'*oikos* e definiva la cosiddetta "buona sposa" che era caratterizzata dalla dote della laboriosità all'interno dell'ambiente domestico. I prodotti tessili per eccellenza erano realizzati in lana, che rappresentava la fibra maggiormente utilizzata e in lino, che era conosciuto ma utilizzato in scala minore in quanto frutto di importazioni, mentre canapa e seta verranno utilizzati rispettivamente a partire dal V e II secolo a.C.

La lana, dopo essere collezionata, subiva processi di lavaggio e sgrassatura con decotti di saponaria, dopodiché veniva tinta in fiocchi.

⁷ Cristofori, M., (a cura di) *op.cit.*

⁸ Cristofori, M., (a cura di) *op.cit.*

I colori più diffusi erano il blu dato dal guado (*Isatis tinctoria*), i gialli derivati da loto (*dispyros lotos*) e zafferan e il rosso ottenuto dalla robbia e dall'oricello (*rocella tinctoria*), un lichene che cresce in corrispondenza delle rocce di molte zone costiere, che veniva utilizzato in ambiente acido per conseguire la tinta rossa, mentre per ricavare il colore azzurro-violaceo si ricreava un ambiente alcalino, tramite l'aggiunta di cenere vegetale o urina fermentata. Proprio grazie alla sua reperibilità in prossimità delle coste, alcune isole divennero centri specializzati nella tintura con questa sostanza colorante.

Allo stesso tempo, le città di Melibea in Tessaglia, Ermione in Argolide e Corinto nel Peloponneso, erano conosciute per la lavorazione della porpora, mentre nell'entroterra si tingeva prevalentemente con le erbe.

A differenza dalle precedenti, nella città di Sparta si lavorava la lana ma non si praticava la tintura, considerata come una frivolezza e di conseguenza proibita a causa delle austere leggi vigenti.

Solo in seguito, in questa città, si è iniziato a tingere di scarlatto le vesti dei soldati, così da mascherare le macchie di sangue dei feriti e far perseverare la nomea di invulnerabilità dei guerrieri spartani.

Per la loro posizione geografica, i Greci godevano di un grande scambio di contatti e informazioni con i popoli limitrofi e quelli che navigavano nel Mediterraneo, grazie ai quali fin dall'XI secolo a.C hanno avuto la possibilità di apprendere molte nozioni a proposito dell'arte tintoria, ma malgrado la competenza acquisita, i loro prodotti rimasero sempre a livello artigianale⁹.

Romani

Agli albori della civiltà romana, questo popolo era solito utilizzare mantelli e tuniche in lana nel colore naturale.

Fu con l'espandersi dell'Impero e grazie al contatto con i popoli conquistati che i Romani iniziarono ad adottare tuniche colorate, inizialmente color porpora e rosso-aranciate, adottate da re, notabili di corte e sacerdoti.

Con il tempo, queste divennero uno status symbol che rifletteva il benessere socio-economico di colui che le indossava, così che si moltiplicarono le manifatture lungo la costa. In epoca regia (fino al 509 a.C) l'ordine dei tintori veniva menzionato tra le diverse associazioni artigiane, chiamate con il nome di *Collegium tinctorium* mentre al tempo di Plauto (a cavallo tra il III e il II sec. a.C) i tintori erano denominati in base al diverso colore prodotto. Si trovavano quindi i *Flammari* che realizzavano l'arancio, gli *Spadicari* con il bruno e i *Violari* che si occupavano del viola, ma quelli tenuti in maggiore considerazione erano i *Porporai*, responsabili del porpora aristocratico.

I Romani erano interessati anche nell'utilizzo del kermes e della robbia per ottenere il rosso, in quanto specialmente quest'ultima pare che venisse utilizzata per tingere le vesti dei soldati.

⁹ Cristofori, M., (a cura di) op.cit.

Un altro colore al quale veniva data relativamente importanza era il giallo, ottenuto dai cosiddetti *Crocei* a partire dalle piante di reseda, cartamo, ginestra e curcuma e destinato a colorare gli abiti nuziali e delle vestali.

Per l'azzurro si utilizzava la malva e infine per ottenere il nero, i tessuti e i filati venivano trattati con soluzioni gialle tanniche a partire dalla noce di galla o dal legno e arricchite con sali di ferro, quindi si passava alla mordenzatura con ruggine di ferro sciolta in aceto.

Grazie ai ritrovamenti archeologici è possibile affermare che durante l'Impero romano botteghe tessili, tintorie, lavanderie e stirerie si trovassero in un unico edificio, all'interno del quale lavoravano molte persone con competenze eterogenee e ben definite¹⁰.

1.1.2 Età di mezzo e rinascita

Con la caduta dell'impero romano, Vandali, Unni, Visigoti e Ostrogoti attraversarono tutta l'Italia, distruggendo e saccheggiando fino in Sicilia, dove da molto tempo erano fiorenti grandi botteghe di tintoria.

Così invasioni, assedi, distruzioni e grandi migrazioni di popoli in fuga presero il posto di commerci e scambi, in cui l'unica eccezione positiva fu rappresentata dal regno di Giustiniano a Costantinopoli, che esportò a Ravenna, capitale italiana, le conoscenze e i commerci orientali, segnando l'inizio del periodo storico conosciuto come *Medioevo*.

All'arrivo dei Longobardi, le tintorie sparse un po' ovunque nel territorio erano diventate realtà produttive consolidate ma fu solo grazie al regno di Carlo Magno che queste si espansero in maniera organizzata in tutta Europa, secondo coltivazioni programmate su vasti territori.

La fondazione dei centri monastici favorì la diffusione della cultura relativamente a diverse arti tra cui anche quella della tintura grazie all'opera di trascrizione degli amanuensi, e quella della lavorazione della seta, importata dai monaci che viaggiavano in Europa e Oriente. Quest'ultima divenne considerata molto preziosa e ricercata nelle corti e nelle città specialmente a partire dal basso medioevo, mentre le popolazioni di servivano di povere vesti, costituite prevalentemente da mantelli e tuniche di lana grezza di colori bruni, sabbia e varie tonalità di grigi.

Infatti il popolo tingeva i propri abiti con materiali facilmente reperibili nel regno vegetale e animale, ovvero con i toni del giallo, del beige e del marrone, mentre tra i più rinomati coloranti vi erano ancora il guado, il kermes e la robbia.

Nel Medioevo ai colori venivano attribuiti significati simbolici e religiosi.

Per esempio, il rosso acceso era destinato alle prostitute, ai lebbrosi e ai boia, mentre il nero divenne sinonimo di modestia e moderazione, divenendo molto in voga nei costumi nobiliari e perdendo la sua accezione negativa sostituito dal giallo, riservato agli ebrei e ai musulmani. Il blu indicava giustizia, fedeltà e spiritualità, diventando di conseguenza anche espressione di regalità in Occidente.

¹⁰ Cristofori, M., (a cura di) *op.cit.*, pp. 23-34

Le industrie tessili cominciarono a differenziarsi per gli stili, le qualità e le decorazioni, mentre le ricette di tintura continuavano a essere tramandate gelosamente di generazione in generazione all'interno delle botteghe.

Ingredienti e colori, anche se mischiati secondo metodi diversi per mordenzature e trattamenti del tessuto, restarono all'incirca sempre gli stessi fino al Rinascimento, quando il gusto per l'eleganza e la maestosità si accentuò.

Il desiderio di conoscenza e di progresso cominciò a diffondersi, grazie alla scoperta di nuove rotte navali per raggiungere territori come l'India e l'Oriente e di nuove terre come l'America, che favorirono il commercio, tra le altre merci, dell'indaco, che in alcuni paesi europei andò a sostituire quasi completamente il guado, mentre in altri l'utilizzo di questo colorante fu proibito, pena la morte.

Dall'America si importò in Europa anche la cocciniglia americana (*Coccus cacti*), un insetto che vive sui fichi d'India e che grazie alla sua capacità tintoria si sostituì all'uso del kermes e in seguito a quello dei Murex nella produzione del rosso acceso.

Le regole di segretezza e tradizione relativamente ai processi di tintura furono infrante per la prima volta nel 1540 ad opera di Giovanventura Rossetti, che a Venezia pubblicò il libro *Plichto dei tintori*, un trattato contenente all'incirca duecento procedimenti e ricette che resteranno per lungo tempo un punto di riferimento per i tintori.

Questo evento diede il via alla diffusione di trattati e ricette relativi all'arte tintoria, nei quali erano descritti anche l'invenzione di nuovi macchinari e il perfezionamento delle tecniche, che interessò il secolo compreso tra il 1600 e il 1700.

Sostanzialmente non vi furono particolari novità, fatta eccezione per l'alternarsi delle mode, fino al 1740, quando in Francia Giras De Gentilly ottenne un violetto inalterabile trattando la lana con il campeggio e un mordente a base di stagno.

In questo modo, De Gentilly anticipò di qualche anno la tendenza della ricerca che caratterizzò l'età industriale, ovvero quella di rivolgersi alla chimica per individuare soluzioni di tintura efficaci¹¹.

1.2 Classificazione dei coloranti naturali in base ai metodi di approvvigionamento

Nel seguente paragrafo i coloranti naturali sono riportati secondo una classificazione che li vede catalogati in base a quelle che risultavano essere le principali fonti di approvvigionamento del colore, secondo il paradigma naturale, per quanto interessa il periodo storico trattato nel capitolo.

Al fine di stilare una lista dei principali pigmenti relativi a tale epoca, sono state prese in considerazione le consuetudini proprie degli attori del periodo.

In merito alla coloritura dei tessuti, infatti, il conseguimento delle materie prime, al fine di ottenere i pigmenti, era spesso legato a fattori determinati dalla disponibilità territoriale e dalle colture spontanee locali, prima ancora di essere rappresentato dagli scambi commerciali e culturali tra popoli.

Inoltre, le pratiche del periodo erano più spesso determinate da procedimenti tramandati nel corso delle generazioni, o adottati in seguito a scambi commerciali e occupazioni, piuttosto che basate su nozioni scientifiche.

La natura pratica e regionale delle competenze ritrovate in questa epoca, di conseguenza, viene rispecchiata in una suddivisione che vede una prima distinzione delle fonti in base alla loro provenienza.

Questa può essere animale o vegetale ed seguita dal nome proprio del pigmento, dalle tonalità che è possibile conseguire grazie ad esso e, infine, dalla descrizione del suo aspetto.

Tab. 1 Principali fonti di approvvigionamento dei pigmenti per gli antichi¹²

Origine del pigmento	Nome	Colore prodotto	Descrizione
Pigmenti di origine animale	Porpora	Rosso	Ottenuto dalla secrezione viscosa di alcuni molluschi presenti lungo le coste del bacino del Mediterraneo, che producono una secrezione biancastra che alla luce si colora di rosso
	Kermes	Varie tonalità dal rosso mattone al violetto, passando per il rosso acceso a seconda della presenza di ambiente acido o alcalino	Colorante derivato dal <i>Coccus ilicis</i> , un insetto che vive su alcune specie di quercie. La cocciniglia raccolta e fatta seccare assume l'aspetto di piccole sfere che a contatto con l'acqua si sciolgono liberando il principio colorante
Pigmenti di origine vegetale	Curcuma (<i>Curcuma longa</i>)	Varie tonalità dal giallo vivido all'arancio a seconda dell'ambiente acido o alcalino	Pianta appartenente alla famiglia delle Zingiberacee, un genere che comprende erbe rizomatose dalle lunghe foglie semplici e dai fiori disposti in grappoli.
	Indaco	Blu	Sostanza colorante azzurra molto conosciuta nell'antichità.

¹²Bonfatti, G.L., "Il procedimento della tintura" in Corti, C., (a cura di) *Tessuti, colori e vestiti del mondo antico*, 2001, pp.35-37

<i>(Indigofera tinctoria)</i>		L'indaco naturale è contenuto sotto forma di glucoside indacano in diverse piante del genere <i>Indigofera</i> della famiglia delle Leguminose, che crescono in India e in Cina
Guado <i>(Isatis tinctoria)</i>	Blu-azzurro	Pianta coltivata e molto diffusa un tempo in Europa: l' <i>Isatis tinctoria</i> , appartenente alla famiglia delle <i>crucifere</i> , è una pianta rustica biennale
Noce <i>(Juglans regia)</i>	Toni che possono variare dal bruno chiaro al marrone scuro	Pianta originaria dell'Asia, ma presente in quasi tutta Europa e utilizzata per la produzione di legname e di frutta. Per scopi tintori, di questa pianta si utilizza prevalentemente il frutto e in particolare il mallo. Questo, come altre parti della pianta, è ricco di tannini che favoriscono il fissaggio del pigmento colorante.
Robbia <i>(Rubia tinctoria)</i>	Varie tonalità di rosso	Pianta erbacea perenne appartenente alla famiglia delle Rubiacee. Nota dalla più remota antichità in Asia e in Oriente, ma anche dai Greci e dai Romani. Le radici più vecchie della pianta, che contengono una maggiore quantità di colorante, vengono raccolte a partire dal terzo anno di età e quindi essiccate e macinate per ottenere una polvere di colore rosso bruno chiaro
Zafferano <i>(Crocus sativus)</i>	Giallo	Si tratta di una pianta della famiglia delle iridacee a fioritura autunnale che cresce abitualmente anche allo stato spontaneo, ma attualmente è oggetto di coltivazione,

			specialmente in Abruzzo per l'Italia. La raccolta avviene al mattino, prima che i fiori possano appassire. Per ottenere 100 gr di zafferano occorrono 8 kg di prodotto fresco
Fico (<i>Ficus carica</i>)	Varietà di tonalità di versi e gialli più o meno tenui		Pianta arborea di origine asiatica diffusasi anche nel bacino del Mediterraneo. Per la tintura venivano impiegate specialmente le foglie fresche, essiccate o bollite in acqua
Ippocastano (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	Toni variabili dal marrone chiaro alla terra d'ombra bruciata		Pianta arborea molto diffusa in tutto il continente. La parte della piante utilizzata per la tintura è il riccio, il cui succo permette di evitare l'utilizzo di mordenti in quanto ricco di tannini.
Rovo (<i>Rubus ulmifolius</i>)	Varietà di toni dal grigio al viola		Arbusto perenne e spontaneo molto diffusa dal mare alla montagna. I suoi frutti maturi sono utilizzati per il loro potere colorante
Sambuco (<i>Sambucus nigra</i>)	Viola Magenta Vasta gamma di tonalità di grigio-verdi		Pianta presente allo stato spontaneo sia in siepi che nei boschi. I fiori biancastri si riuniscono in corimbi ombrelliformi e il frutto commestibile è la parte utilizzata nei processi tintori
Topinambur (<i>Helianthus tuberosus</i>)	Gamma di colori dal verde pisello all'arancio tenue		Pianta spontanea perenne che cresce in abbondanza nei luoghi incolti e lungo i fiumi. Il fusto può raggiungere i tre metri di lunghezza e i fiori gialli si riuniscono in corimbi terminali. Proprio dai fiori si estrae il colorante

	Uva (<i>Vitis vinifera</i>)	Varietà di verdi, Viola Grigio Bruno	Diffusa in tutto il bacino del Mediterraneo. Coltivata prevalentemente per la produzione del vino e occasionalmente utilizzata come i suoi derivati (vino e aceto) nell'arte tintoria.
--	----------------------------------	---	--

1.3 Applicazione del colore: pratiche preindustriali

Il presente paragrafo descrive le tecniche di riproduzione di tinte o stampe tessili più antiche, insieme con i prodotti naturali utilizzati come ausiliari per queste attività.

La pratica di impressione del colore su un filo o un tessuto, sia essa tintura o stampaggio, richiede diverse fasi, che si caratterizzano per processi differenti a seconda del risultato che si vuole ottenere, della natura delle risorse o degli strumenti di cui si dispone.

Si è visto come, in epoca preindustriale, l'unica fonte di prodotti per la coloritura conosciuta fosse quella naturale, di origine vegetale o animale.

Si deve tenere inoltre in considerazione il fatto che le tecniche di un tempo fossero caratterizzate da procedure manuali, lunghe e laboriose, eseguite sulla base di nozioni rudimentali e talvolta empiriche.

Tali premesse sono volte a preannunciare come le prerogative emblematiche di quei secoli abbiano permesso tipologie di produzione dai connotati artigianali e circoscritti.

Questi, tuttavia, si sono dimostrati di fondamentale importanza in quanto archetipi originali a partire dai quali si è verificata, nei secoli successivi, quella specializzazione incessante delle pratiche che ha reso possibile l'evoluzione di prodotti e tecniche.

1.3.1 Processo di tintura naturale

La pratica della tintura con risorse coloranti di origine naturale si distingue in due fasi, ovvero la preparazione del bagnocolore e la successiva immersione della fibra.

Questa può avvenire secondo tre metodi differenti, che prendono il nome di tintura diretta, a bagno unico o con filato mordenzato, a seconda dell'utilizzo o meno di un prodotto mordente e del momento in cui questo viene aggiunto al bagno.

Bagnocolore

Per realizzare il primo passaggio è necessario far macerare la fonte del colorante in un recipiente coperto, secondo modalità (secco, fresco o sminuzzato) e tempistiche differenti a seconda della natura della risorsa utilizzata.

Successivamente è necessario riscaldare tutto con fuoco e in seguito filtrare la soluzione per ottenere il cosiddetto *bagnocolore*, all'interno del quale è disciolto il pigmento estratto dalla sorgente iniziale.

Infine, si immerge la fibra o il filato nella soluzione colorante e si lascia bollire l'insieme in modo da dare inizio al processo di tintura.

Metodi di tintura

Una volta ottenuto il bagnocolore, è possibile procedere in tre modi differenti:

- Tintura diretta
Si lascia bollire il tessuto o il filato nel bagnocolore per almeno un'ora, in modo che si impregni di colorante. L'eccesso viene successivamente sciacquato con acqua saponata e infine la fibra viene lasciata ad asciugare alla luce o all'ombra a seconda della sua natura e del risultato finale che si desidera ottenere.
Questo metodo permette di conseguire buoni risultati quando utilizzato con mallo di noce, alcuni licheni e, in genere, con i vegetali ricchi di tannini.
- Tintura a bagno unico
Questo sistema è analogo al precedente, con la sola differenza che al bagnocolore viene aggiunta una determinata concentrazione di mordente in modo da fissare la tinta alla fibra
- Tintura con filato mordenzato.
In questo caso, la fibra viene trattata con una sostanza mordente prima di essere immersa nel bagnocolore, che si svolge con la stessa modalità della tintura diretta¹³.

1.3.2 Stampa tessile preindustriale

Sebbene non si abbiano riscontri certi a proposito di quando sia stata introdotta la stampa tessile, la sua presenza è comprovata fin dall'antichità, con il verificarsi di variazioni di tecniche e stili grafici e cromatici attraverso i secoli e i popoli che l'hanno praticata.

Si riporta che già nel 327 a.C. Alessandro Magno, dopo l'invasione dell'India, ne avesse elogiato i "bellissimi cotonei stampati" e, mentre nel complesso cimiteriale di Akhim in Egitto è stato scoperto un blocco da stampa datato nel 300 a.C., in Perù e Messico sono stati rinvenuti tessuti stampati di epoca precolombiana e in Cina è stato recuperato uno scampolo

¹³ Bonfatti, G.L., *op.cit.*, pp. 37-38

di seta decorato per mezzo della stampa a blocchi risalente alla dinastia Han, quasi duemila anni fa¹⁴.

Stampa a blocchi

Si tratta della pratica di stampa più antica ed è tipica dell'Asia, in particolare nelle aree della Cina e dell'India.

Si realizzava tramite impressione manuale, per mezzo di matrici di legno su cui veniva inciso in rilievo il disegno da riprodurre.

Il blocco di legno era imbevuto di tintura e in seguito veniva pressato sulla superficie del tessuto in modo tale da ottenere la stampa.

I blocchi erano generalmente della dimensione di una decina decina di centimetri quadrati per ragioni pratiche di manovrabilità e presentavano bordi di forme tali da permettere la riproduzione affiancata del motivo, in modo da essere in grado di riprodurre con facilità stampe di qualsiasi dimensione.

Secondo questa modalità, la stampa risultava essere discontinua dal momento che i blocchi erano utilizzati in successione per riprodurre il disegno, nonostante questo si presentasse come continuo alla fine del processo.

Per incrementare l'aspetto della regolarità, a partire dalla tecnica a blocchi furono in seguito predisposti rulli in legno intagliati secondo il medesimo concetto, in modo da consentire un incremento a livello di velocità di produzione della stampa, dal momento che essa veniva a questo punto ottenuta facendo rotolare in modo continuo i cilindri inchiostriati sul tessuto¹⁵.

Stencil

Questa tecnica consisteva nel ritagliare il disegno che si desiderava ottenere da una base in carta per poi riprodurlo in negativo. Nonostante questa modalità venne inventata in Cina quasi duemila anni fa, vide il suo periodo di massimo sviluppo in Giappone durante il periodo Edo. Qui, il metodo di stampa con stencil era conosciuto con il nome di *Katazome* e utilizzava la tecnica della stampa per riserva, per la quale si impedisce al colore destinato a tingere il fondo, di fissarsi nei punti in cui vengono stampati i colori illuminati.

Infatti secondo questa prassi, l'impasto di stampa, solitamente composto di farina di riso, veniva impresso attraverso lo stencil, definendo il motivo. Le porzioni dove l'impasto aderiva al tessuto resistevano al colore durante il processo di tintura, permettendo alla fine di ottenere sul tessuto un negativo del disegno proposto dallo stencil.

Primi ausiliari della coloritura

¹⁴ Imagawa, M., *Printing in process-History of woodblock printing*, Primitive, 8 maggio 2015

¹⁵Watt, M., 2008, *Textile production in Europe: printed 1600-1800*, [online], https://www.metmuseum.org/toah/hd/txt_p/hd_txt_p.htm, [accessed 10/2019]

“...In Egitto dipingono ancora meravigliosamente le vesti, impiastrando le tele non con i colori, ma con sostanze che assorbono il colore. Fatto questo, non appare ancora che le tele siano dipinte, le buttano nella caldaia di colore bollente ... ed è meraviglia perché essendo un colore solo nella caldaia, se ne fanno vari nel panno ... a seconda del medicamento che lo riceve”

Plinio il vecchio, Naturalis Historia, L, VII

Per fissare il pigmento sul filo o tessuto sono spesso necessarie sostanze note come *mordenti*, che svolgono la funzione di legarsi da un lato con la fibra e dall'altro con il colorante, impedendo a quest'ultimo di dissolversi a contatto con l'acqua.

Come sottolineava Plinio il vecchio nella sua Storia Naturale, molto spesso queste sostanze provocano reazioni chimiche unitamente ai prodotti coloranti con cui sono utilizzati, con l'esito di creare sfumature o toni differenti a seconda delle combinazioni.

In antichità, l'individuazione dei mordenti era dovuta prevalentemente ad avvenimenti fortuiti e la loro applicazione era frutto di insegnamenti tramandati di generazione in generazione.

Anticamente i più utilizzati e facilmente reperibili, a seconda del colore che si desiderava ottenere, erano l'ammoniaca derivata dalla fermentazione delle urine animali, l'aceto di vino ottenuto dalla fermentazione acetica del vino, il cremortartaro che si formava come incrostazione dei recipienti alla fine del processo di vinificazione, l'acido tannico proveniente dalla macerazione di legni e cortecce particolari perchè ricchi di tannini, l'allume, chiamato anche "allume egizio" e definito "salsuggine della terra" da Plinio (Naturalis historia, L.VIII) e il solfato di rame, un sale ottenuto a partire dalla decomposizione del rame¹⁶.

Mentre i mordenti vengono impiegati sia nelle pratiche di tintura che in quelle di stampa, limitatamente alla realizzazione della seconda è presente un'altra tipologia di prodotti che si dimostra essere un elemento fondamentale, vale a dire gli *addensanti*.

Questi sono generalmente dei composti ad alto peso molecolare, il cui compito è quello di trasferire i coloranti sulla superficie dei tessuti, con il fine di ricreare il disegno di stampa grazie alla viscosità che questi prodotti conferiscono al composto impiegato.

Inizialmente, essi vengono disciolti nelle soluzioni contenenti il colorante, in modo da ottenere un impasto della plasticità adeguata.

Successivamente questo viene depositato sul tessuto in modo da riprodurre, per mezzo di diverse tecniche, il motivo desiderato.

Si procede poi con l'asciugatura e, infine, tramite il lavaggio finale si asportano tutti i materiali in eccesso dal tessuto e l'operazione di stampa si completa con gli eventuali processi di rifinitura e con l'asciugamento.

Per secoli il mercato ha utilizzato prodotti di provenienza naturale, tra i quali i più conosciuti erano gli amidi ricavati da cereali come grano, riso, manioca e simili e le farine vegetali come quella di carruba o guaranati¹⁷.

¹⁶ Bonfatti, G.L., "Il procedimento della tintura" in Corti, C., (a cura di) *Tessuti, colori e vestiti del mondo antico*, 2001, pp. 37-38

¹⁷ Monterossi, S., *op.cit.*

CAPITOLO 2 | PARADIGMA ARTIFICIALE

2. Introduzione

Il secondo capitolo si occupa del periodo compreso tra l'epoca storica che ha segnato l'inizio della Rivoluzione Industriale, formalmente identificata con la metà del Settecento e gli anni Novanta del Novecento, quando il consolidamento della consapevolezza dei consumatori e il crescente interesse dell'industria dei coloranti ad agire a favore della sostenibilità sociale e ambientale hanno portato a una nuova inversione di rotta.

La narrazione inizia con la contestualizzazione del background dell'epoca della Rivoluzione Industriale, segnato da importanti e frenetiche innovazioni tecnologiche e scientifiche, che hanno fatto parte di un sistema di condizionamento biunivoco con la società in cui si sono verificate, attraverso l'istituzione di organi di controllo, ma anche di promozione e intrattenimento a fini commerciali.

Dopo l'esposizione degli effetti provocati dalle peculiarità del periodo, che hanno implicato l'insorgere della collettività di massa e di conseguenza la formazione del prototipo della società moderna, sono descritte le tecniche produttive e le invenzioni scientifiche da cui è dipeso il cambiamento di paradigma nell'epoca considerata, riportando poi le successive evoluzioni di processi e prodotti fino a giungere al contesto moderno, dove le competenze conquistate permettono di possedere una conoscenza metodica e accreditata di questi costituenti.

Nell'ultimo paragrafo viene spiegato come i cambiamenti della fase descritta abbiano comportato la perdita del valore del colore come significativo in favore della sua accessibilità, con un passaggio dalla ricerca dell'aspetto qualitativo, rappresentato dalla durata, a quello quantitativo, offerto dall'assortimento.

Viene descritta inoltre la necessità del Design, avvertita a partire dagli anni Cinquanta del Novecento con le teorie sviluppate dalle opere di Ettore Sottsass, di sviluppare una rinnovata sensibilità, unita a strumenti necessari per identificare i fattori immateriali legati alla percezione dello spazio e dei prodotti, con il fine di riconsiderare il tema del ruolo del colore nella progettazione incentivando la ripresa di valore in quanto materia significativa.

Si tratterà infine della risultante necessità di sensibilizzazione nei confronti dell'aspetto qualitativo sensoriale degli spazi, nonché di sostegno per designer e industria in fase di ricerca, esigenze esaudite rispettivamente dalla dimensione progettuale del design primario, insieme con l'attività del Centro Design Montefibre.

2.1 Genesi del colore standardizzato

Il XIX secolo fu contraddistinto da incalzanti innovazioni tecnologiche, anche nel campo del tessile, che portarono all'offerta di una quantità sempre maggiore di prodotti industriali, i quali a loro volta condussero alla formazione di una collettività di massa.

Fu difatti il periodo in cui cominciarono a plasmarsi le peculiarità della società moderna, attraverso lo spostamento in città dei ceti contadini in cerca di lavoro nelle industrie, la diffusione dell'alfabetizzazione e la nascita di assetti istituzionali con lo scopo di garantire e regolare l'ordine quali ospedali, scuole, prigioni.

Insieme a questi si svilupparono anche organi di promozione e intrattenimento a fini commerciali, destinati a un pubblico rappresentato dalle classi emergenti, pronte a spendere il proprio denaro per acquistare qualsiasi bene che potesse conferire loro la possibilità di manifestare il proprio prestigio.¹⁸

Dato il rapporto frenetico tra domanda e offerta di quegli anni, l'introduzione di tecniche innovative nonché la creazione di nuovi prodotti che garantissero resa migliore e processo produttivo più rapido ed economico, era quello di cui il mercato aveva bisogno.

2.1.1 Tecniche: Rivoluzione industriale

Evento rilevante per quanto riguarda la realizzazione di stampe è stata la Rivoluzione Industriale, che ha determinato il passaggio verso nuovi sistemi di produzione tra la seconda metà del XVIII secolo e la prima metà del XIX.

Questo periodo storico fu infatti interessato dal passaggio da metodi di produzione manuale all'utilizzo di macchinari, da nuovi processi di produzione di sostanze chimiche e di lavorazione del ferro e dall'ascesa del sistema di fabbrica.

Di conseguenza, Molte tecnologie di stampa furono incrementate inizialmente dal punto di vista delle tecniche e in seguito per quanto riguarda i composti, affiancando o sostituendo quelle precedentemente esistenti, in un assiduo processo di evoluzione tecnologica che non si è ancora arrestato ai nostri giorni.¹⁹

Stampa con lastra di rame

Questa tecnica è stata sviluppata per la prima volta in Irlanda nel 1752, e poi importata in Inghilterra. Simile alla stampa a blocchi per quanto riguarda la riproducibilità del motivo ma differente da questa per la natura dell'incisione. Infatti, nel caso della lastra di rame, a stampare è il negativo del disegno, dal momento che l'incisione è un data da un incavo di minimo spessore all'interno del quale si deposita il colore, che poi si trasferisce al tessuto per contatto tramite una robusta pressione della lastra²⁰.

Serigrafia rotativa

La necessità di velocizzare la produzione portò all'introduzione di vere e proprie macchine rotative, nelle quali i rulli di legno furono sostituiti da una o più matrici serigrafiche di rame

¹⁸ Falcinelli, R., *op.cit.*, pp. 117-118

¹⁹ Ago, R., Vidotto, V., *Storia moderna*, ed. Laterza, 2006, pp. 253-256

²⁰ Casano, K., *Introduction to printing*, (Lezione presentata al corso di Trims Development and Approval Processes Philadelphia, gennaio 2018)

costruite in forma cilindrica, che si muovevano simultaneamente al tessuto fissato su un nastro.

Le prime incisioni su queste bobine erano eseguite a mano mediante bulini, poi per mezzo di piccole frese guidate da pantografi, che permettevano di ottenere disegni di medie e grandi dimensioni, ma un notevole progresso si ottenne solo in seguito, grazie all'incisione chimica. Questa consiste nell'attaccare i cilindri di rame solo nei punti che costituiranno il disegno con un liquido corrosivo, il percloruro di ferro, mentre tutte le zone da preservare sono rivestite da speciali lacche, che impediscono alla sostanza di raggiungere il metallo. Questa tecnica, già impiegata in ambito grafico, ha permesso di raggiungere anche nel campo della stampa tessile una precisione e una definizione prima sconosciute²¹.

Stampa con matrici in tessuto

Si tratta di una tecnica originaria dell'Asia e introdotta in Europa occidentale alla fine del IIX secolo.

Inizialmente comprendeva una matrice di tessuto di supporto, noto con il nome di *buratto*, in seta (da qui il nome *serigrafia*) tesa da un telaio in legno.

Successivamente, mentre i telai in legno furono affiancati da quelli in metallo, la seta dei buratti fu sostituita dal nylon, dal momento che il poliestere presenta grande resistenza agli agenti chimici, alla luce, all'invecchiamento e all'acqua²².

Verso la metà del IX secolo questa tecnica, da sempre manuale, venne incrementata attraverso un processo di automazione.

I nuovi macchinari automatici permettevano di riprodurre i motivi di stampa sul tessuto steso su una base fissa, con telai meccanicamente in movimento attraverso un binario, o al contrario, su un tessuto steso su un nastro in movimento sotto a telai fissi²³.

Stampa transfer

Sviluppata a partire dagli anni settanta del novecento, la stampa transfer fu utilizzata per molti anni nell'industria dei tappeti, finché le compagnie non iniziarono a incrementare e diffondere la tecnica.

Si tratta di un'operazione che trasferisce un'immagine da un formato cartaceo a un supporto tessile per mezzo di pressione a caldo attraverso il passaggio all'interno di una calandra²⁴.

Stampa sublimatica

²¹ Monterossi, S., *La stampa tessile, tra tradizione e innovazione*, Politecnico di Milano, a.a. 2016/2017

²² Monterossi, S., op. cit.

²³ Casano, K., op.cit

²⁴ Di Girolamo, P., (a cura di) *Finissaggio coloranti tintura e stampa di tessuti nel sistema moda*, dispensa per l'archivio materiali del setificio Paolo Carcano, Como, 2013

Questa denominazione fa riferimento a un processo sviluppato a partire da quello della stampa transfer, che si svolge in due fasi.

All'interno della prima i disegni vengono stampati su un rotolo continuo di carta appositamente preparata, per mezzo di coloranti in grado di *sublimare*²⁵ sotto l'azione del calore.

Il colore ricevuto dalla carta viene quindi trasferito sul tessuto per contatto, attraverso il passaggio tra calandre opportunamente riscaldate.

Solitamente sono utilizzati supporti in poliestere, che a 170° allenta la propria struttura molecolare e consente all'inchiostro di legarsi con il materiale in modo permanente, mentre questo processo non è adatto a fibre cotoniere, laniere e seriche.

Il risultato finale è un tessuto senza spessori o sbavature, che conserva la trama propria del materiale²⁶.

Stampa digitale a getto di inchiostro

Questa tecnica, nota anche con il nome di ink-jet, stampa motivi policromatici direttamente sul tessuto, prevalentemente tramite l'utilizzo dei cosiddetti *plotter*, che gettano sul supporto tessile piccolissime gocce di inchiostro per formare il motivo di stampa.

La tecnologia impiegata è essenzialmente quella utilizzata per la stampa grafica, opportunamente modificata nella parte meccanica.

I disegni vengono quindi stampati secondo la tricromia o la quadricromia, per le quali le tonalità desiderate sono ricreate dalla miscela dei tre colori fondamentali –blu ciano, rosso magenta e giallo- ed eventualmente dal nero²⁷.

2.1.2 Prodotti: Sintesi dei coloranti

Per molti secoli, gli unici pigmenti utilizzati sono stati quelli di origine naturale.

Infatti, per quanto i processi di estrazione e di utilizzo potessero essere diversi, fondamentalmente il colorante veniva ottenuto da una fonte vegetale, minerale o animale.

Tutto cambiò nel 1856, quando il chimico William Henry Perkin, nel tentativo di sintetizzare il chinino, ottenne una sostanza di colore scuro che offriva un effetto violaceo quando dissolta nell'alcol.

Pensò quindi di realizzarne un colorante per tessuti e, ottenute le conferme necessarie alle prove eseguite, iniziò la commercializzazione del colorante denominato *mauve* (malva).

Si trattava di una tinta resistente alla luce, allo sfregamento e ai lavaggi, che poteva essere applicata su seta, lana, cotone e svariati altri materiali per ottenere toni dal lilla al viola intenso. La scoperta del chimico incontrò velocemente il favore del mercato, dal momento che con la sua scoperta introdusse la possibilità di realizzare coloranti secondo un procedimento rapido e

²⁵ *sublimazione: trasformazione per il quale l'inchiostro a contatto con il calore passa in maniera istantanea allo stato gassoso. Riducendo la temperatura, il gas ritorna allo stato solido*

²⁶ Casano, K., *op.cit.*

²⁷ Monterossi, S., *op. cit.*

sistematico, che rappresentava un grande passo avanti rispetto ai tradizionali processi lenti, laboriosi e talvolta degradanti conosciuti fino allora.²⁸

Oltre alla complessità del processo di tintura, gli aspetti che hanno portato al disuso dei coloranti naturali sono stati diversi, primi fra tutti la resa cromatica e la riproducibilità della tinta, ma anche la difficoltà di approvvigionamento e la complessità del processo di tintura.²⁹

Allo stesso tempo, l'industria dei pigmenti sintetici prese piede quasi nello stesso momento in diverse nazioni. Infatti, dal momento che Perkin non concesse la licenza di brevetto ad altre società in Gran Bretagna, ulteriori incrementi nel campo della tintura con prodotti artificiali vennero ottenuti dove l'invenzione del chimico non era protetta.

In Francia la riproduzione del viola di anilina (*mauveine*) iniziò dal 1958, così come in Germania, mentre in Svizzera l'anno di avvio fu quello successivo.

Si attesta che durante gli anni Settanta e Ottanta dell'Ottocento, si introdussero nel mercato molti coloranti realizzati a partire dall'anilina, finché nel 1897, in Germania, si realizzò il primo *Indigo* sintetico in scala industriale.³⁰

Le invenzioni dal punto di vista dei prodotti si susseguirono e intersecarono con quelle tecniche, in un corso che ha interessato la produzione fino ad oggi.

Il colore nella stampa digitale

Nella stampa digitale, i coloranti utilizzati non differiscono chimicamente da quelli utilizzati nei processi di tintura.

Essi, infatti, necessitano di una viscosità molto più bassa e di una purezza molto più elevata rispetto alle paste da stampa tradizionali, dal momento che il mancato rispetto di queste caratteristiche, durante la lavorazione potrebbe danneggiare gli ugelli utilizzati per l'espulsione del colore all'interno dei plotter.

La stampa a getto di inchiostro presenta diverse problematiche relative alla quantità di colori che si possono riprodurre.

Molti di questi macchinari, infatti, sono in realtà dotati di sei o sette colori stampabili separatamente, ma non è sempre possibile offrire una varietà di tinte adatta a realizzare quelle di volta in volta richieste dalla selezione da stampare³¹.

Per tentare di risolvere il problema della miscelazione dei colori nella riproduzione digitale delle stampe, sono state sviluppate due tecnologie differenti: lo *Spot Color* e il *Process Color*. La prima si rifà alla preparazione delle paste da stampa tradizionali, dove i coloranti vengono miscelati per ottenere il tono desiderato prima di procedere alla fase di stampaggio.

Allo stesso modo, la tecnologia di tipo *Spot Color* combina i vari colori prima di introdurli all'interno dei serbatoi dei plotter, così che le gocce emesse dagli ugelli siano già del tono che si desidera vedere sul tessuto. Secondo questo procedimento il disegno finale presenta un colore omogeneo e uniforme, ma è legato a problematiche organizzative quali la

²⁸ Falcinelli, R. *Cromorama*, Einaudi, 2017, pp. 115-118

²⁹ Gulrajani, M. L., *Present status of natural dyes*, 2001, pp.1

³⁰ Buscarol, M., *Nasce l'industria europea dei coloranti sintetici*, [online], <http://www.boscarol.com/blog/?p=8802>, [accessed 10/2019]

³¹ Monterossi, S., op. cit.

sostituzione delle cartucce e il lavaggio di queste, testine e seatoi al verificarsi di ogni cambio di inchiostro, oltre alla possibilità di dover utilizzare molti più colori rispetto alle stazioni disponibili.

Il Process Color, invece, si basa sulla tecnologia delle stampanti per carta, dove il motivo viene riprodotto con l'utilizzo di alcuni colori base miscelati dopo l'espulsione delle gocce dalle testine.

In genere queste macchine presentano quattro postazioni con inchiostri dei colori base (blu ciano, rosso magenta, giallo e nero) ma è possibile trovarne anche con sei, otto o dieci postazioni.

Grazie a questa tecnica è possibile evitare i problemi organizzativi precedentemente descritti, ma ve ne sono altri come la possibile perdita di risoluzione del disegno³².

Ausiliari di coloritura moderni

In epoca moderna, grazie al progresso tecnologico, i prodotti necessari per incrementare o addirittura rendere possibili le prestazioni dei processi di tintura e stampa sono ottenuti secondo processi chimicamente consapevoli, basati su indagini scientifiche metodiche e inconfutabili.

Per quanto riguarda i mordenti, non solo ne sono stati introdotti nuovi come il vitriolo blu, che scurisce i colori e accentua le sfumature del verde, ma nuove combinazioni sono state scoperte.

Per esempio, il cremortartaro viene spesso utilizzato insieme all'allume per incrementare l'uniformità del colore e scurirlo leggermente, mentre insieme allo stagno ravviva le tonalità, specialmente i rossi, gli arancioni e i gialli.

Ad oggi è inoltre possibile individuare tre tipologie di mordenti, vale a dire *Mordenti metallici*, come Sali metallici di alluminio, cromo, ferro, ferro, rame e stagno; *Tannini*, tra i quali Myrobalan e Sumaco sono quelli più sfruttati per quanto riguarda l'applicazione tessile; *Mordenti ad olio*, impiegati prevalentemente per ottenere la tinta rosso-turchese dalla robbia. In particolare, la funzione principale di questi ultimi è quella di formare un composto con l'allume, adoperato come mordente principale³³.

Anche per quanto riguarda gli addensanti sono stati introdotti prodotti innovativi, ottenuti a partire dalla modifica chimica di molti di quelli naturali, in modo da conseguire caratteristiche più costanti e controllabili.

Con lo stesso obiettivo sono stati introdotti anche nuovi prodotti realizzati sinteticamente in laboratorio, come gli acrilati, l'alcol polivinilico e la carbossil cellulosa, insieme con altri ottenuti per emulsione, tra i quali si trovano processi di emulsione di olio o solventi in acqua o emulsioni di acqua in oli o solventi.

Infine, nell'analisi della provenienza degli addensanti moderni, è necessario tenere in considerazione che l'evoluzione della tecnica ha comportato l'effetto che i fattori che

³² Monterossi, S., op. cit.

³³ Siva, R., "Status of natural dyes and dye-yielding plants in India", in *Current science*, vol.92, n0.7, 10 aprile 2007, pp. 916,917

influenzano la scelta dei prodotti all'interno della gamma offerta da questa tipologia, non riguardano solo le sue caratteristiche, ma anche la sua compatibilità con le varie classi di coloranti, la sua influenza finale sulle rese e il costo³⁴.

2.2 Classificazione dei coloranti naturali in base alla composizione chimica

Lo sviluppo della tecnica e delle conoscenze scientifiche, che si è verificato progressivamente nel corso delle storia e a ritmo ancora più incalzante negli ultimi due secoli, ha permesso di giungere a una consapevolezza comprovata e completa dei coloranti in uso.

Anche per quanto concerne l'argomento di interesse del componimento, vale a dire i coloranti naturali, sono stati realizzati notevoli passi avanti.

Rispetto al periodo storico analizzato nel capitolo precedente, per il quale il sistema di catalogazione del colore più adatto risultava essere strettamente legato a fattori di utilizzo pratico più che di consapevolezza scientifica, in età moderna sono state redatte delle classificazioni dei pigmenti sulla base di diversi parametri, che fanno riferimento al colore, alla natura delle risorse da cui le tinte sono ricavate, alla struttura chimica e alla modalità di applicazione.³⁵

Dal punto di vista chimico, in particolare, le tinte possono essere suddivise secondo i diversi gruppi tipici che ne compongono la molecola. Dal momento che si tratta di una catalogazione molto estesa e complessa, questa è di pertinenza dei laboratori che sintetizzano i coloranti.

Tab 2. *Suddivisione dei principali coloranti naturali sulla base del colore prodotto*³⁶

Colore prodotto	Nomenclatura botanica	Parte della pianta utilizzata	Mordente richiesto
Blu	Indigofera tinctoria	Foglie	---
	Isatis tinctoria	Foglie	---
	Acacia nilotica	Baccelli dei fiori	---
	Ligustrum vulgare	Bacche mature	Allume e ferro
	Nimphaea alba	Rhizomi	Ferro
Nero	Coccusa lacca (insetto)	Ramoscelli abitati da questi insetti	Solfato ferroso
		Corteccia	Solfato ferroso
	Alnus glutinosa	Foglie	Solfato ferroso
	Loranthus pentapetalus	Frutti	---
	Anona reticulata	Frutti	Solfato ferroso
	Terminalia chebula		

³⁴ Monterossi, S., op.cit.

³⁵ Vankar, P.S., op.cit

³⁶Vankar, P.S., *Chemistry of natural dyes*. Resonance, ottobre 2000, pp. 73-80

Marrone	Caesaplina sappan Bougainvillea glabra Impatiens balsamina Tagetes species Rubus fruticosus	Schegge di legno Fiori Fiori Fiori Bacche	Solfato ferroso Solfato ferroso Allume Cromo Ferro
Verde	Ocimum sanctum Bougainvillea glabra Convallaria majalis Urtica dioica	Foglie Fiori Fiori Foglie	Solfato ferroso Allume e Solfato ferroso Allume e Solfato ferroso Allume
Arancio/Pesca	Bouganvillea glabra Impatiens balsamina Dahlia species Bixa orellana	Fiori Fiori Fiori Semi	Cloruro stannoso Stagno Allume; Cromo ---

Dal momento che quella di suddividere i pigmenti secondo la composizione chimica risulta essere una tipologia di classificazione molto estesa e complessa, questa è di pertinenza dei laboratori che sintetizzano i coloranti.

Di conseguenza, dal punto di vista tintoriale è preferibile distinguere i colori secondo il metodo di tintura, che di fatti viene comunemente utilizzato sia dagli avventori che dai professionisti del settore.

Inoltre, tale modalità risulta essere alla base del *Colour Index*³⁷, un elenco pubblicato nel 1925 dalla "Society of Dyers and Colourists e American Association of Textile Chemists and Colorists", all'interno del quale sono state catalogate tutte le sostanze note utilizzate come coloranti, sia quelle di origine naturale che quelle di origine sintetica, sia coloranti che pigmenti.

Questi prodotti vengono elencati suddividendoli in base al nome generico (*Colour Index Generic Names*) e al numero (*Colour Index Constitution Numbers*), che generalmente viene preceduto dalla sigla "C.I".

"La classificazione dei coloranti in base alla loro modalità di utilizzo ne descrive i substrati principali, i metodi di applicazione e le caratteristiche chimiche rappresentative per ogni classe".³⁸

Coloranti reattivi

Sono così denominati perché reagiscono con il substrato formando un legame covalente.

Introdotti sul mercato negli anni Cinquanta, vengono da allora utilizzati per riprodurre sfumature brillanti e che presentino buona solidità alla luce, nonostante alcuni toni risultino scarsamente resistenti al cloro e, di conseguenza, ai lavaggi frequenti.

³⁷ < <https://colour-index.com/>>[10/2019]

³⁸ Altamore, L., *Sintesi dei coloranti a partire da tetraidrocrinolina e indolina*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Firenze, 2011-2012, pp. 11-15

Le molecole di questi coloranti hanno affinità per un gruppo funzionale presente sulla fibra, motivo per cui sono molto indicati per tingere cotone (specialmente), seta e nylon.³⁹

All'interno di questa categoria, le classi più importanti sono quella degli *azo*, delle *trifendioxazine*, delle *ftalocianine* e degli *antrachinoni*⁴⁰.

Coloranti dispersi

Si tratta di coloranti non solubili in acqua, che vengono applicati a fibre idrofobiche sintetiche tramite dispersione utilizzando additivi particolari denominati appunto *disperdenti* o solventi.

Questo processo avviene solitamente ad alte temperature e pressioni e vi è anche la possibilità di fissare termicamente il colorante sulla fibra.

Il loro utilizzo principale interessa principalmente le superfici artificiali quali poliestere, poliammide, cellulosa e le fibre acriliche⁴¹.

Coloranti diretti

Sono sostanze anioniche solubili in acqua che non necessitano di fissanti o mordenti, dal momento che grazie alla loro struttura molecolare, si fissano direttamente e in modo stabile alle fibre⁴².

In ogni caso, per incrementare la resistenza al lavaggio di queste tinture, è abitudine procedere con un trattamento di finissaggio tramite Sali metallici come rame o cromo con effetto chelante.

I coloranti di questo gruppo mostrano una buona affinità con la cellulosa quando utilizzati per tingere tramite soluzioni acquose in presenza di elettroliti⁴³.

Coloranti al tino o insolubili

Questi coloranti, le cui classi principali sono gli *antrachinoni* e gli *indigoidi*, sono sostanze insolubili in acqua che vengono rese solubili mediante la reazione con bisolfito di sodio e, in seguito all'applicazione sulla fibra, il colorante viene fatto ossidato nuovamente alla forma *keto*, che risulta essere insolubile⁴⁴.

La loro denominazione deriva proprio dall'antico processo di tintura con l'indaco: questo, infatti, veniva inserito in un recipiente dove materiali organici diversi erano lasciati putrefare, così da creare un ambiente fortemente riducente entro il quale veniva condotta la solubilizzazione del colorante.

Quando ciò avveniva, questo era applicato ai tessuti che venivano successivamente esposti all'aria, dove il colorante, per effetto della risolubilizzazione, si sviluppava ossidandosi a contatto con l'aria e si fissava in maniera stabile nelle fibre⁴⁵.

³⁹ Besso, F., *Tingere e decorare i tessuti*, ed. FAG Milano, 2011, p. 102

⁴⁰ Altamore, L., *op. cit.*

⁴¹ Altamore, L., *op. cit.*

⁴² Besso, F., *Tingere e decorare i tessuti*, ed. FAG Milano, p. 105

⁴³ Altamore, *op. cit.*

⁴⁴ Altamore, L., *op. cit.*

⁴⁵ Besso, F., *op. cit.* p. 104

Coloranti cationici o basici

Caratterizzati da ottima brillantezza e resistenza alla luce, si tratta di molecole basiche solubili in acqua, appartenenti alla famiglia dei coloranti diretti ed utilizzate principalmente per la tintura di fibre sintetiche e acriliche e di alcuni poliesteri, a cui si fissano attraverso legami di tipo ionico⁴⁶. A differenza, queste sostanze possono essere applicate alle fibre cellulosiche artificiali solo dopo un trattamento di mordenzatura con tannini⁴⁷.

Generalmente sono indicati come coloranti *cationici* dal momento che, in soluzioni acquose, rilasciano cationi colorati, generalmente aventi gruppi amminici sia neutri che salificati (*auxocromi*, ovvero gruppi elettro donatori potenzialmente cromofori, vale a dire con la possibilità di determinare il colore successivamente a trasformazioni chimiche).

La classe principale di composti appartenenti a questa classificazione sono le *diazaemicianine*, le *cianine*, le *tiazine* e le *oxazine*. L'esempio più comune è quello della *malveina*.

Coloranti acidi

Sono molecole anioniche solubili in acqua, efficaci sulle fibre di nylon e seta, sulla quale si fissano attraverso la formazione di legami ionici, legami a ponte di idrogeno e forze di Van der Waals. Per favorire questo tipo di legami, la tintura viene generalmente realizzata in soluzioni acide. Possono anche essere utilizzati sotto forma di complessi metallici, che offrono una maggiore solidità, insieme con un effetto metallizzato, grazie a legami ionici che si creano fra il metallo e la fibra.

Coloranti a solvente

Quelli a solvente sono coloranti rappresentati per lo più da composti *azo* ed *antrachinonici* insolubili in acqua ma solubili in solventi organici.

Generalmente vengono applicati sulle fibre tramite dissoluzione nel solvente, in modo tale da ottenere colori più intensi e da permettere successivamente il recupero del solvente stesso, così da limitarne l'impatto ambientale.

In ogni caso, l'impiego di questi composti è limitato alla colorazione di materiali plastici, resine e oli, inchiostri e carburanti.

Coloranti a mordente

I coloranti di questa tipologia, come nel caso precedente, sono rappresentati sostanzialmente da composti *azo* e *antrachinonici* e vengono fissati sulle fibre sotto forma di complessi metallici che prevedono l'impiego di sostanze ausiliarie come sali di Cromo, Rame o Alluminio⁴⁸.

⁴⁶ Altamore, L., *op.cit.*

⁴⁷ Besso, F., *op.cit* p. 103

⁴⁸ Altamore, L., *op.cit.*

2.3 Verso una nuova esigenza: la progettazione del colore

Si è visto come i progressi tecnologici e sociali che hanno interessato il IIX secolo portarono alla formazione di un prototipo della civiltà moderna, con la crescita di una collettività di massa attraverso l'affermazione della classe borghese.

Il cambiamento del background ha comportato il passaggio dalla ricerca dell'aspetto *qualitativo*, inteso come durevolezza, a quello *quantitativo*, inteso come assortimento, del colore, con conseguente perdita di questo come significante.

Un modo per spiegare questa traslazione della coloritura dal paradigma naturale a quello artificiale adoperata con lo sviluppo delle tecniche e l'incremento dell'offerta delle tinte, si può trovare nelle parole di Riccardo Falcinelli, il quale afferma che *ogni cultura elabora un proprio universo di significati legati alle tinte, ma può pure adoperare solo i colori concreti di cui dispone, e non altri. Ogni contesto pone limiti legati alla tavolozza, come se ciascuno fosse fornito solo di alcuni vocaboli.*⁴⁹

Quella che l'autore definisce "tavolozza", riferendosi alla disponibilità cromatica che ogni cultura possiede limitatamente al tempo, al luogo e alla situazione economica presenti, è il focus di un concetto molto più ampio, che interessa il sistema secondo cui una determinata società si pone di fronte alla realtà.

Ogni civiltà presenta infatti un proprio singolare regime percettivo, ovvero un modo di interfacciarsi con ciò che la circonda a partire dai presupposti materiali in cui si trova.

I vari metodi di interpretazione del colore, che sono mutati in concomitanza con le trasformazioni delle dimensioni culturali e tecnologiche, possono quindi essere sintetizzati nella dicotomia tra la lettura scientifica e quella emozionale del fenomeno⁵⁰.

In età contemporanea, il modello teorico tenuto più in considerazione risulta essere quello elaborato da Newton nella prima metà del IIX secolo, per il quale ogni tinta è compresa all'interno di uno spettro di colori che si succedono in maniera progressiva.

Il criterio scientifico sviluppatosi a partire dalle teorie dello scienziato è infatti quello che il colore sia un *continuum* che va dal rosso al violetto passando per gli altri toni. In questa visione, ogni tinta occupa nell'insieme una posizione che, di conseguenza, presenta sempre un rapporto di vicinanza o lontananza dalle altre.

Si ritiene che sia per questo motivo che si tende a suddividere i toni in base all'aspetto percettivo e alle sensazioni che suscitano: *Che un rosso possa essere definito caldo è possibile solo perché lo posso confrontare con un altro rosso, in un altro punto dello spettro, che mi appare meno caldo, giacché più lontano dal giallo. Senza questo confronto interno all'insieme, la distinzione tra caldo e freddo non ha più senso, ed è perfino impossibile pensarla*⁵¹.

⁴⁹ Falcinelli, R., *op.cit.*, pp. 400, 401

⁵⁰ Falcinelli, R., *op.cit.*, pp. 393-401

⁵¹ Falcinelli, R., *op.cit.*, pp. 346-347

Per la civiltà contemporanea, dove la tecnologia si vanta di riprodurre (almeno per quanto riguarda le produzioni elettroniche) sedici milioni di colori, questa progressione delle tinte ormai da tempo corrisponde al concetto di *quantità*, intesa come vasto assortimento e possibilità di scelta.

Al contrario, nella percezione trecentesca, per esempio, ogni colore era percepito come una realtà netta e a sé stante e non erano concepite vie di mezzo tra l'una e l'altra.

Infatti allora le modalità di produzione delle tinte erano strutturate da valori netti e gerarchici, legati al significato simbolico ed economico di ognuna e, proprio per la limitata disponibilità di tonalità, l'elemento tenuto più in considerazione era l'aspetto *qualitativo*, inteso come durevolezza.⁵²

Invero, un tempo il colore era un bene raro e prezioso e di conseguenza il suo utilizzo era legato a situazioni circoscritte e stabilite tramite normative: ne sono un esempio il porpora riservato ai sovrani e il blu oltremare utilizzato solo per dipingere il manto della Madonna nel Rinascimento⁵³.

Per questo motivo, il suo significato era strettamente legato alla sua funzione all'interno del manufatto cui era legato e alle dinamiche interne relative al prodotto, secondo semantiche conosciute dai più per consuetudine o legge.

Con l'introduzione di sistemi di produzione sistematici e a buon mercato, invece, l'interesse si è spostato dall'opera in sé alla mente di chi ne fruisce, ovvero il consumatore.

Complici anche gli studi derivati dalle neuroscienze, la novità è insita nel fatto che le narrazioni simboliche contemporanee attribuite al colore debbano essere strutturate sulla base di rapporti commerciali.

Questi tendono a standardizzarle, in modo da offrire ai consumatori una vasta offerta di sistemi emblematici in cui riconoscersi.

Il colore quindi, nel corso degli ultimi secoli, è arrivato a rappresentare non solo una caratteristica del prodotto, ma una vera e propria categoria psicologica, strettamente legata al modo di realizzarlo, di commercialarlo e di trasmetterlo.

Per questo motivo, vi è stato anche un crescente interesse, specialmente a partire dagli anni Cinquanta del Novecento, nei confronti dell'indagine degli aspetti immateriali del colore e della proposta di sistemi di progetto che siano in grado di coniugarne la dimensione scientifica con quella emotiva⁵⁴.

Di fatti, relativamente al tema del ruolo del colore nella progettazione, verso la metà degli anni cinquanta Ettore Sottsass, attraverso i suoi scritti, avviò una riflessione in merito alla dimensione cromatica, muovendo una critica alla cultura del progetto presente, non ritenuta conforme alle trasformazioni sociali e culturali che si stavano verificando.

La tendenza era infatti quella di concentrare l'attenzione sulla materia e sulla sua funzione, tanto che la prima spesso veniva utilizzata con il colore naturale o tramite l'impiego del bianco in modo da preservare la purezza del pensiero progettuale.

Con il primo articolo di sua penna pubblicato nella rivista *Domus*, Sottsass evidenziò come il colore fosse costretto a sottostare alla cultura della materia, sostenendo che *a forza di sbiancare i muri, a forza di schiarire e di volere la luce si è quasi perso il significato dei colori nell'architettura*,⁵⁵ ribadendo inoltre non solo la propria contrarietà in merito a questa attitudine, ma anche la necessità che il colore

⁵² Falcinelli, R., *op.cit.*, pp. 394-405

⁵³ Falcinelli, R., *op.cit.*, p. 58

⁵⁴ Falcinelli, R., *op.cit.*, p. 404-408

⁵⁵ Sottsass, E., *Struttura e colore*, 1954, *Domus*, 299, pp.47,48

recuperasse in toto la sua funzione di materia significativa, in modo da raggiungere un livello di intensità espressiva che fosse in grado di andare molto oltre quello permesso dalla realtà strutturale.⁵⁶

Un paio di anni dopo Sottsass pubblicò sempre nella rivista Domus un secondo articolo riportante consigli di arredamento, all'interno del quale l'autore dichiarava apertamente come non si dovesse pensare prima alla composizione degli spazi e concentrarsi sul colore solo in seguito e solo a scopo decorativo, poiché luce, colore e segno *sono essi stessi struttura, cioè termini primi della composizione*.⁵⁷ Attraverso i suoi testi, Sottsass ha indagato il colore per la sua essenza emotiva e ha richiamato i lettori alla considerazione di quei parametri immateriali, che fino a quel momento non erano stati considerati adeguatamente nella progettazione.

L'autore ha in questo modo anticipato una corrente progettuale sviluppatasi negli anni settanta, in risposta alla necessità di indagare nuove maniere di intervenire sulla qualità dello spazio artificiale, con lo scopo di sensibilizzare nei confronti dell'aspetto qualitativo sensoriale degli spazi e di fungere da sostegno per designer e industria in fase di ricerca, vale a dire quella del *design primario*.

2.3.1 Clino Trini Castelli e il design primario

La teoria del *design primario*, destinata ad apportare un incremento alla sensibilizzazione nei confronti dell'elemento qualitativo sensoriale degli spazi, fu introdotta dall'autore e designer Clino Trini Castelli. Egli fu quindi il primo a operare una distinzione tra i segni intangibili legati alla percezione fisica, chiamati *soft*, e quelli propri della struttura, detti *hard*.

Tale dimensione progettuale, denominata *primaria*, necessitava di strumenti differenti da quelli tradizionali, specialmente da quelli del design basato sulla correttezza strutturale presente all'epoca. Infatti, dal momento che la nuova teoria si fondava sulla percezione dell'ambiente e altri elementi qualitativi intangibili, erano richieste differenti sensibilità e forme progettuali, per le quali il colore risultava essere il requisito più incisivo.⁵⁸

Proprio a Clino Trini Castelli, nel 1973, venne affidata la direzione del settore design del nuovo Centro Design Montefibre (CDM), insieme con Andrea Branzi e Massimo Moruzzi.

Questo centro, fondato dalla società Montefibre, produttrice di fibre sintetiche, aveva lo scopo di progettare prodotti e servizi innovativi destinati al settore del tessile.

Seguendo i principi del design primario da esso promossi, il CDM intendeva fungere da sostegno per designer e industria in fase di ricerca, offrendo un servizio che coprisse le varie fasi dalla individuazione delle materie prime al mercato.

Lo scopo era quello di sviluppare strumenti di informazione in grado di indirizzare il lavoro quali manuali, dati selezionati e semilavorati, in modo tale da individuare i fattori immateriali legati alla percezione dello spazio e padroneggiare gli strumenti e i parametri costitutivi della progettazione tradizionale.

Per diffondere nel mondo industriale la nuova cultura del colore, il CDM pubblicò diversi articoli all'interno di riviste specializzate, in modo da rendere comprensibile ai progettisti la teoria del design

⁵⁶ Sottsass, E., op.cit

⁵⁷ Sottsass, E., *Struttura e colore*, 1957, Domus, 299, pp.20,21

⁵⁸ Oppedisano F., *I colori? scappano sempre...scritti sul colore in italia fra gli anni settanta e novanta*, 2019, [online] <http://www.aisdesign.org/aisd/tag/clino-trini-castelli>, [accessed 11/2019]

primario, affiancando alla spiegazione dei suoi principi la descrizione di alcuni sistemi che esplicassero nella pratica cosa significasse progettare le qualità immateriali dello spazio.

Uno dei sistemi presentati era il *Fibermatching25*, basato sulle tecniche pittoriche del puntinismo e del divisionismo, per le quali punti di colori differenti sono percepiti dall'occhio umano come un unico insieme.

Questo metodo non solo permetteva di originare tessuti di una vasta gamma di colori partendo da una varietà ristretta di fibre tinte in massa (venticinque più il bianco e il nero), ma rappresentava anche una soluzione sostenibile in quanto limitava il dispendio idrico in fase di produzione.

Un altro sistema del Centro di divulgare la propria teoria è stata la pubblicazione del manuale *Colordinamo* in tre edizioni, nel 1975, 1976 e 1977.

La serie, realizzata a partire da analisi socioculturali, psicologiche e fisiologiche legate al colore, voleva essere uno strumento di supporto nella progettazione del colore per gli esperti appartenenti ai settori industriali.

Mentre altri articoli si soffermavano sull'importanza da attribuire alle scelte cromatiche, nel 1978 Trini Castelli fondò il *Colorterminal IVI*, definito da lui stesso *il primo centro di colorimetria creativa in Europa*, che si propone di utilizzare uno strumento per la progettazione dei colori denominato *Graphicolor*, il quale partendo dalla combinazione di tre colori base era in grado di generare infinite combinazioni e di memorizzarle, così che in seguito il computer potesse ricreare una formula per produrre la tinta desiderata, indicandone non solo le peculiarità ma anche pigmenti e leganti necessari.

Negli corso degli anni ottanta, sulla base dell'evoluzione della tecnologia e della percezione dello spazio negli anni, Trini Castelli sviluppò una nuova teoria, denominata *tendenza tonale*, la quale indicava quanto il colore non fosse più vincolato al sottolineare la funzione dell'oggetto, bensì legato alle emozioni del consumatore e di conseguenza proprietario di una propria identità autonoma.

Elaborando questa ideologia, l'autore arrivò negli anni novanta a riprendere le teorie sul *colore scientifico* elaborate a partire da Newton, ritenendo che siano state il tentativo con esito positivo di formalizzare un codice emozionale, l'archetipo su cui si sono basate le ideologie cromatiche del Novecento, normalizzato sulla base delle nuove conoscenze acquisite.⁵⁹

CAPITOLO 3 | PARADIGMA SOSTENIBILE

3. Introduzione

Il seguente capitolo esplora il fenomeno che si è sviluppato a partire dagli anni Novanta del Novecento e non accenna ad arrestarsi, che ha visto il progressivo consolidamento della consapevolezza dei consumatori, nonché il crescente interesse del mercato nei confronti delle tematiche relative al naturale e alla sostenibilità sociale e ambientale.

⁵⁹ Oppedisano, F., *op.cit.*

Il primo paragrafo è funzionale alla contestualizzazione del fenomeno relativamente all'industria tessile, illustrando le problematiche relative all'utilizzo dei coloranti sintetici, le critiche mosse al sistema moda, le legislazioni che hanno apportato cambiamenti e in generale i fattori economici, ambientali e sociali che sono indizio di una inversione di rotta nel sistema di gestione delle imprese.

La narrazione procede con la circoscrizione del fenomeno ai processi di coloritura e in particolare relativamente alle innovazioni introdotte in questo ambito nel rispetto dei parametri ambientali e sociali, grazie alle moderne tecnologie e alle nuove competenze chimiche e scientifiche.

Si procederà infine con il consolidamento dell'affermazione iniziale, relativa all'interesse del mercato in merito al tema del colore naturale, avvalorato dalla presentazione di casi studio.

Infatti, dopo una panoramica sullo stato dell'arte relativamente alle tipologie di prodotti più frequenti, come il fenomeno del Consulting per la sostenibilità, inteso come attuale interpretazione della guida alla progettazione necessaria per lo sviluppo di un prodotto, le pratiche di sostenibilità sociale attraverso la riconsiderazione di tecniche che fanno parte della cultura di un territorio, o il caso dell'upcycling, attraverso la lavorazione di scarti industriali per la creazione di coloranti naturali, o il riutilizzo di capi d'abbigliamento dimessi per ottenere pigmenti di sintesi che naturali non sono, ma non comportano la necessità di un processo di estrazione.

Ma sono esaminati anche approcci diversi alla tematica della sostenibilità, come la creazione di coloranti e ausiliari biologico-sintetici volti a offrire un'alternativa più ecologica ai metodi di tintura tradizionali, o l'attuazione di un processo di cross fertilization, nell'esplorazione di nuovi campi di utilizzo dei coloranti naturali.

In seguito alla presentazione generale dei casi studio, alcuni verranno selezionati per essere analizzati più nello specifico, in quanto ritenuti particolarmente emblematici per l'originalità del concept, il volume di produzione o le tecniche utilizzate.

3.1 Un fenomeno in continua crescita: il ritorno al naturale

A partire dagli anni Novanta del Novecento, il design e il sistema di produzione industriale sono stati coinvolti da una nuova tendenza dei consumatori, quella *green*, che li ha fortemente criticati per il loro ruolo nell'inquinamento dell'ambiente.

In risposta alla polemica, per quanto riguarda il mondo del tessile (tra i più interessati) sono state sviluppate numerose iniziative per garantire la sicurezza e la tracciabilità delle materie prime e dei processi presenti sul mercato e utilizzati nella produzione dei prodotti, come la Campagna Greenpeace Detox, promossa dal 2011 al 2020, che coinvolge 80 marchi che rappresentano il 15% della produzione mondiale dell'abbigliamento in termini di fatturato. Secondo l'ultimo report⁶⁰, i risultati da parte delle aziende partecipanti all'impresa comportano un miglioramento nel campo della tracciabilità e della trasparenza delle filiere,

⁶⁰ Lee, L. *Destination Zero: seven years of detoxing the clothing industry*, Greenpeace report, luglio 2018, pp. 5-35

nonché la completa eliminazione di composti poli- e per-fluorati da parte della maggior parte di esse.

Un altro esempio è ZDHC⁶¹, associazione fondata nel 2012, che si occupa di supervisionare lo svolgimento del programma *ZDHC Roadmap to Zero*, una partnership che comprende 30 marchi, 102 affiliati alla catena del valore e 18 associati, che promuovono l'implementazione globale di pratiche di gestione delle sostanze chimiche più sicure.

Numerose sono anche le *Restricted Substances Lists* (RSL), vale a dire elenchi di sostanze chimiche soggette a restrizioni nei prodotti di consumo perché considerate nocive.

Alcuni esempi sono GreenScreen⁶², Global Recycled Standard⁶³, Oeko-Tex⁶⁴, Bluesign⁶⁵ e Global Organic Textile Standards (GOTS)⁶⁶, oltre ad organizzazioni come Ecolabel⁶⁷ e movimenti come Fashion Revolution⁶⁸.

Tutti questi, insieme ad altri con gli stessi ideali, hanno contribuito a sensibilizzare gli utenti, non solo sui consumi e sulle emissioni, ma anche sugli effetti nocivi di molti additivi utilizzati durante la produzione come paracloroanilina, metalli, ammina derivata da coloranti azoici, coloranti cancerogeni, coloranti allergenici.

Di conseguenza, c'è stato un crescente interesse per tutto ciò che permette alle persone di soddisfare le proprie esigenze in modo più sostenibile e meno dannoso.

Attualmente i numeri sono in aumento: basti pensare al significativo incremento del numero di servizi e prodotti certificati "Ecolabel" dal 2010 al 2018, nonché al numero di licenze che presentano questa certificazione.

Nonostante tutte queste attività volte a incentivare comportamenti più sostenibili, quella tessile risulta ancora essere la seconda industria più inquinante del mondo.

La maggior parte di questo inquinamento, per di più, è dovuta all'utilizzo di tinte sintetiche, ad un livello tale che il 20% dell'inquinamento idrico globale risulta legato ai processi di coloritura tessile.

I fattori che contribuiscono a questa problematica sono prevalentemente l'uso di coloranti non biodegradabili a base di petrolio per la tintura dei tessuti, l'impiego di agenti tossici per fissare i coloranti sui tessuti e il rilascio di grandi quantità di tali coloranti e agenti fissanti nell'ecosistema circostante durante la fase di dimissione.

Nel 2018, in seguito all'entrata in vigore di una nuova e rigida legislazione, la Cina ha visto chiudere la maggior parte delle aziende produttrici di coloranti tessili sintetici.

Come conseguenza a queste chiusure e alle severe normative ambientali, le industrie stanno ora cercando modi più sostenibili per attuare i processi di coloritura dei propri capi d'abbigliamento⁶⁹.

⁶¹ Roadmap to zero, [online] <https://www.roadmaptozero.com/> [accessed nov 2019]

⁶² <https://www.greenscreenchemicals.org/certified/textile-standard> [accessed nov 2019]

⁶³ <https://textileexchange.org/about-us/> [accessed nov 2019]

⁶⁴ <https://www.oeko-tex.com/en/our-standards/standard-100-by-oeko-tex> [accessed nov 2019]

⁶⁵ <https://www.bluesign.com/en> [accessed nov 2019]

⁶⁶ <https://www.global-standard.org/> [accessed nov 2019]

⁶⁷ <https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/> [accessed nov 2019]

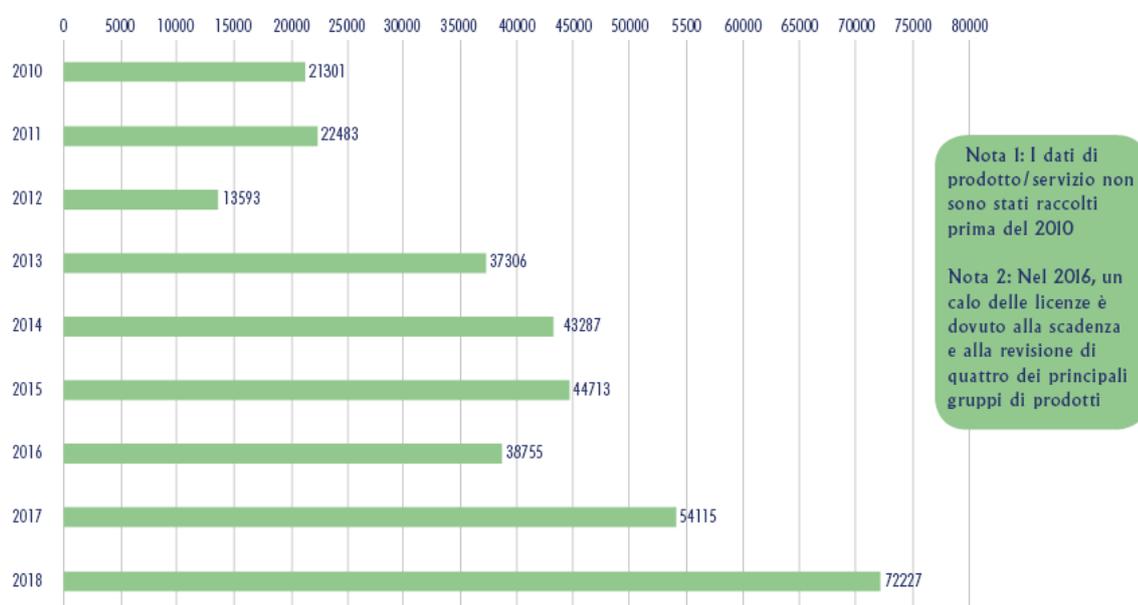
⁶⁸ <https://www.fashionrevolution.org/> [accessed nov 2019]

⁶⁹ [online], Mojilireddy, V., 2018, *Sustainable dyeing innovations: Greenes ways to color textiles,*, [accessed nov 2019]

Oggi, le industrie tessili e della moda sono alla ricerca di metodi di colorazione alternativi, attraverso l'impiego delle moderne tecnologie e conoscenze scientifiche e chimiche a favore di un'opera di sviluppo sostenibile nel sistema tessile e, a volte, una valida alternativa è rappresentata dai colori naturali estratti da fonti vegetali biodegradabili, anche se in alcuni casi le performance di questi necessitano di ulteriore sviluppo.

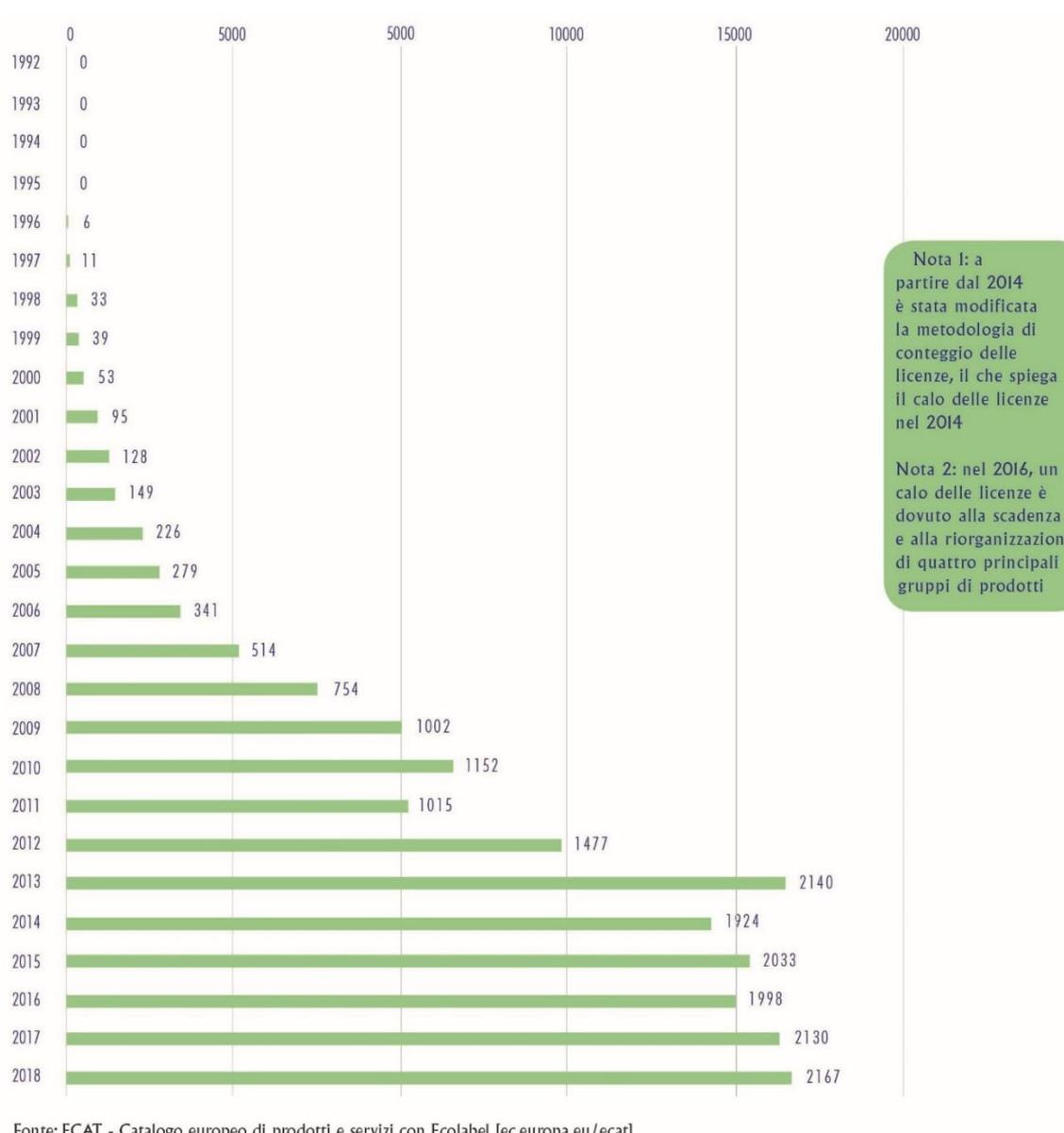
Si riscontra in generale un crescente interesse del mercato nei confronti di queste tematiche e alla luce di tutti questi fattori, risulta evidente quanto il sistema tessile sia sfidato a sviluppare nuovi metodi di produzione che favoriscano la sostenibilità ambientale, la salute del lavoratore coinvolto dai processi produttivi e del consumatore finale, senza dimenticare la qualità del prodotto.

Evoluzione del numero di prodotti e servizi con il marchio Ecolabel UE dal 2010-2018



Fonte: ECAT - Catalogo europeo di prodotti e servizi con Ecolabel [ec.europa.eu/ecat]

Evoluzione del numero di licenze del marchio Ecolabel UE dal 1992-2018



3.2 Il colore naturale oggi: ricerca e attuazione

I diversi passaggi implicati nella riproduzione del colore in modo sostenibile e naturale sono da anni oggetto di studio, con lo scopo di implementare queste pratiche nella ricerca di metodi che abbiano un impatto positivo sia per l'ambiente che per il sistema industriale. Per quanto riguarda i coloranti naturali, nonostante questi presentino alcune limitazioni, è presente un notevole interesse per la produzione di nuovi pigmenti vegetali per applicazioni tessili, in quanto offrono un'alternativa di tintura più sicura.

Dal momento che sono ottenuti da risorse rinnovabili, non costituiscono rischi per la salute e, al contrario, in alcuni casi svolgono funzioni benefiche e curative. Non presentano inoltre problematiche legate allo smaltimento grazie alla loro natura biodegradabile⁷⁰.

Infatti, non solo non sono necessari trattamenti chimici nella loro preparazione, ma possono anche essere repellenti contro gli insetti, avere proprietà antimicrobiche e svolgere azioni deodoranti e di protezione dai raggi ultravioletti⁷¹.

Per quanto riguarda il campo degli addensanti, considerando le conseguenze ambientali del loro utilizzo a partire dall'analisi delle acque di scarico dei processi, è emerso che è preferibile l'utilizzo di additivi biodegradabili e gomma guar sui tessuti, in quanto meno dannosi per l'ecosistema⁷².

Infine, relativamente ai mordenti, attualmente quelli metallici sono tra i più utilizzati e, nonostante vari tra questi siano considerati tossici, possono essere utilizzati in quantità limitate⁷³.

Per evitare i rischi legati al loro impiego, nonostante le dosi permesse siano ritenute non nocive per la salute del consumatore, si stanno ricercando soluzioni più vantaggiose per il benessere degli avventori.

3.2.1 Nuovi pigmenti naturali

In merito all'estrazione di coloranti naturali sono state sviluppate diverse attività di ricerca, con l'obiettivo di aumentare le fonti da cui il pigmento può essere prodotto e le procedure per la sua lavorazione e applicazione.

Nel 2000, ad esempio, è stato avviato uno studio presso l'RRL (CSIR), a Jorhat, per estrarre coloranti da sezioni di cinque diverse specie vegetali indigene del nord-est dell'India, come *Morinda angustifolia*, *Rubia cordifolia*, *Tectona grandis*, *Mimusops elengi* e *Terminalia arjuna*. Queste sono state analizzate e si è concluso che possono essere considerate fonti alternative ai coloranti sintetici nei casi di tintura della seta naturale e del cotone⁷⁴.

⁷⁰ Gulrajani, M., *Present status of natural dyes*, 2001

⁷¹ Sinha, K., Saha, P.D., Datta, S., *Extraction of natural dye from petals of Flame on forest (Butea monorperma) flower: Process optimization using surface response methodology (RSM)*, *Dyes and Pigments*, 94, pp. 212-216

⁷² Schneider, R., Sostar-Turk, S., *Good quality printing with reactive dyes using guar gum and biodegradable additives* *Dyes Pigments*, 2003, pp. 7-14

⁷³ Prabhu, K. H., & Bhute, A. S., *Plant based natural dyes and mordants: A. S.*, 2012, *J. Nat. Prod. Plant Resour*, 2(6), pp. 649-664.

⁷⁴ Bhuyan, R., Saikia, C., *Isolation of colour components from native dye-bearing plants in northeastern India*, *Bioresource technology*, 96, 363-372

Nello stesso anno, la Commissione Europea ha incoraggiato il progetto *Sustainable Production Of Plant Derived Indigo*, noto come *SPINDIGO*, che ha fornito sementi e un piano agronomico per gli agricoltori; l'identificazione di tre diverse colture considerate le più adatte per le diverse regioni europee; tecnologie agricole per l'estrazione e la purificazione dell'indaco; standard di tintura del prodotto e una valutazione relativa all'impatto ambientale.

Tutto questo è stato realizzato con l'obiettivo di introdurre nell'agricoltura europea colture produttrici di indaco, in modo da ottenere un beneficio a lungo termine dal punto di vista rurale e ambientale⁷⁵.

Secondo uno studio del 2005, i numerosi rifiuti provenienti dall'industria alimentare e delle bevande potrebbero essere utilizzati come fonte per l'estrazione di coloranti naturali per le operazioni di tintura tessile, in particolare per l'estrazione di tinte giallo e rosso brillante a partire da frutta e verdura.

Sono stati effettuati esperimenti, ad esempio, su bacche pressate e uva, residui del processo di distillazione nella produzione di liquori, scarti e bucce provenienti dalla lavorazione di prodotti vegetali e sono state realizzate tinte sperimentali su filati di lana.

Dopo aver testato la resistenza del colore, la tonalità e le proprietà di solidità dei coloranti, queste sostanze sono state applicate sia come coloranti diretti che in presenza di mordenti a base ferro o di allume.

Alla fine dell'esperimento, i risultati hanno dimostrato il potenziale di questi rifiuti di essere utilizzati come fonti per la realizzazione di coloranti naturali⁷⁶.

Tab.3 Scarti e sottoprodotti provenienti da diverse industrie utilizzati come fonti sostenibili di coloranti naturali⁷⁷

Pianta/Coltura	Tipologia di prodotto	Scarti riutilizzati come risorsa
Uva	Vino	Vinaccia
Cipolla	Alimentare	Buccia
Barbabietola rossa	Alimentare	Buccia
Te nero	Succo	Residuo da estratto
Lamponi	Succo	Sansa
Sambuco nero	Liquore	Sansa
Amarene	Liquore	Residuo da distillato
Ciliegie	Liquore	Residuo da distillato
Ribes nero	Succo	Sansa
Sambuco	Liquore	Residuo da distillato
Melograno	Alimentare	Buccia
Ulivo	Alimentare	Estratto da acque reflue

⁷⁵ *Sustainable production of plant-derived Indigo*, 2000-2004, [online] cordis.europa.eu, [accessed 10/2019]

⁷⁶ Bechtold, T., Mussak, R., Mahmud-Ali, A., Gangleberg, E., Geissler, S., *Extraction of natural dyes for textile dyeing from coloured plant wastes released from the food and beverage industry*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(2), pp. 233-242

⁷⁷ Bechtold, T., Mussak, R., Mahmud-Ali, A., Gangleberg, E., Geissler, S., *op.cit.*

Rosmarino	Olio	Residuo da estratto
Rosa	Olio	Residuo da estratto
Lavanda	Olio	Residuo da estratto
Te mate	Olio	Residuo da estratto
Zafferano	Spezia	Petali
Frassino	Legno	Corteccia
Teak	Legno	Foglie
Arancia	Alimentare	Buccia

Allo stesso modo, sono state condotte indagini sul potenziale di tintura di alcune acque reflue provenienti da processi industriali.

In particolare, vale la pena menzionare quello ottenuto dal bagno della robbia, che può essere riutilizzato per la tintura della lana. Infatti, come dimostrato dall'analisi dei parametri cromatici e delle proprietà di solidità dei campioni, è emerso che la qualità di quelli tinti nel bagno di colore ricostituito è la stessa di quella della lana tinta per mezzo del primo bagno. Inoltre, un'analisi economica ha dimostrato che il riutilizzo delle acque reflue ha permesso di risparmiare il 19,91% dei costi di tintura della lana per mezzo della robbia⁷⁸.

Un altro studio risalente al 2012 ha dimostrato che è possibile colorare questa fibra utilizzando anche le acque di scarto prodotte dal processo di estrazione dell'olio d'oliva, che solitamente presentano seri problemi di smaltimento. E' stato infatti riscontrato che le fibre proteiche presentano un'elevata affinità con l'estratto acquoso dato dalle acque reflue del frantoio, conferendo tonalità scure con una solidità generalmente buona, mentre la resistenza alla luce può essere incrementata tramite l'uso di mordenti⁷⁹.

3.2.2 Nuovi addensanti naturali

Attualmente, i prodotti più consigliati per conferire la giusta densità ai composti di stampa sono la gomma di guar e i suoi derivati, gli alginati, la metil e carbossimetilcellulosa, la gomma xantana e altre gomme, dal momento che anche con basse concentrazioni di questi prodotti è possibile ottenere elevati livelli di viscosità ed avere caratteristiche che facilitano il comportamento reologico del composto⁸⁰.

Nel 2009 è stata condotta un'indagine in cui è stato proposto l'amaranto come addensante da utilizzare nella stampa tessile di coloranti in tino in alternativa a quelli estratti dal grano⁸¹.

⁷⁸ Shams-Nateri, A., 2011 *Reusing wastewater of madder natural dye for wool dyeing*. Journal of Cleaner Production, 19(6-7), pp. 775-781

⁷⁹ Meksi, N., Haddar, W., Hammami, S., & Mhenni, M. F.; 2012. *Olive mill wastewater: a potential source of natural dyes for textile dyeing*. Industrial Crops and Products, 40, pp. 103-110

⁸⁰ Fijan, R., Basile, M., Lapasin, R., Sostar-Turk, S., *Rheological properties of printing pastes and their influence on quality-determining parameters in screen printing of cotton with reactive dyes using recycled polysaccharide thickeners*. Carbohydrate polymers, 78(1), pp. 25-35.

⁸¹ Teli, M.D., Rohera, P., Sheik, J., Singhal, R., *Use of Amaranthus (Rajgeera) starch vis-a-vis wheat starch in printing of vat dyes*. Carbohydrate polymers, 76(2), pp. 460-463

Le stampe realizzate con questi prodotti come addensanti sono state poi analizzate misurando i valori di colore e solidità e i risultati hanno suggerito che l'amaranto può in effetti sostituire le farine nella produzione di stampe su tessuto.

Analogamente, nello stesso anno è stata pubblicata una ricerca sull'utilizzo dell'amido ottenuto da mais germinato come addensante nella stampa tessile⁸².

Esso, che generalmente viene considerato come materiale di scarto ed eliminato, in questo esperimento è stato confrontato con il suo corrispondente estratto da mais non germinato. Le stampe, realizzate con entrambi i prodotti, sono state analizzate misurando il valore del colore e della resistenza al lavaggio e allo sfregamento.

I risultati ottenuti hanno dimostrato che l'amido di mais germinato ottenuto da granturco non commestibile può essere utilizzato come sostituto totale o parziale dell'amido di quello non germogliato.

Dal momento che grano e mais sono di alimenti di base ampiamente consumati in tutto il mondo, la loro sostituzione nella lavorazione tessile avrebbe la potenzialità di alleggerire il peso del loro utilizzo come addensanti all'interno di questa industria.

In aggiunta a questo, sono stati estratti alginato, gomma di guar carbossimetilata e cellulosa carbossimetilata da concentrati di acque reflue e residui di paste da stampa e sono stati riutilizzati come addensanti in impasti coloranti⁸³.

Le loro prestazioni sono state confrontate con quelle dei corrispondenti originali, analizzate attraverso le proprietà reologiche dei composti di stampa e valutate per mezzo dei parametri qualitativi che determinano il risultato finale.

L'esito dello studio ha quindi dimostrato che la qualità delle stampe per le quali sono stati utilizzati addensanti riciclati è paragonabile a quella ottenuta con gli analoghi originali.

Inoltre, sono state effettuate diverse indagini volte ad aumentare le caratteristiche delle gomme come addensanti, attraverso la formazione di composti con monomeri vinilici adatti e mediante polimerizzazione con radicali liberi, alcune delle quali sono risultate altamente performanti una volta utilizzate negli impasti da stampa^{84, 85, 86, 87}.

3.2.3 Nuovi mordenti naturali

Per annullare il rischio dato dai mordenti metallici più utilizzati, ne sono stati sviluppati alcuni a partire da piante naturali, che non rappresentano una minaccia per l'ambiente e la

⁸² 40 Cloths, M. D., Rohera, P., Sheikh, J., & Singhal, R., 2009. *Application of germinated maize starch in textile printing*. *Carbohydrate polymers*, 75(4), pp. 599-603

⁸³ Fijan, R., Basile, M., Šostar-Turk, S., Žagar, E., Žigon, M., & Lapasin, R., *A study of rheological and molecular weight properties of recycled polysaccharides used as thickeners in textile printing*. *Carbohydrate Polymers*, 2009 pp. 8-16.

⁸⁴ M. A. M., *Printing of Wool Fabrics with Anionic Dyes Using New Thickeners*, (Doctoral dissertation, Ph. D. thesis. Helwan University, Cairo, Egypt, 2004)

⁸⁵ Ibrahim, N. A., Rashad, M. M., & Abo-Shosha, M. H., *Polyacrylamide/Guar Gum Adduct as a New Thickener for Reactive Printing of Wool and Nylon-6*. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2003, pp. 757-777

⁸⁶ Abo-Shosha, M. H., Ibrahim, N. A., Allam, E., El-Zairy, M. R., & El-Zairy, E. M., *Synthesis and characterization of polyacrylic acid/dexy 85 and polyacrylic acid/gum arabic adducts*, *Journal of applied polymer science*, 2006, pp. 4290-4300.

⁸⁷ Abo-Shosha, M. H., Ibrahim, N. A., Allam, E., & El-Zairy, E., *Preparation and characterization of polyacrylic acid/karaya gum and polyacrylic acid/tamarind seed gum adducts and utilization in textile printing*, *Carbohydrate polymers*, 2008, pp. 241-249

salute umana. Questi ultimi sono considerati totalmente innocui dal momento che hanno una natura non cancerogena, non tossica e biodegradabile.

Inoltre, possono rappresentare una valida alternativa ai mordenti sintetici poiché non causano problemi di inquinamento o di smaltimento delle acque reflue⁸⁸.

Jamia Nagar, nella sua ricerca *Perspective for natural product based agents derived from industrial plants in textile applications*, ne offre un elenco, all'interno del quale è possibile trovare anche acido tannico⁸⁹, Catechu (un estratto dal legno del cuore di *Acacia catechu*)⁹⁰, *Tamarindus indica* (tannino presente nel mantello di alcuni semi)⁹¹, *Emblca officinalis* G. (tannino estratto dalla frutta secca)⁹² e succo di limone⁹³.

L'autore riferisce anche che studi più recenti hanno trovato un'utile applicazione della clorofilla-a, estratta dalle piante, come biomordente nel settore tessile e in particolare nell'applicazione su filati di lana⁹⁴.

Lo studio ha rivelato che il valore di K/S dei tessuti di lana sottoposti al trattamento di tintura aumenta notevolmente con l'aumentare della concentrazione di clorofilla-a, motivo per cui si ritiene che quest'ultima sia in grado di migliorare la predisposizione del tessuto da tingere grazie al suo contenuto di Magnesio, rilasciato in presenza di un PH acido. Inoltre, si è dimostrato come l'utilizzo di Chlorophyll-a come colorante abbia la capacità di incrementare le proprietà di solidità dei tessuti di lana una volta tinti.

3.3 Innovazione applicata al mercato: casi studio

Si è visto come il contesto contemporaneo ha dimostrato interesse nei confronti delle pratiche di coloritura sostenibili, sotto forma di scelte consapevoli dei consumatori, di pratiche di regolamentazione e sorveglianza di istituzioni e organizzazioni e di attività sperimentali dei ricercatori.

La ormai consolidata importanza attribuita a questo tema, unita agli sviluppi tecnologici raggiunti, ha attirato anche la attenzione del mercato, coinvolgendo numerose imprese nell'implementazione delle proprie tecniche, o nello sviluppo di nuovi processi per soddisfare la richiesta crescente di prodotti che possano soddisfare i fattori ambientali ed economici in gioco per le aziende.

⁸⁸ Padma, S., Vankar, R. S., & Avani, V., 2007, *Enzymatic natural dyeing of cotton and silk fabrics without metal mordants*, Journal of Cleaner Production, 15(1), 441-1.

⁸⁹ S.M. Burkinshaw, N. Kumar, *The mordant dyeing of wool using tannic 50 H. Aminoddin. Functional dyeing of wool with natural dye extracted from berberis vulgaris wood and Rumex hymenosepolus root as biomordant*, Iran. J. Chem. Chem. Eng., 29 (2010), pp. 55-60

⁹⁰ H.F. Mansour, S. Heffernan, *Environmental aspects on dyeing silk fabric with Sticta coronate lichen using ultrasonic energy and mild mordants*, Clean Technol. Environ. Policy, 13 (2011), pp. 207-213

⁹¹ K.H. Prabhu, M.D. Teli, *Eco-dyeing using Tamarindus indica L. seed coat tannin as a natural mordant for textiles with antibacterial activity*, J. Saudi Chem. Soc. (2011)

⁹² K.H. Prabhu, M.D. Teli, N.G. Waghmare *Eco-friendly dyeing using natural mordant extracted from Emblica officinalis G. Fruit on cotton and silk fabrics with antibacterial activity* Fiber. Polym., 12 (2011), pp. 753-759

⁹³ S.V. Singh, M.C. Purohit, *Applications of eco-friendly natural dye on wool fibers using combination of natural and chemical mordants*, Univers. J. Environ. Res. Technol., 2 (2) (2012), pp. 48-55

⁹⁴ Guesmi, A., Ladhari, N., Hamadi, N. B., Msaddek, M., & Sakli, F. (2013). *First application of chlorophyll-a as biomordant: sonicator dyeing of wool with betanin dye*, Journal of cleaner production, 39, 97-104.

Nonostante la necessità di riconsiderare le proprie attività sotto un'ottica sostenibile, molte compagnie non sono in grado, per mancata esperienza, di portare a termine questo obiettivo. Per questo motivo sono nate organizzazioni di consulting come Color Connection⁹⁵ e Bluemine⁹⁶, che nel contesto contemporaneo possono essere considerate come l'attuale interpretazione dell'aiuto alla progettazione offerta ad imprese e designer, necessaria per lo sviluppo di un prodotto che rispecchi il desiderio dei consumatori, seguendo l'impronta degli ideali di formazione e supporto intrapresi con l'istituzione del Centro Design Montefibre negli anni Settanta del secolo scorso. In tali attività, esperti del settore offrono la loro consulenza e si occupano della progettazione della sostenibilità attraverso il passaggio di nozioni alle aziende e fungendo da collegamento tra esse e la ricerca scientifica, in modo da permettere lo sviluppo di nuovi modelli organizzativi capaci di avviare uno sviluppo continuativo. Lo scopo, in genere, non è solo quello di consigliare azioni e strategie dal punto di vista pratico, ma anche quello di creare consapevolezza concreta all'interno del mercato per quanto riguarda i diversi significati della sostenibilità.

Per quanto concerne invece le pratiche di tintura e stampaggio, si è parlato delle nuove tecniche sperimentali di estrazione di colori naturali, ma sono anche stati introdotti dei cambiamenti che in alcuni esempi rappresentano un recupero di cultura e tradizione locali, come nel caso della startup WRAD⁹⁷, che riproduce una tecnica di tintura minerale dei tessuti attraverso la grafite, inventata dai romani e ancora tramandata dagli abitanti di Monterosso Calabro, incrementandola attraverso l'utilizzo, al posto della grafite naturale, della sua polvere equivalente, recuperata dalla produzione di elettrodi.

Tenendo in mente questo aspetto della rivalutazione del patrimonio di conoscenze popolari, rispettivamente al mantenimento delle tecniche di realizzazione dei processi di coloritura, si possono prendere in considerazione tutti quei brand che si adoperano per la riconsiderazione delle pratiche tradizionali.

Infatti è possibile citare, per esempio, anche Tonlè⁹⁸ e Rupahaus⁹⁹, che creano tinte e stampe con materiali e pratiche tradizionali quali, rispettivamente, la tecnica della stampa a blocchi tramandata in Cambogia e quelle del batik e della cera persa tipiche dell'Indonesia. Può essere ritenuto un esempio anche Monsoon Blooms¹⁰⁰, una piccola tintoria nelle foreste del sud del Kerala che utilizza processi e colori naturali realizzati a partire da erbe, piante e fiori, che sono ritenuti ricchi di proprietà terapeutiche secondo l'antica medicina ayurvedica indiana, la quale potrebbe essere considerata una precorritrice delle moderne teorie scientifiche esaminate precedentemente e che vedono l'impiego dei pigmenti naturali in ambito sanitario, dal momento che secondo questa filosofia le piante sono utilizzate per curare e prevenire i malanni.

⁹⁵ [online] <http://www.colour-connections.com/> [accessed nov 2019]

⁹⁶ [online] <https://www.blumine.it/it/Default.aspx> [accessed nov 2019]

⁹⁷ [online], <https://www.wradliving.com/>, [accessed nov 2019]

⁹⁸ [online], <https://tonle.com/>, [accessed nov 2019]

⁹⁹ [online], <https://www.rupahaus.com/pages/about/> [accessed nov 2019]

¹⁰⁰ [online], <https://www.monsoonblooms.com>, [accessed nov 2019]

Sotto un'ottica differente, è possibile individuare delle attività che si premurano di offrire prodotti finali riportanti stampe o colori, pur senza l'utilizzo di coloranti di nessun tipo. In un caso ci si può rifare al fenomeno dell'*ecoprinting*, rappresentato dall'opera di artiste come Michela Pasini¹⁰¹, Laura dell'Erba¹⁰², Andreina Nonini¹⁰³ e Eleonora Riccio, che nei relativi atelier impiegano fiori, foglie e frammenti di corteccia e radici, con lo scopo di imprimerne le fattezze sul tessuto attraverso la pressione ottenuta per mezzo di particolari tecniche di piegatura, seguite da bollitura in un bagno naturale o al vapore. Tramite questa tipologia di contatto le forme e i colori dei vegetali impiegati lasciano la propria impronta nel tessuto, offrendo spesso la possibilità di riconoscere, nella stampa finale, i singoli dettagli dei componenti utilizzati, come petali o venature. Questo metodo permette di evitare l'impiego di coloranti o prodotti chimici, ma proprio per sua natura, questa tecnica permette la realizzazione di un assortimento di motivi di stampa limitato come tematica, per quanto vasto nelle possibilità di interpretazione. Sempre riguardo alla riproduzione di artefatti colorati senza l'impiego di pigmenti, ma secondo un diverso approccio al tema, è possibile citare il caso di Rifò¹⁰⁴, che realizza prodotti in lana rigenerata a partire dal riciclo di indumenti in disuso. Per riprodurre i diversi toni, il brand opera una divisione per colori dei capi in maglia di partenza, recuperandone le fibre per la realizzazione di nuovi prodotti. In questo modo è possibile evitare lo spreco di acqua, nonché l'impiego di coloranti e altri prodotti chimici, ma per lo stesso motivo è altresì vero che i capi finali presentano piccole discromie al loro interno.

Sfortunatamente, le attività citate sono spesso realizzate solo a livello artigianale, o legate a casi di produzione contenuta e difficilmente è immaginabile una loro diffusione da un punto di vista di impiego su larga scala.

Questo accade perchè spesso le stesse tecniche o i prodotti naturali, che caratterizzano queste pratiche, non possono garantire prodotti standardizzati relativamente all'uniformità e alla riproducibilità del colore, o mancano le tecnologie adatte per riprodurre in maniera sistematica processi di questo tipo.

Esaminando un altro aspetto, ovvero il problema relativo allo smaltimento dei rifiuti originati dall'industria, sono nate imprese che, grazie anche alle recenti ricerche scientifiche volte a utilizzare gli scarti di altre produzioni per ottenere coloranti, sfruttano i suddetti residui al fine di realizzare tinte.

Sotto questa prospettiva sono nati prodotti come Earth Colours¹⁰⁵, una palette di sette tinte, sintetizzati dall'azienda Archroma a partire da scarti non commestibili provenienti dalla filiera agricola o erboristica.

¹⁰¹ [online], <http://www.colorinaturali.com/>, [accessed nov 2019]

¹⁰² [online], <https://lalazoo.it/>, [accessed nov 2019]

¹⁰³ [online], <https://www.artandreinanonini.com/>, [accessed nov 2019]

¹⁰⁴ [online], <https://www.rifo-lab.com/>, [accessed nov 2019]

¹⁰⁵ [online], <https://www.archroma.com/innovations/earth-colors-by-archroma>, [accessed nov 2019]

Simile al precedente è il brand Pigmento¹⁰⁶, che a sua volta recupera gli scarti e li lavora in un processo senza aggiunta di sofisticazioni, additivi e contaminazioni chimiche, in modo tale da ottenere coloranti che vengono poi commercializzati in polvere o forma liquida e destinati alle aziende di settori come cosmetica, tessile, bioedilizia e alimentare.

Sempre legato al concetto di upcycling delle merci da dimettere è Recycrom,¹⁰⁷ che crea un vasto assortimento di pigmenti in polvere attraverso la cristallizzazione, ottenuta con l'ausilio di prodotti chimici naturali, delle fibre tessili provenienti da indumenti in disuso e scarti di produzione.

Vi sono infine aziende che hanno introdotto prodotti realizzati in laboratorio, talvolta a partire da fonti naturali di varia origine, con il fine di semplificare o velocizzare i processi di stampa e tintura nel rispetto del fattore ambientale, con l'offerta di prodotti che permettano di risparmiare acqua o energia nel corso delle prestazioni.

Questi casi, visti i processi impiegati per l'ottenimento dei prodotti stessi, non possono essere considerati come totalmente naturali, ma dal momento che nelle lavorazioni rispettano i limiti stabiliti da certificazioni ed eco-standard, sono comunque preferibili ai metodi di tintura e stampaggio tradizionali.

In questa categoria rientrano imprese come Colorfix,¹⁰⁸ che si occupa della realizzazione di pigmenti attraverso un approccio biologico sintetico. L'azienda, infatti, sfrutta l'attività di colture batteriche per tingere i tessuti, rappresentando il minimo impatto sull'ecosistema dal momento che i batteri responsabili della produzione delle tinte vengono fissati direttamente sul tessuto, secondo una tecnologia che non richiede processi di estrazione dei coloranti. Un caso simile al precedente è quello rappresentato da alcuni ricercatori dell'Università della California¹⁰⁹, che stanno cercando di sviluppare coloranti per il denim tramite l'impiego di batteri denominati E.Coli, opportunamente modificati geneticamente, al fine di produrre l'indican, dal quale è possibile ottenere l'indaco attraverso un trattamento a base di enzimi. Tale processo sperimentale eliminerebbe la necessità di agenti chimici aggressivi riducenti nei processi di solubilizzazione dell'indaco, per mezzo della sua sostituzione con un enzima. Tuttavia, il processo ha ancora bisogno di essere incrementata nella fase di ripristino dell'indican per motivi di sostenibilità.

Un'altra impresa che presenta i medesimi requisiti di partenza è Ecofoot,¹¹⁰ che ha creato un prodotto ausiliario con lo scopo di prevenire l'idrolisi del colorante durante il processo di tintura, che in genere richiede difficili procedure di risciacquo per riuscire a rimuovere il colorante idrolizzato. Al contrario, l'utilizzo di questa sostanza combinato con quello dei pigmenti ibridi realizzati dall'azienda, rispetto ai metodi tradizionali permette di risparmiare più della metà dell'acqua durante i risciacqui intermedi e finali propri del processo di tintura.

¹⁰⁶ [online], <https://pigmentonaturale.com/>, [accessed nov 2019]

¹⁰⁷ [online], <https://recycrom.com/> [accessed nov 2019]

¹⁰⁸ [online], <https://colorifix.com/>, [accessed nov 2019]

¹⁰⁹ [online], Mojilireddy, V., 2018, *op. cit.*, [accessed nov 2019]

¹¹⁰ [online], <https://www.ecofoot.pt/en/>, [accessed nov 2019]

Un innovativo utilizzo dei coloranti naturali è inoltre rappresentato dal loro impiego come biosensori, vale a dire come dispositivi analitici che trasformano una risposta biologica in un segnale elettrico.¹¹¹

Mentre le prime ricerche e applicazioni in questo ambito li vedevano interessati in quanto foto-sensibilizzatori di celle solari, più recentemente è emerso un interesse per quanto riguarda la loro applicazione in campo tessile.

Si è verificato come, per esempio, la curcuma non solo dimostri di essere un colorante sensibile alle variazioni del PH, ma svolge anche funzione antimicotica e antibatterica, oltre ad attività biologiche antiossidanti, antinfiammatorie e cicatrizzanti e può quindi trovare una utile applicazione in campo sanitario.

Alcuni dei casi studio presentati sono stati ritenuti particolarmente significativi e per questo motivo sono stati analizzati in maniera approfondita.

Se da un lato le pratiche prese in considerazione hanno tutte in comune il fatto di essere imprese volte all'attuazione di opere su scala industriale, che è un fattore pregnante di questo trattato, dall'altro presentano approcci eterogenei alla tematica della sostenibilità nell'ambito della coloritura, il che li rende adatti per redigere un'analisi esaustiva in merito all'impiego delle tecnologie moderne per questo tema.

Il primo considerato è Colour Connection, emblematico in quanto dichiaratamente volto a creare una rete di cooperazione tra gli attori dell'industria tessile, per migliorare le performance di ognuno proprio grazie all'impiego di pratiche che non comportino impatti ambientali dannosi. Queste caratteristiche dell'organizzazione la rendono interessante perché denotano l'intenzione accorta di creare un modello di business unendo due grandi linee di tendenza di questi anni, che sono la creazione di network di cooperazioni tra singoli dedicati allo stesso ambito e il tema della sostenibilità.

Il Caso di Colorfix si dimostra singolare in quanto decisamente innovativo rispetto al tema della creazione di coloranti naturali, nonché probabilmente anche il meno impattante a livello ambientale tra tutti quelli esaminati.

H₂COLOR e Earth Colors sono interessanti perché sono tutti e due prodotti sviluppati da aziende che operano nel settore della sostenibilità applicata all'ambito della coloritura, che con i loro propri prodotti offrono due approcci differenti al tema in quanto estrapolati da contesti diversi.

Anche Recycrom risulta importante, perché offre una soluzione di economia circolare nel settore tessile, in quanto sfrutta le fibre di capi di abbigliamento dimessi nella creazione di pigmenti in polvere da reimpiegare nello stesso ambito.

Infine, degna di nota è anche l'applicazione dei coloranti naturali come biosensori, che offre un brillante esempio di applicazione della cross fertilization, la contaminazione tra campi di azione differenti che sta interessando sempre di più il mercato e in particolare quello del tessile.

¹¹¹ Prabhu, K. H., & Teli, M. D. (2014). Eco-dyeing using Tamarindus indica L. seed coat tannin as a natural mordant for textiles with antibacterial activity. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(6), 864-872

Colour Connection - textile consultancy

<http://www.colour-connections.com/>

Dal punto di vista della consulenza per imprese e designer è nata *Colour Connection-textile consultancy*. L'azienda, con sede a Matlok nel Regno Unito, vuole migliorare i prodotti offerti dall'industria tessile relativamente ai processi impiegati nel realizzarli, alla consapevolezza dei singoli imprenditori e all'efficienza della comunicazione con i fornitori e i consumatori.

L'impresa, infatti, collabora con esperti nel settore in svariati campi: non solo tintorie, brand, laboratori e centri di prova, aziende chimiche, rivenditori e marchi, ma anche media, Organizzazioni Non Governative, Governi, centri d'istruzione e altri consulenti.

Attraverso il suo servizio, Colour Connection offre revisioni, politiche, standard, corsi di formazione, proposte di innovazione e supporto tecnico lungo la filiera, a coloro che cercano di soddisfare gli aspetti legati alla conformità ambientale, in modo da apportare non solo consulenze dal punto di vista pratico, ma trasmettere una consapevolezza maggiore alle imprese relativamente ai diversi significati della sostenibilità.

L'obiettivo finale è quello di creare un network di collaborazione tra gli individui che lavorano nel settore del tessile, in modo da incrementare le prestazioni e la redditività di ognuno attraverso pratiche che non comportino effetti nocivi all'ecosistema.

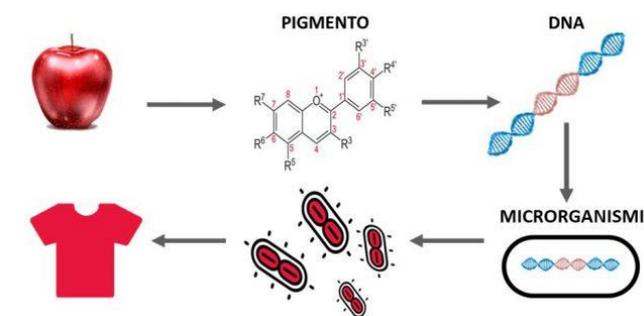
Colorfix

<https://colorifix.com/>

Colorfix è una tecnologia sviluppata a partire da un'idea di tre ricercatori dopo che, avendo sviluppato sensori biologici per monitorare la contaminazione da metalli pesanti nell'acqua potabile in alcune zone rurali del Nepal, si resero conto che l'acqua del fiume che le attraversava appariva fortemente contaminata, ma dai rifiuti della tintura dell'industria tessile.

Decidendo di risolvere il problema in modo biologico, iniziarono a produrre pigmenti come quelli dispersi dalle aziende nell'ambiente, ma impiegando delle colonie batteriche con il minimo impatto sull'ecosistema.

Il processo prevede l'individuazione di un microorganismo responsabile della produzione di un determinato pigmento, l'estrazione del gene responsabile della colorazione e il suo inserimento nel DNA di una coltura batterica creata appositamente per conseguire la produzione della tinta.



Credits: Colorfix

La coltura viene quindi inserita all'interno di un fermentatore, dove il numero di batteri e il pigmento da essi realizzato raddoppiano ogni mezz'ora.

In seguito, il tessuto da tingere viene introdotto nel composto e, dal momento che i batteri estraggono naturalmente sali minerali dall'acqua per garantire la propria sopravvivenza, non è necessaria l'aggiunta di solventi o sali metallici.

Infine, il tessuto viene rimosso dalla soluzione e riscaldato, in modo da rimuovere i microorganismi e fissare il colore.

Tra i vantaggi di Colorfix, oltre al mancato utilizzo di metalli pesanti o altre sostanze tossiche, vi è la validità del processo su fibre sia di origine naturale che sintetica, costi ridotti e un consumo energetico inferiore del 20% rispetto agli standard tradizionali, nonché un'ampia varietà di colori disponibili e una produzione di scarti chimici inferiore all'1%.

Inoltre, questa tecnica permette un rapporto di uno a tre tra il colorante e la quantità acqua utilizzata, risparmiando il 90% di acqua rispetto all'industria tradizionale.¹¹²

Dalla sua istituzione nel 2016, l'impresa ha collaborato con alcuni brand di moda come Stella McCartney e Filippa K, ma i numeri non sono ancora sufficienti per fare sì che la tecnologia si diffonda sul largo mercato dell'industria tessile, anche se, a quanto affermato dal CEO Orr Yarkoni: "si tratta solo di una maniera diversa di fare la stessa cosa [...] La nostra tecnologia è completamente compatibile con il modo in cui la gente tinge ora e usa la stessa attrezzatura e gli stessi tessuti, si tratta solo dell'uso di un agente di tintura biologicamente guidato piuttosto che di un agente petrolchimico"¹¹³.

H₂COLOR

<https://www.ecofoot.pt/en/>

Si tratta di un prodotto ausiliario sviluppato da Ecofoot, impresa fondata nel 2012 da membri di un gruppo di ricerca di Chimica Tessile, nato principalmente per immettere nel mercato questa tecnologia, ma che ha individuato anche altre tecniche che possono essere utilizzate nel processo di tintura.

H₂COLOR –AUX ha lo scopo di agevolare il processo di rimozione della tinta in eccesso, permettendo così di risparmiare acqua, energia e tempo nei casi di coloritura dei capi con coloranti reattivi.

Infatti, nel corso della tintura con questa tipologia di prodotti, una parte dei essi subisce un processo di idrolisi¹¹⁴ reagendo con l'acqua, portando alla necessità di eseguire un lungo procedimento di risciacquo postumo alla coloritura.

Al contrario, aggiungendo *H₂COLOR –AUX* all'inizio della tintura, esso si lega con il colorante, ritardando il fenomeno.

Con questo sistema, il colorante viene rilasciato nel momento in cui si trova in corrispondenza della fibra, di modo che reagisca esclusivamente con essa.

In questo modo, a processo ultimato è sufficiente un lavaggio breve e a bassa temperatura, che consente di risparmiare il 70% di acqua, il 60% di energia e il 50% di tempo per i colori medio scuri.

Questo ausiliario svolge la medesima funzione ritardante anche nei casi di realizzazione di stampe tramite tecnologia ink-jet e digitale (sempre in presenza di tinte reattive).

Per quanto riguarda i coloranti, il gruppo ha sviluppato una gamma di colori, tra cui il più noto risulta essere *Ecofoot-Indigo*, pensato per ridurre l'impatto nocivo dei sistemi di tintura del denim tradizionali.

¹¹² Lombardi, A., *Industria tessile, la sfida alla colorazione sostenibile*, [online] <https://www.galileonet.it/industria-tessile-colorazione-sostenibile/>, [accessed nov 2019]

¹¹³ Planet textiles Pod, *Orr Yarkoni interview*, [video], 2019

¹¹⁴ Idrolisi s. f. [comp. di idro- e -lisi]. In senso generico, reazione di scissione prodotta dall'acqua. Più specificamente: ogni reazione nella quale un composto si scinde in due o più altri aggiungendo i componenti idrogeno e ossidrile di una o più molecole di acqua. (def. Treccani)

Tale colorante, infatti, evita l'uso degli agenti riducenti tossici che generalmente vengono impiegati per convertire il pigmento dell'indaco sotto una forma idrosolubile, in quanto questi sono considerati dannosi per l'ambiente dal momento che il solfito e il solfato generati all'interno del bagnocolore possono rappresentare diverse problematiche una volta scaricati nelle acque reflue. In merito alle altre tinte, si può affermare che l'impresa ha realizzato pigmenti *ibridi*, vale a dire composti da coloranti chimicamente legati a particelle polimeriche, che possono essere applicati a basse temperature in quanto reagiscono con le fibre di cellulosa anche a 25°C e richiedono così una minor quantità di energia nel corso del processo rispetto ai sistemi tradizionali. Questi pigmenti, inoltre, non richiedono l'uso di sale, ammoniaca o metalli pesanti.

Il limite di questa tecnologia riguarda la classe di coloranti di applicazione. Infatti, nonostante i buoni risultati ottenuti da un punto di vista di dispendio idrico ed energetico, il processo vede interessati dei coloranti ibridi, che proprio per la loro origine semi-polimerica possono comportare un impatto ambientale, per quanto controllato, al momento dello smaltimento.

Earth Colors

<https://www.archroma.com/>

Si tratta di coloranti sintetizzati a partire da scarti non commestibili provenienti dalla filiera agricola o erboristica, come foglie o gusci di noce, che coprono una palette di sette tonalità naturali destinate all'applicazione su fibre di origine cellulosa come cotone, viscosa, lino, bambù, kapok e simili, alle quali si fissano tramite legami covalenti durante il processo di tintura.

La produzione di queste tinte avviene nello stabilimento dell'azienda con sede Barcellona, per il quale le materie prime vengono acquistate generalmente a un raggio massimo di 500 km. Dal materiale naturale iniziale al negozio finale, i prodotti sono completamente tracciabili, ma la tecnologia è riservata solo a brand e rivenditori che rappresentino aziende tessili certificate, tra i quali spiccano nomi come Patagonia, Kathmandou e Peter England.



La limitazione di questa tecnologia è rappresentata prevalentemente dalla gamma di colori proposta, che nell'ottica di una produzione su scala industriale permetterebbe un raggio di

applicazione e una possibilità di scelta limitata, dal momento che attualmente sono presenti pigmenti che possono essere applicati solo su fibre di origine cellulosica e la varietà delle tinte risulta circoscritta a sette nuances.

La linea Earth Colors è stata realizzata da Archroma, un'azienda con sede in Svizzera e specializzata in colore e prodotti chimici.

L'impresa risulta essere strettamente legata al tema della sostenibilità nel campo della progettazione di tecnologie e prodotti innovativi per l'ambito della tintura e dello stampaggio tessile, come ausiliari e macchine per la stampa, coloranti, tecniche e composti per risciacquo e finitura ecc.

Il *core business* dell'impresa è infatti quello di creare prodotti chimici che riducano al minimo l'impatto ambientale in tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto, dall'estrazione allo smaltimento, agendo in particolare in due settori primari: nella fabbricazione della specialità chimica e nell'applicazione della tecnologia a valle nella catena del valore.

La maggior parte dei prodotti sviluppati dall'azienda risulta approvato dalle certificazioni più importanti, come bluesign, GOTS, Oeko-Tex, REACH, EU Ecolabel ed altre.

Pur tenendo in considerazione il rispetto degli eco-standard, è necessario tenere presente che secondo l'ultimo *Sustainability Report* di Archroma, risalente al 2017, risulta che rispetto all'anno precedente, mentre è stato risparmiato l'11% in più di acqua, si sia verificato un aumento del 2% delle emissioni di anidride carbonica per tonnellata e a un incremento del medesimo valore relativamente al consumo di energia e alle emissioni atmosferiche derivanti dalla produzione degli impianti, principalmente dovute a modifiche del prodotto di fabbricazione.

Si riporta anche che fossero in corso investimenti in energia proveniente da fonti rinnovabili, mentre alcuni siti produttivi erano già stati convertiti completamente all'acquisto di energia unicamente di questo tipo.

All'epoca del report, infatti, l'energia veniva fornita agli impianti di produzione in varie forme, come energia elettrica, produzione in loco di vapore utilizzando gas naturale, carbone, olio combustibile e contratti di approvvigionamento da società vicine.

Per quanto riguarda le acque reflue, invece, si è registrato un incremento del 6% rispetto all'anno precedente, nonostante tutti gli impianti di produzione siano dotati di impianti di depurazione degli scarti idrici che utilizzano attrezzature meccaniche e processi di trattamento biochimico¹¹⁵.

Nonostante tutti i consumi e le emissioni siano continuamente monitorati e rientrino nei relativi limiti standard stabiliti dalle autorità ambientali locali, risulta evidente come un cambiamento in termini di modifica del prodotto o un incremento a livello di produzione su scala industriale comportino l'aumento dell'incisività delle tecniche di Archroma

¹¹⁵ Archroma, *Sustainability Report*, 2017, pp.33-37

sull'ecosistema, anche se queste risultano in ogni caso preferibili rispetto ai processi e ai prodotti di tintura tradizionali.

Recycrom

<https://recycrom.com/>

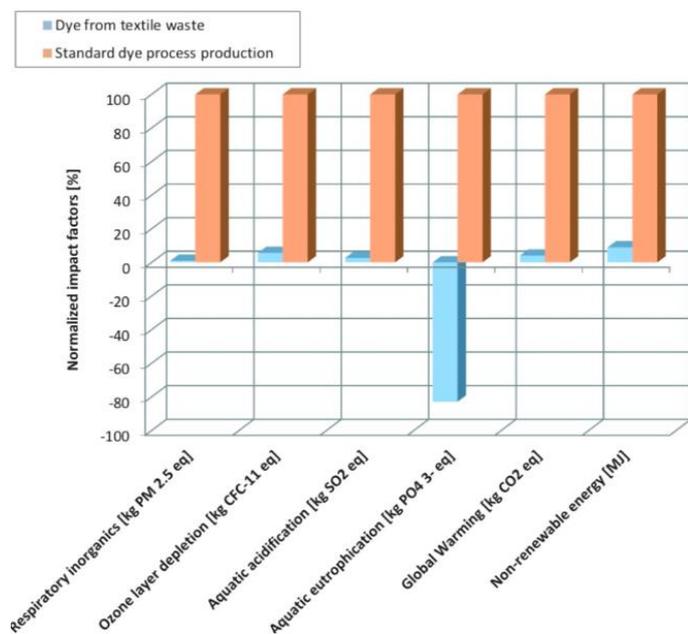
Brevettato da Officina+39, Recycrom delinea una gamma di coloranti che vede impiegati indumenti usati riciclati, materiali fibrosi e scarti tessili sotto forma di pigmenti.

L'azienda ha infatti sviluppato una tecnologia che vede impiegati solo prodotti chimici naturali, attraverso la quale le fibre tessili vengono cristallizzate in una polvere molto fine, che può essere utilizzata come colorante per tessuti e capi d'abbigliamento in cotone, lana, nylon o altre fibre, sia naturali che miste.

Questo prodotto può essere applicato tramite varie tecniche tra cui quelle di tintura attraverso il tradizionale bagno di colore, ma anche attraverso serigrafia e spalmatura e, dal momento che viene impiegato sotto forma di sospensione e non come parte di una soluzione chimica, è possibile filtrarlo dall'acqua tramite facili processi, che permettono di non incidere negativamente sul consumo di energia e sull'ambiente.

Dallo studio dell'impronta ecologica di Recycrom emerge che, da un punto di vista ambientale, il processo produttivo del colorante di Officina+39 risulta essere preferibile a quelli tradizionali.

Infatti risulta evidente che il primo, insieme con un impatto negativo sul fenomeno di eutrofizzazione acquatica, comporta un ridotto utilizzo di energie non rinnovabili, una minima liberazione di polveri sottili e provoca emissioni molto più ridotte di clorofluorocarburi e anidride carbonica, ritenuti responsabili dell'ampliamento del buco nell'ozono e del surriscaldamento globale.¹¹⁶



Credits: Recycrom Footprint study

In ogni caso, è necessario tenere in considerazione che, dal momento che questa tecnologia utilizza unicamente materiali di recupero, la produzione non può essere standardizzata nei casi di grandi produzioni.

Può infatti verificarsi una perdita di uniformità di colore tra gli elaborati, che necessita dell'impiego di un colorante tradizionale, per quanto ridotta (<1%), per essere corretta.

Coloranti naturali usati come biosensori

¹¹⁶ Recycrom footprint study [online], <https://recycrom.com/wp-content/uploads/2018/04/Recycrom-LCAcomparison.jpg>, [accessed nov 2019]

Il termine *biosensori* è stato introdotto da Cammann¹¹⁷, per descrivere tutti quei dispositivi analitici che trasformano una risposta biologica in un segnale elettrico.

Lo scopo di un biosensore è infatti quello di fornire informazioni rapide, in tempo reale, precise e affidabili in merito all'analisi dell'interrogazione.

Il principio di base è quello di misurare un riconoscimento biologico e trasformarlo in un altro tipo di segnale utilizzando un trasduttore.

I biosensori per eccellenza devono essere altamente specifici, indipendenti da parametri fisici come il pH e la temperatura e devono essere riutilizzabili¹¹⁸.

Le raccomandazioni dell'IUPAC 1999 affermano che un biosensore è un *dispositivo recettore integrato indipendentemente in grado di fornire informazioni analitiche selettive quantitative o semi-quantitative utilizzando un elemento di riconoscimento biologico*¹¹⁹.

L'interazione dell'analisi con il biorecettore è progettata per produrre un effetto misurato dal trasduttore, che converte l'informazione in un effetto misurabile come per esempio un segnale elettrico/ottico, acustico o termico¹²⁰.

Relativamente a questo ambito, dall'inizio di questo secolo è aumentato l'interesse per l'uso di coloranti naturali sensoriali, associando sostanze convenzionalmente utilizzate in prodotti di consumo e ambito fisico, secondo un principio di cross fertilization.

Nel 2006, delle *celle solari sensibilizzate con coloranti* (DSC) sono state assemblate utilizzando coloranti naturali estratti da riso nero, capsico, fiori di eritrina variegata, rosa xantina e alghe come sensibilizzanti.

L'estratto di riso nero è stato il prodotto che ha ottenuto il miglior effetto fotosensibilizzante tra gli estratti naturali di frutta, foglie e fiori scelti, permettendo di raggiungere la conclusione che un suo utilizzo come sensibilizzatore alternativo per le celle solari sensibilizzate con coloranti potrebbe essere promettente, grazie alla semplice tecnica di preparazione e al fatto che sia ampiamente disponibile e a basso costo¹²¹.

In modo simile, nel 2007, Wangcharee e altri hanno sviluppato celle solari sensibilizzate al colore (DSSCs) utilizzando coloranti naturali estratti da rose, piselli e una miscela di estratti, sempre con risultati positivi¹²².

In merito allo stesso ambito, in Sri Lanka, è stata svolta un'analisi elettrica ed elettronica di oltre cento coloranti naturali estratti da piante locali come frutti, foglie, fiori, steli, corteccia e radici, il cui risultato ha dimostrato che molte delle tinture utilizzate possono essere impiegate come fotosensibilizzanti per la DSSC attraverso una semplice procedura¹²³.

¹¹⁷ Prabhu, K. H., & Teli, M. D. (2014). Eco-dyeing using Tamarindus indica L. seed coat tannin as a natural mordant for textiles with antibacterial activity. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(6), 864-872

¹¹⁸ K. Cammann Biosensors based on ion-selective electrodes *Fresen Z Anal Chem*, 287 (1977), pp. 1-9

¹¹⁹ Mehrotra, P. (2016). Biosensors and their applications: a review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 6(2), 153-159.

¹²⁰ Thévenot, D. R., Toth, K., Durst, R. A., & Wilson, G. S. (2001). Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification. *Analytical letters*, 34(5), 635-659.

¹²¹ Mehrotra, P. (2016). Biosensors and their applications—A review. *Journal of oral biology and craniofacial research*, 6(2), 153-159.

¹²² Hao, S., Wu, J., Huang, Y., & Lin, J. (2006). Natural dyes as photosensitizers for dye-sensitized solar cell. *Solar energy*, 80(2), 209-214.

¹²³ Wongcharee, K., Meeyoo, V., & Chavadej, S. (2007). Dye-sensitized solar cell using natural dyes extracted from rosella and blue pea flowers. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91(7), 566-571.

Recentemente è invece emerso un interesse per l'applicazione di coloranti sensibili nel settore tessile¹²⁴.

Nel 2015 è stato infatti condotto uno studio sullo sviluppo di un sensore di pH ecologico, basato su una nanofibra di cellulosa funzionalizzata con un pigmento naturale estratto dal cavolo rosso.

In questo modo si è ottenuto un sensore di pH, in grado di rilevarne i valori nell'intervallo compreso tra 1 e 14, rivelando per ognuno di essi un codice colore unico, il quale si è dimostrato stabile a temperature diverse e in tempi prolungati¹²⁵.

Inoltre, si è trovato che i toni mostrati sono reversibili e che di conseguenza il sensore è riciclabile.

Relativamente a questo ambito di applicazione, nel 2017 è stato prodotto un trasduttore di pH ottico a base tessile, utilizzando la curcuma in polvere per tingere tessuti di cotone e poliammide, entrambi dal grado iniziale di 6, corrispondente a un valore leggermente acido. Dopo la tintura, tutti e due i tessuti hanno mostrato un colore giallo brillante, mentre hanno rivelato variazioni di tono viranti al rosso al contatto con le soluzioni basiche.

Anche in questo esperimento, come nel precedente, il rilevamento del pH dei tessuti tinti per mezzo della curcuma ha dimostrato un'eccellente solidità e una comprovata reversibilità cromatica¹²⁶.

Tutti questi fattori, nel complesso, aprono quindi la possibilità di impiegare i prodotti sviluppati come monitor utilizzabili in ambito sanitario.

Per quanto riguarda la curcuma, oltre alla sua caratteristica di essere un colorante sensibile alle variazioni del PH, è stato trovato come questo pigmento può essere applicato sui tessuti non solo come colorante, ma anche come agente antimicotico e antibatterico¹²⁷.

Grazie alle sue attività biologiche antiossidanti, antinfiammatorie e cicatrizzanti, infatti, si dimostra un valido pigmento impiegabile per la realizzazione di sensori a contatto con la pelle umana.¹²⁸

CAPITOLO 4 | ESPERIENZA SUL CAMPO

4. Introduzione

¹²⁴ Attanayake, C. I. F., De Silva, C., Premachandra, B. A. J. K., De Alwis, A. A. P., & Senadheera, G. K. R. (2019). Dye-sensitized solar cells: using over 100 natural dyes as sensitizers

¹²⁵ Devarayan, K., & Kim, B. S. (2015). Reversible and universal pH sensing cellulose nanofibers for health monitor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 209, 281-286.

¹²⁶ Giachet, F. T., Vineis, C., Ramirez, D. O. S., Carletto, R. A., Varesano, A., & Mazzuchetti, G. (2017). Reversible and washing resistant textile-based optical pH sensors by dyeing fabrics with curcuma. *Fibers and Polymers*, 18(4), 720-730

¹²⁷ Mirjalili, M., & Karimi, L. (2013). Antibacterial dyeing of polyamide using turmeric as a natural dye. *Autex Research Journal*, 13(2), 51-56

¹²⁸ Suwantong, O., Opanasopit, P., Ruktanonchai, U., & Supaphol, P. (2007). Electrospun cellulose acetate fiber mats containing curcumin and release characteristic of the herbal substance. *Polymer*, 48(26), 7546-7557.

Nel presente capitolo viene esposto il progetto svolto alla luce dei dati ottenuti in precedenza, relativamente all'interesse che il mercato ha dimostrato nei confronti dell'adozione di pratiche sostenibili nelle attività di tintura e stampaggio.

L'obiettivo principale di questa ricerca sperimentale è quello di indagare processi, materiali e formule finalizzate alla produzione di stampe naturali su tessuti di diversa composizione.

Il progetto ha infatti il fine di individuare i migliori metodi eco-sostenibili per la realizzazione di motivi decorativi su cotone, lana e poliestere, confrontandoli con i loro omologhi sintetici tradizionali in termini di solidità del colore, resistenza al lavaggio e allo sfregamento a secco e ad umido.

Al fine di ottenere i risultati preposti, il lavoro è stato organizzato nelle seguenti fasi:

- *Studio sperimentale delle formule relative alle prestazioni sui tessuti, fino al raggiungimento di quelle idonee*

Per il conseguimento del progetto, all'interno dell'indagine sono state prese in considerazione e testate diverse componenti per ottenere le formule desiderate. Alcune di esse sono state successivamente abbandonate, mentre per altre si è deciso di investire più tempo e ricerca, fino a giungere all'elezione di quelle effettivamente utilizzate.

- *Fornitura dei materiali*

Per l'attuazione dell'esperimento è stato necessario avvalersi di diverse componenti, vale a dire il pigmento impiegato, i diversi prodotti indispensabili per l'ottenimento delle paste da stampa e i tessuti su cui queste sono state applicate.

- *Studio sperimentale delle formule identificate e produzione di stampe con formule naturali e sintetiche su tessuti a confronto*

Prima di ottenere le formule definitive ne sono state sperimentate altre che sono state modificate fino al raggiungimento delle performance desiderate, così come per la ricerca dei metodi di estrazione del pigmento e dei processi di stampa, che combinati hanno poi portato alla realizzazione del prodotto finale.

- *Analisi dei campioni di ogni tessuto per quanto riguarda la solidità del colore, la resistenza allo sfregamento a umido e a secco, la resistenza al lavaggio*

Attraverso procedure standard è stata determinata la forza cromatica di tutte le stampe realizzate, insieme con le analisi di qualità attraverso prove di resistenza allo sfregamento e al lavaggio.

- *Focus sullo studio della curcuma e sullo studio del comportamento del colore in base all'ambiente PH*

Campioni di tessuto hanno subito un pretrattamento a base di chitosano seguito dall'applicazione di una miscela di stampa contenente curcuma e sono state confrontate con le corrispondenti cui è stata applicata unicamente la stampa, senza pretrattamento.

- *Analisi dei risultati*

I risultati conseguiti per mezzo dell'applicazione delle paste da stampa di diversa natura sui campioni di tessuto sono stati analizzati, operando un confronto sia tra le formulazioni delle mescole impiegate, sia tra le reazioni ottenute dai tessuti.

4.1 Esperimento

Questa sezione descrive i materiali e i processi che hanno portato all'esito del progetto.

Sono descritte le componenti utilizzate nell'indagine per ottenere le formule desiderate: sia quelle successivamente abbandonate, sia quelle su cui si è deciso di investire più tempo e ricerca.

Vengono inoltre illustrati i processi di lavoro indagati nel tentativo di raggiungere quelli che meglio rispecchiano l'obiettivo.

Si presentano quindi le prove a cui sono stati sottoposti i campioni tinti, con l'obiettivo di verificarne la solidità e la resistenza.

Infine, i risultati ottenuti sono analizzati per confrontare le prestazioni delle diverse formule e la loro resa in relazione alla composizione del tessuto su cui sono state applicate.

4.1.2 Materiali

Questa sezione descrive i vari materiali utilizzati sulla base delle diverse procedura che sono state eseguita.

Paste da stampa

Nella produzione della pasta da stampa, per quanto riguarda il metodo tradizionale sintetico, si è deciso di utilizzare il Lutexal fornito da Archroma come addensante principale, in associazione con la resina.

Per le controparti naturali sono stati studiati diversi componenti: in particolare il chitosano a medio peso molecolare fornito da Sigma Aldrich (in combinazione con l'acido acetico fornito da Sigma Aldrich per consentire la soluzione del primo), l'alginato fornito da Farmaquimica sur sl e la gomma arabica (successivamente abbandonata).

Pigmenti

I pigmenti utilizzati sono stati la rubia tinctoria di Innovatec, dal caratteristico colore rosso, e la curcuma commerciale in polvere, che permette di ottenere il giallo.

Tessuti

Le stampe sono state realizzate su tessuti lisci con diverse composizioni in cotone 210 g/m², lana 385 g/m² e poliestere 148 g/m².

4.1.3 Metodi

In questa sezione verranno illustrate le formule sperimentali incontrate nella ricerca di quelle finalmente utilizzate, insieme ai metodi di estrazione del pigmento e ai processi di stampa che hanno portato all'utilizzo finale.

Sviluppo delle formule

Per quanto riguarda alcuni componenti, nel corso della ricerca è stato necessario sperimentare la formulazione e l'applicazione di diverse mescole prima di ottenere quelle che garantissero viscosità e prestazioni adeguate.

In alcuni casi, infatti, le ricette e le proporzioni dei componenti sono state leggermente e progressivamente variate, fino a raggiungere formule che risultassero sufficientemente viscosi per passare alla fase di stampa.

Sono state in seguito applicate sul tessuto seguendo il metodo di stampa, ma non sempre il risultato finale è stato considerato soddisfacente.

In quei casi la ricerca sulle mescole è stata riavviata e così via, fino al raggiungimento di un prodotto giudicato idoneo.

Tab. 4 Sintesi schematica delle formulazioni testate e di quelle finalmente utilizzate.

LUTEXAL		GOMMA ARABICA				ALGINATO			
#1		#1		#2		#1		#2	
30 gr/Kg Lutexal		200 g/Kg G. Arabica		400 g/Kg G. Arabica		30 g/Kg Alginato		40 g/Kg Alginato	
10 gr/Kg Resina		1 L Acqua		1 L Acqua		1 L Acqua		1 L Acqua	
1 L Acqua		10 gr/Kg Pigmento		10 gr/Kg Pigmento		10 gr/Kg Pigmento		10 gr/Kg Pigmento	
10 gr/Kg Pigmento									
CHITOSANO									
#1		#2		#3		#4		#5	
20 g/ Kg Chitosano		25 g/ Kg Chitosano		40 g/ Kg Chitosano		60 g/Kg Chitosano		22 g/Kg Chitosano	
3 ml/L Acido acetico		6 ml/L Acido acetico		16 ml/L Acido acetico		10 ml/L Acido acetico		20 ml/L Acido acetico	
1 L Acqua		1 L Acqua		1 L Acqua		1 L Acqua		1 L Acqua	
10 gr/Kg Pigmento		10 gr/Kg Pigmento		10 gr/Kg Pigmento		10 gr/Kg Pigmento		10 gr/Kg Pigmento	

Osservazioni sullo sviluppo delle formule

La formula con il Lutexal si è subito dimostrata efficace, essendo la più tradizionale e non sperimentale, offrendo la giusta viscosità della pasta e ottime prestazioni di stampa.

Le controparti naturali, sia di natura investigativa che sperimentale, sono state sviluppate adeguando e migliorando ricette di base e generiche relative a composti realizzati con gli stessi componenti.

Nel corso dell'esperimento è stata abbandonata la formula a base di gomma arabica, in quanto si sono ottenuti risultati adeguati in termini di viscosità della pasta da stampa in anticipo nel caso di alginato e chitosano, che hanno fornito un numero sufficiente di controparti da confrontare con la riproduzione sintetica.

Il composto più complesso da produrre si è dimostrato essere quello a base di chitosano.

Partendo da una ricetta generica, questa è stata modificata aggiungendo gradualmente dosi di prodotto per incrementare il livello di viscosità della miscela finale, in maniera tale da rendere possibile il processo di stampa.

In proporzione alla quantità di chitosano, è stata aumentata anche la quantità di acido acetico in modo da consentire la soluzione della prima, sempre a partire dal volume indicato nella ricetta iniziale.

Sono state effettuate diverse prove, che hanno portato ad un aumento della quantità di chitosano nel composto di tre volte quello iniziale, sempre senza ottenere la giusta viscosità e in questo caso in particolare risultando in una miscela troppo densa.

A questo punto si è deciso di concentrarsi invece sulla quantità di acido acetico.

Per questo motivo, una volta ripresa la formula iniziale, si sono aggiunte progressivamente concentrazioni più elevate di questa soluzione, unitamente ad un leggero aumento del chitosano, fino ad ottenere la giusta viscosità della miscela.

Si è quindi constatato che la concentrazione di acido acetico è essenziale per dare la giusta viscosità alla pasta colorante e non solo per consentire la soluzione di chitosano.

Realizzazione della pasta di stampa

Durante l'esperimento sono stati effettuati diversi test anche nel caso dei processi di estrazione del colore dal pigmento.

I passaggi che compongono questo processo, infatti, sono stati progressivamente adattati e migliorati, con l'obiettivo di rendere questa parte il più performante possibile.

La Tabella 5 mostra sinteticamente e schematicamente le procedure sperimentate e quelle adottate al termine del processo.

Osservazioni

I residui dei pigmenti nella prima pasta di tintura non hanno influito sulla solidità della stampa finale, ma il fatto che il pigmento non si è disperso perfettamente nella soluzione iniziale ha portato ad una minore concentrazione di colorante nel composto e infine ad una tonalità meno vivace.

Per ottenere le migliori prestazioni dal processo di estrazione ed evitare sprechi di pigmento, è stato sviluppato il secondo procedimento.

Infine, allo scopo di verificare la resa della stampa finale, è stato sviluppato anche il terzo processo di composizione della pasta colorante, ma poiché l'output finale di questa non differisce significativamente da quello precedente (#2), si è deciso di considerare valido il secondo processo.

Tab. 5 Processi studiati per realizzare la pasta colorante: gli evidenziati sono stati scelti

REALIZZAZIONE DELLA PASTA DI STAMPA			
Processo	#1	#2	#3
Estrazione del pigmento	Il pigmento è stato dissolto con l'acqua a temperatura ambiente.	Il pigmento è stato dissolto in acqua calda.	Il pigmento è stato risolto in acqua calda.
Realizzazione del composto di stampa	Per ottenere la pasta colorante, la soluzione ottenuta è stata mescolata nel composto con gli altri componenti.	Per ottenere la pasta colorante, la soluzione ottenuta è stata fatta raffreddare e poi miscelata nel composto con gli altri componenti.	Per ottenere la pasta colorante, la soluzione ottenuta è stata lasciata raffreddare e poi filtrata per rimuovere eventuali particelle residue.
Considerazioni	Nella pasta finale erano ancora visibili i residui di pigmento, poiché il materiale non si è disciolto perfettamente.	La miscela finale aveva ancora alcune impurità, ma queste erano quasi impercettibili all'occhio.	La pasta finale non ha mostrato contaminazioni visibili a causa dei residui.

Macchina da stampa

Per la realizzazione meccanica della stampa è stata utilizzato un telaio manuale con matrice in nylon. La tecnica utilizzata è stata l'applicazione diretta, ovvero la pasta colorante è stata stesa direttamente sul tessuto.

Applicazione della pasta di stampa

Il composto di tintura è stato applicato contemporaneamente su tutti i tessuti. Lana, cotone e poliestere sono stati infatti disposti in diversi quadranti sotto il buratto del telaio e la pasta da stampa fresca è stata stesa su di essa quattro volte consecutive. Infine, i tessuti sono stati lasciati seccare nella macchina asciugatrice a 110 °C.

Pretrattamento con chitosano

Campioni di tessuto in cotone, poliestere e lana sono stati pretrattati con una soluzione di chitosano a medio peso molecolare (5 g/L) applicata mediante trattamento foulard. Inoltre, tre prove di ogni tessuto sono state prelevate come controparte e non hanno ricevuto alcun trattamento preliminare. Successivamente, la pasta da stampa con alginato e curcuma è stata applicata ad ogni campione di cotone, lana e poliestere, entrambi pretrattati con chitosano e non.

Misurazione del colore

La determinazione del colore dei campioni è stata effettuata con la seguente procedura standard. Lo spettrofotometro Minolta CM-3600d UV-visibile utilizzato come illuminante D65/10° rilevatore, in termini di valori CIELAB (L^* , a^* , b^*) e intensità del colore (K/S).

La rispettiva forza cromatica (in termini di valore K/S) di diversi tessuti di tessuto tinto in modo naturale è stata misurata con la tecnica della riflettanza della luce usando l'equazione Kubelka-Munk.

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R \quad (1)$$

dove K è il coefficiente di assorbimento; S è il coefficiente di dispersione e R è il fattore di riflessione.

La differenza cromatica totale dei campioni tinti è stata ottenuta utilizzando le seguenti relazioni:

$$\text{Differenza cromatica (E)} = [(L)^2 + (a)^2 + (b)^2]^{1/2}$$

Analisi di solidità delle stampe

Questo paragrafo tratterà la fase relativa alle diverse analisi di qualità effettuate successivamente sui campioni, per ogni tessuto esaminato e per ogni formula utilizzata per la realizzazione dello standard di stampa.

Oltre alla misurazione del colore, è stata eseguita una prova di resistenza allo sfregamento secondo la norma UNE-EN ISO 105-X12:2016 e un test di lavaggio secondo la procedura UNE-EN ISO 105-C10-C10:2006 A1S con tessuto multifibra "SDC multifibra DW" standard: BS EN ISO 105 F10.

Effetto allocromatico

Dati i risultati offerti dal confronto fra i tessuti che hanno subito il processo di pretrattamento con chitosano seguito dalla stampa con alginato, rispetto a quelli non trattati su cui è stato applicato solo il composto di stampa, è stato successivamente effettuato un test, per verificare la reazione del pigmento della curcuma in ambienti basici o acidi.

Per effettuarlo, sono stati presi in considerazione i campioni di ciascun tessuto su erano state utilizzate le formule esaminate durante l'esperimento.

Ad ognuna di esse sono state poi applicate una soluzione alcalina (con pH 9) sul margine sinistro e una soluzione acida (con pH 4) sul margine destro.

4.2 Risultati

Questa sezione mostra i risultati ottenuti dai metodi citati e le osservazioni e le analisi che li riguardano.

Una volta applicate le miscele di stampa, è stato possibile notare differenze nel risultato finale. Queste sono scaturite non solo dalla formula utilizzata per realizzare le diverse mescole, ma anche dalla composizione dei tessuti su cui sono state applicate.

Infatti ogni pasta ha creato un legame o una reazione differente a seconda del tessuto con cui si è trovata in contatto, portando a vari risultati visibili anche ad occhio nudo, che sono stati poi misurati grazie ai test sopra menzionati.

Tab. 6 Campioni stampati

	Cotone	Lana	Polletere
Campione non stampato			
Lutexal			
Chitosano			
Alginato			
Chitosano seguito da alginato			

Osservazioni sui campioni stampati

Osservando i campioni tinti, è immediatamente visibile che in tutti i casi si è verificato un cambiamento di colore nel prodotto finale rispetto al tessuto iniziale.

Il colore più intenso si può osservare nel caso di stampa con Lutexal, mentre il rivestimento con la miscela contenente chitosano è il meno efficace dal punto di vista dell'intensità del colore, soprattutto se applicato al poliestere.

Allo stesso tempo, l'utilizzo di questo prodotto come pretrattamento su cui applicare la miscela contenente alginato permette di ottenere un buon risultato e di aumentare le prestazioni del chitosano stesso.

Anche l'utilizzo del solo composto di alginato permette di ottenere un risultato positivo, anche se la stampa con questo prodotto applicato su poliestere porta, come nel caso del chitosano usato singolarmente, ad una tonalità più tenue.

Analizzando i risultati dal punto di vista dei tessuti, si può notare come il caso della lana sia quello che permette una migliore presa della tinta, mentre il poliestere è quello che porta ad una performance più debole, soprattutto nel caso di mischie naturali.

Allo stesso tempo, il cotone, specialmente nei casi di impiego di paste naturali, permette di ottenere un colore meno pieno rispetto a quello ottenuto con l'applicazione su lana, ma sufficientemente brillante, ad eccezione del già citato caso di stampa contenente chitosano.

4.2.1 Misurazione del colore

Dopo il processo di stampa, ogni tessuto è stato sottoposto ad un test spettrometrico, basato sulle coordinate cromatiche L^* , a^* , b^* , b^* e sul valore DE^*ab .

Confrontando il colore iniziale di ciascun tessuto intonso con quello del corrispondente stampato, è stata analizzata l'aderenza del colore, al fine di indagare il potere colorante di ciascuna miscela utilizzata.

Questa analisi si è infatti basata in particolare sui dati offerti dai parametri che indicano la differenza cromatica tra il tessuto non tinto e lo stesso dopo l'applicazione del pigmento, considerando la differenza cromatica (DE^*ab), la luminosità L^* del colore ($L^*=0$ si riferisce al nero e $L^*=100$ al bianco) e soprattutto il valore del parametro b^* ($-b^*$ si riferisce al blu e $+b^*$ al giallo).

Le tabelle 6-7-8 mostrano i valori ottenuti dal test dello spettrofotometro sui campioni.

Tab. 6 Valori cromatici e differenza di tonalità del cotone stampato

	L^*	a^*	b^*	DE^*ab
Cotton	83,0608	1,4941	-5,65	
Co Alginate	79,6175	-4,7419	38,8658	45,0822
Co Chitosan+alginate	81,2545	-5,0806	43,3593	49,4813
Co Lutexal	81,9578	-9,4677	65,4085	71,9075
Co Chitosan	80,8688	-5,4015	29,4003	35,7894

Nel caso del cotone, si può affermare che tutti i casi di tessuti stampati sono tracciabili all'interno dell'area del giallo, dati gli elevati valori b^* .

Una leggera sfumatura verde è stata identificata anche dai valori a^* leggermente negativi.

In questo caso, in particolare, sono stati registrati tutti i valori più estremi per il campione su cui è stata utilizzata la pasta sintetica.

Il valore L^* indica infatti che il campione Lutexal è leggermente più luminoso degli altri, mentre i valori b^* e DE^*ab dimostrano che si tratta del tessuto stampato con il colore giallo più intenso.

Al contrario, la stampa a base di chitosano è la più sbiadita, con il minore livello b^* , mentre è possibile notare un miglioramento delle prestazioni di questo prodotto, nonché della formula contenente alginato con un aumento dei valori finali relativi all'utilizzo di quest'ultima, nel caso dell'applicazione combinata di entrambe sul tessuto.

Tab. 7 Valori cromatici e differenza di tonalità del poliestere stampato

	L^*	a^*	b^*	DE^*ab
Polyester	85,8987	-0,2265	-0,0582	
Pes Chitosan+alginate	81,198	-4,6266	30,573	31,3006
Pes Chitosan	83,3033	-1,2703	17,7861	18,0622
Pes Lutexal	79,2759	-12,7278	57,6752	59,4414
Pes Alginato	78,1835	1,0944	28,9141	30,0111

Per quanto riguarda la stampa su poliestere, come nel caso della precedente relativa al cotone, è possibile determinare che in tutti i casi il colore può essere tracciato nella zona del giallo, anche se le seconde tonalità rilevate sono il verde ($-a^*/b^*$) quando il tessuto è stato stampato con alginato (dopo un pretrattamento chitosano), chitosano e lutexal, mentre l'applicazione della pasta di alginato su questo ha portato all'identificazione di una colorazione rossa (a^*/b^*).

E' inoltre possibile affermare che anche in questo caso la stampa a base di chitosano risulti essere la più tenue relativamente all'effetto della tinta, con il valore b^* più basso.

In aggiunta, il colore ottenuto dall'applicazione della pasta contenente chitosano è anche il più chiaro, dato il livello L^* più alto rispetto ad altri casi.

Questo si può notare anche dai dati DE^*ab , che mostrano la differenza minore per tra valore del colore iniziale e quello finale nel caso di questo composto.

Al contrario, la stampa con Lutexal risulta essere quella con la maggiore differenza di colore anche in questo caso, come nella precedente applicazione su tessuto di cotone, mentre la migliore performance tra i composti naturali è data dalla pasta di alginato su tessuto pretrattato con chitosano.

Tab. 8 Valori cromatici e differenza di tonalità della lana stampata

	L*	a*	b*	DE*ab
Wool	84,6165	-0,0544	19,1239	
Wo chitosan+alginate	78,0663	0,2783	59,5155	40,9206
Wo lutexal	79,1884	-2,5585	69,3532	50,5838
Wo alginate	77,411	1,0815	55,6615	37,2586
Wo Chitosan	79,5294	-2,4106	48,6721	30,0754

Nel caso della stampa su lana, come nei precedenti, i valori positivi e alti di b^* permettono di identificare il colore nell'area del giallo in tutti i campioni lavorati.

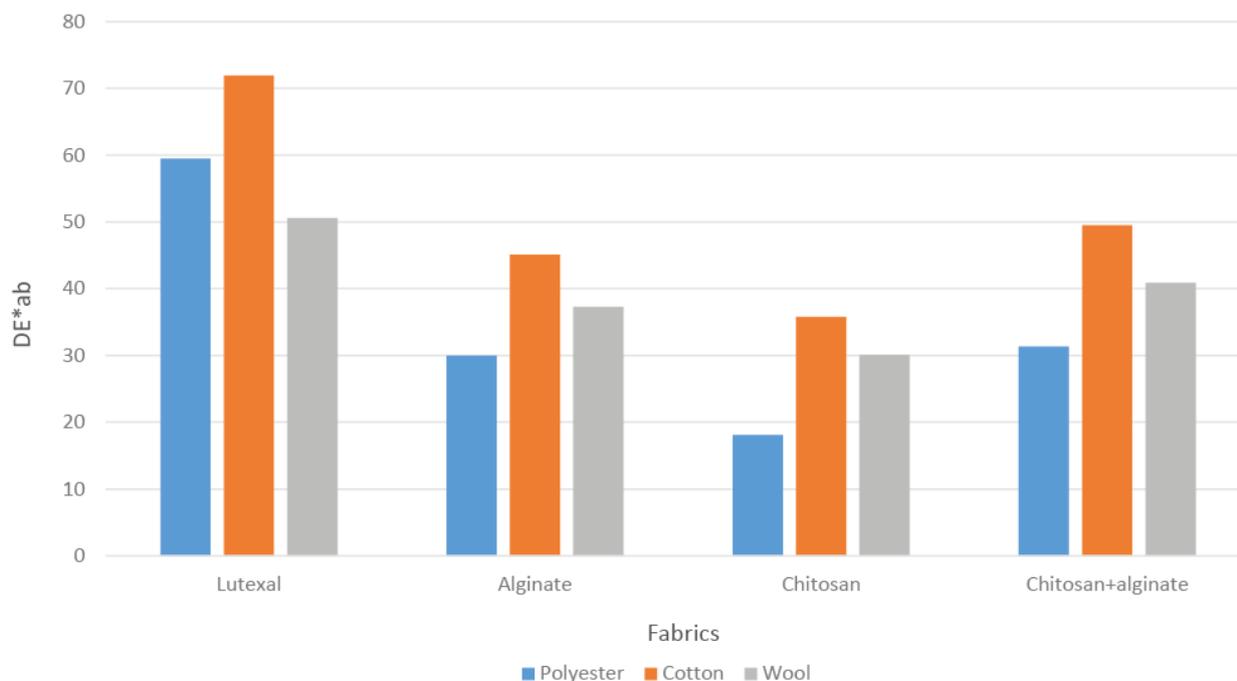
L'applicazione di paste con Lutexal e chitosano permette inoltre di riconoscere colori chiari nella gamma verde ($-a^*/b^*$), mentre il tono risultante dall'utilizzo del composto alginato è rintracciabile nello spettro rosso (a^*/b^*).

Per quanto riguarda i valori DE^*ab , tutti mostrano un cambiamento di tinta nel tessuto dopo l'applicazione della stampa, in particolare nel caso del Lutexal, immediatamente seguito dal composto con alginato su tessuto pretrattato.

Allo stesso tempo, la stampa realizzata solo con chitosano è anche la più chiara, in quanto ha il più alto rating di L^* e la più tenue, con la più bassa marcatura del valore DE^*ab .

Tuttavia, le prestazioni del chitosano migliorano notevolmente quando viene utilizzato come pretrattamento sul tessuto, seguito dall'applicazione della formula di stampa contenente alginato.

Confronto tra le intensità delle stampe in base ai tessuti



Come mostrato nel grafico, considerando i valori di DE*ab, il tessuto che offre le migliori prestazioni in termini di intensità è il cotone, soprattutto se stampato con Lutexal o alginato dopo aver subito un pretrattamento a base di chitosano.

Ciò è probabilmente dovuto non solo alla composizione naturale del cotone preso in esame, che permette alla tintura naturale di aderire più facilmente che nel caso di un tessuto sintetico, ma anche allo spessore della sua trama, che viene impregnata di stampa con notevole facilità, essendo un tessuto con una mano medio-leggera.

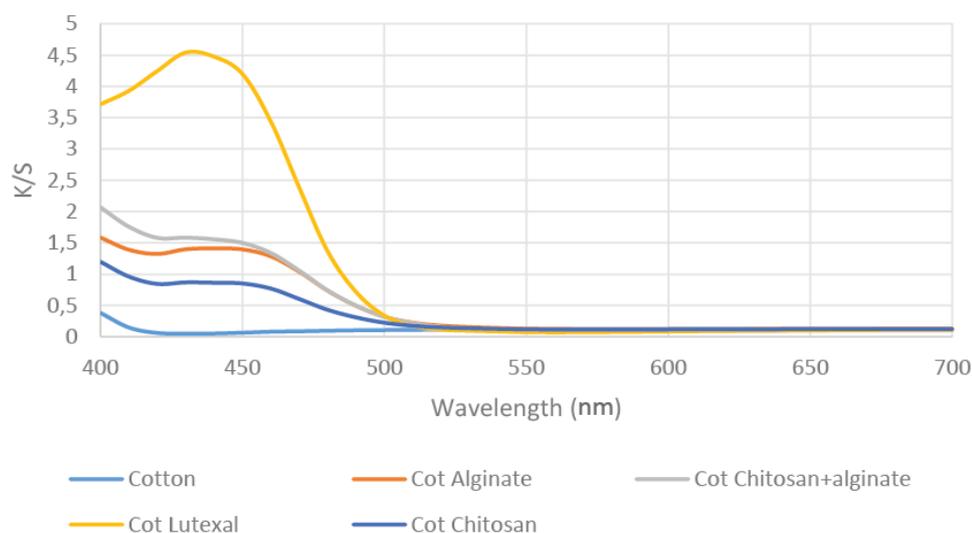
Ottimi risultati si ottengono anche dalla lana, soprattutto quando subisce l'applicazione del composto contenente alginato, dopo essere stato pretrattato con chitosano.

A differenza dei casi precedenti, il poliestere presenta i più bassi livelli di differenza di colore, soprattutto per quanto riguarda le prestazioni delle mescole ecologiche.

Anche in questo caso, una ragione può essere trovata nella composizione di questo tessuto, che essendo sintetico, permette al colore di aderire con maggiore difficoltà, soprattutto quando è realizzato con materie prime naturali.

Oltre alle verifiche precedenti, è stato effettuato un esame che ha preso in considerazione il parametro della resistenza del colore (K/S), per testare la misurazione della qualità di ogni campione in termini di profondità del tessuto tinto in colore, come mostrato nelle tabelle 9-10-11.

Tab. 9 Onda di intensità di colore relativa al cotone

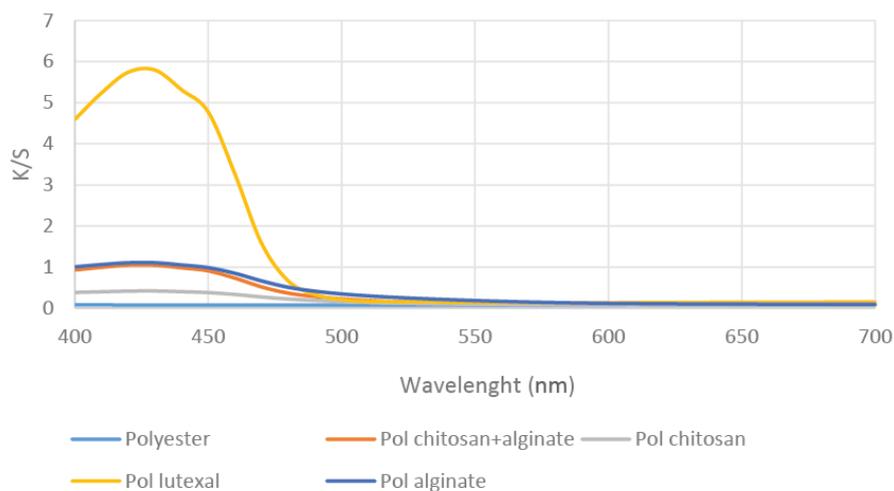


Come mostrato in figura, i livelli più alti di tutte le curve rappresentate si trovano nella prima parte del grafico, tra 400 e 450 nm.

Questo permette di verificare ulteriormente che l'area di colore all'interno della quale si possono identificare le stampe, realizzate con qualsiasi formula su cotone, risulta essere quella del giallo.

La formula sintetica, in particolare, mostra un colore più intenso rispetto alle sue controparti naturali, specialmente rispetto a quella contenente chitosano, che è la più sbiadita.

Tab. 9 Onda di intensità di colore relativa al poliestere

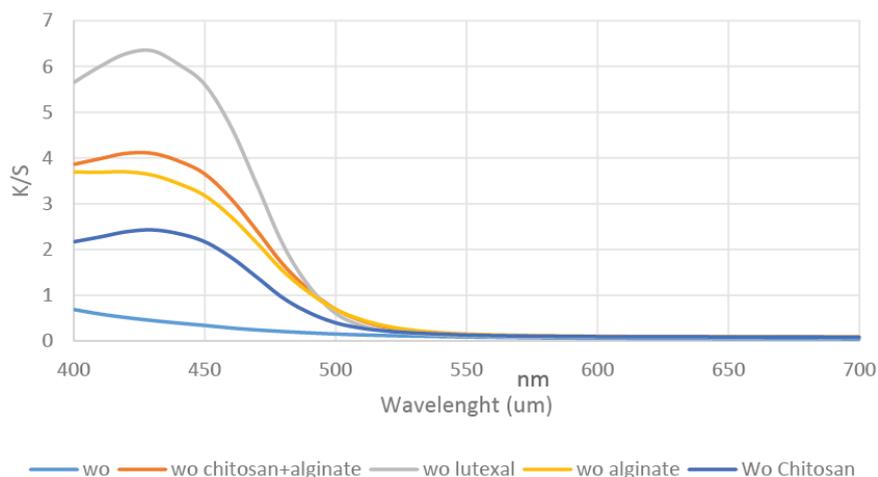


La curva in figura mostra un cambiamento di colore nella zona del giallo nel tessuto in poliestere, dovuto all'applicazione dei composti.

Ciò è particolarmente visibile nel caso di paste da stampa contenenti Lutexal, mentre le paste naturali rimangono ad un livello inferiore, in particolare quella contenente chitosano, che è la meno performante.

Questo è probabilmente dovuto alla natura sintetica del tessuto, che è più riluttante all'applicazione di composti organici.

Tab. 11 Onda di intensità di colore relativa alla lana



Come negli altri casi, anche per la lana è possibile verificare ulteriormente il cambiamento di colore del tessuto dopo l'applicazione delle stampe.

Anche in questo caso la miscela a base di Lutexal risulta essere la più performante, mentre quella a base di chitosano è la meno riuscita, anche se si dimostra più efficace rispetto ai casi precedenti riguardanti il cotone e il poliestere.

Un ottimo risultato è visibile anche per quanto riguarda le altre due miscele naturali: l'alginato applicato da solo e il suo impiego su tessuto pretrattato con chitosano, infatti, presentano una curva piuttosto alta nell'area del giallo, il che dimostra la loro efficacia.

Osservazioni sul test spettrometrico

Analizzando la grafica e considerando i valori della variabile b^* , che è sempre positiva, questi verificano in ogni caso il cambiamento di colore del tessuto in esame.

Ciò è ulteriormente confermato dall'andamento delle curve di resistenza del colore, che permettono di osservare che queste sono più alte tra i valori 400-450 nm.

Grazie a questa verifica, si può affermare che le diverse miscele di stampa con curcuma utilizzate durante l'esperimento hanno prodotto una variazione di colore nella gamma del giallo sui tessuti da stampare.

Come dimostrato dal test spettrometrico, la pasta contenente il Lutexal è generalmente quella che offre la maggiore differenza cromatica (DE^*ab) tra il tessuto a tinta unita iniziale e la stampa finale. Mentre l'applicazione della pasta da stampa utilizzando il chitosano come addensante è la meno efficace in termini di forza del colore, l'uso di questo prodotto come trattamento preparatorio per i tessuti porta a prestazioni molto buone se seguito dall'applicazione della pasta da stampa che contiene alginato.

Allo stesso tempo, nel caso del solo impiego del composto di alginato come addensante di stampa, i valori relativi alla resa del colore non sono molto inferiori al suo utilizzo combinato con il chitosano. Per quanto riguarda i tessuti, quelli di composizione naturale, cioè cotone e lana, sono i più performanti in termini di ricezione della stampa, in quanto in questi casi si riscontrano i valori più elevati per quanto riguarda l'intensità del colore e la variazione di tonalità del tessuto.

D'altra parte il tessuto sintetico, pur registrando variazioni di intensità del colore dopo il processo di stampa con tutte le miscele, è generalmente il meno favorevole per l'applicazione di composti naturali, mentre riporta risultati di prestazione media per quanto riguarda le performance della pasta sintetica.

4.2.2 Solidità del colore

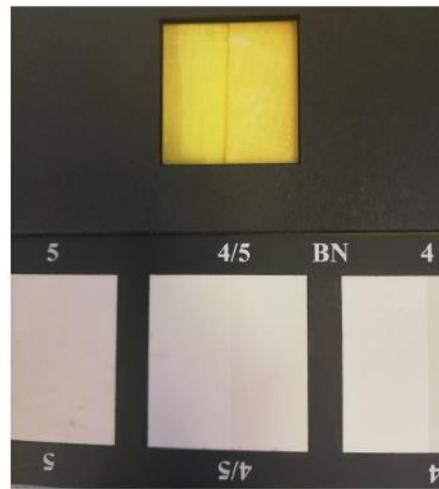
I campioni di tessuto stampato sono stati testati per valutare la resistenza della tinta ai trattamenti di lavaggio e sfregamento, al fine di misurare il livello di dispersione del colore e il livello di degradazione della stampa sulla parte trattata.

I campioni in esame, dopo essere stati sottoposti all'analisi di solidità, sono stati confrontati con le corrispondenti controparti che non sono state sottoposte ai trattamenti sopra descritti.

La differenza tra il colore della stampa prima e dopo il processo descritto è stata infatti quantificata con appositi strumenti di misura, con lo scopo di valutare le prestazioni delle varie impressioni realizzate e, di conseguenza, delle diverse mescole utilizzate.



Righello con scala di grigi utilizzato per misurare il livello di degradazione del colore



Righello con scala di bianchi utilizzato per misurare il livello di scarico del colore

4.2.2.1 Resistenza allo sfregamento

L'analisi in questione, nota anche come "crooking test", consiste nel trasferire il colore da un tessuto (in questo caso il campione stampato) ad un altro tessuto di prova bianco, che può essere asciutto o umido, secondo la norma UNE-EN ISO 105-X12:2016.

La quantità di colore che si trasferisce sul tessuto di prova è inversamente proporzionale alla sua resistenza.

Lo scopo di questo test è quello di determinare la quantità di decolorazione riportata dalla superficie del materiale tessile colorato all'altro tessuto mediante sfregamento.

I valori misurati sono quelli di degradazione della tinta della stampa sul campione stampato e di scarico del colore sul tessuto di prova bianco con cui viene effettuato lo sfregamento.

I risultati sono illustrati in figura e nelle tabelle 12 e 13.

Campioni di tessuti stampati dopo la verifica della solidità allo sfregamento

	Poliestere		Cotone		Lana	
	Test a secco	Test a umido	Test a secco	Test a umido	Test a secco	Test a umido
LUTEXAL						
CHITOSANO						

	Poliestere		Cotone		Lana	
	Test a secco	Test a umido	Test a secco	Test a umido	Test a secco	Test a umido
ALGINATO						
CHITOSANO SEGUIDO DA ALGINATO						

Tab 12. Confronto dei risultati in base alla degradazione del colore

	Resistance to rubbing: DEGRADATION					
	Polyester		Cotton		Wool	
	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet
Lutexal	4\5	5	5	4\5	5	4\5
Chitosan +Alginate	5	5	5	5	5	5
Chitosan	5	4\5	5	5	5	5
Alginate	4\5	4\5	5	5	5	5

Una prima analisi dei risultati mostra che le stampe hanno generalmente mantenuto il loro colore, anche se hanno subito una maggiore degradazione in caso di sfregamento a umido.

Per quanto riguarda il comportamento dei tessuti, quelli di composizione organica hanno presentato le stesse proprietà sia in caso di sfregamento a secco che a umido e hanno permesso di ottenere i migliori risultati.

Per quanto riguarda le mescole utilizzate, la più performante si è rivelata essere la pasta contenente alginato, nel caso del suo impiego su tessuto pretrattato con chitosano, seguita immediatamente dalla mescola a base di chitosano e da quella a base di alginato utilizzate singolarmente.

Il composto a base di Lutetal, invece, rivela il più alto livello di degradazione della stampa dopo la prova, registrando valori leggermente inferiori a quelli delle sue controparti naturali.

Tab. 13 Confronto dei risultati in base alla scarica di colore

	Resistance to rubbing: DESCHARGE					
	Polyester		Cotton		Wool	
	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet
Lutexal	4\5	4\5	4\5	4	3\4	2
Chitosan +Alginate	5	4	4\5	3\4	5	4
Chitosan	5	4	5	4	5	4\5
Alginate	5	1\2	5	4	5	4\5

Per quanto riguarda la misurazione dello scarico del colore sul tessuto di prova, si può affermare che i valori sono generalmente inferiori rispetto al caso precedente, soprattutto quando si tratta di sfregamento a umido.

In particolare, il test dimostra che il poliestere ha ottenuto risultati superiori rispetto alle sue controparti naturali. Ciò può essere dovuto in parte alla riflettanza della superficie del tessuto, che rende più difficile identificare la variazione di colore, e in parte alla natura sintetica, che non consente di fissare facilmente la tinta.

Per quanto riguarda il comportamento delle mescole, in questo caso la pasta a base di chitosano è quella con le migliori prestazioni, seguita dalle altre due stampe naturali e infine da quella sintetica, che è anche quella con i valori peggiori per quanto riguarda lo scarico del colore.

Particolarmente interessante è il caso della stampa a base di alginato. Questo, infatti, mantiene sempre un rendimento molto elevato, tranne che nel caso di resistenza allo sfregamento a umido su poliestere, dove si registrano i dati più bassi di tutti.

4.2.2.2 Resistenza al lavaggio

Questo test valuta le prestazioni del tessuto stampato in termini di degradazione del colore e di scarico dopo il lavaggio.

Si tratta di prelevare un campione del materiale stampato, che viene in seguito cucito con un altro tessuto adiacente, realizzato in sezioni orizzontali di composizioni differenti; il campione e il tessuto adiacente vengono infine lavati insieme.

La soluzione detergente deve essere preparata alla temperatura richiesta dal metodo utilizzato, in questo caso la procedura UNE-EN ISO 105-C10-C10:2006 A1S con tessuto multifibra "SDC multifibra DW" standard: BS EN ISO 105 F10.

Dopo il trattamento con sapone, il campione viene rimosso e risciacquato in acqua corrente fredda sotto un rubinetto. In seguito si procede con la strizzatura e l'asciugatura dei tessuti in esame e infine il cambiamento di colore e la colorazione sono valutati in base a scale di grigi.

I risultati sono riportati in figura e nelle tabelle 14 e 15.

Campioni di tessuti stampati dopo la verifica della solidità del lavaggio



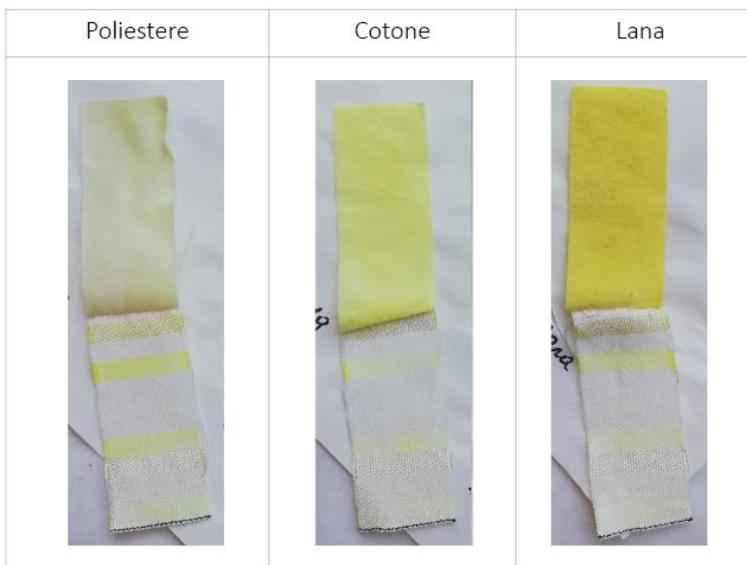
CHITOSANO



ALGINATO



CHITOSANO
SEGUITO DA
ALGINATO



Tab. 14 Confronto dei risultati in base alla degradazione del colore

	Washing resistance: DEGRADATION		
	Polyester	Cotton	Wool
Lutexal	3\4	4\5	4
Chitosan+Alginate	2\3	4	4
Chitosan	4	3\4	4\5
Alginate	2\3	3	3\4

In base ai risultati del test, risulta che il tessuto con il più alto livello di degradazione nella maggior parte dei casi sia stato il poliestere, soprattutto per quanto riguarda l'applicazione di pasta a base di alginato, utilizzato sia da solo che su tessuto pretrattato con chitosano.

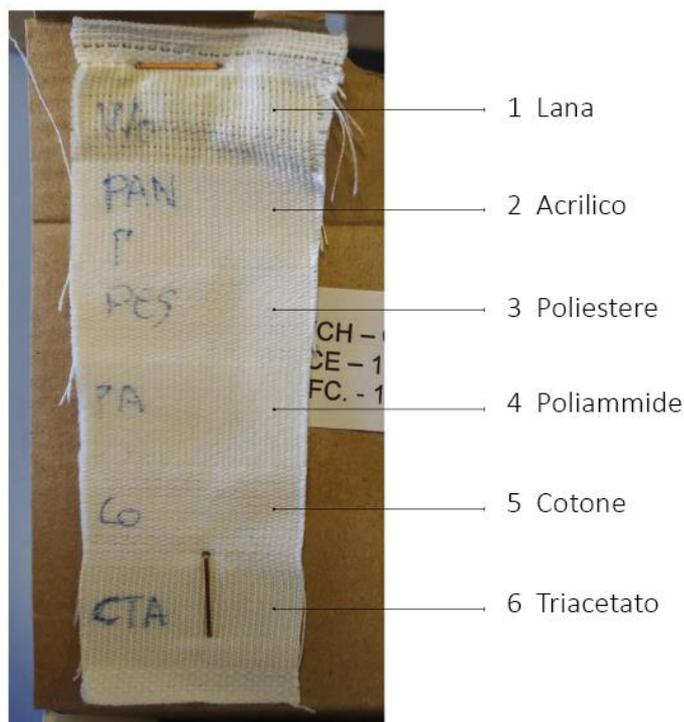
Cotone e lana hanno risultati molto simili, il primo leggermente inferiori rispetto al secondo.

Questo può essere spiegato dallo spessore dei due tessuti: infatti il cotone ha una mano più leggera e si impregna di sapone più facilmente della lana, che essendo più consistente si dimostra anche più resistente all'azione del detersivo.

Per quanto riguarda le mescole, la più performante è quella sintetica, seguita da quella naturale a base di chitosano.

La pasta di alginato applicata al tessuto pretrattato con chitosano dà ottimi valori su tessuti organici di lana e cotone, ma prestazioni inferiori nel caso del poliestere sintetico.

Campione destinato a ricevere il colore scaricato dai tessuti stampati durante il lavaggio



Tab. 15 Confronto dei risultati in funzione della scarica di colore

	Washing resistance: DISCHARGE											
	Lutexal			Chitosan+Alginate			Chitosan			Alginate		
	Polyester	Cotton	Wool	Polyester	Cotton	Wool	Polyester	Cotton	Wool	Polyester	Cotton	Wool
1	3\4	4	4	4	4\5	4\5	4\5	4\5	4\5	3\4	4\5	4\5
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	4	4\5	4\5	4	4\5	4\5	4\5	5	4\5	4	4\5	4\5
4	3\4	3	3\4	3	4	4\5	4\5	4\5	4\5	3	4\5	4
5	4\5	5	4\5	4\5	4\5	5	5	5	5	4\5	5	5
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Da una prima analisi dei risultati, se prendiamo in considerazione i composti di stampa impiegati, possiamo notare che quello che in media ha mostrato la maggiore solidità al lavaggio è la pasta a base di chitosano, soprattutto nel caso della sua applicazione su tessuto di cotone.

La miscela che invece ha dimostrato lo scarico di colore più elevato è quella in cui è presente il Lutexal, in particolare quando applicato su poliestere.

Concentrandosi sulle prestazioni dei tessuti, si può dire che quelli naturali presentano mediamente una minore dispersione di tonalità, soprattutto nel caso della lana. Le stampe realizzate su campioni con composizione in poliestere, invece, hanno presentato una resistenza meno efficace al lavaggio. Per quanto riguarda lo scampolo su cui è stato scaricato il colore, si può dedurre che i valori di colorazione minore si ottengono nel caso del triacetato, anche se dati eccellenti sono stati ottenuti in egual modo con il cotone.

Al contrario, il tessuto in poliammide ha riportato la massima acquisizione di colore.

Osservazioni sull'analisi delle solidità della stampa:

A seconda dei risultati ottenuti, si può notare che per quanto riguarda la resistenza allo sfregamento (Tab. 12 e 13), generalmente i tessuti su cui è stato applicato il chitosano, sia come pretrattamento che come pasta da stampa, sono quelli che hanno mostrato i migliori valori.

Considerando le prestazioni dei tessuti invece, rispetto al test relativo al livello di degradazione sono stati registrati i parametri più soddisfacenti nei casi di sfregamento a secco su cotone e lana, contro quelli di sfregamento a secco su cotone e poliestere nel caso di verifica della dispersione di colore. Secondo la valutazione della resistenza al lavaggio, la formula contenente chitosano si è dimostrata la più valida per il mantenimento del colore, soprattutto nel caso della sua applicazione su cotone (Tab. 15).

La miscela contenente Lutexal, invece, si è rivelata la meno performante in questo ambito, come in quello legato al livello di degradazione del campione (Fig. 14).

Le eccellenti prestazioni dei campioni contenenti chitosano, utilizzati nella pasta da stampa o come pretrattamento, sono giustificate dal legame chimico che questo composto crea con il tessuto su cui viene applicato, permettendo al colore di fissarsi maggiormente alla superficie su cui viene stampato. Per quanto riguarda i tessuti, lana e cotone sono quelli che nei test si sono dimostrati i più resistenti alla degradazione e allo scarico del colore, a scapito del poliestere.

Questo fenomeno può probabilmente essere spiegato dalla composizione dei materiali. Infatti, lana e cotone, essendo di natura organica, si rivelano essere superfici migliori per quanto riguarda la produzione di stampe, quando è necessario valutare la solidità del colore alla degradazione e allo scarico.

Ciò è particolarmente rilevante nel caso delle formule di stampa naturali, ma anche nel caso di quelle sintetiche.

Al contrario, il poliestere, di natura artificiale, si rivela in questi casi un materiale meno favorevole per la realizzazione di impressioni, perché presenta maggiori difficoltà nel creare forti legami con la pasta che viene applicata su di esso.

4.2.3 Pretrattamento con chitosano

Applicazione su cotone di pasta da stampa con alginato



Cotone non pretrattato con chitosano



Cotone non pretrattato con chitosano

Applicazione su poliestere di pasta da stampa con alginato



Poliestere non pretrattato con chitosano



Poliestere pretrattato con chitosano

Applicazione su lana di pasta da stampa con alginato



Lana non pretrattata con chitosano



Lana pretrattata con chitosano

4.2.3.1 Test allocromatico

Il risultato dell'applicazione di soluzioni alcaline e acide sui campioni, rispettivamente con pH corrispondente a 9 e 4, sui margini sinistro e destro, è mostrato di seguito.

Campioni di tessuti stampati prima e dopo la verifica del PH

	LUTEXAL	
	Prima della verifica del PH	Dopo della verifica del PH
Poliestere		
Cotone		
Lana		

	ALGINATO	
	Prima della verifica del PH	Dopo della verifica del PH
Poliestere		
Cotone		
Lana		

	CHITOSANO	
	Prima della verifica del PH	Dopo della verifica del PH
Poliestere		
Cotone		
Lana		

	CHITOSANO SEGUIDO DA ALGINATO	
	Prima della verifica del PH	Dopo della verifica del PH
Poliestere		
Cotone		
Lana		

Osservazioni sulla valutazione del pH

Alla prima applicazione di soluzioni acide e alcaline si è immediatamente verificata una reazione del colore della stampa.

In particolare, è stato possibile osservare come, in un ambiente basico, il colore abbia assunto un forte colore arancione, visibile su tutti i campioni.

Allo stesso tempo, in ambiente acido è possibile registrare un aumento del tono giallo, che è leggermente meno visibile in quanto i campioni hanno già una tinta piuttosto accentuata di questo tipo.

Questa analisi permette non solo di verificare il comportamento della curcuma in funzione del grado di acidità o alcalinità dell'ambiente in cui si trova, ma anche di valutare ulteriormente la resistenza del colore stampato sui tessuti.

Infatti in alcuni casi, come in quello dell'applicazione della pasta a base di Lutexal su cotone o lana, o in quello dell'uso di chitosano o chitosano seguito da alginato su lana, l'area interessata dall'applicazione della soluzione acida non ha cambiato visibilmente colore, il che permette di confermare che la stampa presenta già una tonalità di giallo intenso.

In altre circostanze, invece, come per tutti i trattamenti effettuati su poliestere, o per quanto riguarda l'uso della miscela contenente unicamente chitosano su cotone, la soluzione acida ha creato un'alterazione del colore della stampa, rendendo il tono del giallo più saturo.

Questo porta ad affermare che l'applicazione del composto da stampa che si è verificata in precedenza, in queste circostanze, non è stata così efficace come nelle altre per quanto riguarda la resistenza finale della tinta.

L'analisi attuale è particolarmente interessante nell'ottica dell'impiego della curcuma in nuovi ambiti dove l'attività di rilevamento del PH possa risultare vantaggiosa o necessaria, come l'ambito sanitario.

4.3 Conclusioni e linee future

E' stato condotto uno studio sperimentale per indagare processi, materiali e formule finalizzate alla produzione di stampe naturali su tessuti di diversa composizione, con l'obiettivo di individuare le migliori metodologie ecosostenibili per la realizzazione di stampe su cotone, lana e poliestere, confrontandole con i processi sintetici tradizionali in termini di resistenza e solidità del colore, resistenza al lavaggio a secco e a umido e allo sfregamento.

Dopo uno studio sullo stato dell'arte dei processi di stampa naturale, sono state individuate le formule più adatte per la produzione di stampe su tessuto, in relazione ai pigmenti di rubia tinctoria e curcuma.

La ricerca precedente ha portato ad un ulteriore passaggio, che ha comportato la realizzazione sia delle stampe naturali, comprensive di chitosano e alginato, sia di quelle sintetiche, contenenti Lutexal, su cotone, lana e poliestere.

Un ulteriore passo avanti ha portato alla realizzazione di impressioni con il composto a base di alginato, applicate sui suddetti tessuti sia pretrattati con una soluzione di chitosano che non, per poterli confrontare tra loro e con i risultati delle altre formule.

Per quanto riguarda l'applicazione della curcuma, la tinta ottenuta è stata definita in quasi tutti i casi "giallo brillante", ad eccezione delle stampe realizzate con composti naturali su poliestere e dell'impiego di pasta contenente chitosano su cotone, che, al contrario, ha dato come risultato un colore più sbiadito.

Successivamente è stato studiato il comportamento del pigmento della curcuma secondo il PH, con l'obiettivo di incrementare ulteriormente il livello di conoscenza del comportamento chimico di questo pigmento e la consapevolezza del suo utilizzo come colorante all'interno di un processo di stampa.

E' stato verificato che in condizioni di PH acido il pigmento assume un colore giallo più intenso, mentre in condizioni di PH alcalino assume una forte tonalità arancione.

Infine, sono stati analizzati campioni di ogni tessuto e composto misurando la forza e la solidità del colore e la resistenza della stampa in relazione allo sfregamento e al lavaggio a umido e a secco. Per quanto riguarda i valori ottenuti grazie ai test relativi alla resistenza del colore, la miscela a base di Lutexal è la più intensa rispetto a tutte le altre.

Si deve comunque tenere presente che nelle successive analisi relative alla solidità della stampa, questa miscela è stata quella con i risultati più bassi, dimostrando la minore resistenza al lavaggio e allo sfregamento.

In questo caso, al contrario, le miscele naturali hanno mostrato prestazioni migliori e in particolare il caso della pasta contenente alginato applicata su tessuti pretrattati con soluzione a base di chitosano.

In conclusione, una volta esaminati i risultati, si può affermare che le miscele di stampa naturale a base di alginato e chitosano possono rappresentare una valida alternativa alle miscele sintetiche nelle applicazioni su tessuti di composizione naturale, data la loro resistenza al lavaggio e allo sfregamento. Per quanto riguarda la forza del colore, per ottenere una tonalità altrettanto intensa rispetto a quella sintetica, sarà necessario nel loro utilizzo aggiungere una maggiore concentrazione di pigmento alla miscela o, nel caso della curcuma, creare un ambiente acido in modo da sfruttare a proprio vantaggio il comportamento del pigmento.

Inoltre, considerati tutti i vantaggi che i composti naturali offrono per la tutela dell'ambiente e della salute dei consumatori, questi sono un ulteriore motivo per incoraggiare ed incrementare la ricerca e l'utilizzo di queste paste.

Per quanto riguarda lo sviluppo delle linee future, alla luce dei risultati, si è concluso che è necessario migliorare le paste da stampa organiche con l'utilizzo di un prodotto naturale per migliorare la solidità delle prime.

Si ritiene inoltre necessario analizzare il processo di localizzazione attraverso l'impiego di un protocollo standardizzato.

In merito alle possibili applicazioni future, si suggerisce l'impiego del pigmento preso in esame, quello della curcuma, su tessuti destinati all'ambito sanitario.

Grazie alle verificate caratteristiche di ricettore sensibile alla variazione del PH dell'ambiente, infatti, può trovare applicazione in qualità di monitor antimicotico e antibatterico.

Inoltre, considerando le sue proprietà peculiari antibatteriche, antinfiammatorie e cicatrizzanti, si dimostra un valido agente di contatto con la pelle umana.

CAPITOLO 5 | EPILOGO

5.1 Conclusioni

Intrecciando gli sviluppi storici culturali e tecnologici che hanno interessato l'utilizzo del colore nel mondo del tessile, la tesi narra in che modo si sia evoluta la considerazione del colore nella società e nella progettazione, fino ad arrivare al regime percettivo attuale.

Si è constatato che la riproduzione di tinte su tessuto sia da sempre un'attività strettamente legata alla civiltà all'interno della quale essa si svolge.

In particolar modo, la realizzazione di tinture e stampe è sempre stata naturalmente vincolata alle ideologie legate al tema del colore, in un processo di continuo rinnovamento e riconsiderazione per il quale i fattori messi in gioco dal punto di vista tecnologico, legati alla fruibilità delle risorse e alla riproducibilità delle attività, sono strettamente connessi alla componente data dalla cultura e dalle esigenze presenti nella società in cui ciò avviene.

Analizzando gli aspetti tecnologico-culturali delle civiltà arcaiche, si è visto come per queste il colore fosse un elemento offerto dalla natura, la cui riproduzione era un bene raro ed eccezionale, legato a pratiche lunghe, laboriose e spesso legate più ad eventi fortuiti che a solide conoscenze.

I pigmenti erano riconosciuti sulla base delle fonti di approvvigionamento, le quali erano spesso molto legate ad economie del territorio prima ancora di essere frutto di commercio e, insieme alle tecniche che a loro volta venivano tramandate nel corso delle generazioni, risultavano in pratiche dagli esiti sorprendenti, seppur non standardizzati e imprevedibili.

Proprio perché non partecipe della quotidianità, quella della coloritura era un'opera desiderabile, degna di ammirazione e destinata a ceti e circostanze distinte.

L'uso di determinati abiti o lavorazioni di stampe rappresentavano, infatti, un netto confine non oltrepasabile tra le classi più agiate e la massa popolare, risultando così un mezzo utile a reiterare, in campo visivo, quel distacco tra regalità e volgo così significativo per la società del tempo.

Con il progressivo incremento delle tecnologie e delle conoscenze in campo scientifico, è stato esplorato lo sviluppo degli archetipi della progettazione, insieme con le teorie legate ai primordiali tentativi di standardizzazione del colore, sia dal punto di vista speculativo, con le teorie di Newton, che legati alla sua applicazione tecnica e riproducibilità, con la commercializzazione della sintesi della malva da parte di Perkin e l'invenzione di macchine tecnologicamente sempre più funzionali, il cui sviluppo non si è ancora arrestato ai nostri giorni.

Si è visto come gli sviluppi delle tecniche che si sono verificati hanno progressivamente portato a un cambio di paradigma relativamente al colore, che è divenuto il principio ordinatore di una logica scientifica e metodica.

È infatti passato dall'essere un patrimonio imprevedibile e di lusso al rappresentare un bene standardizzato e a portata della crescente società borghese che si andava formando nel XIX secolo.

Si è analizzato, inoltre, come in seguito all'industrializzazione e alla diffusione di componenti commerciali sempre più colorate in tutti i campi, il colore non viene più interpretato come uno strumento per incutere timore e reverenza, bensì come un mezzo che deve essere copiato, riprodotto, consumato: *In questo caso il colore è design, cioè una matrice riprodotta in serie dalle masse.*¹²⁹

Sulla base ciò, è stato investigato come gli sviluppi che si sono affrontati a partire dalla Rivoluzione Industriale sono stati tali, sia a livello produttivo che sociale, che hanno portato alla presentazione di diversi approcci rispettivamente al tema del colore, che si sono susseguiti e a volte hanno coesistito, alcuni esaltando le sue sfaccettature e la sua forza espressiva, altri rinnegandolo in quanto *inutile cedimento al lusso e alla mollezza*¹³⁰.

La sua perdita di valore come significante dovuta alla sua massificazione ha condotto in certi casi a un completo ribaltamento della considerazione attribuitagli in epoca arcaica, con il rifiuto di esso da parte dell'élite, che gli contrapponeva il candore ritenuto (erroneamente) proprio dell'arte classica.

In risposta a tali presupposti, si è mostrato come grazie all'opera di Sottsass, della teoria del Design primario di Clino Trini Castelli e del Centro Design Montefibre, si sia riproposta per la prima volta la necessità per il colore di recuperare in toto la sua funzione di materia significativa, insieme con quella dedicata alla progettazione e volta a fornire gli strumenti di sostegno adatti per designer e industria, in modo tale da individuare i fattori immateriali legati all'utilizzo del colore e padroneggiare i parametri costitutivi dello sviluppo di output concreti.

¹²⁹ Falcinelli, R., *op. cit.*, p. 126

¹³⁰ Falcinelli, R., *op. cit.*, p. 305

L'ultimo periodo storico che è stato analizzato riguarda quello corrispondente alla matrice che interessa una rinnovata tendenza verso il naturale, che si è sviluppata a partire dagli anni Settanta del Novecento in qualità di gesto politico e ha visto il suo proprio sviluppo a livello industriale a partire dagli anni Novanta.

Come si è riscontrato dai dati raccolti, attualmente il fenomeno sempre più presente è quello di restituire valore al colore in qualità di trasduttore rispetto ai principi di etica sostenibile dal punto di vista ambientale e sociale, attraverso l'istituzione di eco standard, la nascita di movimenti appositamente rivolti alla sostenibilità nel campo della moda e numerose realtà di ricerca, consulenza e mercato dedicate a questo ambito.

Si è infatti esplorato come il sistema industriale sia stato implicato in polemiche di interesse ambientale e sociale legate all'utilizzo dei coloranti sintetici, le quali, unite al consolidamento della consapevolezza dei consumatori e alle tecnologie più recenti, hanno determinato l'interesse del mercato nei confronti di questa tematica.

È stato esaminato come tale attenzione si sia risolta nella maturazione di risposte eterogenee al tema della sostenibilità da parte di ricercatori, imprese e singoli, ma generalmente legate ad output che hanno visto implicato lo sviluppo e all'incremento di tecnologie e prodotti innovativi, insieme con l'adozione di nuovi modelli organizzativi, attraverso l'impiego delle moderne scoperte scientifiche e tecnologiche nel tentativo di soddisfare le esigenze correnti.

La ricerca ha evidenziato come le pratiche di molte attività, proposte da singoli o piccole imprese, che si raffrontano con la tematica di sostenibilità sociale e ambientale, sono spesso circoscritte a una condizione artigianale o limitate da possibilità di produzione contenuta, per le quali non è attualmente possibile una diffusione a largo mercato.

Si è inoltre evinto che ciò sia dovuto a due fattori principali: innanzitutto, il fatto che le tecniche e i prodotti naturali proposti da tali realtà si dimostrano imprevedibili e non garantiscano risultati metodici per quanto riguarda l'uniformità e la riproducibilità del colore o del motivo e, in secondo luogo, l'assenza delle tecnologie adatte al conseguimento di una riproduzione sistematica di pratiche di questo tipo.

L'analisi approfondita dei casi studio ha dimostrato come la portata della tematica ha richiesto l'istituzione di organizzazioni specifiche volte a fiancheggiare le imprese per trasmettere loro una consapevolezza maggiore in merito ai diversi significati della sostenibilità e strumenti appropriati per incrementare efficienza e redditività relativamente a questo ambito.

Allo stesso tempo, si è visto che le pratiche di coloritura di imprese che operano in questo settore su larga scala, per ragioni legate alla natura stessa della produzione non presentano caratteristiche naturali *in toto* e comportano inevitabilmente un impatto sull'ecosistema a livello di consumi ed emissioni, nonostante rientrino nei limiti stabiliti dagli eco-standard e per questo risultino preferibili ai sistemi produttivi tradizionali.

Contemporaneamente, è emerso come si stia verificando una nuova tipologia di utilizzo dei coloranti naturali, finalizzata ad un loro impiego in qualità di biosensori grazie alle caratteristiche che li definiscono.

Alla luce delle precedenti affermazioni, un esperimento è stato svolto, finalizzato all'investigazione di formule per la creazione di impasti da stampa completamente naturali utilizzando come pigmento la curcuma, realizzati su tessuti di diversa composizione e confrontati con i processi di stampa tradizionali sintetici sulla base della resistenza e della solidità del colore, della resistenza al lavaggio a secco e a umido e di quella allo sfregamento, per identificare le pratiche migliori.

I risultati hanno riportato che il colore della tinta può essere definito "giallo brillante" in quasi tutti i casi, fatta eccezione per quelli in cui stampe naturali sono state applicate su poliestere, che hanno riportato un colore più sbiadito.

In seguito ai test realizzati, la miscela a base di Lutexal risulta essere la più intensa rispettivamente alla forza del colore, ma è quella con i risultati inferiori relativamente alla solidità della stampa, dove, al contrario, le paste naturali si dimostrano più performanti, con particolare riferimento al caso della miscela contenente alginato impiegata su tessuti pretrattati con soluzione a base di chitosano.

È stato inoltre studiato il comportamento del pigmento della curcuma in relazione al PH, verificando che questa assume un tono giallo intenso in presenza di un ambiente acido, mentre in un ambiente alcalino si rivela di color arancione.

In seguito a uno studio dei risultati, è possibile sostenere che le formule di stampa a base di chitosano e alginato, vista la loro performance relativamente a lavaggio e sfregamento, rappresentano un valido costituente per le applicazioni su tessuti di composizione naturale, incrementandole con l'utilizzo di un prodotto organico che ne possa incrementare la solidità e analizzando il processo di localizzazione attraverso l'impiego di un protocollo standardizzato.

Per concludere, sulla base di quanto constatato grazie alla presente ricerca, è possibile affermare l'esistenza di una relazione tra l'evoluzione delle tecniche e l'affermazione di un dato paradigma relativo al colore nella società all'interno della quale esse vengono riprodotte.

Per questo motivo, alla luce delle precedenti affermazioni, investire risorse ed energie nell'incremento delle pratiche sostenibili si dimostra di grande importanza nell'ambito della gestione dell'innovazione per l'industria tessile, per indirizzare e dare continuità e coerenza alle operazioni e alle risorse dedicate a questa tematica, in modo tale da risultare competitiva da un punto di vista di mercato.

5.2 Linee Future

Si è constatato come attualmente, per l'industria tessile, incentivare le attività volte all'incremento delle pratiche sostenibili e in particolare allo sviluppo di processi di coloritura naturali, risulti rilevante nell'ottica del conseguimento e del mantenimento di posizione competitiva nel mercato.

In un sistema di mercato interattivo e tecnologico come quello contemporaneo, quello che viene proposto come sviluppo futuro vede il sostegno volto all'incremento delle attività che comportano una contaminazione reciproca tra partner appartenenti ad ambiti diversi, secondo il fenomeno della *cross fertilization*.

Le competenze dell'industria tessile relativamente all'estrazione dei coloranti naturali e alle loro proprietà intrinseche possono essere impiegate in ambiti disparati, come quello cosmetico, alimentare e sulla base delle più recenti scoperte anche in quello tecnologico e sanitario.

In particolare, come affermato nella sede dell'esperimento svolto, si suggerisce l'incentivazione dell'applicazione del pigmento della curcuma come colorante per tessuti in ambito sanitario, in qualità di sensore antimicotico e antibatterico, viste le sua proprietà di sensibilità agli ambienti alcalini e acidi, ma anche in funzione di agente a contatto con la pelle umana per via delle sue caratteristiche cicatrizzanti, antibatteriche e antinfiammatorie.

Oltre a ciò, si è constatato come, per le organizzazioni, l'adozione di strumenti specializzati per l'acquisizione e la strutturazione di informazioni rilevanti, al fine di essere in grado di convertire le nuove conoscenze in valore, si riveli un'attività sempre più pregnante in un contesto così diversificato, dinamico e complesso come quello attuale.

Per questo motivo, si propone di incentivare le attività volte a creare cooperazione tra gli attori nell'ambito dell'industria tessile, in modo da incrementare la consapevolezza e la redditività dei singoli in merito alla sostenibilità ambientale.

Infine, sulle orme delle pratiche di alcune imprese, si suggerisce di attuare seri tentativi volti a documentare e preservare il tesoro di conoscenze a proposito della tintura naturale associata alle tradizioni locali e alla preservazione della cultura del territorio, in quanto la mancanza di una strategia di conservazione mirata potrebbe causare l'esaurimento di queste preziose risorse.

Infatti, al fine di non perdere informazioni di grande interesse sull'utilizzo delle risorse naturali che ci circondano, è necessario sollecitare la documentazione dei sistemi di conoscenza popolari, che spesso rappresentano una connessione tra la società moderna e la sua corrispettiva ancestrale.