

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ**



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΒΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΧΡΩΣΤΙΚΗ DIRECT BLACK 168 ΚΑΙ  
ΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΜΕΝΗ ΣΕ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ  
ΣΥΝΘΕΤΙΚΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΜΕΛΑΝΩΝ ΓΙΑ  
ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ, ΜΕΛΕΤΗ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

**ΤΖΕΛΕΠΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ, ΧΗΜΙΚΟΣ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΛΕΚΤ. Ν.ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014**

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ  
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΖΕΛΕΠΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ, ΧΗΜΙΚΟΣ

**ΒΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΧΡΩΣΤΙΚΗ DIRECT BLACK 168 ΚΑΙ  
ΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗ ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΜΕΝΗ ΣΕ ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ  
ΣΥΝΘΕΤΙΚΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΜΕΛΑΝΩΝ ΓΙΑ  
ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ, ΜΕΛΕΤΗ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χρωμάτων του Τομέα Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας του  
Τμήματος Χημείας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Λέκτορας ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ- Επιβλέπων Καθηγητής

Καθηγήτρια ΕΥΦΟΡΙΑ ΤΣΑΤΣΑΡΩΝΗ -Μέλος εξεταστικής επιτροπής

Επ. Καθηγητής ΙΩΑΝΝΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗΣ - Μέλος εξεταστικής επιτροπής

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή που ορίστηκε σύμφωνα με τη Γ.Σ.Ε.Σ. 268/7-7-2014, για τη κρίση της Διπλωματικής Εργασίας της Τζελέπη Αικατερίνης, Χημικού, συνήλθε σε συνεδρίαση στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης την 08/12/2014, όπου παρακολούθησε την υποστήριξη της εργασίας με τίτλο **Βαφική Μελέτη με Χρωστική Direct Black 168 και την Αντίστοιχη Υπερδιηθημένη σε Φυσικό και Συνθετικό Υπόστρωμα. Παρασκευή Μελανών για Ψηφιακή Εκτύπωση, Μελέτη ιδιοτήτων, Εφαρμογές** και την ενέκρινε με βαθμό 10.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vii
SUMMARY .....	viii
<b>1.ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.ΥΦΑΝΣΙΜΕΣ ΊΝΕΣ.....</b>	<b>1</b>
1.1.1.Ιστορική αναδρομή.....	1
1.1.2.Χαρακτηριστικά των ινών.....	2
1.1.3.Ταξινόμηση των ινών.....	3
1.1.3.1.Κυτταρινική ίνα-Βαμβάκι.....	3
1.1.3.2.Πολυαμιδική ίνα-Νάυλον.....	5
<b>1.2.ΧΡΩΜΑΤΑ-ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ.....</b>	<b>6</b>
1.2.1.Κατάταξη των χρωμάτων.....	8
1.2.2.Αζωχρώματα.....	8
1.2.3.Απ'ευθείας βάφοντα χρώματα.....	9
<b>1.3.ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ.....</b>	<b>11</b>
1.3.1.Βασικές αρχές.....	11
1.3.2.Είδη προσρόφησης.....	12
1.3.3.Προσρόφηση κατά τη βαφή.....	13
1.3.4.Ισόθερμες προσρόφησης.....	13
1.3.4.1.Ισόθερμη Langmuir.....	15
1.3.4.2.Ισόθερμη Freundlich.....	16
1.3.4.3.Ισόθερμη Nernst.....	17
1.3.4.4.Ισόθερμη BET.....	17
<b>1.4.ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΣΗ.....</b>	<b>18</b>
1.4.1.Διεργασία Υπερδιήθησης.....	19
1.4.2.Χαρακτηριστικά μεγέθη των διεργασιών με μεμβράνες.....	20

1.4.3.Εφαρμογές διήθησης μέσω μεμβρανών στη βιομηχανία χρωμάτων.....	22
1.5.ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΟΡΑΤΟΥ-ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ (UV-Vis) .....	24
1.5.1.Μέτρηση απρρόφησης-διαπερατότητας.....	25
1.6.ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ.....	26
1.6.1.Στοιχεία χαρακτηρισμού του χρώματος.....	27
1.7.ΜΕΛΑΝΕΣ.....	31
1.7.1.Σύσταση μελανών.....	31
1.7.2.Ιδιότητες μελάνης.....	32
1.7.2.1.ρΗ .....	33
1.7.2.2.Επιφανειακή τάση.....	34
1.7.2.3.Ιξώδες.....	35
1.7.2.4.Αγωγιμότητα.....	38
1.8.ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ.....	39
1.8.1.Ιστορική αναδρομή.....	39
1.8.2.Εκτύπωση συνεχούς ροής.....	40
1.8.3.Πλεονεκτήματα της ψηφιακής εκτύπωσης.....	42
2.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	44
2.1.ΥΛΙΚΑ-ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ-ΔΙΑΛΥΤΕΣ.....	44
2.2.ΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	45
2.3.ΜΕΘΟΔΟΙ.....	46
2.3.1.Προκατεργασία υφασμάτων.....	46
2.3.2.Μέτρηση της απορρόφησης στο μήκος κύματος $\lambda_{\max}$ .....	46
2.3.3.Βαφή.....	46
2.3.4.Υπερδιήθηση.....	49
2.4.ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΜΕΛΑΝΩΝ.....	51
2.5.ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΜΕΛΑΝΩΝ.....	52
2.5.1.Μέτρηση ρΗ .....	52

2.5.2.Μέτρηση αγωγιμότητας.....	52
2.5.3.Μέτρηση ιζώδους.....	52
2.6.ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ.....	53
2.7.ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.....	53
2.8.ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΟΥ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ ΣΕ ΕΚΤΥΠΩΜΕΝΟ ΥΦΑΣΜΑ.....	53
2.9.ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ.....	54
2.9.1.Δοκιμασία.....	54
2.9.2.Αποτίμηση της μεταβολής του χρώματος.....	54
2.9.3.Αποτίμηση του χρωματισμού του πολύνου μαρτυρα.....	55
2.10.ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΟ ΦΩΣ.....	55
3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	56
3.1.ΒΑΦΕΣ(πριν την υπερδιήθηση).....	56
Αποτελέσματα από βαφές που πραγματοποιήθηκαν με το direct black 168(before ultrafiltratin).....	56
3.1.1.Αποτελέσματα επίδρασης pH στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού.....	56
3.1.2.Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού.....	57
3.1.3.Αποτελέσματα επίδρασης pH με ταυτόχρονη προσθήκη 5 g/L alcospense (ανιονικό τασενεργό- βοηθητικό βαφής) στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού.....	58
3.1.4.Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού σε pH ≈ 4.....	59
3.1.5.Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού σε pH ≈ 7.....	60
3.1.6.Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού σε pH ≈ 9,5.....	61
3.1.7.Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 7.....	62
3.1.8.Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 9.5.....	64

3.1.9.Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 9.5.....	64
3.1.10.Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε όξινο, ουδέτερο και αλκαλικό pH.....	66
3.1.11.Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 4.....	67
3.1.12.Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 4.....	67
Χρωματομετρικές μετρήσεις.....	69
Δοκιμασίες αντοχής.....	74
3.2.ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΣΗ.....	76
3.3.ΒΑΦΕΣ(μετά την υπερδιήθηση).....	78
Αποτελέσματα από βαφές που πραγματοποιήθηκαν με το direct black 168(after ultrafiltratin).....	78
3.3.1.Αποτελέσματα επίδρασης pH με ταυτόχρονη προσθήκη 5 g/L alcospere (ανιονικό τασενεργό- βοηθητικό βαφής) στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού(after uf).....	78
3.3.2.Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 10.25(after uf).....	79
3.3.3.Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 10.25 (after uf).....	80
3.3.4.Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 4(after uf).....	82
3.3.5.Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 4(after uf).....	82
Χρωματομετρικές μετρήσεις.....	84
Δοκιμασίες αντοχής.....	87
3.4.ΜΕΛΑΝΕΣ.....	89
Μέτρηση pH.....	89
Μέτρηση Αγωγιμότητας.....	90

Μέτρηση Ιξώδους.....	91
<b>3.5.ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ.....</b>	<b>93</b>
Χρωματομετρικές μετρήσεις.....	95
Δοκιμασίες αντοχής.....	97
Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός της χρωστικής Solvor86 (κινιζαρίνη) σε εκτυπωμένο βαμβακερό και σε εκτυπωμένο πολυαμιδικό υπόστρωμα.....	98
<b>3.6.ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ TLC ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ (ΤΗΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΗΣ) ΤΟΥ DIRECT BLACK 168 ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥ ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΜΕΝΟΥ.....</b>	<b>100</b>
<b>4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>102</b>
<b>5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>107</b>

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.), του Τμήματος Χημείας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Τα πειράματα διεξήχθησαν στο Εργαστήριο Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον κ. Νικόλαο Νικολαΐδη, λέκτορα του τμήματος Χημείας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, επιβλέποντα της διπλωματικής μου, για την υπόδειξη του θέματος, την επιστημονική του καθοδήγηση και την άριστη συνεργασία καθ' όλη την διάρκεια της διατριβής.

Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια κα. Ευφορία Τσατσαρώνη και τον Επίκουρο καθηγητή κ. Ελευθεριάδη Ιωάννη για την βοήθειά τους κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, τις εύστοχες παρατηρήσεις και την συμπαράστασή τους, καθώς και για την αποδοχή της συμμετοχής τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον διδάκτορα κ. Καρανίκα Ευάγγελο και την κα. Λυκίδου Σμαρώ, Ε.Ε.ΔΙ.Π. του τμήματος Χημείας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για την βοήθεια που μου προσέφεραν, τις εύστοχες υποδείξεις σε ζητήματα της διπλωματικής εργασίας, την άψογη συνεργασία και το ευχάριστο κλίμα καθ' όλη την διάρκεια της χρονιάς.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους συμφοιτητές μου και απόφοιτους του ίδιου Μεταπτυχιακού, κα. Μισχοπούλου Μαγδαληνή και κ. Ναΐδη Παναγιώτη, για την πρώτη γνωριμία με το εργαστήριο και την επίδειξη του εργαστηριακού εξοπλισμού και οργάνων, για το συνεχές ενδιαφέρον και την αμέριστη συμπαράστασή τους όλο αυτό το διάστημα.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διατριβής είναι η μελέτη της βαφικής συμπεριφοράς της χρωστικής που ανήκει στην κατηγορία των αζωχρωμάτων, του direct black 168.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν βαφές φυσικών και συνθετικών ινών με την συγκεκριμένη εμπορική χρωστική, direct black 168. Οι βαφές πραγματοποιήθηκαν σε υποστρώματα βαμβάκι και πολυαμίδιο, σε διάφορους τόνους βαφής και θερμοκρασία 98° C, αφού πρώτα υπέστησαν προκατεργασία.

Στην συνέχεια, εφαρμόστηκε υπερδιήθηση (ultrafiltration), για τη συμπύκνωση και τον καθαρισμό της χρωστικής, με την χρήση μεμβράνης πολυαιθεροσουλφόνης ES404. Το χρώμα που προέκυψε από την υπερδιήθηση χρησιμοποιήθηκε για βαφή στις ίδιες συνθήκες με τα προηγούμενα.

Παράλληλα, μελετήθηκαν και αποτιμήθηκαν οι βαφικές ιδιότητες της χρωστικής (direct black 168) πριν και μετά την υπερδιήθηση, με την χρήση της φασματοφωτομετρίας υπεριώδους-ορατού (UV-Vis).

Ακόμη, παρασκευάστηκαν τρεις μελάνες, η μία με προσθήκη του αρχικού χρώματος, η άλλη με προσθήκη του υπερδιηθημένου χρώματος και η τρίτη με το υπερδιηθημένο χρώμα και την προσθήκη ενός ενεργού συστατικού και συγκεκριμένα κινιζαρίνης (solnor 86). Στις παρασκευασθείσες μελάνες μετρήθηκαν οι ιδιότητες αγωγιμότητα, ιξώδες και pH συναρτήσει του χρόνου για 90 ημέρες.

Ακολούθως, οι μελάνες που παρασκευάστηκαν χρησιμοποιήθηκαν για ψηφιακή εκτύπωση βαμβακερού και πολυαμιδικού υφάσματος και χαρτιού.

Επίσης, προσδιορίστηκαν τα χρωματομετρικά χαρακτηριστικά και οι τιμές K/S όλων των βαμμένων και εκτυπωμένων υφασμάτων με την χρήση φασματοφωτομέτρου ανακλάσεως.

Παράλληλα, μελετήθηκαν οι αντοχές στο πλύσιμο και αντοχές στο φως βαμμένων και εκτυπωμένων υφασμάτων και αποτιμήθηκαν τα αποτελέσματα.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός του ενεργού συστατικού (Solnor 86) που προστέθηκε σε μελάνη για ψηφιακή εκτύπωση.

## **SUMMARY**

The subject of the present paper is to study the dyeing behavior of the direct black 168.

Initially, were dyed natural and synthetic fibers with the commercial dye, direct black 168. Especially, were made on substrates of cotton and polyamide, in various tones and dyeing and temperature 98 C, after pretreatment.

Furthermore, with the technique of ultrafiltration the dye direct black 168 was concentrated and purified, using polyethersulfone membrane ES404. Some of the dyeing processes repeated using the cleaned colored, under the same conditions.

Moreover, the dyeing properties of the dye (direct black 168) were studied and assessed, before and after ultrafiltration, using the ultraviolet-visible spectrophotometer (UV-Vis).

In addition to this, three inks were prepared, one with direct black 168, it is the other with the addition of direct direct black 168 ultrafiltrated by adding the active ingredient quinizarin (solvor 86). In these inks pH, viscosity and conductivity properties, were measured over time 90 days

After that, the prepared inks were used for digital printing to cotton and polyamide fabric.

Colorimetric characteristics and values K/S were also determined, to using reflectance spectrophotometer all dyed and printed fabrics.

Additionally, wash fastness and light fastness of dyed and printed fabrics were studied and then the results were assessed.

Finally, a spectrophotometric quantitative determination of the active ingredient (solvor 86) was done.

# **1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## **1.1. ΥΦΑΝΣΙΜΕΣ ΙΝΕΣ**

### ***1.1.1. Ιστορική αναδρομή***

Οι υφάνσιμες ίνες είναι στερεά οργανικά πολυμερή με χαρακτηριστικές φυσικές ιδιότητες και γεωμετρικές διαστάσεις: το μήκος τους είναι πολλαπλάσιο της διαμέτρου.

Οι φυσικές υφάνσιμες ίνες χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο πριν χιλιάδες χρόνια: το λινάρι στην Αίγυπτο από το 5.000 π.Χ., το μετάξι στην Κίνα, το μαλλί στην Ευρώπη και Μέση Ανατολή, το βαμβάκι στην Ινδία και την Αμερική από το 3.000 π.Χ. Ωστόσο μόνο στα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα, όταν καθιερώθηκαν και άρχισαν να εφαρμόζονται μηχανικές και χημικές μέθοδοι κατεργασίας και εξευγενισμού της πρώτης ύλης (π.χ. γνέσιμο, λεύκανση του βαμβακιού) έπαψε η υφάνσιμη ίνα να αποτελεί αντικείμενο της οικιακής οικονομίας. Από την εποχή αυτή καθιερώθηκε το βαμβάκι ως η περισσότερο χρησιμοποιούμενη παγκοσμίως υφάνσιμη ίνα, θέση που κατέχει μέχρι σήμερα.

Και ενώ το βαμβάκι αποτελεί και θα αποτελεί για πολλά ακόμη χρόνια την κύρια υφάνσιμη ίνα και οι φυσικές υφάνσιμες ίνες γενικά καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής, η μεγάλη αύξηση του πληθυσμού της γης κατέστησε αναγκαία την εξεύρεση και άλλων πηγών παραγωγής υφάνσιμων ινών. Έτσι εμφανίστηκαν οι τεχνητές υφάνσιμες ίνες.

Μερικοί σημαντικοί σταθμοί στην εξέλιξη των πιο πάνω ινών είναι:

- Η διαλυτοποίηση της κυτταρίνης σε χαλκοαμμωνιακό διάλυμα.
- Η παραγωγή κυτταρινικών παραγώγων που μπορούν να νηματοποιηθούν από διάλυμα, όπως οι νιτρικοί και οξικοί εστέρες της κυτταρίνης.
- Η μετατροπή της κυτταρίνης σε ξανθογονική κυτταρίνη, η οποία στη συνέχεια νηματοποιείται και αναγεννώνται οι ίνες κυτταρίνης (ραιγιόν βισκόζης).
- Η σύνθεση του νάιλον 66 και του νάιλον 6 και η βιομηχανική παραγωγή του Du Pont de Nemours.

- Η ανάπτυξη και βιομηχανική παραγωγή στη συνέχεια των πολυεστερικών ινών. Τα πολυαμίδια και οι πολυεστέρες είναι σήμερα τα κυριότερα πολυμερή, που μπορούν να νηματοποιηθούν από τήγμα.
- Η παραγωγή συνθετικών ινών από πολυμερή όπως το πολυακρυλονιτρίλιο, που δεν νηματοποιούνται από τήγμα έγινε δυνατή με τη χρησιμοποίηση νέων διαλυτών, π.χ. διμεθυλοφορμαμίδιου.
- Ο στερεοειδικός πολυμερισμός του προπυλενίου οδήγησε στην παραγωγή των πολυολεφινικών ινών.
- Η σύνθεση πολυμερών με εξαιρετικές ιδιότητες ελαστικότητας, συνεκτικότητας, στιλπνότητας, θερμικής αντοχής κ.λ.π. άνοιξε το δρόμο για την εμφάνιση ινών με ιδιαίτερες απαιτήσεις.
- Τέλος εκτός από τα οργανικά πολυμερή και ανόργανα υλικά, όπως γυαλί, άνθρακας κ.λ.π. μπορούν να μορφοποιηθούν σε ίνες [1-4].

### ***1.1.2. Χαρακτηριστικά των ινών***

Κάθε ίνα χαρακτηρίζεται από τα παρακάτω μεγέθη:

**Πυκνότητα (fineness):** Το πάχος των ινών κυμαίνεται μεταξύ 10-50μm. Όμως ακόμη και η ελάχιστη διαταραχή της ομοιομορφίας της ίνας και της διατομής της επηρεάζει το πάχος της και εμποδίζει την αξιόπιστη μικροσκοπική μέτρηση. Έτσι για μια στατιστικά αξιόπιστη εκτίμηση της πυκνότητας της ίνας συνεκτιμώνται το μήκος και η μάζα της και προκύπτει η τιμή tex ως μονάδα πυκνότητας. Σύμφωνα με τα πρότυπα

ISO η τιμή tex εκφράζει το βάρος σε gr 1000m της ίνας. Η τιμή tex αντικατέστησε την παλιότερα χρησιμοποιούμενη μονάδα denier, που εκφράζει το βάρος 9000m της ίνας σε gr.

**Συνεκτικότητα (tenacity):** Αυτή εκφράζει τη δύναμη που απαιτείται να εφαρμοστεί στην ίνα για να σπάσει. Εκφράζεται πάντα σε συνάρτηση με την πυκνότητα συνήθως ως η αντοχή σε εφελκυσμό στο σημείο θραύσης και μετράται σε centinewtons ανά tex (cN/tex ή cN/dtex ή n/tex). Η συνεκτικότητα των υφάνσιμων ινών κυμαίνεται από 10-300 cN/tex.

**Επιμήκυνση:** Ο μέγιστος βαθμός % επιμήκυνσης στο σημείο θραύσης ποικίλλει με τον τύπο των ινών. Οι συνήθεις υφάνσιμες ίνες και νήματα έχουν τιμές 10-70% ενώ π.χ. στις ίνες spandex (υψηλής ελαστικότητας) συναντώνται τιμές 300-700% [1].

### ***1.1.3. Ταξινόμηση των ινών***

Μια συμβατική κατάταξη των ινών είναι αυτή που ακολουθεί:

#### **Φυσικές Ίνες**

Φυτικές (κυτταρίνης) ίνες: βαμβάκι, λινό, κάνναβη, γιούτα, σίζαλ κ.τ.λ.

Ζωικές (πρωτεϊνικές) ίνες: μετάξι, μαλλί (προβάτου), τριχώματα άλλων ζώων (κασμίρ, μοχαίρ κ.λ.π.).

Ορυκτές ίνες: αμίαντος.

#### **Τεχνητές Ίνες**

Προερχόμενες από φυσικά πολυμερή: αναγεννημένη κυτταρίνη (ραιγιόν βισκόζης, modal), οξικοί εστέρες της κυτταρίνης, πρωτεϊνικές (καζεΐνη).

Προερχόμενες από συνθετικά πολυμερή: πολυπροπυλένιο, πολυακρυλονιτρίλιο, πολυβινυλοχλωρίδιο, πολυαμίδια (νάιλον 6, νάιλον 66), πολυεστέρες, πολυουρεθάνες.

Άλλες (ανόργανες): ίνες άνθρακα, γυαλιού, μεταλλικές [1-4].

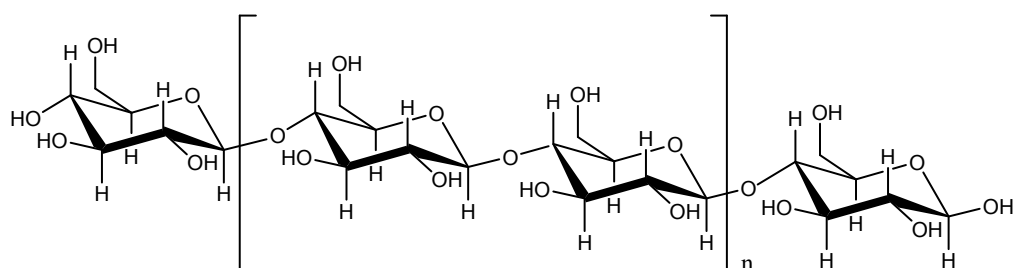
Παρακάτω θα εξεταστούν οι σημαντικότερες από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

#### ***1.1.3.1.Κυτταρινική ίνα-βαμβάκι***

Οι φυσικές υφάνσιμες ίνες καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής, με το βαμβάκι να κατέχει κυρίαρχη θέση. Σήμερα το βαμβάκι καλλιεργείται σε περισσότερες από 80 χώρες και κατέχει σημαντικότερο μερίδιο της παγκόσμιας κατανάλωσης σε υφάνσιμες ίνες. Προτιμάται, περισσότερο από τις

συνθετικές ίνες, για την κατασκευή ειδών ρουχισμού και ένδυσης που έρχονται σε άμεση επαφή με το δέρμα. Το βαμβάκι ως φυσική ίνα έχει πολλά χαρακτηριστικά, όπως, η μαλακή υφή, η καλή απορροφητικότητα, η διατήρηση χρώματος, η καλή αντοχή, το γεγονός ότι μπορεί εύκολα να ραφτεί και να επαναχρησιμοποιηθεί. Επιδέχεται, επίσης, στεγνό καθάρισμα, πλένεται στο πλυντήριο και είναι φθηνό. [1,3]

Από χημική άποψη το βαμβάκι αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη, το κύριο συστατικό όλων των φυτικών υφάνσιμων ινών. Η κυτταρίνη είναι ένα πολυμερές με δομική μονάδα τη β-γλυκόζη. Οι δομικές μονάδες της β-γλυκόζης ενώνονται μεταξύ τους με β-1,4-γλυκοζιτικούς δεσμούς.



*Χημική δομή κυτταρίνης*

Το μοριακό βάρος της κυτταρίνης ποικίλλει ανάλογα με την προέλευσή της. Η κυτταρίνη του βαμβακιού έχει μοριακό βάρος περίπου 500.000 και βαθμό πολυμερισμού  $n > 3000$ .

Κάθε δομική μονάδα γλυκόζης περιέχει, όπως φαίνεται και στον τύπο παραπάνω, τρεις ελεύθερες υδροξυομάδες, δύο δευτεροταγείς και μια πρωτοταγή.

Η κυτταρίνη απαντάται σε περισσότερες της μιας κρυσταλλικές μορφές με σπουδαιότερες της I και II. Με τη μορφή I συναντάται στις φυσικές ίνες. Βίαιη διόγκωση του βαμβακιού, π.χ. με κατεργασία με 20-25% NaOH (μερσερισμός) προκαλεί αλλαγή στο κρυσταλλικό πλέγμα και μετατροπή της κυτταρίνης I σε κυτταρίνη II. Οι δύο μορφές I και II διαφέρουν μεταξύ τους και στην κρυσταλλικότητα. Έτσι ο βαθμός κρυσταλλικότητας των κυτταρινικών ινών μεταβάλλεται, όπως φαίνεται παρακάτω: κυτταρίνη 70%, μερσερισμένη κυτταρίνη (κυτταρίνη II) 50%, αναγεννημένη κυτταρίνη 40%, οξικοί εστέρες της κυτταρίνης 40%. [1,3]

### 1.1.3.2. Πολυαμιδική ίνα-νάιλον

Τα αλειφατικά πολυαμίδια ή **νάιλον** (nylon) είναι τα πρώτα συνθετικά πολυμερή που παρασκευάστηκαν και χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Είναι το αποτέλεσμα μιας πολύχρονης ερευνητικής δουλειάς που πραγματοποιήθηκε από τον Carothers και καρποφόρησε το 1935.

Η ονομασία **νάιλον** (nylon) δόθηκε από την εταιρία DuPont που πρώτη τα παρουσίασε στο εμπόριο.

Σήμερα η ονομασία **νάιλον** επεκτάθηκε σε όλα τα αλειφατικά πολυαμίδια και μάλιστα τείνει να χαρακτηρίσει στην καθημερινή ζωή, κάθε συνθετικό πολυμερές [3].

Οι σπουδαιότεροι εκπρόσωποι της κατηγορίας αυτής είναι τα **νάιλον-6** και **νάιλον-6,6**.



**νάιλον-6**

**νάιλον-6,6**

Οι ίνες του **νάιλον** είναι πολύ ανθεκτικές στην τριβή, ελαστικές, πιο δύσκαμπτες από το μαλλί, αλλά λιγότερο δύσκαμπτες από το βαμβάκι και τον πολυεστέρα. Οι ιδιότητες αυτές τις κάνουν κατάλληλες για την κατασκευή σχοινιών, χαλιών, γυναικείων εσφορούχων, καλσόν, καλτσών κ.λ.π.

Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν στις ΗΠΑ για την κατασκευή πουκαμίσων, λόγω όμως του περιορισμένου υδρόφιλου χαρακτήρα της ίνας τα **νάιλον** πουκάμισα σήμερα δεν φοριούνται πια.

Τα **νάιλον** είναι γνωστά με τα εμπορικά ονόματα: Celon, Perlon L (**νάιλον-6**), Bri-Nylon (**νάιλον-6,6**) κ.λ.π. Είναι ανθεκτικά σε πολλούς οργανικούς διαλύτες, σε αλκάλια και σε ασθενή οξέα. Αντίθετα ανόργανα οξέα και οξειδωτικά μέσα καταστρέφουν τα πολυαμίδια.

Λόγω της ύπαρξης των ακραίων αμινο- και καρβοξυ-ομάδων οι **νάιλον** ίνες μπορούν να βάφουν με τα χρώματα που βάφουν το μαλλί. Επίσης βάφονται και με χρώματα διασποράς (Procinyl) [1].

## 1.2. ΧΡΩΜΑΤΑ- ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

Χρώμα είναι μία οπτική ιδιότητα των αντικειμένων, η οποία απορρέει από το φως το οποίο εκπέμπουν, αντανακλούν ή αφήνουν να περάσει μέσα από αυτά. Από την αρχαιότητα ακόμη τα χρώματα έπαιζαν σημαντικό ρόλο στη ζωή των ανθρώπων.

Η εμφάνιση του χρώματος ενός αντικειμένου ή ενός διαλύματος απαιτεί από φυσική άποψη την ύπαρξη: μιας φωτεινής πηγής, αντικειμένου, που αντιδρά με την προσπίπτουσα ακτινοβολία και του παρατηρητή, ο οποίος θα προσλάβει και θα επεξεργαστεί (με το μάτι και τον εγκέφαλό του ο άνθρωπος, με έναν ανιχνευτή και ηλεκτρονικά στην περίπτωση ενός φασματοφωτομέτρου) την ανακλώμενη ακτινοβολία. Ένας σφαιρικός ορισμός λοιπόν της έννοιας του χρώματος πρέπει να περιλαμβάνει και να συνδέει τη φυσική και αντικειμενική διεργασία της παραγωγής μιας διέγερσης με τη μορφή φωτός και πρόσπτωσής του στο αντικείμενο και το υποκειμενικό της αποτέλεσμα, δηλαδή την αντίληψη της ανακλώμενης ακτινοβολίας από το μάτι του παρατηρητή και τη μεταβίβαση και επεξεργασία της από τον εγκέφαλο. Το χρώμα λοιπόν δεν είναι χαρακτηριστικό ενός αντικειμένου, όπως π.χ. ο όγκος ή η μάζα του, αφού υπάρχει μόνο στο μυαλό του παρατηρητή και μπορεί να οριστεί ως το αποτέλεσμα μιας ορισμένης ακτινοβολίας στο ανθρώπινο μάτι και τον εγκέφαλο.

**Πίνακας 1:** Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Κοσμικές ακτίνες	Ακτίνες γ	Ακτίνες X	Υπεριώδης ακτινοβολία	Ορατό φως	Υπέρυθρη ακτινοβολία	Ραδιοκύματα
$10^{-5}$ nm	$10^{-3}$ nm	$10^{-1}$ nm	10 nm		$10^3$ nm	$10^9$ nm
400 450 500 550 600 650 700 nm						
<b>Ιώδες Μπλε Πράσινο Κίτρινο Πορτοκαλί Κόκκινο</b>						

Το φως είναι μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η περιγραφή της οποίας γίνεται με το μήκος κύματος  $\lambda$  ή τη συχνότητα  $\nu$ . Το ανθρώπινο μάτι είναι ευαίσθητο σε ακτινοβολίες μήκους κύματος 380-750nm και αυτό το μέρος του ηλεκτρομαγνητικού



φάσματος το ονομάζουμε ορατό φως. Το πορφυρό χρώμα δεν υπάρχει στο ορατό φάσμα, αλλά προέρχεται από μίξη κόκκινου και μπλε φωτός από τις ακραίες περιοχές του φάσματος.

Όταν ακτινοβολία ορισμένου μήκους πέσει πάνω σε ένα αντικείμενο, μέρος αυτής απορροφάται από τη μάζα του αντικειμένου. Έτσι αυτό εμφανίζεται με το συμπληρωματικό χρώμα αυτού που απορροφά. Τα αντικείμενα/ενώσεις που στην ορατή περιοχή δεν απορροφούν, αλλά ανακλούν όλο το φως, φαίνονται λευκά/λευκές, ενώ αυτά/αυτές που απορροφούν όλη την ορατή ακτινοβολία φαίνονται μαύρα/μαύρες. Η πληθώρα των αποχρώσεων που συναντώνται στην καθημερινή ζωή, μπορεί να παραχθεί με μίξη των χρωμάτων του φάσματος [1].

**Βαφή** ονομάζεται ο εξευγενισμός ενός υλικού με τεχνική αλλαγή του αρχικού του χρώματος.

Με τον όρο “χρώμα” εννοούνται όλες οι έγχρωμες ενώσεις που μπορούν να βάψουν ένα υπόστρωμα (ίνα, δέρμα, χαρτί, μέταλλο κ.λ.π.). Ανάλογα με τον τρόπο συγκράτησης στο υπόστρωμα, διακρίνονται σε χρώματα που προσροφούνται ή αντιδρούν με το υπόστρωμα από το διάλυμα ή αιώρημα τους, και σε πιγμέντα που είναι έγχρωμα λεπτά αδιάλυτα σωματίδια, τα οποία είτε σε μορφή αιωρήματος επιστρώνονται παρουσία υλών επικάλυψης, είτε προστίθενται στη μάζα (τήγμα) του υλικού, προσδίδοντας το χρώμα τους. Τα χρώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε φυσικά ζωικά ή φυτικά, που είναι οργανικές ενώσεις, σε ορυκτά, που είναι ανόργανες και σε συνθετικά που είναι κυρίως οργανικές ή πιο σπάνια οργανομεταλλικές ενώσεις.

Στην ελληνική βιβλιογραφία, δε γίνεται διάκριση ανάμεσα στους όρους colour (το χρώμα ως φυσικό μέγεθος, η αίσθηση του χρώματος) και dye (το χρώμα ως υλικό, χρώμα βαφής). Στο εξής θα χρησιμοποιείται ο όρος χρώμα για το χρώμα ως φυσικό μέγεθος, ενώ για το υλικό βαφής θα χρησιμοποιείται ο ίδιος όρος ως καθιερωμένος και κατανοητός ευρύτερα, καθώς και ο όρος χρωστική (colorant) [5-9].

### 1.2.1 Κατάταξη των χρωμάτων

Τα χρώματα κατατάσσονται ανάλογα με [1,6,10 ]:

α) **Τη χημική τους δομή** (αζωενώσεις, νίτρο- και νιτροδοενώσεις, πολυμεθινικές, αζα[ ], αννουλενο- τριαρυλο-καρβονικές, καρβονυλικές ενώσεις κ.α.)

β) **Τον τρόπο βαφής** (υδατοδιαλυτά: Όξινα, απευθείας βάφοντα, αντίδρασης, σύμπλοκα με μέταλλα, βασικά, **αδιάλυτα στο νερό**: αναγωγής, θείου, διασποράς, επίστρωσης, **χρώματα ανάπτυξης** που συντίθεται πάνω στην ίνα).

γ) **Τη φύση της ίνας**, για την οποία είναι κατάλληλα (χρώματα για μαλλί, βαμβάκι, μετάξι, πολυεστέρα, οξική κυτταρίνη, νάilon κ.α.).

Σχεδόν όλες οι χημικές τάξεις περιέχουν χρώματα διαφορετικά μεταξύ τους ως προς τον τρόπο βαφής και το αντίστροφο. Επίσης χρώματα που βάφουν με ένα ορισμένο τρόπο μπορεί να είναι κατάλληλα για τη βαφή περισσότερων από μια ινών.

Όλα τα χρώματα περιλαμβάνονται σε ένα πολύτομο έργο (Colour Idtex) [11], ταξινομημένα:

α) Ανάλογα με τον τρόπο βαφής, όξινα, διασποράς, απευθείας κ.α. και τη χροιά τους κίτρινο, κόκκινο, μπλε κ.α. (1<sup>ο</sup> μέρος), και δίνονται πληροφορίες για τις βαφικές ιδιότητες και τις αντοχές του χρώματος σε διάφορες κατεργασίες. β) Ανάλογα με το χημικό τους τύπο, όταν είναι γνωστός (2<sup>ο</sup> μέρος), με πληροφορίες για τη σύνθεση, χημικές ιδιότητες κ.α. γ) Στο 3<sup>ο</sup> μέρος υπάρχει κατάλογος όλων των εμπορικών χρωμάτων.

Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιήθηκαν απ' ευθείας βάφοντα χρώματα, τα οποία συγκαταλέγονται στην κατηγορία των αζωχρωμάτων.

### 1.2.2. Αζωχρώματα

Τα αζωχρώματα είναι ενώσεις, που περιέχουν στο μόριό τους μια ή περισσότερες αζωομάδες -N=N- γειτονικές προς άτομα άνθρακα με  $sp^2$ -υβριδισμό (βενζολικό, ναφθαλινικό, ή ετεροκυκλικό αρωματικό δακτύλιο, π.χ. πυραζολικό ή παράγωγα του ακετοξικού οξέος με την ενολική τους μορφή). Ανάλογα με τον αριθμό των αζωομάδων κατατάσσονται σε μονο-, δι-, τρι-, πολυαζωχρώματα. Τα αζωχρώματα είναι η σπουδαιότερη τάξη συνθετικών χρωμάτων, αφού καλύπτουν, όπως υπολογίζεται, τα δύο έως τρία τέταρτα του συνόλου των εν χρήσει σήμερα συνθετικών χρωμάτων. Η σημαντικότερη μέθοδος παρασκευής αρωματικών

αζωενώσεων είναι η αζωσύζευξη δηλ. η αντίδραση αρωματικών διαζωενώσεων με ενώσεις, όπως αμίνες, φαινόλες κ.λ.π. Τα διαζωονιακά άλατα σχηματίζονται με διαζώτωση αρωματικών πρωτοταγών αμινών.

Τα αζωχρώματα περιλαμβάνουν τις παρακάτω ομάδες:

1. Ανιονικά μονοαζωχρώματα
2. Αζωχρώματα διασποράς
3. Αζωχρώματα ανάπτυξης
4. Απευθείας βάφοντα χρώματα
5. Αζωχρώματα αντίδρασης
6. Κατιονικά ή βασικά αζωχρώματα
7. Αζωχρώματα επίστρωσης (azo pigments)
8. Αζωχρώματα σύμπλοκα με μέταλλα.

### ***1.2.3.Απευθείας βάφοντα χρώματα***

Τα απευθείας βάφοντα χρώματα, ένα εκ των οποίων είναι και το χρώμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διατριβή,(direct black 168), είναι γενικώς ως προς τη χημική τους δομή, κυρίως δις- και τρις- αζωχρώματα και λιγότερο μονο- και πολύ-αζωχρώματα, ή είναι χρώματα συνδυασμού χρωμοφόρων π.χ. αζω-στιλβено-χρώματα κ.ά.. Περιέχουν μία ή περισσότερες ομάδες σουλφονικού νατρίου (ανιονικά) που τα καθιστούν υδατοδιαλυτά.

Παρασκευάζονται σχετικά εύκολα (διαζώτωση-σύζευξη),γι' αυτό και είναι πιο οικονομικά σε σύγκριση με άλλα χρώματα π.χ. αντίδρασης (reactive).

Τα απ'ευθείας χρώματα βάφουν τις κυτταρινικές ίνες με απλή θέρμανση σε ουδέτερο ή ασθενώς αλκαλικό λουτρό, ευκολότερα όμως παρουσία κοινού άλατος (NaCl) ή άλατος Glauber ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Αυτά λόγω της ευκολίας ή του ουδέτερου συνήθως λουτρού βαφής ή και της εκλεκτικής συνάφειας-συγκράτησής τους από την κυτταρίνη, ονομάζονται αντιστοίχως απευθείας ή ουδέτερα ή χρώματα ουσιαστικά.

Τα απευθείας χρώματα, βάφουν τις κυτταρινικές ίνες (βαμβάκι, λινό και ραιγιόν) με πολύ καλές αντοχές στο φώς, αλλά μικρές στο πλύσιμο και μικρότερες στο χλώριο και στο βρασμό. Παρά το μειονέκτημα της μικρής αντοχής της βαφής τους στις υγρές κατεργασίες, αποτελούν ένα σημαντικό μέρος των χρωμάτων βαφής βαμβακερών ινών.

Τα απευθείας χρώματα (σουλφονικά άλατα νατρίου),έχουν την τάση να συσσωματώνονται στα διαλύματα [12-16].Το λουτρό βαφής είναι συνήθως ένα

σύστημα διασποράς, στο οποίο βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία μεμονωμένα μόρια χρώματος με μικρά ή μεγάλα συσσωματώματά του, αναλόγως των συνθηκών του λουτρού βαφής (συγκέντρωση, θερμοκρασία, παρουσία άλατος κ.λ.π.)

Τα απευθείας χρώματα, ανάλογα με την ικανότητά τους για μετανάστευση (διάχυση) μέσα στην ίνα και ομοιομορφία στη βαφή, (leveling), υποταξινομούνται στις ακόλουθες τρεις ομάδες [17-18].

Ομάδα Α: Χρώματα που έχουν υψηλή μετανάστευση (διάχυση) και αποδίδουν καλή ομοιομορφία με προσθήκη εξ' αρχής του άλατος (αυτό –ομοιομορφίας). Από αυτά, τα καλύτερης ομοιομορφίας είναι γενικώς αυτά που έχουν μέγιστη εξάντληση σε σχετικώς χαμηλές θερμοκρασίες (60-80 °C).

Ομάδα Β: Χρώματα με μικρή μετανάστευση ή ομοιομορφία και μικρή συγγένεια με την κυτταρίνη απουσία άλατος, αλλά πολύ ευαίσθητα στην παρουσία άλατος, που η ελεγχόμενη (σταδιακή) προσθήκη προκαλεί ομαλή προσρόφηση του χρώματος στις κυτταρινικές ίνες (αλατοελεγχόμενα). Αν αυτά δεν προσροφηθούν ομοιόμορφα αρχικώς, είναι πολύ δύσκολο να διορθωθεί η ανομοιομορφία της βαφής.

Ομάδα Γ: Χρώματα όπως της προηγούμενης ομάδας Β, μη-αυτοομοιομορφίας και ευαίσθητα σε προσθήκη άλατος, αλλά αντίθετα σημαντικής συγγένειας με την κυτταρίνη απουσία άλατος. Έτσι είναι αναγκαίο να ελεγχθεί η αρχική προσρόφηση του χρώματος, με προσεκτική ρύθμιση της θερμοκρασίας πριν από την προσθήκη άλατος στο λουτρό (αλατο-θερμο-ελεγχόμενα).

Η διαφορά μεταξύ των ομάδων Β και Γ δεν είναι πάντα αισθητή και μίγματα των χρωμάτων τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βαφή.

## 1.3.ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ

### 1.3.1. Βασικές αρχές

Σε όλες τις διαδικασίες βαφής σημαντικό στάδιο αποτελεί η συγκέντρωση της χρωστικής ουσίας στην επιφάνεια της ίνας και αποδίδεται στο φαινόμενο της προσρόφησης. Ο όρος **προσρόφηση** (adsorption), χρησιμοποιείται, για να περιγράψει τη συσσώρευση διαλυμένων ιόντων, ατόμων ή και μορίων στη διεπιφάνεια, συνήθως στερεού – υγρού ή στερεού – αερίου. Είναι αποτέλεσμα των μη κορεσμένων και μη εξισορροπημένων μοριακών δυνάμεων που υπάρχουν σε κάθε επιφάνεια στερεού. Επομένως όταν μια επιφάνεια στερεού έλθει σε επαφή με υγρό ή αέριο, υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των πεδίων των δυνάμεών τους και η επιφάνεια τείνει να ικανοποιήσει αυτές τις δυνάμεις έλκοντας και συγκρατώντας τα μόρια, άτομα ή ιόντα του υγρού ή αερίου.

Κατά την προσρόφηση τα μόρια ή ιόντα συγκρατώνται μόνο στην επιφάνεια και όχι σε ολόκληρη τη μάζα του υποστρώματος όπως κατά τη απορρόφηση. Σε πολλές περιπτώσεις βέβαια η προσρόφηση συνοδεύεται μερικώς από απορρόφηση, ενώ σε άλλες τα φαινόμενα δε διαφέρουν μεταξύ τους.

Η διαδικασία προσρόφησης ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

- Μεταφορά στη μάζα του υγρού: Περιλαμβάνει την κίνηση της προσροφούμενης ουσίας με διάχυση μέσω της κύριας μάζας του υγρού στο οριακό στρώμα του σταθεροποιημένου υγρού φιλμ που περιβάλλει το προσροφητικό μέσο.
- Μεταφορά με διάχυση στο επιφανειακό στρώμα: Περιλαμβάνει την κίνηση με διάχυση της προσροφούμενης ουσίας μέσω του σταθεροποιημένου επιφανειακού στρώματος προς την είσοδο των πόρων του προσροφητικού μέσου.
- Μεταφορά μέσω των πόρων: Περιλαμβάνει την μεταφορά του υλικού που θα προσροφηθεί μέσω των πόρων με ένα συνδυασμό μοριακής διάχυσης μέσω του υγρού των πόρων ή/και μέσω διάχυσης στην επιφάνεια του προσροφητικού μέσου.
- Ρόφηση στη στερεή επιφάνεια: Περιλαμβάνει την σύνδεση της προσροφούμενης ουσίας στο προσροφητικό μέσο σε μία διαθέσιμη θέση προσρόφησης.

### 1.3.2.Είδη προσρόφησης

Η προσρόφηση μιας ουσίας σε μια επιφάνεια οφείλεται κυρίως στη δράση των δυνάμεων που αναπτύσσονται ανάμεσα στα μόρια, άτομα ή ιόντα της προσροφούμενης ουσίας και του προσροφητικού μέσου. Ανάλογα με τη φύση των δυνάμεων αυτών διακρίνονται τρεις σημαντικές κατηγορίες προσρόφησης:

□ Φυσική προσρόφηση: Η προσρόφηση αυτή οφείλεται σε ασθενείς ελκτικές διαμοριακές δυνάμεις τύπου Van der Waals, όπου τα προσροφούμενα μόρια κινούνται ελεύθερα στην επιφάνεια προσρόφησης και δεν έχουν συγκεκριμένο σημείο συγκράτησης. Η ενέργεια αλληλεπίδρασης μεταξύ των μορίων της προσροφούμενης ουσίας και του προσροφητικού μέσου δεν ξεπερνάει το 0,1 eV ανά μόριο. Η φυσική προσρόφηση είναι ανεξάρτητη από τη χημική φύση των ουσιών που προσροφούνται.

□ Χημική προσρόφηση (χημειορόφηση): Σ' αυτήν την περίπτωση εμφανίζονται ανακατατάξεις μεταξύ των ηλεκτρονίων του συστήματος με αποτέλεσμα την ανάπτυξη χημικών δεσμών και χημικών αντιδράσεων που συνοδεύονται από έκλυση θερμότητας. Η χημικές αντιδράσεις συμβαίνουν στην επιφάνεια και υπάρχει χημικός δεσμός μεταξύ του διαλυτού μορίου και των ατόμων της επιφάνειας, με ενέργεια αλληλεπίδρασης της τάξης του 1 eV και απόσταση μεταξύ τους πολύ μικρότερη της αντίστοιχης κατά τη φυσική προσρόφηση. Επίσης, σε αντίθεση με τη φυσική προσρόφηση, η χημειορόφηση είναι εξειδικευμένη διεργασία και εξαρτάται άμεσα από τη φύση των προσροφούμενων ουσιών.

□ Ηλεκτροστατική προσρόφηση ή προσρόφηση ανταλλαγής: Χαρακτηρίζεται από ελκτικές ηλεκτροστατικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων της προσροφούμενης ουσίας και της στερεής επιφάνειας του προσροφητικού μέσου. Η αποκαλούμενη ανταλλαγή ιόντων (ion exchange) αποτελεί το πιο συνηθισμένο είδος προσρόφησης ανταλλαγής. Τα ιόντα της διαλυμένης ουσίας συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του μέσου προσρόφησης σαν αποτέλεσμα ηλεκτροστατικής έλξης μεταξύ αυτών και σημείων της επιφάνειας που έχουν αντίθετο ηλεκτρικό φορτίο. Τα πολυσθενή ιόντα που χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερο ηλεκτρικό φορτίο (σθένος) έλκονται σε αντίθετα φορτισμένα σημεία της επιφάνειας του προσροφητή περισσότερο από ιόντα με

μικρότερο σθένος. Επίσης όσο μεγαλύτερο το μέγεθος του (ένυδρου) ιόντος, τόσο μεγαλύτερη η ελκτική δύναμη που παρατηρείται.

### ***1.3.3. Προσρόφηση κατά τη βαφή***

Οι διεργασίες προσρόφησης στερεού - υγρού κατά τη βαφή συνδέονται άμεσα με την ικανότητα ορισμένων στερεών να δεσμεύουν επιλεκτικά συγκεκριμένες ουσίες από ένα διάλυμα πάνω στην επιφάνειά τους. Όταν διάλυμα χρωστικής έρθει σε επαφή με κάποιο προσροφητικό μέσο ή ενεργοποιημένες ίνες, αρχικά τα σωματίδια της χρωστικής διαχέονται στους πόρους της ίνας και στη συνέχεια προσροφούνται στις εισόδους και στο εσωτερικό των πόρων. Η αντίσταση στη μεταφορά μάζας στο οριακό στρώμα της ίνας είναι αμελητέα.

Εξαιτίας της προσρόφησης χρωστικής, η διάμετρος των πόρων της επιφάνειας συρρικνώνεται και το μήκος τους μικραίνει, επομένως οι στενοί πόροι εμποδίζουν την περαιτέρω διάχυση της χρωστικής στο εσωτερικό τους. Οι θέσεις όπου γίνεται η προσρόφηση είναι ετερογενείς, δεδομένου ότι η επιφανειακή χημική δομή των ενεργοποιημένων ινών δεν είναι ομογενής.

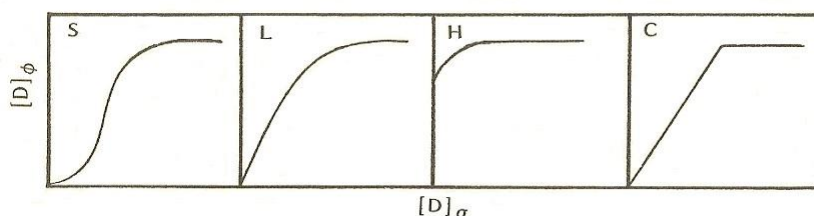
Τα σωματίδια της χρωστικής προσροφούνται στην ίνα σύμφωνα με το πολυστρωματικό μοντέλο και όχι με το μονοστρωματικό, διότι τα μόρια χρωστικής προσροφούνται σε άλλα μόρια χρωστικής και ο ρυθμός προσρόφησης δεν είναι πρώτης τάξης.

### ***1.3.4. Ισόθερμες προσρόφησης***

Η ισόθερμη προσρόφησης αντιπροσωπεύει την κατάσταση ισορροπίας σε ένα σύστημα προσρόφησης. Αποτελεί μαθηματική έκφραση της ποσότητας της προσροφούμενης ουσίας ανά μονάδα μάζας προσροφητικού υλικού συναρτήσει της συγκέντρωσής της στο διάλυμα σε συνθήκες ισορροπίας και σε σταθερή θερμοκρασία.

Η μορφή μιας ισόθερμης προσρόφησης παρέχει πληροφορίες σχετικά με το μηχανισμό της προσρόφησης, το είδος των δεσμών που αναπτύσσονται και το ποσοστό επικάλυψης της επιφάνειας του στερεού από την προσροφούμενη ουσία.

Η προσρόφηση μπορεί να περιγραφεί με τέσσερις γενικούς τύπους ισόθερμων (S,L, H και C), όπως παρουσιάζονται στο σχήμα 14:



**Σχήμα 1: Οι τέσσερις γενικές κατηγορίες των ισόθερμων προσρόφησης.**

□ Η ισόθερμη τύπου S υποδεικνύει ότι σε μικρές συγκεντρώσεις η επιφάνεια παρουσιάζει μικρή αλληλεπίδραση με την προσροφούμενη ουσία, η οποία αυξάνεται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις.

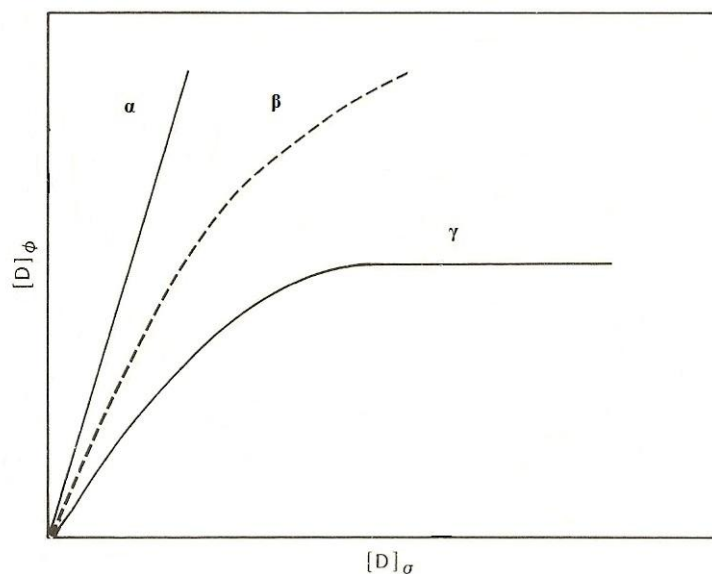
□ Η ισόθερμη τύπου L (Langmuir). Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται αντίθετη συμπεριφορά σε σχέση με την καμπύλη τύπου S, αφού σε μικρές συγκεντρώσεις υπάρχει ισχυρή αλληλεπίδραση της επιφάνειας με την προσροφούμενη ουσία, η οποία όμως μειώνεται όσο αυξάνεται η συγκέντρωση.

□ Η ισόθερμη τύπου H υποδεικνύει ισχυρή αλληλεπίδραση της επιφάνειας και προσροφούμενης ουσίας, η οποία συνήθως είναι μεγάλου μοριακού βάρους. Συναντάται και σε περιπτώσεις χημειορρόφησης.

□ Η ισόθερμη τύπου C υποδεικνύει ένα μηχανισμό καταμερισμού με τον οποίο τα προσροφούμενα ιόντα ή μόρια κατανέμονται μεταξύ της διεπιφάνειας υγρού στερεού και της υγρής φάσης χωρίς ιδιαίτερους δεσμούς μεταξύ τους.

Οι ισόθερμες που βρίσκονται πειραματικά στη βαφή, είναι τριών τύπων (σχήμα 2). Λόγω της ομοιότητας της μαθηματικής τους έκφρασης με τις ισόθερμες προσρόφησης των αερίων, χαρακτηρίζονται ως ισόθερμες Nernst ( $\alpha$ ), Freundlich ( $\beta$ ) και Langmuir ( $\gamma$ ), όπου  $[D]_{\phi}$  η συγκέντρωση του χρώματος στην ίνα και  $[D]_{\sigma}$  η συγκέντρωση του χρώματος στο λουτρό βαφής.





**Σχήμα 2: Γραφική παράσταση των τριών τύπων ισοθέρμων που συναντώνται στη βαφή.**

Οι ισόθερμες προσρόφησης χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν μακροσκοπικά το φαινόμενο, αλλά δεν μπορούν να εξηγήσουν με ακρίβεια το μηχανισμό της αντίδρασης που λαμβάνει χώρα. Οι μηχανισμοί αυτοί μπορούν αν διερευνηθούν με μοριακές μελέτες, όπως για παράδειγμα με την βοήθεια της φασματοσκοπίας.

Οι ισόθερμες της προσρόφησης γενικά κατατάσσονται με βάση το πλήθος των διαθέσιμων πειραματικών δεδομένων σε επιμέρους κατηγορίες. Έτσι για την περιγραφή διαφόρων τύπων ισόθερμων έχουν εξαχθεί εξισώσεις εκ των οποίων οι πιο σημαντικές είναι οι εξισώσεις Langmuir, Freundlich, Brunnauer-Emmett-Teller (BET), Nernst, Temkin, και Dubinin.

#### **1.3.4.1.Ισόθερμη Langmuir**

Η ισόθερμη Langmuir έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την περιγραφή της προσρόφησης. Οι προϋποθέσεις που ισχύουν για την παραγωγή της εξίσωσης σ' ένα σύστημα ίνας - βαφής είναι οι εξής:

- Η προσρόφηση της βαφής πραγματοποιείται σε συγκεκριμένες περιοχές της ίνας (εντοπισμένη προσρόφηση).

- Όταν ένα μόριο βαφής καταλαμβάνει μια περιοχή, αυτή καθίσταται κορεσμένη και ανίκανη περαιτέρω προσρόφησης, συμβαίνει δηλαδή μονομοριακή κάλυψη της επιφάνειας.
- Η θερμότητα προσρόφησης είναι ανεξάρτητη του ποσοστού κάλυψης της επιφάνειας.

Η εξίσωση Langmuir εκφράζεται από την πιο κάτω σχέση:

$$\frac{1}{[D]_f} = \frac{1}{k [S]_f [D]_s} + \frac{1}{[S]_f}$$

όπου,

$[D]_f$  : η συγκέντρωση του χρώματος στην ίνα, σε mmol/όγκο υποστρώματος ή mmol/Kg

$[D]_s$  : η συγκέντρωση του χρώματος στο λουτρό βαφής, σε mmol/L

$[S]_f$  : τιμή κορεσμού της ίνας

k : σταθερά αναλογίας

#### **1.3.4.2.Ισόθερμη Freundlich**

Η εξίσωση Freundlich είναι εμπειρική σχέση που στηρίζεται στις ακόλουθες παραδοχές: α) η επιφάνεια του προσροφητικού μέσου είναι ετερογενής, β) αποτελείται από ενεργά κέντρα διαφορετικής τάξης, γ) σε κάθε τάξη ενεργών κέντρων γίνεται προσρόφηση σύμφωνα με την ισόθερμη Langmuir.

Η εξίσωση Freundlich έχει την εξής μορφή:

$$[D]_f = k [D]_s^{\frac{1}{n}}$$

όπου,

$[D]_f$  : η συγκέντρωση του χρώματος στην ίνα, σε mmol/όγκο υποστρώματος ή mmol/Kg

$[D]_s$  : η συγκέντρωση του χρώματος στο λουτρό βαφής, σε mmol/L

n: η σταθερά προσρόφησης

k : σταθερά αναλογίας

Η εξίσωση αυτή περιγράφει πολλά πειραματικά δεδομένα με ικανοποιητική ακρίβεια.

#### **1.3.4.3.Ισόθερμη Nernst**

Η ισόθερμη Nernst προκύπτει σε περιπτώσεις βαφής πολυεστέρα με χρώματα διασποράς. Σχηματίζεται μια στερεή φάση από τα μόρια του χρώματος διασποράς τα οποία είναι αδιάλυτα στο νερό και έτσι αυτά περνάνε πρώτα στη στερεή φάση και έπειτα διέρχονται στην ίνα.

Η εξίσωση Nernst εκφράζεται ως εξής:

$$[D]_f = k[D]_s$$

όπου,

$[D]_f$  : η συγκέντρωση του χρώματος στην ίνα, σε mmol/όγκο υποστρώματος ή mmol/Kg

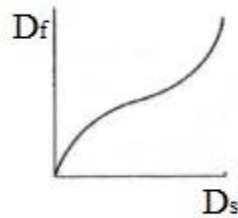
$[D]_s$  : η συγκέντρωση του χρώματος στο λουτρό βαφής, σε mmol/L

k : σταθερά αναλογίας

#### **1.3.4.4.Ισόθερμη BET**

Η εξίσωση Brunnauer-Emmett-Teller (BET) είναι πολύ σημαντική για την ανάλυση φυσικής προσρόφησης αερίων. Στην περίπτωση αυτή ισχύουν οι παραδοχές: α) η προσρόφηση είναι πολυστρωματική, β) η επιφάνεια του προσροφητικού μέσου συνίσταται από ομοιόμορφα και εντοπισμένα κέντρα, γ) η προσρόφηση σε κάποιο ενεργό κέντρο δεν επηρεάζει την προσρόφηση σε γειτονικά κέντρα, δ) η καθαρή ενέργεια προσρόφησης αντιστοιχεί στο πρώτο μονομοριακό στρώμα, ε) η ενέργεια συμπίκνωσης είναι υπεύθυνη για τα πολλά διαδοχικά στρώματα.

Ο γενικός τύπος της ισόθερμης BET παρουσιάζεται στο σχήμα 16:



**Σχήμα 3: Γενικός τύπος της ισόθερμης προσρόφησης BET**

Η ισόθερμη BET στην προσρόφηση αερίων δίνεται από τον τύπο :

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{C - 1}{V_m C} \cdot \frac{P}{P_0}$$

όπου,

P: η πίεση στην ισορροπία στην οποία ένας όγκος V αερίου προσροφάται,

P<sub>0</sub> : η πίεση των κορεσμένων ατμών της προσροφούμενης ουσίας,

V<sub>m</sub> : ο όγκος του αερίου που προσροφάται όταν στην επιφάνεια σχηματίζεται μονοστοιβάδα,

C: σταθερά σχετιζόμενη με την θερμότητα της προσρόφησης. [19-23]

#### **1.4.ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΣΗ (UF)**

Ο γενικότερος όρος διήθηση αναφέρεται στο διαχωρισμό των συστατικών ενός ρευστού ο οποίος βασίζεται κυρίως στη διαφορά μεγέθους. Αυτό επιτυγχάνεται ως επί το πλείστον με τη χρήση μεμβρανών, οι οποίες λειτουργούν σαν εκλεκτικοί

φραγμοί, επιτρέποντας τη διόδο κάποιων συστατικών και συγκρατώντας τα υπόλοιπα, και την άσκηση της κατάλληλης πίεσης. Να σημειωθεί ότι υπάρχουν και είδη διήθησης που δεν εξαρτώνται από την άσκηση πίεσης, αλλά από την ύπαρξη διαφοράς ηλεκτρικού ή χημικού δυναμικού ή θερμοκρασίας.

Τα τελευταία χρόνια η χρήση των μεμβρανών από πολυμερικά υλικά βρίσκει ολοένα και περισσότερες εφαρμογές σε βιομηχανικές διεργασίες, στις οποίες απαιτείται αξιόπιστος και επαναλήψιμος καθαρισμός ή συμπύκνωση. Οι διεργασίες στις οποίες χρησιμοποιούνται μεμβράνες βρίσκουν εφαρμογή στον καθαρισμό του νερού, στη βιομηχανία τροφίμων και στη χημική και φαρμακευτική βιομηχανία.

Η διήθηση μέσω μεμβράνης βασίζεται στην εξής αρχή : Όταν ένα υγρό διέρχεται, διαμέσου ενός φυσικού εμποδίου, τα σωματίδια που περιέχονται στο υγρό, των οποίων το μέγεθος είναι μεγαλύτερο από αυτών των πόρων της μεμβράνης, συγκρατούνται στη μία μεριά της μεμβράνης, ενώ το εναπομένον υγρό διέρχεται μέσω αυτής. Αυτή η αρχή διέπει όλα τα φίλτρα, ακόμη και τα απλά κόσκινα.

#### ***1.4.1. Διεργασία της Υπερδιήθησης***

Η υπερδιήθηση, ως διεργασία μεμβρανών, κατατάσσεται μεταξύ της μικροδιήθησης και της νανοδιήθησης. Το μέγεθος των πόρων των μεμβρανών υπερδιήθησης κυμαίνεται μεταξύ 2-50nm. Συνήθως χρησιμοποιείται για τη συγκράτηση μακρομορίων και κολλοειδών σωματιδίων με μοριακό βάρος μεγαλύτερο από μερικές εκατοντάδες Daltons. Η υπερδιήθηση, όπως και η μικροδιήθηση, θεωρείται διεργασία, η απόδοση της οποίας στην απόρριψη των συστατικών εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος και το σχήμα των διαλυμένων στερεών. Όπως και στη μικροδιήθηση, η μεταφερόμενη ποσότητα του διαλύτη είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης πίεσης. Μολονότι για τις μεμβράνες υπερδιήθησης ισχύει η ίδια αρχή διαχωρισμού με τις μεμβράνες μικροδιήθησης, εντούτοις λόγω της ασύμμετρης δομής τους (με ένα πολύ πιο πυκνό άνω στρώμα), παρουσιάζουν αρκετά υψηλότερη υδροδυναμική αντίσταση.

Οι μεμβράνες μικροδιήθησης και υπερδιήθησης μπορούν να κατασκευαστούν από ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών υλικών βασιζόμενες είτε σε οργανικά υλικά (πολυμερικές μεμβράνες), είτε σε ανόργανα υλικά (κεραμικές μεμβράνες). Για την επεξεργασία υγρών αποβλήτων και νερού χρησιμοποιούνται κυρίως οι πολυμερικές μεμβράνες, οι οποίες ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους διακρίνονται σε

υδρόφοβες και υδρόφιλες. Τυπικά υλικά κατασκευής μεμβρανών υπερδιήθησης, κατάλληλων για επεξεργασία νερού είναι η πολυαιθεροσουλφόνη (Polyethersulfone - PES), το πολυακρilonιτρίλιο (Polyacrilonitrile-PAN) και η πολυσουλφόνη (Polysulfone -PS) [24,26,28].

Η υπερδιήθηση οδηγεί στην παρασκευή χρωμάτων-συμπλόκων τα οποία διαθέτουν πλέον τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Καθαρότερα
- Μεγάλη χρωστική ικανότητα
- Αυξημένη διαλυτότητα
- Σταθερά υδατικά διαλύματα
- Μεγάλη ελάττωση περιεχομένου ελεύθερων βαρέων μετάλλων
- Απουσία ή περιορισμένη χρήση οργανικών διαλυτών
- Άοσμα
- Λιγότερο επιβλαβή για το περιβάλλον
- Συμβατά με τη νομοθεσία της EU
- Οικονομία στην αποθήκευση και στη μεταφορά

#### **1.4.2.Χαρακτηριστικά μεγέθη των διεργασιών με μεμβράνες**

Η απόδοση μιας διεργασίας μεμβρανών εκτιμάται ανάλογα με την ικανότητα της να παράγονται μεγάλες ποσότητες διηθήματος σε μικρό χρονικό διάστημα και ανάλογα με το βαθμό καθαρότητας του διηθήματος σε σχέση με την τροφοδοσία. Κάποιοι όροι που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία μεμβρανών για την εκτίμηση της απόδοσής τους είναι οι παρακάτω:

- *Διήθημα* (Permeate): Το κλάσμα που περνά μέσα από τη μεμβράνη
- *Κατακράτημα ή συμπύκνωμα* (Retentate ή concentrate): Το κλάσμα που δεν περνά μέσα από τη μεμβράνη (κατακρατείται)
- *Ρυθμός ροής διηθήματος* (Permeate flux): η μάζα (ή όγκος) του διηθήματος που περνά διαμέσου της μεμβράνης ανά μονάδα επιφάνειάς της στη μονάδα του χρόνου και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$J = \frac{1}{Am} \cdot \frac{dm}{dt}$$

όπου

J: ο ρυθμός ροής του διηθήματος [ $\text{kg/m}^2 \text{ sec}$  ή  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{sec}$ ]

$A_m$ : η επιφάνεια της μεμβράνης [ $\text{m}^2$ ]

$dm/dt$ : η ποσότητα του διηθήματος που περνά διαμέσου της μεμβράνης στη μονάδα του χρόνου [ $\text{kg/sec}$  ή  $\text{m}^3/\text{sec}$ ]

- *Κατακράτηση/Απόρριψη* (Retention/rejection): Η χαρακτηριστική δυνατότητα της μεμβράνης να κατακρατεί (απορρίπτει) διαλυτά συστατικά.
- *Συντελεστής κατακράτησης/Απόρριψης* (Retention/Rejection coefficient): Η ποσοτική έκφραση της χαρακτηριστικής αυτής ικανότητας της μεμβράνης, όταν λειτουργεί κάτω από καθορισμένες συνθήκες. Ορίζεται ως η ποσότητα των διαλυμένων ουσιών που κατακρατούνται από τη μεμβράνη ως ποσοστό της ποσότητας τους στην τροφοδοσία, δηλαδή:

$$R=1- \frac{C_p}{C_f}$$

όπου

R: ο συντελεστής κατακράτησης/ απόρριψης

$C_p$ : η συγκέντρωση των διαλ. ουσιών στο διήθημα [ $\text{kg/m}^3$ ]

$C_f$ : η συγκέντρωση των διαλ. ουσιών στην τροφοδοσία [ $\text{kg/m}^3$ ]

- *Υδραυλική πίεση στη μεμβράνη* (Transmembrane pressure - TMP): Στην πράξη υπολογίζεται ως μια μέση τιμή πίεσεως ανάμεσα στην είσοδο και την έξοδο της μεμβράνης.
- *Μοριακό όριο διαχωρισμού μεμβράνης* (Molecular weight cut-off, MWCO): το μοριακό βάρος τυπικών διαλυτών (πολυαιθυλενογλυκόλη ή δεξτράνες) που απορρίπτονται σε ποσοστό 90% από τη μεμβράνη [25,27].

### **1.4.3. Εφαρμογές διήθησης μέσω μεμβρανών στη βιομηχανία χρωμάτων**

Στη βιομηχανία χρωμάτων η διήθηση μέσω μεμβρανών βρίσκει διάφορες εφαρμογές, η σπουδαιότερη εκ των οποίων είναι η αφαλάτωση και η συμπύκνωση του χρώματος που παράγεται. Αυτή η εφαρμογή αφορά κυρίως τα αντιδρώντα χρώματα και σε μικρότερο βαθμό τα απευθείας βάφοντα χρώματα.

Τα αντιδρώντα χρώματα αποτελούν μία τάξη έγχρωμων οργανικών ουσιών, οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως για τη βαφή υφασμάτων. Οι πωλήσεις των αντιδρώντων χρωμάτων ανέρχονται στο 20-30 % των συνολικών πωλήσεων χρωμάτων βαφής, γιατί χρησιμοποιούνται ευρέως στη βαφή ινών βαμβακιού, οι οποίες είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες ίνες.

Γενικά τα αντιδρώντα χρώματα παράγονται μέσω της χημικής σύνθεσης. Κατά τη διεργασία της σύνθεσης παράγονται άλατα και μικρού μοριακού βάρους ενδιάμεσα προϊόντα, τα οποία μειώνουν τη καθαρότητα των παραγόμενων χρωμάτων και πρέπει να απομακρυνθούν πριν τη τελική ξήρανση του χρώματος. Για το σκοπό αυτό τα αντιδρώντα χρώματα καταβυθίζονται σε υδατικό διάλυμα με τη χρήση διαφόρων αλάτων. Ωστόσο αυτή η τεχνική οδηγεί συνήθως σε χαμηλής καθαρότητας τελικά προϊόντα, τα οποία περιέχουν ως και 30% αλάτι. Επίσης, υπάρχει σημαντική απώλεια σε χρώμα, συνήθως άνω του 50%, εξαιτίας της σχετικά υψηλής διαλυτότητας των χρωμάτων αντίδρασης στο νερό. Επιπρόσθετα, η συμβατική μέθοδος παρασκευής χρωμάτων λαμβάνει χώρα σε διαφορετικά λουτρά, κάτι που προκαλεί ανακολουθία στην ποιότητα του προϊόντος.

Επίσης, σχετικά μεγάλες ποσότητες απόνερων παράγονται από τη συμβατική μέθοδο παρασκευής χρωμάτων αντίδρασης. Παρόλο που η σύσταση των απόνερων μπορεί να διαφέρει σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση, αυτά χαρακτηρίζονται, σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, από έντονο χρώμα και υψηλή συγκέντρωση σε άλατα. Η κατεργασία αυτών των απόνερων περιλαμβάνει προσρόφηση, συσσωμάτωση, βιοδιάσπαση, χημική διάσπαση και φωτοδιάσπαση. Εξαιτίας της αρκετά ρυπασμένης φύσης των απόνερων, τέτοιες συμβατικές μέθοδοι κατεργασίας απόνερων συχνά αποτυγχάνουν να ανταποκριθούν στις αυστηρές περιβαλλοντικές προδιαγραφές που αφορούν τη διαχείριση αποβλήτων. Στη βιομηχανία των αντιδρώντων χρωμάτων



υπάρχει συνεχής έρευνα για την εξεύρεση διεργασιών χαμηλότερης ενεργειακής κατανάλωσης, χωρίς την προσθήκη χημικών προσθέτων. Επίσης, είναι επιθυμητή η χρησιμοποίηση των διεργασιών σε διάφορες κλίμακες, καθώς και η ανάκτηση και η επαναχρησιμοποίηση των προϊόντων που παράγονται. Στην επίτευξη αυτών των στόχων έχει συμβάλει σημαντικά η τεχνολογία μεμβρανών, κυρίως κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών. Πιο συγκεκριμένα στη βιομηχανία των αντιδρώντων χρωμάτων η τεχνολογία των μεμβρανών συμβάλλει στη βελτίωση του τελικού προϊόντος πριν τη ξήρανσή του, μέσω της αφαλάτωσης που επιτυγχάνεται. Επίσης, με τη χρησιμοποίηση της τεχνολογίας μεμβρανών επιτυγχάνεται η συμπύκνωση του χρώματος, καθώς και η αποτελεσματικότερη και οικονομικότερη διαχείριση των αποβλήτων που προέρχονται από την παραγωγή των χρωμάτων.

Η παρασκευή των χρωμάτων αντίδρασης με τη χρησιμοποίηση της τεχνολογίας μεμβρανών περιλαμβάνει τα εξής στάδια : χημική σύνθεση, διήθηση και συμπύκνωση με τη χρησιμοποίηση μεμβρανών, ξήρανση και συσκευαστική διαδικασία. Η διήθηση περιλαμβάνει την προσθήκη νερού στην τροφοδοσία , το οποίο διέρχεται μέσω της μεμβράνης υπό καθορισμένη πίεση λειτουργίας, απομακρύνοντας άλατα και διάφορες ακαθαρσίες. Αυτή η διεργασία χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του χρώματος μέσω της απομάκρυνσης των αλάτων και των υπολειπόμενων προϊόντων χαμηλού μοριακού βάρους από τη χημική σύνθεση. Η ποσότητα του νερού που προστίθεται εξαρτάται από το επίπεδο της επιθυμητής ποιότητας του τελικού προϊόντος. Όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο της επιθυμητής ποιότητας του τελικού προϊόντος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του νερού που προστίθεται στο σύστημα. Στο στάδιο της συμπύκνωσης απομακρύνεται νερό μέσω της πίεσης, που είναι η κινητήριος δύναμη, και έτσι το αντιδρών χρώμα συμπυκνώνεται.

Εκτός από αυτή τη διεργασία χρησιμοποιείται και η διεργασία υπερδιήθησης δύο σταδίων. Στο πρώτο στάδιο λαμβάνει χώρα η διήθηση και η συμπύκνωση του διαλύματος χρώματος, όπως συμβαίνει και στην παραπάνω διεργασία. Στο δεύτερο στάδιο ανακτάται το χρώμα από το υδατικό διάλυμα του αποβλήτου της διήθησης του πρώτου σταδίου. Το συμπύκνωμα του δεύτερου σταδίου, το οποίο χαρακτηρίζεται από χαμηλή συγκέντρωση χρώματος, ανακυκλώνεται, επιστρέφοντας πίσω στη διήθηση του πρώτου σταδίου, ενώ το απόβλητο του δεύτερου σταδίου απορρίπτεται ή μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για χημική σύνθεση.

### 1.5. ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΟΡΑΤΟΥ-ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ (UV-Vis)

Οι Bamberger και Bordt παρατήρησαν το 1889 ότι το φάσμα διαλύματος μιας έγχρωμης ουσίας είναι χαρακτηριστικό της χημικής της δομής. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη διαλυτότητα των χρωστικών σε έναν ή περισσότερους διαλύτες. Μετράται η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από το διάλυμα σε εύρος μήκους κύματος 200-800nm. Το φάσμα που προκύπτει είναι φάσμα απορροφήσεως και απεικονίζει την απορρόφηση ως συνάρτηση του μήκους κύματος. Η ταυτοποίηση πραγματοποιείται συγκρίνοντας την πειραματική φασματική καμπύλη με πρότυπες καμπύλες χρωστικών. Ο απαιτούμενος χρόνος ανάλυσης είναι μικρός όπως επίσης και η απαιτούμενη ποσότητα δείγματος.

Τα φωτόμετρα αυτού του τύπου λειτουργούν με τέτοιο τρόπο, ώστε να μετρούν την απορρόφηση ή τη διαπερατότητα του φωτός με τη βοήθεια φίλτρων, πρισμάτων ή φραγμάτων (μονοχρωμάτορες). Αυτά επιτρέπουν τη δίοδο ορισμένου μ.κ. και καταγράφουν αφενός το φως που διαπερνά το δείγμα και αφετέρου το φως που απορροφάται από αυτό. Η φωτεινή πηγή είναι λάμπα αλογόνου και βολφραμίου για το ορατό φως και δευτερίου για το υπεριώδες. Ο ανιχνευτής της δέσμης του φωτός μπορεί να είναι φωτοκύτταρο, φωτοδίοδος ή φωτοπολλαπλασιαστής. Τα φασματοφωτόμετρα ορατού είναι κατάλληλα για τη μέτρηση χρώματος μόνο σε διαφανή υλικά ή υγρά.

Παρακάτω στο σχήμα 4 δίνεται η σχηματική διάταξη φασματοφωτομέτρου απορρόφησης διπλής δέσμης.



Σχήμα 4: Διάταξη φασματοφωτομέτρου απορρόφησης διπλής δέσμης

### 1.5.1. Μέτρηση απορρόφησης-διαπερατότητας (Νόμος Lambert-Beer)

Η συγκέντρωση (ποσότητα) μιας χρωστικής σε διάλυμα, π.χ. λουτρό βαφής ή και σε διαφανές υλικό π.χ. φιλμ, προσδιορίζεται με βάση το νόμο των Lambert-Beer:

$$I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon cd} \quad \text{ή} \quad \log I_0 / I = A = \epsilon cd$$

όπου  $I$ , η ένταση διερχόμενης ακτινοβολίας

$I_0$ , η ένταση προσπίπτουσας ακτινοβολίας

$c$ , η συγκέντρωση του διαλύματος σε mol/L

$d$ , το πάχος του διαλύματος όπου διέρχεται η ακτινοβολία σε cm

$\epsilon$ , ο συντελεστής μοριακής απόσβεσης σε L/mol·cm, για ορισμένο μήκος κύματος ( $\lambda_{\max}$ ), και αποτελεί χαρακτηριστική σταθερά κάθε ένωσης.

Το  $A$  καλείται **οπτική πυκνότητα (Optical Density)** ή **απορρόφηση (Absorbance)** και δίνεται απευθείας από το φασματοφωτόμετρο.

Ο νόμος αυτός ισχύει για μονοχρωματική ακτινοβολία σε διαλύματα μικρών συγκεντρώσεων, και για μεγέθη μορίων που δεν σκεδάζουν το φως, εφόσον δεν υφίσταται σύζευξη της διαλυμένης ουσίας με το διαλύτη. Συνεπώς, γνωρίζοντας το  $\epsilon$  ενός χρώματος μπορεί να υπολογιστεί η συγκέντρωσή του στο διάλυμα και αφαιρώντας την ποσότητα του χρώματος, που έμεινε στο λουτρό βαφής από την αρχική του ποσότητα μπορεί να προσδιοριστεί έμμεσα η ποσότητα του χρώματος, που προσροφήθηκε από το δείγμα (ύφασμα) κατά τη βαφή.

Σύμφωνα με το νόμο των Lambert-Beer η συγκέντρωση μιας ουσίας σε ένα διάλυμα είναι ανάλογη της απορρόφησης  $A$ , που εμφανίζει το διάλυμα για ορισμένο πάχος  $d$  της στοιβάδας, από την οποία διέρχεται το φως και σε ορισμένο μήκος κύματος (χρησιμοποιείται το  $\lambda_{\max}$ ). Έτσι είναι δυνατό να προσδιοριστεί η συγκέντρωση του χρώματος σε ένα άγνωστο διάλυμα με βάση τη καμπύλη αναφοράς, η οποία γίνεται με μια σειρά προτύπων διαλυμάτων του χρώματος γνωστής συγκέντρωσης στον ίδιο διαλύτη.

Είναι γνωστό ότι στα διαφανή υλικά η διερχόμενη και όχι η απορροφούμενη ακτινοβολία δημιουργεί την αίσθηση του χρώματος, με την προϋπόθεση βέβαια να μην υπάρχει σκέδαση του φωτός από το υλικό. Το φασματοφωτόμετρο μετράει είτε

την απορρόφηση, είτε τη διαπερατότητα και με βάση την εξίσωση που καθορίζει τη σχέση μεταξύ απορρόφησης και διαπερατότητας ( $A = \log I/T$ ), μπορούμε να μετατρέψουμε τη μια στην άλλη [1,30-36].

## 1.6.ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΟ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται άμεσα η ποσότητα του προσροφημένου χρώματος στο βαμμένο υπόστρωμα (ύφασμα ή ίνες). Όταν το φως προσπίπτει επάνω στο βαμμένο δείγμα, εκτρέπεται από την ευθύγραμμη διάδοση του και σκεδάζεται (αλλάζει διεύθυνση), ανακλάται και/ή απορροφάται. Η σχέση μεταξύ της ποσότητας του ανακλώμενου και της συγκέντρωσης  $C$  του χρώματος στο υπόστρωμα δίνεται από την εξίσωση **Kubelka – Munk** [37-39]:

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

όπου  $K$ , ο συντελεστής απορρόφησης που εξαρτάται από τη ποσότητα του χρώματος

$S$ , ο συντελεστής σκέδασης που εξαρτάται από το υπόστρωμα

$R\%$ , η ανάκλαση

$a$ , σταθερά που εξαρτάται από το χρώμα, το μήκος κύματος και το υπόστρωμα

$c$ , η συγκέντρωση της χρωστικής(% κ.β.) στο υπόστρωμα

Το φασματοφωτόμετρο ανάκλασης, καταγράφει την εκατοστιαία ανάκλαση ( $\%R$ ) μονοχρωματικής δέσμης μεταβαλλόμενου μήκους κύματος σε όλη την περιοχή του ορατού φάσματος (400-700nm) ως προς την πρότυπη λευκή επιφάνεια του οργάνου.

Η καμπύλη ανάκλασης ενός βαμμένου υποστρώματος, όπως και η καμπύλη αναφοράς είναι χαρακτηριστική του χρώματος.

Η εξίσωση Kubelka-Munk εφαρμόζεται για το μήκος κύματος της μέγιστης απορρόφησης του χρώματος. Σύμφωνα με το νόμο αυτό η ποσότητα  $K/S$  είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση του χρώματος στο υπόστρωμα. Έτσι είναι δυνατόν να

προσδιοριστεί η άγνωστη συγκέντρωση του χρώματος σε βαμμένο υπόστρωμα με βάση μια καμπύλη αναφοράς, που γίνεται από μετρήσεις της ανάκλασης στο  $\lambda_{\max}$  του χρώματος μιας σειράς προτύπων βαμμένων δειγμάτων γνωστής συγκέντρωσης. Από τις αντίστοιχες ενδείξεις R% του φασματοφωτόμετρου, υπολογίζονται οι τιμές K/S και στη συνέχεια κατασκευάζεται η καμπύλη αναφοράς. Η καμπύλη αυτή ισχύει για τον υπολογισμό της άγνωστης συγκέντρωσης c, μόνο στην περιοχή γραμμικής εξάρτησης του K/S με τη συγκέντρωση του c [40].

### **1.6.1.Στοιχεία χαρακτηρισμού του χρώματος**

Η εμφάνιση του χρώματος ενός διαλύματος ή ενός αντικειμένου απαιτεί από φυσική άποψη την ύπαρξη:

α) μιας φωτεινής πηγής

β) του αντικειμένου

γ) του παρατηρητή, ο οποίος θα προσλάβει και θα επεξεργαστεί (με το μάτι και τον εγκέφαλο του ο άνθρωπος, με έναν ανιχνευτή και ηλεκτρονικά στην περίπτωση ενός φασματοφωτόμετρου) την ανακλώμενη ακτινοβολία [41].

Η υποκειμενική αίσθηση ενός χρώματος επιχειρήθηκε να εξηγηθεί με δύο θεωρίες, τη θεωρία του Young και τη θεωρία του Hering.

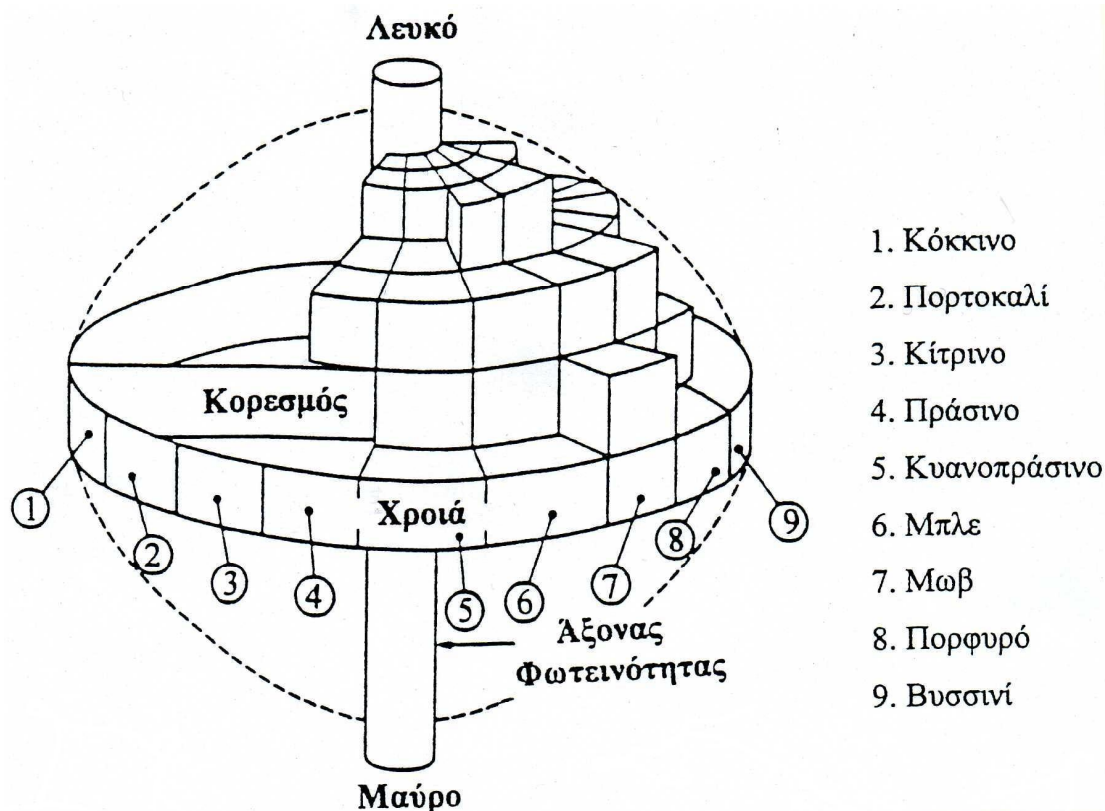
Σύμφωνα με την τριχρωματική θεωρία του Young η αντίληψη του χρώματος επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός πολύπλοκου συστήματος, που περιλαμβάνει το μάτι, το νευρικό σύστημα και τον εγκέφαλο. Το μάτι βλέπει το αντικείμενο, εστιάζει την εικόνα στον αμφιβληστροειδή και τη στέλνει διαμέσου του οπτικού νεύρου στον εγκέφαλο. Στον αμφιβληστροειδή υπάρχουν ειδικά κύτταρα, τα ραβδία και τα κωνία, που δρουν ως ανιχνευτές φωτός. Τα ραβδία είναι πολύ ευαίσθητα σε πολύ μικρές ποσότητες φωτός, μας επιτρέπουν να βλέπουμε στο σκοτάδι, αλλά δε συμμετέχουν στην αντίληψη του χρώματος. Αντίθετα τα κωνία είναι ευαίσθητα στο πράσινο, κόκκινο και μπλε χρώμα [41-43].

Σύμφωνα με τη θεωρία των αντίθετων χρωμάτων του Hering, οι αποδέκτες της ακτινοβολίας στον εγκέφαλο είναι οργανωμένοι σε ζεύγη συμπληρωματικών

χρωμάτων: άσπρο/ μαύρο, κόκκινο/ πράσινο, κίτρινο/ μπλε, έτσι ώστε ο κάθε υποδοχέας να δίνει απάντηση μόνο για ένα από τα χρώματα του κάθε ζεύγους και ποτέ συγχρόνως και για τα δύο [41].

Ο πλήρης χαρακτηρισμός ενός χρώματος, προκύπτει από τη συμβολή τριών ιδιοτήτων:

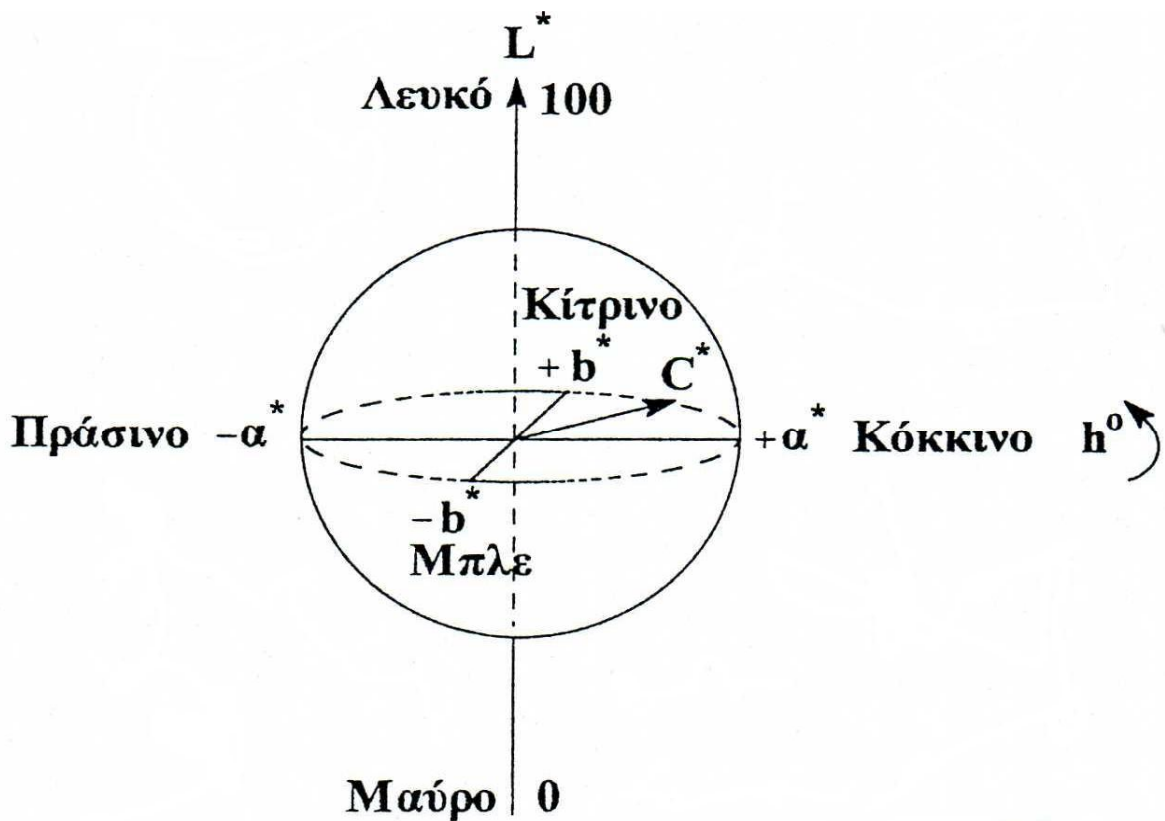
- i. Τη χροιά (hue), που αναφέρεται κοινώς σε ένα χρώμα π.χ. κίτρινο, κόκκινο κ.λ.π.
- ii. Τη φωτεινότητα (Lightness), που χαρακτηρίζει ένα χρώμα ως φωτεινό ή σκοτεινό και διακρίνει το λευκό από το γκρι και το μαύρο, π.χ. φωτεινό ή σκούρο κόκκινο και
- iii. Τον κορεσμό (Chroma ή Saturation), που φανερώνει την προσέγγιση της έντασης (καθαρότητας, δύναμης) του χρώματος προς το αντίστοιχο χρώμα του φάσματος, π.χ. ανοιχτό ή ζωνρό (έντονο) κόκκινο [37].



*Σχήμα 5: Τρισδιάστατη παράσταση των χρωμάτων με τη βοήθεια των τριών ιδιοτήτων τους, δηλαδή της χροιάς, της φωτεινότητας και του κορεσμού*

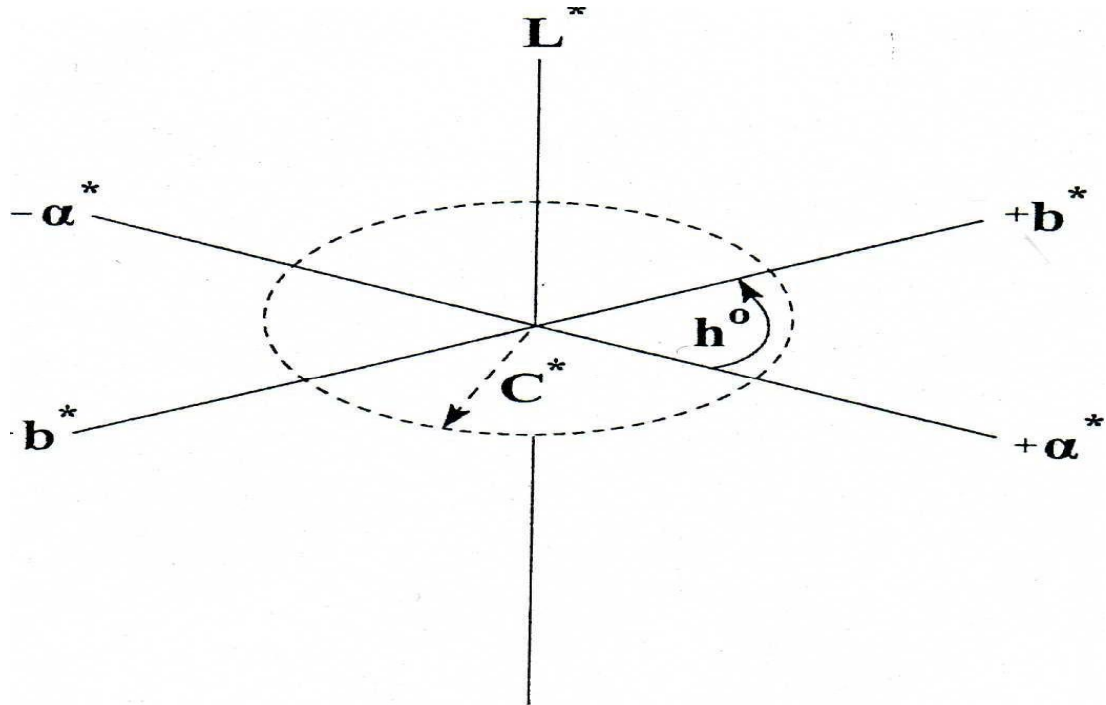
Για την ακριβή περιγραφή των χρωμάτων αναπτύχθηκαν διάφορα συστήματα-μοντέλα. Το σύστημα CIELAB (1976) είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο. Ο χρωματικός χώρος CIELAB μοιάζει με σφαίρα μέσα στην οποία μπορεί να τοποθετηθεί κάθε χρώμα (Σχήμα 6) [42].

Έτσι, όλα τα χρώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε ένα τρισδιάστατο χρωματικό χώρο, που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, όπου η χροιά  $h^{\circ}$  και ο κορεσμός  $C^*$  βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και κάθετα σε αυτό είναι ο άξονας της φωτεινότητας  $L^*$  (μαύρο-λευκό), ο οποίος βαθμολογείται σε μονάδες 0(μαύρο)- 100(λευκό). Ο κορεσμός σε αυτόν τον άξονα έχει τιμή μηδέν και αυξάνεται προς την περιφέρεια.



Σχήμα 6: Τρισδιάστατη παρουσίαση των χρωμάτων στο σύστημα CIELAB

Στο σύστημα αυτό κάθε χρώμα περιγράφεται από τις **καρτεσιανές**  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ή από τις **κυλινδρικές συντεταγμένες**  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h^0$  [43].



**Σχήμα 7: Καρτεσιανές και κυλινδρικές συντεταγμένες του χρωματικού χώρου CIELAB**

Ο κορεσμός χρώματος αποδίδεται από το μέγεθος της αντίστοιχης πολικής ακτίνας  $C^*$  και η χροιά από τη γωνία  $h^0$ , που σχηματίζει ο  $\pi$  καρτεσιανός άξονας  $a^*$  με την πολική ακτίνα  $C^*$ , και η τιμή τους δίνεται από τις σχέσεις:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$h^0 = \text{τοξ } \varepsilon\varphi(b^*/a^*) = 1/\varepsilon\varphi(b^*/a^*)$$

Η γωνία  $h^0$ , εκφράζεται σε μια κλίμακα 0-360<sup>0</sup> [ $a^*(+)=0^0$ ,  $a^*(-)=180^0$ ,  $b^*(+)=90^0$ ,  $b^*(-)=270^0$ ] και μετριέται με κατεύθυνση αντίθετη από τη φορά των δεικτών του ρολογιού [41,43-44].



## 1.7.ΜΕΛΑΝΕΣ

### 1.7.1.Συσταση μελανών

Η βασική σύσταση των υδατογενών μελανών είναι η ακόλουθη:

- 70-80% v/v Νερό απιονισμένο
- 20-30% v/v Οργανικό Διαλύτη
- Χρωστική / Πιγμέντο w/v μέχρι και 10%
- 1-1,5% v/v ή w/v Πρόσθετα (παράγοντες διαβροχής, αντιαφριστικά)

Ο διαλύτης είναι συνήθως μια αλκοόλη μικρού μοριακού βάρους, ώστε να επιτευχθεί μερική διάλυση των μη υδατοδιαλυτών χρωστικών. Χρησιμοποιούνται συνήθως αλκοόλες που αναμειγνύονται πλήρως με το νερό. Η επιλογή των σωστών διαλυτών αποτρέπει τη δημιουργία διαβρωτικών μελανών, οι οποίες επιδρούν στα ελαστομερή ή στα άκαμπτα πλαστικά μέρη του εκτυπωτή.

Οι χρωστικές που χρησιμοποιούνται ανήκουν στις συνήθεις κατηγορίες ανάλογα με το προς εκτύπωση υπόστρωμα. [45]

Οι μελάνες εκτύπωσης έχουν σημαντικό ρόλο στη ψηφιακή εκτύπωση. Οι χρωστικές θα πρέπει να έχουν μεγάλη ένταση και κορεσμό, ώστε να επιτυγχάνεται μεγάλο χρωματικό εύρος (gamut) και ένταση χρώματος με όσο το δυνατό μικρότερη ποσότητα χρωστικής ή χρωστικών. Επίσης, όσο καλύτερης ποιότητας είναι οι μελάνες που χρησιμοποιούνται, τόσο καλύτερη είναι η ανάλυση της εικόνας του υφάσματος, αλλά και η διάρκεια ζωής της εκτυπωτικής κεφαλής.

Ακόμα μια σημαντική παράμετρος που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι το αποτέλεσμα της εκτύπωσης πρέπει να είναι ανθεκτικό χωρίς να απαιτούνται μετακατεργασίες για λόγους οικονομίας, αλλά και για συντόμευση της διαδικασίας. Οι μελάνες θα πρέπει να είναι υψηλής καθαρότητας, ώστε να αποκλείονται επικαθήσεις ή επιρυπάνσεις που πιθανόν να δημιουργήσουν κηλίδες και ανωμαλίες στην εκτυπωμένη επιφάνεια. Με τη χρήση πολύ καθαρών συστατικών αποφεύγεται η εμπλοκή και η απόφραξη των ακροφυσίων του εκτυπωτή [53-55].

Συνοψίζοντας για να γίνει η εκτύπωση θα πρέπει:

- Η μελάνη να αποτελείται από σωματίδια ορισμένης διαμέτρου, ώστε να μην συσσωματώνονται, ούτε να επικάθονται μεταξύ τους.
- Το μέγεθος να είναι κατά μέσο όρο 0,5μm και με κατανομή που εξασφαλίζει ότι το 99% του κλάσματος είναι μικρότερο του 1μm για να μη μπλοκάρουν τα ακροφύσια.
- Να επιτυγχάνεται πλήρης αντίδραση/ σταθεροποίηση των χρωστικών των όξινων, διασποράς και αντίδρασης μελανών, πριν το στάδιο της θερμικής σταθεροποίησης γιατί μπορεί να υπάρχουν αλλοιώσεις στη χροιά.

Στη συγκεκριμένη διατριβή παρασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν μελάνες από απευθείας βάφοντα χρώματα.

### ***1.7.2.Ιδιότητες Μελάνης***

Η επιλογή της βέλτιστης συνταγής σε μια μελάνη γίνεται με βάση κάποια κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά είναι η αντοχή της μελάνης στο χρόνο, η εκτυπωτική ικανότητα, η ευκολία παρασκευής αλλά και οι φυσικοχημικές ιδιότητες, οι οποίες αποτελούν τις βασικές ιδιότητες της μελάνης και παίζουν σημαντικό ρόλο για να γίνει η εκτύπωση [56-59].

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες, οι οποίες χαρακτηρίζουν μια μελάνη είναι το pH, η επιφανειακή τάση, το ιξώδες, η αγωγιμότητα και η κατανομή μεγέθους των σωματιδίων. Παρακάτω θα γίνει μια εκτενέστερη περιγραφή των φυσικοχημικών ιδιοτήτων της μελάνης με την αρχή λειτουργίας της κάθε μεθόδου μέτρησης καθώς και με τον τρόπο που επηρεάζει η μεταβολή της συγκεκριμένης ιδιότητας τη σύσταση της μελάνης. Τα αποδεκτά όρια που πρέπει να έχει μια μελάνη ώστε να μπορεί να εκτυπώσει δίνονται στον Πίνακα 2 [60-68].

**Πίνακας 2:** Αποδεκτά όρια της μελάνης για ψηφιακή εκτύπωση

<b>Παράμετρος</b>	<b>Αποδεκτά όρια</b>
pH	6-8
Επιφανειακή Τάση (mN/m)	30-60
Ιξώδες (cps)	2-3
Αγωγιμότητα (μS/cm)	<6000
Μέγεθος σωματιδίων	<0,5

Η σταθερότητα μιας μελάνης αξιολογείται με μέτρηση αυτών των ιδιοτήτων συναρτήσει του χρόνου [62,65]. Μια μελάνη θεωρείται ικανοποιητική όταν διατηρείται σταθερή για περίπου 1 χρόνο.

#### **1.7.2.1.pH**

Τα ιόντα που υπάρχουν στο σύνολο της μελάνης προέρχονται κυρίως από τα συστατικά της μελάνης και ιδιαίτερα από το νερό που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία αλλά και από τις διάφορες ενώσεις που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα και έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια της μελάνης, όπως το διοξείδιο του άνθρακα που διαλύεται στην υδατική φάση.

Το pH θα πρέπει να βρίσκεται στην περιοχή 6-8, δηλαδή από ελαφρώς όξινο μέχρι ελαφρώς αλκαλικό, ώστε να αποφεύγονται οι οξειδωτικές δράσεις μέσα στην εκτυπωτική κεφαλή [69,70].

Η μέτρηση του pH γίνεται με ηλεκτρόδιο ύαλου σε συνδυασμό με ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς.

### 1.7.2.2.Επιφανειακή Τάση

Ως διεπιφάνεια ορίζεται το όριο ανάμεσα σε δύο μη αναμειγνύομενες φάσεις. Τα αέρια αναμειγνύονται πλήρως σε κάθε αναλογία, επομένως μία μόνο αέρια φάση μπορεί να υφίσταται σε ένα σύνθετο σύστημα. Αντιθέτως οι υγρές και οι στερεές φάσεις μπορεί να είναι περισσότερες από μία. Ωστόσο έχει επικρατήσει να ορίζεται ως επιφάνεια το όριο ανάμεσα σε ένα υγρό και τον αέρα ενώ ως διεπιφάνεια χαρακτηρίζεται το όριο ανάμεσα σε δύο φάσεις όπως υγρό-υγρό, στερεό-υγρό, στερεό-στερεό. Η επιφανειακή τάση συνδέεται με την ελεύθερη επιφανειακή ενέργεια με την εξής σχέση:

$$E=\gamma A$$

όπου E, η ελεύθερη επιφανειακή ενέργεια,

$\gamma$ , ο συντελεστής επιφανειακής τάσης

A, η μονάδα επιφάνειας

Η τιμή της επιφανειακής τάσης δίνεται σε dyn/cm ή σε mN/m.

Η μέτρηση της επιφανειακής τάσης γίνεται με τις εξής μεθόδους:

#### 1. Ring Method (μέθοδος του δακτυλίου)

Έγινε γνωστή από τον Lecompte du Nouy το 1919. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

1. Εύκολη στο χειρισμό
2. Σύντομη
3. Αρκετά ακριβής
4. Μικρή επίδραση της γωνίας διαβροχής
5. Δίνει επιπλέον πληροφορίες για τη μορφή της καμπύλης

Ένας δακτύλιος από πλατίνα (επιλέγεται αυτό το υλικό γιατί εμφανίζει καλή διαβροχή, χημική αντίσταση, σταθερότητα έναντι της θερμοκρασίας, μεγάλη

μηχανική σταθερότητα) κατεβαίνει οριζόντια και βυθίζεται μέσα στο υγρό του οποίου την επιφανειακή τάση θέλουμε να υπολογίσουμε. Κατόπιν ανεβαίνει στην επιφάνεια μέχρι να σχηματιστεί μία μεμβράνη πάνω από την επιφάνεια χωρίς όμως να σπάσει. Σε αυτό το σημείο μετράται και η δύναμη που θέλουμε [71-73].

## **2. Loop method**

Μέθοδος παρόμοια με την προηγούμενη με τη διαφορά ότι αντί για δακτύλιο, ένα πλατινένιο σύρμα σε σχήμα ορθογωνίου, βυθίζεται μέσα στο υγρό του οποίου θέλουμε να υπολογίσουμε την επιφανειακή τάση. Η μέθοδος αυτή είναι πιο γνωστή στη Γαλλία [71,73].

## **3. Plate method (Μέθοδος του πλακιδίου του Wilhelmy)**

Η μέθοδος ανακαλύφθηκε από τον Wilhelmy το 1863 ωστόσο όμως έγινε γνωστή τα τελευταία 40 χρόνια. Ως μέθοδος έχει πολλά κοινά με την προηγούμενη, με το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζονται διορθώσεις. Και σε αυτήν την περίπτωση η πλακέτα που είναι από πλατίνα (ή γυαλί) βυθίζεται αργά μέσα στο υγρό και μετά ανεβαίνει στην επιφάνεια όπου και μετράται η επιφανειακή τάση [71,73].

Με τις παραπάνω τεχνικές μετράται και η διεπιφανειακή τάση  $\gamma$ , ανάμεσα σε νερό και οργανικό διαλύτη.

Η μέτρηση της επιφανειακής τάσης στην παρούσα εργασία έγινε με αυτή τη συγκεκριμένη μέθοδο.

## **4. Pendant Drop (Μέθοδος της κρεμάμενης σταγόνας)**

Λόγω της βαρύτητας η σταγόνα επιμηκύνεται και με τη βοήθεια των αντίστοιχων πινάκων που υπάρχουν υπολογίζεται η επιφανειακή τάση [71-73].

*Η επιφανειακή τάση αποτελεί μία σημαντική ιδιότητα των μελανών, παρ' όλα αυτά δεν ήταν δυνατή η πειραματική μελέτη της στην παρούσα διατριβή.*

### **1.7.2.3.Ιξώδες**

Το ιξώδες είναι ένα μέτρο της αντίστασης που προβάλλει ένα ρευστό στη διατμητική παραμόρφωση, δηλαδή η μέτρηση του λόγου μεταξύ της εφαρμοζόμενης διατμητικής δύναμης και του ρυθμού ροής του ρευστού. Το ιξώδες συμβολίζεται με το ελληνικό γράμμα ( $\eta$ ).

Η αρχική μονάδα μέτρησης του ιξώδους ήταν βασισμένη στο σύστημα cgs, όπου η μονάδα μέτρησης του ιξώδους ήταν  $\text{dyne}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ . Αυτή η μονάδα, ορίζεται ως ένα poise (πούάζ) και συμβολίζεται με το γράμμα P. Σύμφωνα με το σύστημα SI, το ιξώδες δίνεται σε όρους  $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ , ή εφόσον ένα pascal είναι ίσο με  $\text{N}/\text{m}^2$ , το ιξώδες αναφέρεται ως Pa·s. Αφού  $1 \text{ Pa}\cdot\text{s}=10 \text{ P}$ , η μετατροπή των δεδομένων ιξώδους από το ένα σύστημα στο άλλο γίνεται απευθείας.

Ανάλογα με τη ρεολογική τους συμπεριφορά τα ρευστά μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες στα Νευτώνεια και τα μη Νευτώνεια.

Νευτώνεια είναι τα ρευστά στα οποία το ιξώδες παραμένει αμετάβλητο, ανεξάρτητα από την εφαρμοζόμενη διατμητική τάση. Ελάχιστα υγρά έχουν αυτή τη συμπεριφορά, παρόλο που το νερό και τα περισσότερα έλαια βαθμονόμησης των ιξωδομέτρων συμπεριφέρονται με αυτό τον τρόπο. Για τα Νευτώνεια υγρά η δύναμη ιξώδους δίνεται από τη σχέση:

$$F_u = \eta S dU/dx$$

όπου  $F_u$ , η δύναμη του ιξώδους (τριβή)

$\eta$ , ο συντελεστής ιξώδους του υγρού

$S$ , η κοινή επιφάνεια των θεωρούμενων στρωμάτων στα οποία εμφανίζεται η δύναμη ιξώδους ή διατμητική τάση

$dU/dx$ , η βαθμίδα της ταχύτητας.

Μη Νευτώνεια υγρά είναι τα υγρά των οποίων το ιξώδες επηρεάζεται από την εφαρμοζόμενη διατμητική τάση. Ανάλογα με το αν το ιξώδες μειώνεται ή αυξάνεται με την αύξηση της εφαρμοζόμενης διατμητικής τάσης διακρίνονται στα:

- Ψευδοπλαστικά
- Διασταλτικά
- Πλαστικά Bingham

Όταν υπάρχει εξάρτηση από το χρόνο και από τη διατμητική τάση, τότε ονομάζονται θιξοτροπικά ρευστά.

Το ιξώδες δίνεται από την εξίσωση Einstein-Stokes, όπου ο συντελεστής ιξώδους εξαρτάται από τη συγκέντρωση των διαλυμένων σωματιδίων και δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = \eta_d(1 + KV)$$

όπου  $\eta_d$ , ο συντελεστής ιξώδους του διαλύτη

$K$ , σταθερά η οποία εξαρτάται από το μέγεθος και τον όγκο των διαλυμένων σωματιδίων

$V$ , ο όγκος της διαλυμένης φάσης.

Οι μελάνες αν και είναι αρκετά αραιά υδατικά συστήματα, θεωρούνται μη Νευτώνεια ρευστά λόγω της ύπαρξης επιφανειοδραστικών ενώσεων, αλλά και της παρουσίας του διαλύτη στη συνολική τους σύσταση.

Η μέτρηση του ιξώδους σε εργαστηριακό επίπεδο γίνεται με διάφορα είδη ιξωδομέτρων:

- Τα ιξωδόμετρα περιστροφής, στα οποία χρησιμοποιείται γνωστό χαρακτηριστικό γεωμετρικό σχήμα (σφαιρικό, κυλινδρικό, κωνικό, πλακιδίου ή συνδυασμού αυτών) με γνωστή ταχύτητα περιστροφής και γνωστή διατμητική τάση, μετράται η απόκριση του δείγματος.
- Τα ιξωδόμετρα κυπέλλου, στα οποία γνωστός όγκος δείγματος αφήνεται να αδειάσει και μετράται ο χρόνος απορροής. Βρίσκει εφαρμογή σε πολύ αραιές συγκέντρωσης δείγματα και η μέτρηση δεν είναι ακριβής.
- Τριχοειδείς σωλήνες ιξωδομετρίας [74-77].

Στην παρούσα διατριβή η μέτρηση του ιξώδους έγινε με ιξωδόμετρο περιστροφής.

#### 1.7.2.4.Αγωγιμότητα

Η αντίσταση ενός ηλεκτρολυτικού διαλύματος ορίζεται από τη σχέση:

$$R=\rho(l/A)$$

όπου  $l$ , η απόσταση μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων

$A$ , η διατομή του ηλεκτροδίου

$\rho$ , η ειδική αντίσταση η οποία είναι το αντίστροφο της αγωγιμότητας και δίνεται από τη σχέση:

$$\kappa=1/\rho=l/RA$$

όταν το  $l$  είναι σε cm, το  $A$  είναι  $\text{cm}^2$  και το  $R$  σε ohms ( $\Omega$ ),

οι μονάδες του  $\kappa$  είναι  $\Omega^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$  ή S/cm. Επιπλέον χρησιμοποιείται και το  $\mu\text{S/cm}$ .

Η αγωγιμότητα ορίζεται ως το μέτρο της ικανότητας ενός υλικού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Η μέτρηση της αγωγιμότητας δίνει το σύνολο της παρουσίας ιόντων σε ένα διάλυμα. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της αγωγιμότητας ενός δείγματος (μελάνης), τόσο λιγότερα ιόντα θα υπάρχουν στο δείγμα και επομένως θα είναι καλύτερο, γιατί θα είναι αρκετά λεπτόρρευστο, έτσι ώστε να μπορεί να περνάει από τα ακροφύσια κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης.

Η αγωγιμότητα ενός διαλύματος επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και τη σύσταση του συστήματος. Η θερμοκρασία επηρεάζει την κινητικότητα και τη διαλυτότητα των ηλεκτρολυτών. Επομένως, με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται και η αγωγιμότητα.

Πριν από κάθε μέτρηση είναι απαραίτητο να γίνεται η βαθμονόμηση του οργάνου με διάλυμα γνωστής αγωγιμότητας. Ανάλογα με την περιοχή που αναμένεται να



βρίσκεται η αγωγιμότητα των διαλυμάτων επιλέγεται και το κατάλληλο πρότυπο διάλυμα για τη βαθμονόμηση. Το συνηθέστερο πρότυπο διάλυμα είναι των 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$  [77].

## **1.8. ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ**

### ***1.8.1. Ιστορική αναδρομή***

Η ψηφιακή εκτύπωση μετρά λίγες δεκαετίες ύπαρξης και αποτελεί μια από τις πιο γρήγορα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες. Συγκρινόμενη με τις συμβατικές μεθόδους εκτύπωσης παράγει λιγότερα απόβλητα και απαιτεί μικρότερες ποσότητες ενέργειας και νερού. Επίσης όλη η ποσότητα του χρώματος προσροφάται πάνω στο ύφασμα και δεν υπάρχουν απόβλητα στο περιβάλλον [62,65,78-84]. Εμπορικά η πρώτη εφαρμογή της ψηφιακής εκτύπωσης έγινε σε χαλιά [72]. Άρχισε στη δεκαετία του 70 και από τότε υπήρξε ραγδαία ανάπτυξη [86-88].

Ενώ η συμβατική τύπωση παρουσιάζει ρυθμό ανάπτυξης 2% κάθε χρόνο η ψηφιακή εκτύπωση προς το παρόν αναπτύσσεται με ρυθμό 13% ετησίως και αναμένεται να φτάσει το 20% τα επόμενα χρόνια [89-91].

Σήμερα οι εφαρμογές της ψηφιακής εκτύπωσης βρίσκουν εφαρμογή σε ανδρικά και γυναικεία είδη ρουχισμού, σε αθλητικά είδη, σε είδη κολύμβησης και σε είδη οικιακής χρήσης όπως κουρτίνες και σεντόνια, σε σημαίες, σε T shirt και σε διαφημιστικά είδη [91].

Σύμφωνα με την έρευνα της Dupont [90], το βαμβακερό ύφασμα κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό στα εκτυπωμένα υφάσματα (48% της συνολικής παραγωγής), ακολουθούν τα σύμμεικτα βαμβάκι/ πολυεστέρα (19%), πολυεστέρας (15%) και βισκόζη (13%). Τα υπόλοιπα υφάσματα πολυαμιδικά, πολυακρυλικά μάλλινα και μεταξωτά παίζουν μικρότερο ρόλο. Οι περισσότεροι κατασκευαστές μηχανημάτων για ψηφιακή εκτύπωση κατευθύνονται στην απευθείας εκτύπωση όλων των τύπων, υφαντών και πλεκτών.

Στην απευθείας εκτύπωση στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται προκατεργασία των υφασμάτων, ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη απορρόφηση των χρωμάτων, ενώ στην

εκτύπωση με χρώματα θερμομεταφοράς (Sublimation, εξάχνωσης) δεν απαιτείται προκατεργασία.

Τα πλεονεκτήματα της υιοθέτησης της νέας αυτής τεχνολογίας στον τομέα εκτύπωσης των υφασμάτων είναι η μείωση του χρόνου και του κόστους παραγωγής των δειγμάτων. Τα χρώματα που χρησιμοποιούνται είναι απεριόριστα και η ποιότητα της εκτύπωσης είναι άριστη. Η ταχύτητα των εκτυπωτών έχει ξεπεράσει τα 150 μέτρα την ώρα με προοπτικές ταχύτατης εξέλιξης χρόνο με το χρόνο. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι μικρό, αφού η κατανάλωση της ενέργειας είναι ελάχιστη, δεν απαιτείται πολυάριθμο προσωπικό, ούτε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις και επιπλέον η μέθοδος είναι φιλική απέναντι στο περιβάλλον, αφού δεν δημιουργεί ή ελαχιστοποιεί τα απόβλητα. Έτσι το ενδιαφέρον για ψηφιακή εκτύπωση στον τομέα του υφάσματος γίνεται μεγαλύτερο [91,92].

Η ψηφιακή εκτύπωση είναι μια διαδικασία δημιουργίας τυπωμένων σχεδίων που σχεδιάζονται και παράγονται από ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή και μεταφέρονται με εκτύπωση πάνω σε χαρτί ή σε κάποιο άλλο υπόστρωμα. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει απ' ευθείας εκτύπωση ενός ψηφιακού σχεδίου από ένα σύστημα CAD (computer aided design), χωρίς τη χρησιμοποίηση τελάρων. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται περισσότερο σήμερα είναι η εκτύπωση με εκτυπωτές ink-jet. Όλες οι τεχνικές με ink-jet εκτυπωτές δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα, αλλά διαφέρει ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται η σταγόνα και η πορεία της πάνω στο ύφασμα.

Έτσι υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες μεθόδων εκτύπωσης η εκτύπωση συνεχούς ροής (Continuous ink-jet CIJ) και η εκτύπωση ροής κατα απαίτηση (Drop on Demand DOD). Και στις δυο τεχνικές χρησιμοποιείται μεγάλος αριθμός ακροφυσίων, διαμέτρου 10 έως 100μm, επιτρέποντας μια ανάλυση τουλάχιστον 720 dpi. Και οι δυο τεχνικές παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, τα οποία θα αναφερθούν παρακάτω [78,93,94].

### ***1.8.2. Εκτύπωση συνεχούς ροής(CIJ) [81-83]***

Στη μέθοδο συνεχούς ροής, οι σταγόνες παράγονται συνεχώς με μια συνεχόμενη ροή υπό πίεση μέσω τουλάχιστον ενός στομίου ή ακροφυσίου. Η ροή είναι διαταρασσόμενη, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σταγονίδια σε συγκεκριμένη

απόσταση από το στόμιο. Στο σημείο θραύσης, τα σταγονίδια φορτίζονται σε συμφωνία με τα σήματα των ψηφιακών δεδομένων και περνούν μέσω ενός ηλεκτροστατικού πεδίου που προσαρμόζει την τροχιά κάθε σταγονιδίου με σκοπό να το κατευθύνει σε ένα αυλάκι για ανακυκλοφόρηση ή σε μια ειδική θέση στο καταγραφικό μέσο. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει είναι η ακρίβεια καθώς γίνεται μια συνεχόμενη διεργασία, παρουσιάζει μεγάλες ταχύτητες που φτάνουν έως και 1000000 κύκλους το δευτερόλεπτο. Ωστόσο υπάρχουν και μειονεκτήματα, με κυριότερα το υψηλό κόστος του συστήματος και την πολυπλοκότητα. Επίσης, η απόφραξη των ακροφυσίων είναι ένα συχνό φαινόμενο επειδή είναι μικρότερης διαμέτρου και επομένως μπλοκάρουν ευκολότερα.

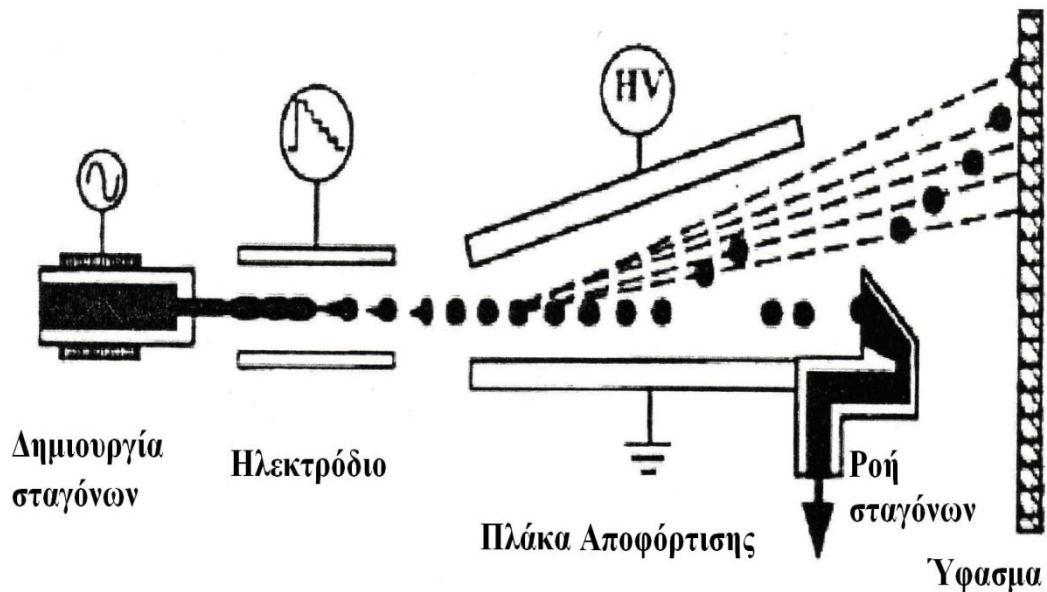
Η μέθοδος της συνεχούς ροής χωρίζεται σε δυο επιμέρους τεχνικές:

### **1. Το δυαδικό (Binary) CIJ ή σύστημα Hertz**

Η αρχή λειτουργίας είναι η εξής κάθε σταγόνα μπορεί να είναι φορτισμένη ή αφόρτιστη και επομένως οι αφόρτιστες σταγόνες δεν επηρεάζονται από τις πλάκες αποφόρτισης και πηγαίνουν στο ύφασμα για τη δημιουργία του σχεδίου. Οι φορτισμένες συλλέγονται για ανακύκλωση με τη βοήθεια των πλακών αποφόρτισης. Αποτελεί το πιο σύνθετο σύστημα εκτύπωσης, αποτρέπει την απόφραξη των ακροφυσίων και επιτρέπει την εφαρμογή μεγάλων ταχυτήτων στην εκτύπωση. Είναι μια ιδιαίτερα ακριβή τεχνολογία η οποία λόγω του υψηλού κόστους λειτουργίας και συντήρησης δεν έχει αναπτυχθεί για απευθείας ψηφιακή εκτύπωση στο υπόστρωμα.

### **2. Το σύστημα απόκλισης αποφόρτισης (Multideflection CIJ)**

Η κύρια διαφορά της από την προηγούμενη τεχνική είναι ότι κάθε φορτισμένη σταγόνα έχει διαφορετικό δυναμικό με αποτέλεσμα να έχει και διαφορετικό φορτίο όταν περνά από τις πλάκες αποφόρτισης. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η απόθεση των σταγόνων σε πολλά σημεία του υποστρώματος έως και 30 και εκτύπωση από ένα και μόνο ψεκασμό. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται για την παραγωγή τυπωμάτων σε μπλουζάκια και για βιομηχανικό μαρκάρισμα. Παρόλο που είναι μια δύσκολη και περίπλοκη τεχνική, δεν παύει ωστόσο να είναι μια αξιόπιστη τεχνική, γιατί παράγονται μεγάλες σταγόνες με μεγάλες ταχύτητες. Τέλος, έχει χαμηλό κόστος συντήρησης και κατασκευής.



Σχήμα 8: Σχηματική διάταξη της εκτύπωσης με την τεχνική της συνεχούς ροής

### 1.8.3. Πλεονεκτήματα της ψηφιακής εκτύπωσης

Σε σύγκριση με τις διαδικασίες συμβατικής εκτύπωσης, η ψηφιακή εκτύπωση παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, τα οποία συνοψίζονται στα παρακάτω [94] :

- Δεν απαιτείται η χρήση των πλακών εκτύπωσης και συνεπώς η χρονοβόρα διαδικασία εργασία δημιουργίας και τοποθέτησης της πλάκας. Επομένως, η χρονοβόρα διαδικασία διαχωρισμού των χρωμάτων παύει να υφίσταται.
- Αφού επιτρέπεται η απευθείας εκτύπωση από λογισμικό σχεδίασης γραφικών (μέσω μικροπολογιστών) στον εκτυπωτή, δεν απαιτείται το παραδοσιακό τυπογραφικό δοκίμιο για διόρθωση. Επιπλέον, κάθε τροποποίηση που γίνεται στην εικόνα μπορεί να ενσωματωθεί στην τελική εκτύπωση εύκολα.
- Οι εκτυπωτές ψεκασμού είναι συνήθως πολύ φθηνότεροι σε σύγκριση με τις παραδοσιακές πρέσες εκτύπωσης.
- Επιτρέπει σε πολύ υψηλό βαθμό τη δυνατότητα αναπαραγωγής. Συνήθως, υπάρχει πολύ μικρή διαφοροποίηση της ποιότητας της εικόνας στις εκτυπώσεις από την αρχή έως το τέλος της εκτύπωσης.
- Καθώς οι σταγόνες ψεκασμού δημιουργούνται μόνο όταν είναι απαραίτητο (στην εκτύπωση κατά απαίτηση), υπάρχει πολύ χαμηλή απώλεια μελάνης που σχετίζεται με το ψεκασμό. Ακόμη και η συνεχής εκτύπωση με ψεκασμό έχει

ελάχιστη απώλεια μελάνης, αφού οι σταγόνες που δε φτάνουν στο υπόστρωμα συλλέγονται, συμπληρώνονται και επαναχρησιμοποιούνται.

- Επειδή η όλη διαδικασία της εκτύπωσης είναι σχετικά απλή, οι εκτυπωτές ψεκασμού δεν απαιτούν συνήθως παρακολούθηση, δεδομένου ότι στους περισσότερους τυποποιημένους εκτυπωτές ψεκασμού πλατιάς τυποποίησης έχει ενσωματωθεί επαρκής μηχανισμός διόρθωσης σφαλμάτων.

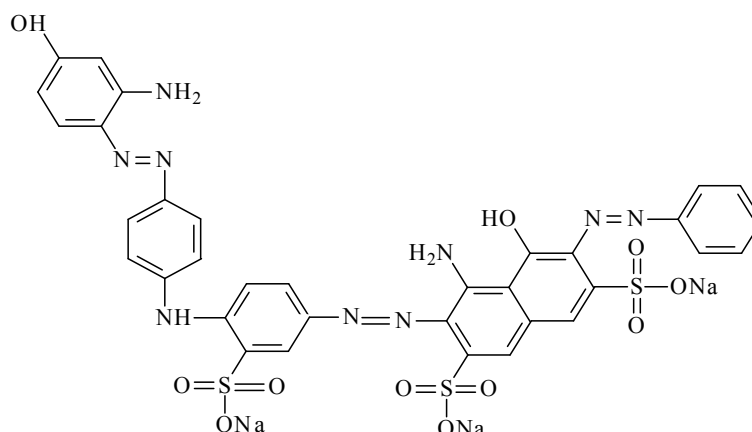
## **2.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

### **2.1 ΥΛΙΚΑ-ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ-ΔΙΑΛΥΤΕΣ**

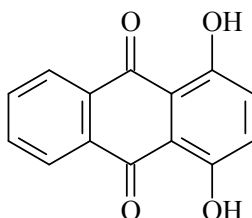
- Υφάσματα: Χρησιμοποιήθηκαν βαμβάκι πλεκτό και Πολυαμίδιο (ΚΥΚΕ)
- Ανθρακικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), (Fluka)
- Kahatex TE, μη ιονικός διαβρέχτης (ΚΥΚΕ)
- Χλωριούχο νάτριο (NaCl), (Merck)
- Οξικό οξύ ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) (Chem-Lab NV)
- Alcosperse, ανιονικό τασενεργό ως βοηθητικό βαφής (ΚΥΚΕ)
- NaOH (Riedel-de-Haen)
- Ισοβουτανόλη (Scharlau)
- n-Προπανόλη(Fluka)
- Αιθυλική Αλκοόλη(Riedel-de-Haen)
- 1-Πεντανόλη(Alfa-Aesar)
- Πυριδίνη(Riedel-de-Haen)
- Αμμωνία(Scharlau)
- 2-n-Βουτυλοξυτόλη(Alfa-Aesar)
- ο-Κρεσόλη(Alfa-Aesar)
- «Βαριά»Νάφθα(Merck)
- Ανιονικό απορρυπαντικό (AATCC, χωρίς οπτικό υπερλευκαντικό, ISO 105: C06-B2S)
- Πολύτινος μάρτυρας (multifibre fabric, τύπου DW, ISO 105-F10)
- Μπλε μάλλινοι μάρτυρες (Reference Standards No.1-No.8, British Standard 1006:1978, B01:1978)
- Μεμβράνη πολυαιθεροσουλφόνης ES404 της PCL membranes
- Sodium Hydrosulfit (Viochrom)
- Ακετόνη(Chem-Lab)
- Απιονισμένο Ύδωρ
- Η χρωστική Direct Black 168, Crude (press cake), Dynasty Chemicas (Ningbo)
- Solvent Orange 86 (Yorkshire)

Η χημική δομή του αζωχρώματος μας και της χρωστικής Solvent Orange 86 απεικονίζονται παρακάτω:

### *Η χρωστική Direct Black 168*



### *Η χρωστική Solvent Orange 86(ενεργό συστατικό)*



## **2.2 ΣΥΣΚΕΥΕΣ**

- Συσκευή υπερήχων Sonicator UP100H (Hielscher Ultrasonics)
- Συσκευή βαφής κλειστού τύπου ROTADYER John Jeffreys LTD ROCHDALE - BANBURY. Σε αυτήν τη συσκευή πραγματοποιήθηκαν όλες οι βαφές
- Πεχάμετρο, Micropressor pH Meter pH535 multical (WTW)
- Αγωγιμόμετρο, Conductimeter Basic 30 (Crison)
- Ιξωδόμετρο Brookfield, ViscoStar plus H(Fungilab)
- Εκτυπωτής Epson Stylus SX218 (Epson)
- Φασματοφωτόμετρο υπεριώδους-ορατού UV 2101 (Shimadzu)
- Φασματοφωτόμετρο ανάκλασης Macbeth Color Eye με ενσωματωμένο λογισμικό Matchprobe 3000 (Macbeth)
- Συσκευή υπερδιήθησης με μεμβράνη πολυαιθεροσουλφόνης ES404 της PCL membranes
- Xe-1 λάμπα φωτογήρανσης, για τη δοκιμασία αντοχής στο φως (Q-Sun)

## 2.3.ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.3.1.Προκατεργασία υφασμάτων

Για την παρασκευή των προς βαφή δειγμάτων, βάρους 2g το καθένα, έγινε κατεργασία αυτών με το μη ιονικό διαβρέχτη Kahatex TE και ανθρακικό νάτριο σε υδατικό διάλυμα. Η αναλογία βάρους υφάσματος προς τον όγκο του διαλύματος ήταν 1:25, δηλαδή για ένα γραμμάριο υφάσματος ο όγκος του διαλύματος είναι 25ml. Η θερμοκρασία του διαλύματος ήταν 80°C και ο χρόνος της κατεργασίας 30 λεπτά.

Συγκεκριμένα, στην προκατεργασία του βαμβακιού η συγκέντρωση του Kahatex TE ήταν 3g/L, ενώ αυτή του ανθρακικού νατρίου 1g/L. Στην προκατεργασία του νάιλον η συγκέντρωση του Kahatex TE ήταν 3g/L και του ανθρακικού νατρίου 0,5g/L.

### 2.3.2.Μέτρηση της απορρόφησης στο μήκος κύματος $\lambda_{max}$

Για τη μέτρηση της απορρόφησης των υδατικών διαλυμάτων της χρωστικής μας (direct black 168), καθώς και των διαλυμάτων βαφής πριν και μετά από αυτήν, προσδιορίστηκε το **μήκος κύματος μέγιστης απορρόφησης στο ορατό ( $\lambda_{max}$ )** το οποίο είναι στα  $\approx 622\text{nm}$ . Επίσης, προσδιορίστηκε το **μήκος κύματος μέγιστης απορρόφησης στο ορατό ( $\lambda_{max}$ )** στην χρωστική αυτή στα υδατικά διαλύματα της, μετά την διεργασία της υπερδιήθησης, όπως και τα διαλύματα πριν και μετά την βαφή με το υπερδιηθημένο χρώμα το οποίο είναι στα  $\approx 621,5\text{nm}$ .

### 2.3.3.Βαφή

Για την πραγματοποίηση των βαφών παρασκευάστηκαν υδατικά διαλύματα direct black 168 0.5% βάρους κατ' όγκο. Από αυτά τα διαλύματα χρησιμοποιήθηκαν οι κατάλληλοι όγκοι για την παρασκευή των διαλυμάτων βαφής. Η **αναλογία βάρους δείγματος - λουτρού βαφής (liquor ratio)** ήταν 1:25 σε όλες τις βαφές, δηλαδή για ένα γραμμάριο υφάσματος χρειάζονται 25 ml όγκου διαλύματος βαφής. Το βάρος του κάθε υφάσματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν 2g. Οι βαφές έλαβαν χώρα σε διαφορετικούς τόνους βαφής. **Τόνος βαφής** είναι τα γραμμάρια του χρώματος που απαιτούνται για τη βαφή 100 γραμμαρίων υφάσματος.

Η ποσότητα του χρώματος που χρησιμοποιήθηκε στη βαφή δίνεται από τη σχέση:



$$\text{ml χρώματος} = \frac{B \times T}{C}$$

όπου B = το βάρος του δείγματος σε g

T = ο τόνος βαφής, δηλαδή η ποσότητα του χρώματος σε g που απαιτείται για τη βαφή 100g υφάσματος

C = η συγκέντρωση του διαλύματος του χρώματος ( %)

Σε κάποιες από τις βαφές του βαμβακιού προστέθηκε **NaCl** (από υδατικό διάλυμα NaCl 5 w/v) στο διάλυμα βαφής, με τρόπο τέτοιο ώστε η βέλτιστη συγκέντρωσή του στο διάλυμα βαφής να είναι 20 g/L..

Βαφές πραγματοποιήθηκαν σε pH  $\approx$  4, pH  $\approx$  7, pH  $\approx$  9. Το pH σε ορισμένες περιπτώσεις ρυθμίστηκε με την προσθήκη των κατάλληλων ποσοτήτων οξικού οξέος (διάλυμα 1 % σε H<sub>2</sub>O) στο διάλυμα βαφής, σε συγκέντρωση 0,1 g/L για την ρύθμιση πιο όξινων συνθηκών. Σε άλλες περιπτώσεις όπου απαιτούνταν πιο αλκαλικό λουτρό βαφής προστέθηκαν κατάλληλες ποσότητες ανθρακικής σόδας σε συγκέντρωση 2 g/L.

Υπολογισμός ml χημικών σε έκφραση g/L

$$\frac{\text{Επιθυμητή συγκέντρ.} \left( \frac{\text{g}}{\text{L}} \right) * \text{Αναλογία λουτρού} * \text{Βάρος Υφάσματος} (g)}{10(\text{σταθερό}) * \% \text{ συγκεντρ.} \delta/\text{τος}}$$

Σε κάθε μια βαφή το δείγμα τοποθετήθηκε σε κατάλληλη φύσιγγα μαζί με το διάλυμα βαφής και στη συνέχεια οι φύσιγγες στη μηχανή βαφής κλειστού τύπου.

Στις βαφές που έγιναν για την κατασκευή **καμπυλών εξάντλησης (exhaustion curves)** κάθε δείγμα από κάθε ύφασμα (βαμβάκι, νάιλον) έμεινε για μία ώρα στους 98 °C πριν αφαιρεθεί από τη συσκευή βαφής. Σε αυτές τις βαφές οι τόνοι βαφής ήταν

0.25, 0.5, 1, 1.5, 2, 4 % omf όπως και βαφές σε ακραίους τόνους βαφής και 6,8,10 % omf.

Από τη μέτρηση της απορρόφησης του διαλύματος βαφής στο μήκος κύματος  $\lambda_{\max}$  πριν και μετά τη βαφή, υπολογίζεται η επί τοις εκατό εξάντληση του χρώματος στο λουτρό βαφής και από αυτήν η ποσότητα και κατ' επέκταση η συγκέντρωση του χρώματος στην ίνα σε g/Kg ( $D_f$ ) και η συγκέντρωση του εναπομείναντος χρώματος μετά τη βαφή στο διάλυμα βαφής ( $D_s$ ), η οποία εκφράζεται σε g/L.

Η επί τοις εκατό εξάντληση του χρώματος στο λουτρό βαφής υπολογίστηκε από τον ακόλουθο τύπο:

$$E\% = (A_{BD} - A_{AD}) \cdot 100 / A_{BD}$$

όπου,

$A_{AD}$  = η τιμή της απορρόφησης που λαμβάνεται από το φασματοφωτόμετρο στο μήκος κύματος  $\lambda_{\max}$  του εκάστοτε δείγματος μετά τη βαφή

$A_{BD}$  = η τιμή της απορρόφησης στο μήκος κύματος  $\lambda_{\max}$  του διαλύματος χρώματος πριν τη βαφή

Η συγκέντρωση του χρώματος στην ίνα ( $D_f$ ) υπολογίστηκε ως εξής:

$$(D_f) = \frac{\text{Εξάντληση \%} \times \text{τόνο βαφής}}{10} \left( \frac{\text{g}}{\text{Kg}} \right)$$

Η συγκέντρωση του εναπομείναντος χρώματος στο διάλυμα βαφής ( $D_s$ ) υπολογίστηκε ως εξής:

$$(D_s) = (100 - \text{Εξάντληση}) \% \times \text{τόνο βαφής} \times 0,005$$

Στις βαφές που πραγματοποιήθηκαν για την κατασκευή **ισόθεμων καμπυλών ισορροπίας προσρόφησης (equilibrium adsorption isotherms)** η διάρκεια της διαδικασίας βαφής ήταν δύο ώρες, σε σταθερή θερμοκρασία 98°C και για το βαμβάκι και για το νάιλον. Η αναλογία βάρους δείγματος – λουτρού βαφής ήταν 1:25 και τα υφάσματα είχαν βάρος 2g. Χρησιμοποιήθηκαν υδατικά του direct black 168, 0.5% βάρους κατ' όγκο. Από την εξάντληση του χρώματος στο διάλυμα βαφής (E%) υπολογίζονται οι τιμές  $D_f$  και  $D_s$  που χρησιμοποιούνται στα διαγράμματα  $D_f - D_s$  που ακολουθούν πιο κάτω.

#### **2.3.4. Υπερδιήθηση**

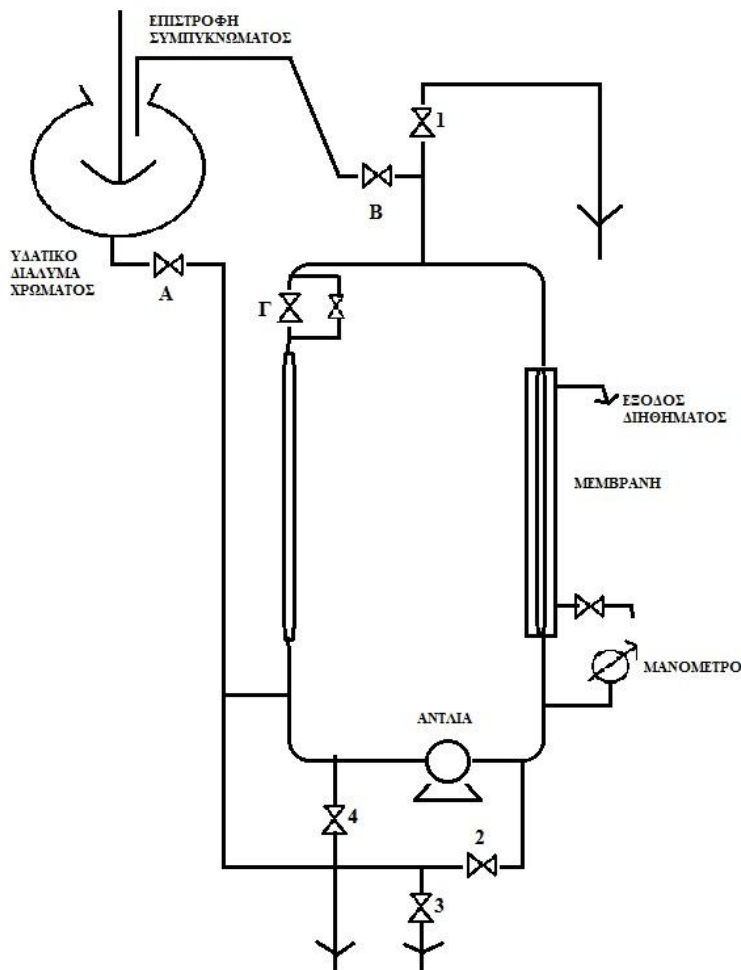
Για την πραγματοποίηση της υπερδιήθησης (ultrafiltration) χρησιμοποιήθηκαν 1.5L υδατικού direct black 168 συγκέντρωσης  $\approx 1\%$  w/v (εφόσον προστέθηκαν 15g χρώματος σε 1.5L). Στο διάλυμα προστέθηκε υδατικό διάλυμα NaOH με στόχο την ρύθμιση του pH του διαλύματος στην περιοχή του  $\text{pH} \approx 9$ . Ακολούθως, διηθήθηκε 3 διαδοχικές φορές με απλούς εργαστηριακούς ηθμούς σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Για τη διαδικασία της υπερδιήθησης του χρώματος στη διάταξη εργαστηριακής κλίμακας χρησιμοποιήθηκε κυλινδρική μεμβράνη πολυαιθεροσουλφόνης ES404. Παρασκευάζεται το υδατικό διάλυμα των στερεού χρώματος κατάλληλης συγκέντρωσης, ώστε να είναι δυνατή η διέλευση τους από τους πόρους της μεμβράνης (οπές μεμβράνης  $0.031\text{m}^2$ ).

Στη συνέχεια το 1.5L διαλύματος χρώματος (διήθημα), αφού θερμάνθηκαν σε θερμοκρασία  $60^\circ\text{C}$  εισήχθησαν στη φιάλη τροφοδοσίας της συσκευής υπερδιήθησης. Στο σημείο αυτό ξεκίνησε η υπερδιήθηση. Σταδιακά προστέθηκαν στο σύστημα ακόμα 2 όγκοι νερού των 1500ml, θερμοκρασίας περίπου  $60^\circ\text{C}$ . Παράλληλα συλλεγόταν το «απόβλητο».

Η διαδικασία έχει ως εξής:

1. Κλείνουν οι βάνες 3 και 4
2. Τοποθετείται το υδατικό διάλυμα του χρώματος στη φιάλη θερμό ( $\sim 60^\circ\text{C}$ ) και υπό συνεχή ανάδευση κρατώντας το ιξώδες χαμηλό αν είναι δυνατό
3. Ανοίγει η βάνα A για να τρέξει το διάλυμα του χρώματος και να γεμίσει όλη η διαδρομή της διάταξης. Αυτό έχει γίνει όταν βλέπουμε να τρέχει διάλυμα από τη βάνα 1 και τότε κλείνει
4. Κλείνει η βάνα 2 (δημιουργία πίεσης)
5. Ξεκινάει η λειτουργία της συσκευής
6. Με τη βάνα Γ ρυθμίζεται η πίεση σε  $\sim 15\text{-}20\text{bar}$
7. Ρυθμίζεται η ροή με τη βάνα B έτσι ώστε  $\sim 80\%$  διαλύματος να επιστρέφει στη φιάλη και  $\sim 20\%$  να απορρέει από την έξοδο της μεμβράνης



**Σχήμα 9: Πειραματική διάταξη της υπερδιήθησης [95]**

8. Αφού τελειώσει η προσθήκη των όγκων νερού, ξεκινάει η συμπύκνωση (concentration) του διαλύματος, δηλαδή παύει η προσθήκη νερού και συνεχίζεται μόνο η απορροή του διηθήματος. Η συμπύκνωση συνεχίζεται μέχρι να μείνει περίπου η μισή ποσότητα από το αρχικό διάλυμα
9. Μηδενίζεται τότε η πίεση από τη βάννα Γ
10. Ανοίγουν οι βάνες 3 και 4 για τη συλλογή του συμπυκνώματος. Το συμπύκνωμα που υπάρχει και στα σωληνάκια της βάνας 1 συλλέγεται επίσης
11. Συλλέγεται τέλος και από την κάτω έξοδο της μεμβράνης το τελευταίο διήθημα
12. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε και ακολουθεί πλύσιμο της συσκευής με άφθονο νερό και απορρυπαντικό.

Το συμπύκνωμα θερμαίνεται στο πυριαντήριο μέχρι ξηρού και λαμβάνεται το καθαρό χρώμα απαλλαγμένο από προσμίξεις.

Μετά το πέρας της ξήρανσης αφαιρέθηκε το στερεό υπόλειμμα (χρώμα) από τα ποτήρια και αφού ζυγίστηκε, τοποθετήθηκε σε πλαστικό περιέκτη. Το βάρος του χρώματος που προέκυψε ήταν περίπου 7.62 γραμμάρια και το χρώμα του καφέ σε αντίθεση με το κόκκινο χρώμα της χρωστικής πριν την υπερδιήθηση.

Η ένωση που προέκυψε μετά τη διαδικασία της υπερδιήθησης, χαρακτηρίστηκε φασματοσκοπικά, χρησιμοποιήθηκε για την βαφή υφασμάτων συγκριτικά με τις αντίστοιχες βαφές της χρωστικής πριν την υπερδιήθηση. Επίσης χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή μελανών.

## 2.4 ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΜΕΛΑΝΩΝ

Στην παρούσα διατριβή έγιναν τρεις μελάνες με το εμπορικό αζώχρωμα που χρησιμοποιούμε, το direct black 168. Συγκεκριμένα, η πρώτη μελάνη με την χρωστική μας πριν την διαδικασία της υπερδιήθησης, ενώ οι επόμενες δύο μελάνες με την χρωστική μετά την υπερδιήθηση, στην μία εκ των οποίων χρησιμοποιήθηκε κάποια ποσότητα solvent orange 86, γνωστή ως κινιζαρίνη (ενεργό συστατικό) η οποία δρα ως ιχνηθέτης. Παρακάτω δίνεται αναλυτικά η σύσταση των μελανών.

Οι υδατογενείς μελάνες παρασκευάστηκαν με μίγμα H<sub>2</sub>O/2-n-Butoxyethanol 90/10 σε 1g χρωστικής. Το μίγμα των αντιδραστηρίων εισάγεται για 15 λεπτά στη συσκευή υπερήχων Sonicator σε πλήρη και με συνεχόμενο παλμό (100 Hz) κύματος χωρίς διακοπές.

**Πίνακας 3:** Σύσταση των μελανών

Χρωστική	% w/v	Ενεργό συστατικό	% w/v
<b>Direct black 168</b>	<b>1.0</b>	-	-
<b>Direct black 168(after uf)</b>	<b>1.0</b>	-	-
<b>Direct black 168(after uf)</b>	<b>1.0</b>	<b>Solvor86</b>	<b>0.5</b>

## **2.5.ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΜΕΛΑΝΩΝ**

### **2.5.1. Μέτρηση pH**

Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονικό πεχάμετρο, Microprocessor pH Meter pH535 multical. Αρχικά έγινε η βαθμονόμηση με δυο ρυθμιστικά διαλύματα γνωστής σύστασης στην όξινη και στην αλκαλική περιοχή. Η κλίση της καμπύλης του οργάνου είναι -53 slope mV και το ασύμμετρο δυναμικό ηλεκτροδίου είναι 2 mV.

### **2.5.2. Μέτρηση Αγωγιμότητας**

Η μέτρηση της αγωγιμότητας έγινε με το αγωγιμόμετρο Conductimeter Basic 30. Κάθε φορά πριν από τη χρήση απαιτείται βαθμονόμηση με πρότυπο διάλυμα γνωστής αγωγιμότητας. Η βαθμονόμηση έγινε με πρότυπο διάλυμα 1431  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Η μέτρηση γίνεται αυτόματα σε θερμοκρασία αναφοράς 25°C επειδή η αγωγιμότητα επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Για το λόγο αυτό το αγωγιμόμετρο φέρει ενσωματωμένο θερμόμετρο.

### **2.5.3. Μέτρηση Ιξώδους**

Η μέτρηση του ιξώδους έγινε με τη βοήθεια κώνου γνωστού όγκου και ταχύτητας κίνησης (μέθοδος μέτρησης κατά Brookfield) και χρησιμοποιήθηκε ιξωδόμετρο τύπου Visco Star Plus. Σύμφωνα με τη μέθοδο ένας κωνικός άξονας (spindle) κατασκευασμένος από AISI 316 ανοξείδωτο ατσάλι περιστρέφεται γύρω από ομόκεντρο κυλινδρικό περιέκτη με συγκεκριμένη ταχύτητα και η αντίσταση που συναντά στα τοιχώματα του είναι και το ιξώδες του υγρού συστήματος, για δεδομένη θερμοκρασία. Η περιοχή μέτρησης είναι από 20-200000 cP και ταχύτητες περιστροφής 0.3-200 r.p.m. Οι μετρήσεις έγιναν με 5 r.p.m. (στροφές ανά λεπτό).

## **2.6.ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ**

Η εκτύπωση πραγματοποιήθηκε σε εκτυπωτή Epson Stylus SX218 σε χαρτί sublimation και στη συνέχεια έγινε θερμομεταφορά από το χαρτί στο ύφασμα με συσκευή θερμοσταθεροποίησης υπό πίεση (πρέσα ατμού) στους 200 °C για 30 δευτερόλεπτα. Τα υφάσματα που χρησιμοποιήθηκαν στην ψηφιακή εκτύπωση ήταν το βαμβακερό και το νάιλον και οι μελάνες ήταν και οι τρεις που παρασκευάστηκαν παραπάνω.

## **2.7.ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ**

Η μέτρηση έγινε με φασματοφωτοφωτόμετρο ανάκλασης Macbeth Color-Eye 3000 Spectrophotometer με λογισμικό της Cromemco A.E., Matchprobe 3000 με γεωμετρία σφαίρας d/10 , κατανομή Specular Component Included SCI και πηγή φωτισμού Xenon D65. Η επαναληψιμότητα ελέγχθηκε λαμβάνοντας τέσσερις μετρήσεις και καταγράφοντας την % ανάκλαση στα 400-800nm.

## **2.8. ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΟΥ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟΥ ΣΕ ΕΚΤΥΠΩΜΕΝΟ ΥΦΑΣΜΑ**

Αυτός γίνεται φασματοφωτομετρικά με εκχύλιση του συστατικού από το εκτυπωμένο ύφασμα και με φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό του συστατικού στο εκχύλισμα στο  $\lambda_{\max}$  του κάθε συστατικού. Η εκχύλιση γίνεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος όπου σε κωνική των 25ml προστίθεται 0.4g του κάθε εκτυπωμένου υφάσματος (βαμβάκι, νάιλον) που περιέχει το ενεργό συστατικό(κινιζαρίνη ή solnor 86) καθώς και ως διαλύτες 5ml κρεσόλης και 5ml «βαριάς» νάφθας. Η εκχύλιση έχει διάρκεια 30 min και διεξάγεται σε απαγωγό. Στη συνέχεια λαμβάνεται το εκχύλισμα, αραιώνεται μέχρι ενός συγκεκριμένου όγκου και μεταφέρεται στο φασματοφωτόμετρο.

Το εκχύλισμα δεν περιέχει μόνο το ενεργό συστατικό αλλά και το χρώμα που εκχυλίστηκε. Από την συνολική απορρόφηση στο μήκος κύματος του ενεργού συστατικού(κινιζαρίνης) στο υπεριώδες αφαιρείται η απορρόφηση του χρώματος που υπολογίζεται από την καμπύλη αναφοράς του χρώματος σε εκείνο το μήκος κύματος

Ακολουθώντας, από τις συγκεντρώσεις της κινιζαρίνης που προσδιορίστηκαν παραπάνω φασματοφωτομετρικά, υπολογίζεται η συγκέντρωση της σε κάθε ένα από τα εκτυπωμένα υφάσματα.

## **2.9. ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ (*wash fastness*)**

### **2.9.1. Δοκιμασία (CO1-B2S)**

Το βαμμένο δείγμα κόβεται σε διαστάσεις 4\*10 cm και συρράβεται με ίδιων διαστάσεων πολυμάρτυρα multifibre fabric τύπου DW, που είναι ένας πολύινος μάρτυρας όπου αποτελείται από 6 διαφορετικά είδη υφάσματος με την ακόλουθη σειρά: μαλλί, ακρυλικό, πολυεστέρα, νάιλον, βαμβάκι και οξική κυτταρίνη. Στη συνέχεια το συρραμμένο δείγμα τοποθετείται σε μεταλλική φύσιγγα και προστίθεται διάλυμα σαπουνιού συγκέντρωσης 5gr/L σε λουτρό 1:50. Οι φύσιγγες περιστρέφονται στη συσκευή βαφής για 30 min σε θερμοκρασία 40 °C. Μετά το δείγμα απομακρύνεται και ξεπλένεται δυο φορές με απεσταγμένο νερό και αφήνεται να στεγνώσει χωρίς να βρίσκεται σε επαφή με τον πολύινο μάρτυρα.

### **2.9.2 Αποτίμηση της μεταβολής του χρώματος (A02-Assessment of Change in Colour)**

Η αποτίμηση της μεταβολής βασίζεται στο μέγεθος της ορατής διαφοράς μεταξύ του βαμμένου πλυμένου δείγματος και στο αντίστοιχο αρχικά βαμμένο (μάρτυρας).

Η παρατήρηση των δειγμάτων γίνεται σε καμπίνα παρατήρησης με φωτισμό D65. Αυτή η διαφορά συγκρίνεται υποκειμενικά οπτικά με τη χρήση της πρότυπης κλίμακας "γκρι" (BS 1006: 1990 CO2). Η κλίμακα "γκρι" είναι χάρτινη και φέρει 5 ζεύγη ταινιών με διαφορετική κατά σειρά τόνου μεταξύ των ταινιών του ζεύγους, με βαθμολόγηση τους από 1 (μεγάλη αντίθεση- διαφορά των 2 γκρι ταινιών, μικρή σταθερότητα στο πλύσιμο) έως 5 (καμία διαφορά, απόλυτη σταθερότητα). Για δείγμα αποτιμώμενο μεταξύ δυο βαθμίδων της κλίμακας η σταθερότητα του αναφέρεται ως ενδιάμεση αυτών π.χ. 3-4.

Μεταβολή της χροιάς βαφής κατά τη δοκιμή μπορεί να προκύψει από ελάττωση του τόνου, μεταβολή της χροιάς, λαμπρότητας ή οποιουδήποτε συνδυασμού αυτών. Τότε εκτός από την αριθμητική βαθμονόμηση περιγράφεται η μεταβολή αυτή, π.χ.



Bl(Bluer), G(Greener), R(Redder), Y(Yellower), Br(Brighter), D(Duller), W(Weaker), Str(Stronger).

### **2.9.3 Αποτίμηση του χρωματισμού του πολύνου μάρτυρα (A03-Assessing Staining)**

Αυτό γίνεται συγκρίνοντας την ορατή διαφορά μεταξύ της επιφάνειας του συρραμμένου λευκού πολυμάρτυρα που πλύθηκε με το βαμμένο δείγμα και του λευκού πολυμάρτυρα που δεν υπέστη υγρή κατεργασία (για κάθε διαφορετικό είδος υφάσματος) με κάθε ένα από τα 9 ζεύγη μιας διαφορετικής πρότυπης κλίμακας "γκρι" για την αποτίμηση του λεκιάσματος (ISO 105 A03-Assessing Staining ή BS1006:A03:1978). Τα 9 ζεύγη της κλίμακας βαθμολογούνται 5, 4-5, 4, ..., 1-2, 1 όπου το 1 είναι ένα ζεύγος λευκού-γκρι και σημαίνει μικρή σταθερότητα και το 5 είναι ένα ζεύγος λευκού-λευκού και σημαίνει απόλυτη σταθερότητα.

### **2.10. ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΟ ΦΩΣ (*light fastness*) (BS 1006: 1990 BO2)**

Το βαμμένο δείγμα κόβεται σε διαστάσεις 1'6 cm. Στη συνέχεια τοποθετείται σε μεταλλική θήκη με τρόπο ώστε να χωρίζονται σε δυο περιοχές που η μια να είναι καλυμμένη και η άλλη εκτεθειμένη στην ακτινοβολία. Παράλληλα κόβονται στις ίδιες διαστάσεις και τοποθετούνται σε μεταλλική θήκη οι "μπλε" μάρτυρες (BS 1006: 1990 BO2). Οι 8 "μπλε" μάρτυρες έχουν αυξανόμενη αντοχή στο φως από 1 (πολύ μικρή σταθερότητα στο φως) έως 8 (απόλυτη σταθερότητα). Στη συνέχεια τα δείγματα και οι μάρτυρες εκτίθενται μαζί σε συσκευή ακτινοβολίας Suntest Hanau με λάμπα Xenon, σε θερμοκρασία 50 °C (με κυκλοφορία θερμού αέρα). Η διαφορά (contrast) μεταξύ καλυμμένου και εκτεθειμένου στην ακτινοβολία δείγματος συγκρίνεται με την αντίστοιχη διαφορά των μπλε μαρτύρων. Το δείγμα βαθμολογείται με x βαθμό (x=1-8) ως προς την αντοχή στο φως, όπου x ο αριθμός του μπλε μάρτυρα (1-8) που έχει το ίδιο contrast με το δείγμα.

### 3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

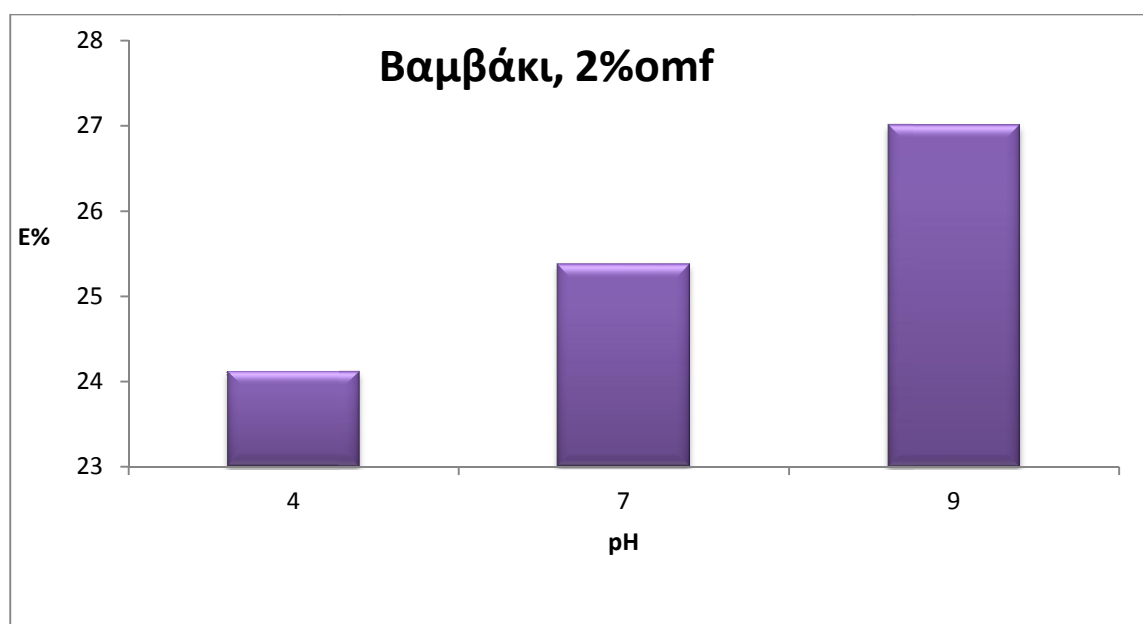
#### 3.1 ΒΑΦΕΣ (πριν την υπερδιήθηση)

Αποτελέσματα από βαφές που πραγματοποιήθηκαν με το direct black 168(before ultrafiltratin)

##### 3.1.1.Αποτελέσματα επίδρασης pH στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού

**Πίνακας 4:** Αποτελέσματα επίδρασης pH στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού

Θερμοκρασία 98°C 1h	Ύφασμα: κατεργασμένο βαμβάκι, τόνος βαφής : 2%		
	pH λουτρού βαφής		
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	4	7	9
	24,12	25,38	27,01



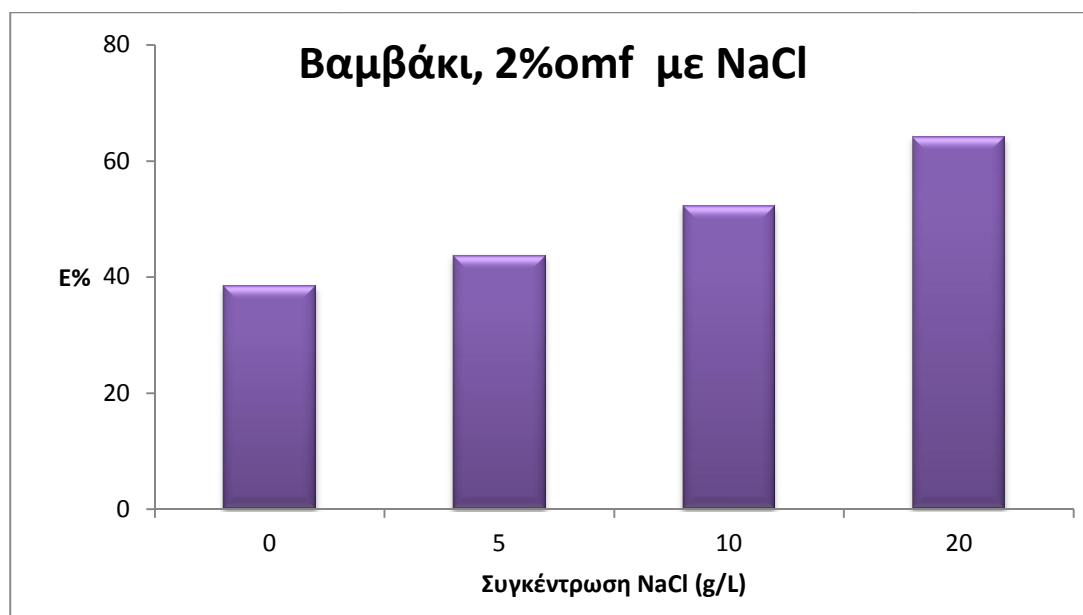
*Σχήμα 10:Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 4*

Παρατηρούμε από το διάγραμμα ότι σε μεγαλύτερο pH έχουμε καλύτερα ποσοστά εξάντλησης του χρώματος, αυτό είναι αναμενόμενο εφ' όσον η βαφή του βαμβακιού απαιτεί αλκαλικό περιβάλλον

3.1.2.Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού

**Πίνακας 5:** Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού στο pH του χρώματος μας  $\approx 4.6$  διάφορες συγκεντρώσεις NaCl

Θερμοκρασία : 98 °C 1h	Ύφασμα : Κατεργασμένο βαμβάκι, τόνος βαφής : 2%			
Εξάντληση(%) χρώματος στο λουτρό βαφής	Συγκέντρωση NaCl (g/L) στο λουτρό βαφής			
	0	5	10	20
Σε pH $\approx 4,6$	38.58	43,75	52,26	64,16



**Σχήμα 11:** Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 5

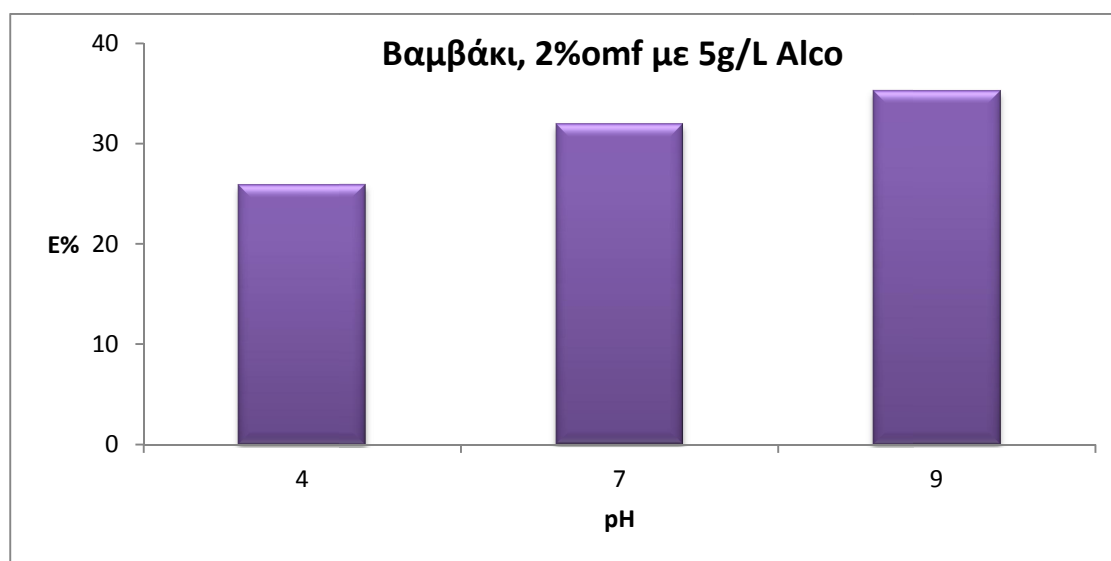
Διαπιστώνουμε από το παραπάνω διάγραμμα ότι η εξάντληση του χρώματος αυξάνεται με την προσθήκη του αλατιού. Εφ' όσον αυξάνεται η ποσότητα του NaCl, αυξάνεται και η εξάντληση του χρώματος από την ίνα του βαμβακιού. Αυτό είναι και αναμενόμενο επειδή το αρνητικό φορτίο του βαμβακιού εξουδετερώνεται από το

φορτίο του άλατος, με αποτέλεσμα να έχουμε καλύτερη εξάντληση του χρώματος όταν έχουμε περισσότερη ποσότητα αλατιού.

3.1.3.Αποτελέσματα επίδρασης pH με ταυτόχρονη προσθήκη 5 g/L alcospense (ανιονικό τασενεργό- βοηθητικό βαφής) στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού

**Πίνακας 6 :** Αποτελέσματα επίδρασης pH στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού με την προσθήκη του alcospense

Θερμοκρασία : 98 °C 1h	Ύφασμα : Κατεργασμένο βαμβάκι, τόνος βαφής : 2%		
Εξάντληση(%) χρώματος στο λουτρό βαφής	pH στο λουτρό βαφής		
	4	7	9
5g/L alcospense	25.91	31.98	35.29



**Σχήμα 12:** Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 6

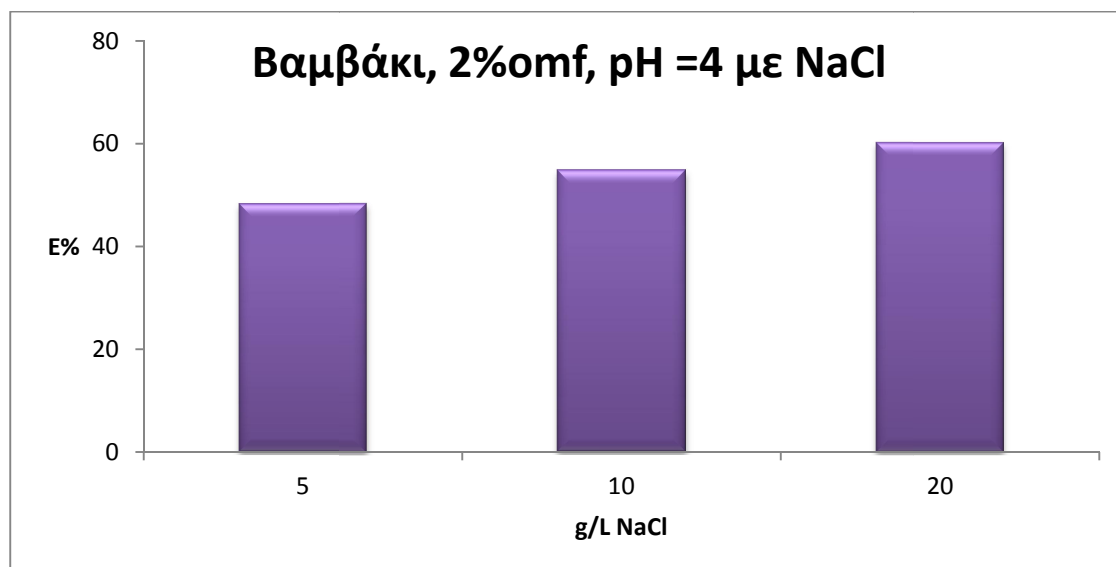
Με την προσθήκη κάποιας ποσότητας του τασενεργού alcospense σε διάφορα pH βαφής, συγκεκριμένα σε pH 4,7,9 διαπιστώνουμε αύξηση της εξάντλησης σε αυτές τις τιμές pH σε σχέση με τις αντίστοιχες βαφές που πραγματοποιήθηκαν χωρίς alcospense.Επιβεβαιώνεται ότι το ανιονικό τασενεργό alcospense βελτιώνει την

εξάντληση του χρώματος στην ίνα και συνεπώς οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα βαφής.

### 3.1.4.Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού σε pH ≈ 4

**Πίνακας 7:** Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl σε pH ≈ 4

Θερμοκρασία : 98 °C 1h	Ύφασμα : Κατεργασμένο βαμβάκι, τόνος βαφής : 2%		
Εξάντληση(%) χρώματος στο λουτρό βαφής	Συγκέντρωση NaCl (g/L) στο λουτρό βαφής		
	5	10	20
Σε pH ≈ 4	48,37	54,88	60,28



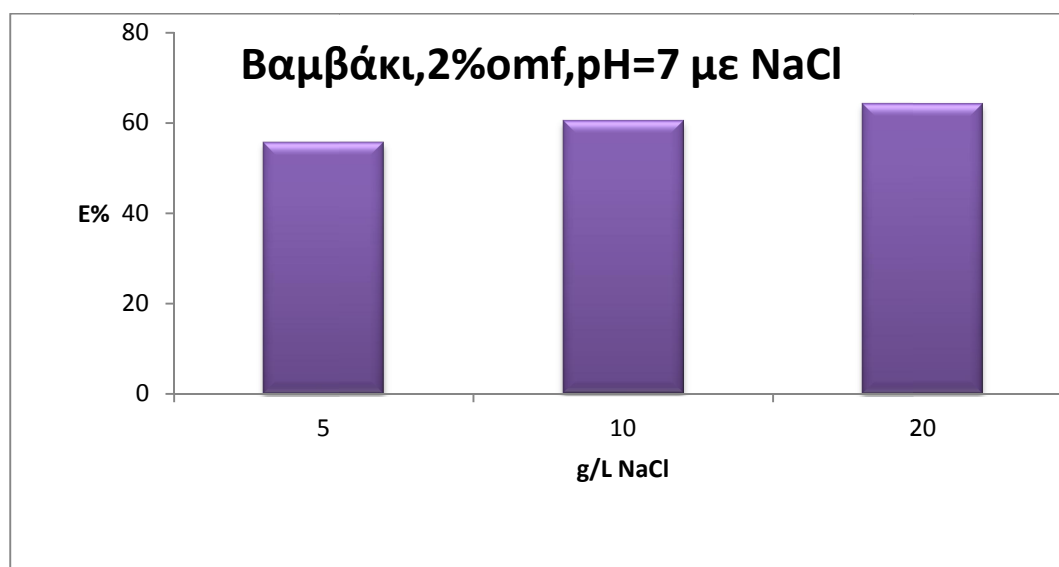
**Σχήμα 13 :** Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 7

Επισημαίνουμε ότι το βαμβάκι βάφεται καλύτερα σε αλκαλικό περιβάλλον, παρ' όλα αυτά η βαφή μπορεί να βελτιωθεί ακόμη και σε όξινο περιβάλλον με την προσθήκη αλατιού. Μάλιστα όσο μεγαλύτερη ποσότητα αλατιού προστίθεται τόσο καλύτερη είναι η εξάντληση.

3.1.5.Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού σε pH ≈ 7

**Πίνακας 8:** Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl σε pH ≈ 7

Θερμοκρασία : 98 °C 1h	Ύφασμα : Κατεργασμένο βαμβάκι, τόνος βαφής : 2%		
Εξάντληση(%) χρώματος στο λουτρό βαφής	Συγκέντρωση NaCl (g/L) στο λουτρό βαφής		
	5	10	20
Σε pH≈ 7	55,62	60,61	64,29



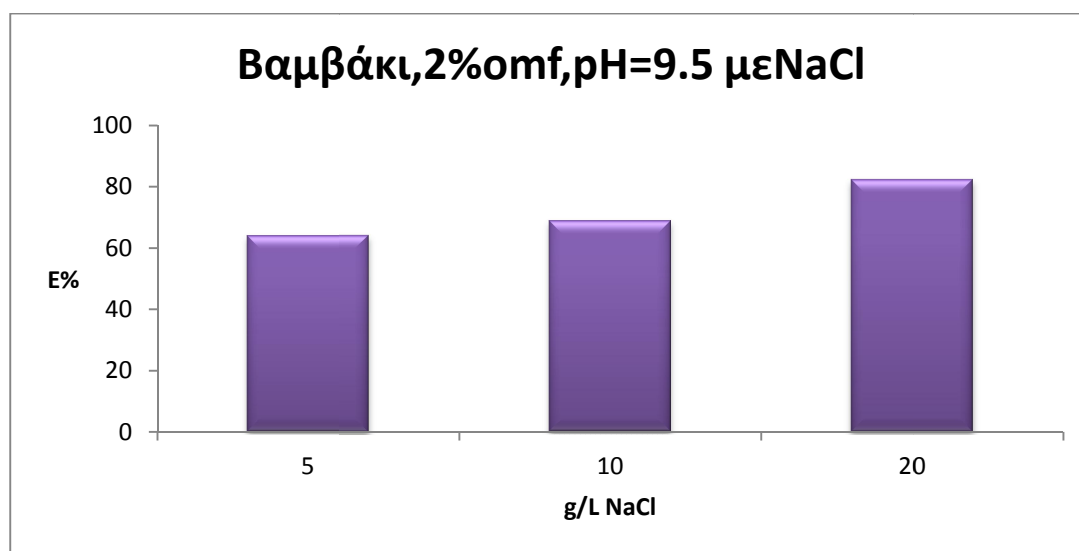
**Σχήμα 14:** Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 8

Σε ουδέτερο pH=7 με την προσθήκη κάποιων ποσοτήτων αλατιού έχουμε αρχικά καλύτερα ποσοστά εξάντλησης σε σχέση με τα ποσοστά εξάντλησης σε σχέση με τα ποσοστά εξάντλησης όταν έχουμε pH=4. Ακόμη με την προσθήκη του αλατιού η εξάντληση σε αυτό το pH αυξάνεται και ακολουθεί μια αναλογική σχέση.

3.1.6.Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού σε pH ≈ 9,5

**Πίνακας 9:** Αποτελέσματα επίδρασης συγκέντρωσης NaCl σε pH ≈ 9,5

Θερμοκρασία : 98 °C 1h	Ύφασμα : Κατεργασμένο βαμβάκι, τόνος βαφής : 2%		
Εξάντληση(%) χρώματος στο λουτρό βαφής	Συγκέντρωση NaCl (g/L) στο λουτρό βαφής		
	5	10	20
Σε pH≈ 9,5	64,08	68,99	82,45



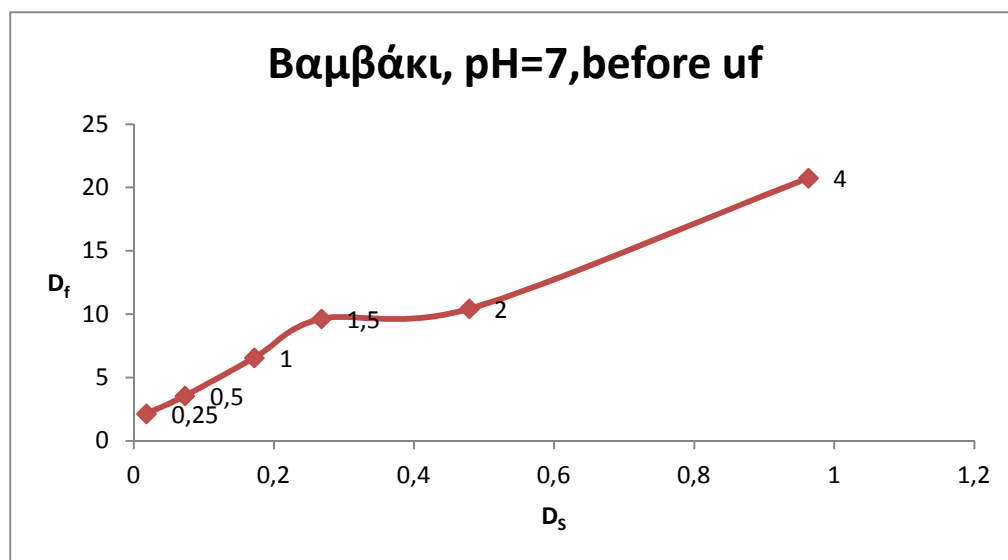
**Σχήμα 15:** Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 9

Επιβεβαιώνεται ότι σε αλκαλικό pH=9,5 έχουμε καλύτερη εξάντληση του χρώματος στην βαμβακερή ίνα, εφ' όσον οι τιμές εξάντλησης είναι μεγαλύτερες σ' αυτό το pH, ακόμη αυξάνονται σταδιακά οι τιμές αυτές με την σταδιακή προσθήκη αλατιού.

3.1.7.Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 7

**Πίνακας 10:**Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 7

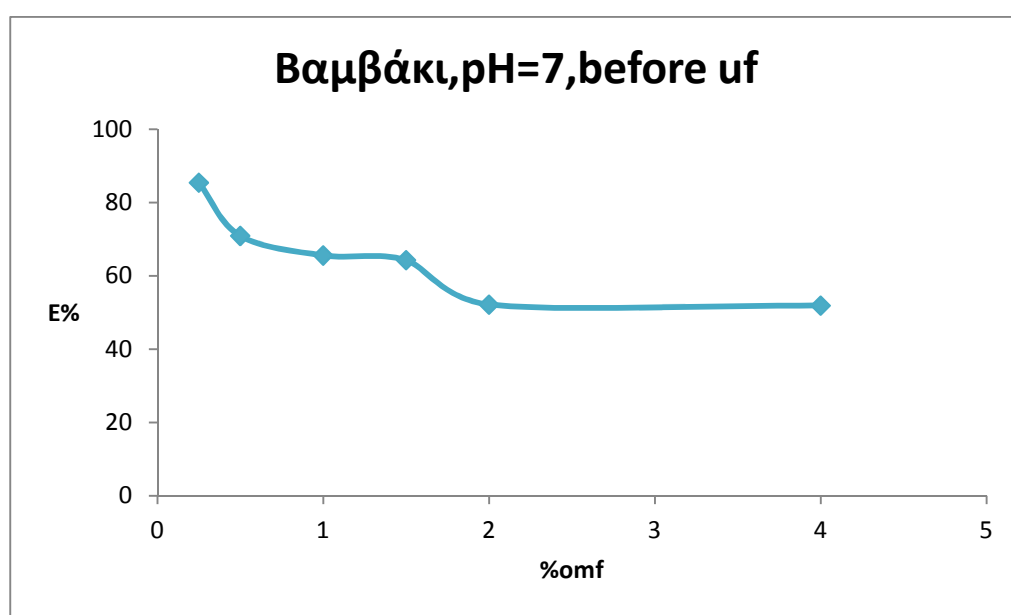
Ύφασμα : κατεργασμένο βαμβάκι, θερμοκρασία : 98°C, χρόνος : 2h, NaCl 20g/L L και pH ≈ 7						
Τόνος βαφής	0,25%	0,5%	1%	1,5%	2%	4%
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	85,42	70,91	65,57	64,29	52,15	51,88
D <sub>f</sub> (g/Kg)	2,14	3,55	6,56	9,64	10,43	20,75
D <sub>s</sub> (g/L)	0,018	0,073	0,172	0,268	0,479	0,963



**Σχήμα 16:** Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 10



Από την εξάντληση υπολογίστηκε η συγκέντρωση του χρώματος στην ίνα, ( $D_f$ ) και η συγκέντρωση του εναπομείναντος χρώματος στο διάλυμα βαφής ( $D_s$ ) και κατασκευάστηκε η ισόθερμη καμπύλη ισορροπίας προσρόφησης (equilibrium adsorption isotherms). Η ισόθερμη καμπύλη προσρόφησης προσομοιάζει την καμπύλη BET, δηλαδή η προσρόφηση των μορίων της βαφής, ακολούθησε BET μηχανισμό πολυστρωμάτων των προσροφημένων μορίων.



**Σχήμα 17: Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 10**

Αποδεικνύεται σύμφωνα με το διάγραμμα ότι η σχέση ανάμεσα στον τόνο βαφής και στην εξάντληση είναι αντιστρόφως ανάλογη. Όσο μεγαλύτερος είναι ο τόνος βαφής τόσο μικρότερη είναι η εξάντληση του χρώματος από την ίνα. Ακόμη καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι από ένα σημείο όσο και αυξηθεί ο τόνος βαφής η εξάντληση είναι η ίδια. Σταθεροποιείται σε σ' αυτό το σημείο με αποτέλεσμα να έχουμε «κορεσμό» του χρώματος από την ίνα, δεν μπορεί να απορροφήσει άλλο χρώμα η ίνα όσο και αν αυξηθεί ο τόνος βαφής.

3.1.8.Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 9.5

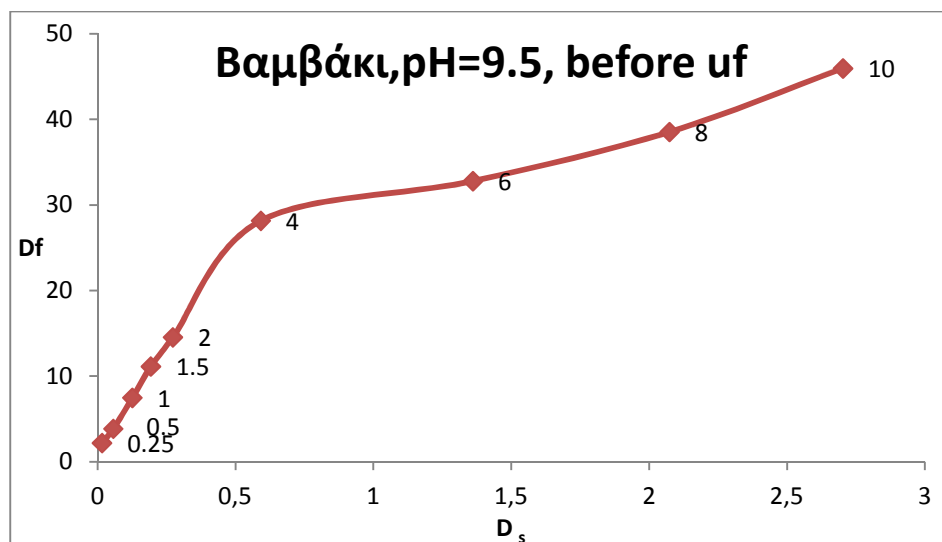
**Πίνακας 11:**Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 9.5

Υφασμα : κατεργασμένο βαμβάκι, θερμοκρασία : 98°C, χρόνος : 2h, NaCl 20g/L και pH ≈ 9.5						
Τόνος βαφής	0,25%	0,5%	1%	1,5%	2%	4%
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	87,50	77,19	74,77	74,22	72,73	70,39
D <sub>f</sub> (g/Kg)	2,19	3,86	7,48	11,13	14,55	28,16
D <sub>s</sub> (g/L)	0,016	0,057	0,126	0,193	0,273	0,592

3.1.9.Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 9.5

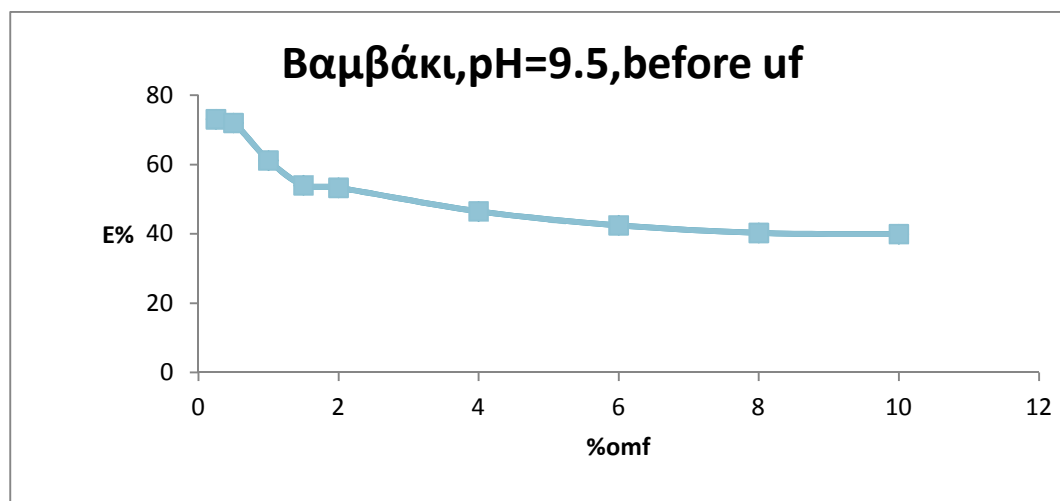
**Πίνακας 12 :**Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 9.5

Υφασμα : κατεργασμένο βαμβάκι, θερμοκρασία : 98°C, χρόνος : 2h, NaCl 20g/L και pH ≈ 9.5			
Τόνος βαφής	6%	8%	10%
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	54,65	48,16	45,95
D <sub>f</sub> (g/Kg)	32.79	38.53	45.95
D <sub>s</sub> (g/L)	1,361	2,074	2,703



**Σχήμα 18:** Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 10 και του πίνακα 11

Η ισόθερμη καμπύλη προσρόφησης προσομοιάζει την καμπύλη BET, δηλαδή η προσρόφηση των μορίων βαφής ακολουθεί τον μηχανισμό πολυστρωμάτων των προσροφημένων μορίων. Σ' αυτόν τον μηχανισμό BET, η προσρόφηση σε κάποιο ενεργό κέντρο δεν επηρεάζει την προσρόφηση σε γειτονικά κέντρα.



**Σχήμα 19:** Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 10 και του πίνακα 11

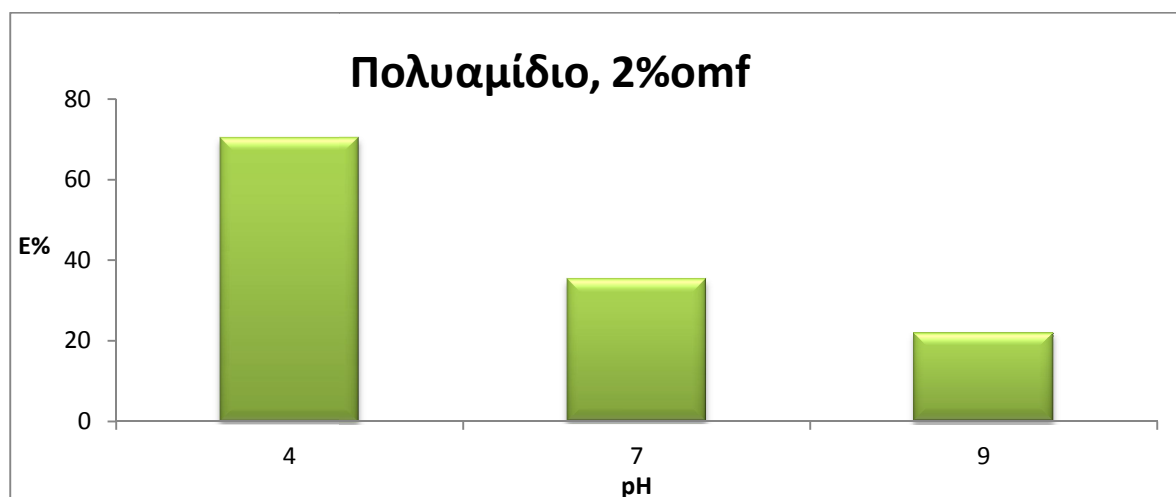
Συμπεραίνουμε ότι και σ' αυτήν την περίπτωση, η σχέση ανάμεσα στην εξάντληση και στον τόνο βαφής είναι αντιστρόφως ανάλογη όπως διαπιστώθηκε και προηγουμένως για pH =7, για τον ίδιο λόγο επειδή επέρχεται «κορεσμός» της ίνας από το χρώμα με την αύξηση του τόνου βαφής εφ' όσον σταθεροποιείται η τιμή της εξάντλησης. Σ' αυτήν την περίπτωση όμως, δηλαδή pH=9,5 έχουμε μεγαλύτερες

τιμές εξάντλησης για τους ίδιους τόνους βαφής σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση pH=7, επειδή ως γνωστόν η βαφή του βαμβακιού ευνοείται σε αλκαλικό pH.

### 3.1.10. Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε όξινο, ουδέτερο και αλκαλικό pH

**Πίνακας 13 :** Αποτελέσματα επίδρασης pH στη βαφή πολυαμιδίου

Θερμοκρασία 98°C 1h	Ύφασμα: Κατεργασμένο πολυαμίδιο, τόνος βαφής : 2%		
	pH λουτρού βαφής		
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	4	7	9
	70,56	35,45	21,98



**Σχήμα 20:** Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 13

Είναι αναμενόμενη η καλύτερη εξάντληση σε pH=4 σε σχέση με τις πολύ μικρές τιμές εξάντλησης pH=7 και pH=9 για την βαφή του πολυαμιδίου. Εφ' όσον το πολυαμίδιο όπως και όλες οι συνθετικές ίνες βάφεται σε όξινο pH.

3.1.11.Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 4

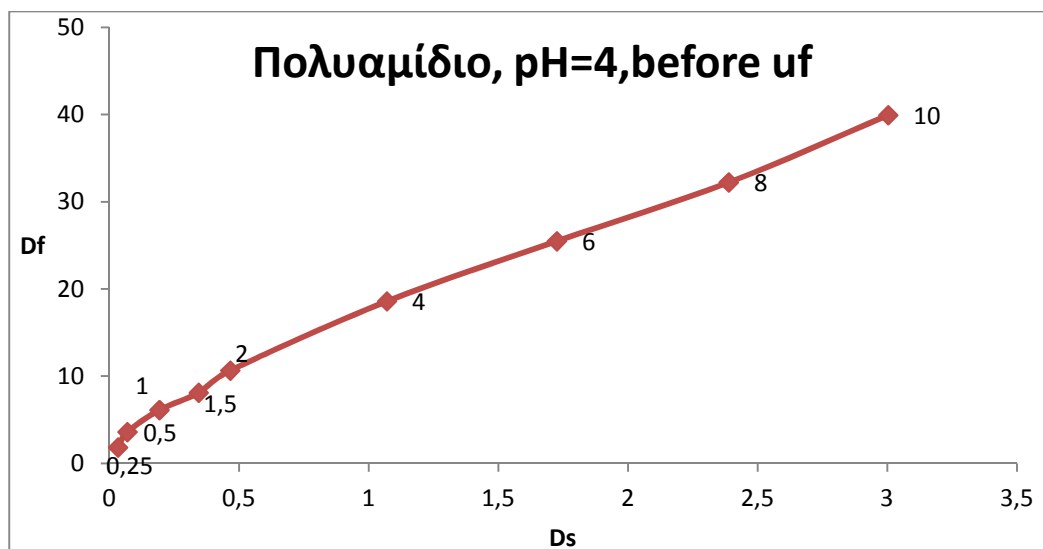
**Πίνακας 14** :Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 4

Υφασμα : κατεργασμένο πολυαμίδιο, θερμοκρασία : 98°C, χρόνος : 2h και pH ≈ 4						
Τόνος βαφής	0,25%	0,5%	1%	1,5%	2%	4%
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	73,08	72,00	61,17	54,00	53,27	42,46
D <sub>f</sub> (g/Kg)	1,83	3,60	6,12	8,10	10,65	18,59
D <sub>s</sub> (g/L)	0,034	0,070	0,194	0,345	0,467	1,071

3.1.12.Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 4

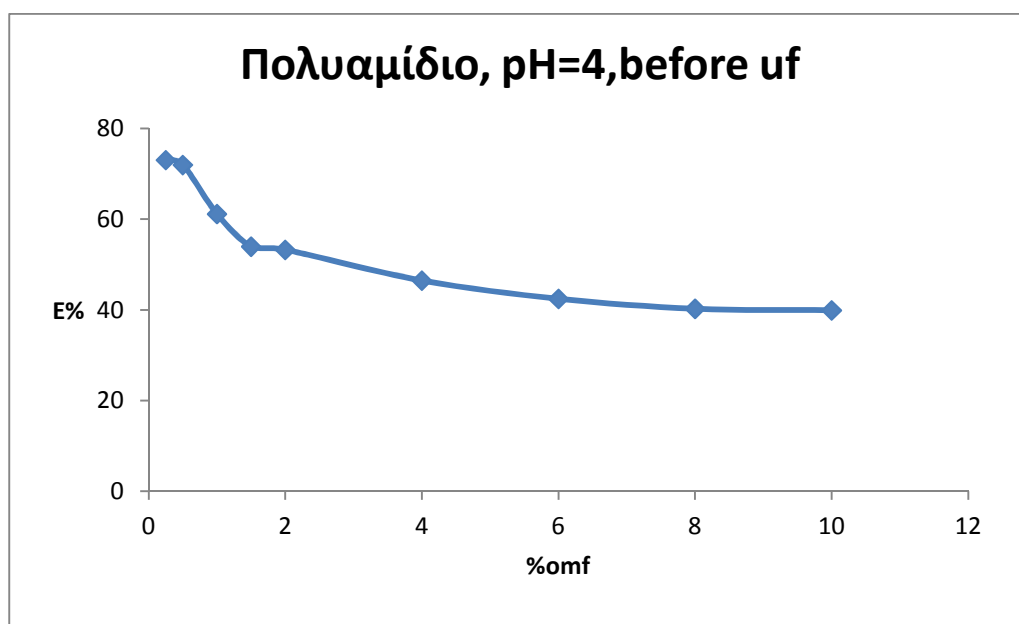
**Πίνακας 15** :Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 4

Υφασμα : κατεργασμένο πολυαμίδιο, θερμοκρασία : 98°C, χρόνος : 2h και pH ≈ 4			
Τόνος βαφής	6%	8%	10%
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	46,49	40,27	39,93
D <sub>f</sub> (g/Kg)	25,48	32,22	39,93
D <sub>s</sub> (g/L)	1,726	2,389	3,004



*Σχήμα 21: Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 14 και του πίνακα 15*

Η καμπύλη προσρόφησης θεωρούμε ότι προσομοιάζει περισσότερο την ισόθερμη καμπύλη προσρόφησης BET.



*Σχήμα 22: Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 14 και του πίνακα 15*

Αποδεικνύεται ότι όσο αυξάνεται ο τόνος βαφής η εξάντληση μειώνεται μέχρι να σταθεροποιηθεί η τιμή της εξάντλησης σε «ακραίους» τόνους βαφής κάτι που φανερώνει το σημείο «κορεσμού» της ίνας από την ποσότητα του χρώματος. Δηλαδή έχει επέλθει κορεσμός και δεν μπορεί να απορροφηθεί άλλο χρώμα από την ίνα.

### Χρωματομετρικές μετρήσεις

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 16) παρατίθενται τα χρωματομετρικά δεδομένα των βαμμένων υφασμάτων, τα οποία έχουν αναφερθεί παραπάνω με ποιες συνθήκες έχουν βαφεί και πρόκειται για βαμβάκι και πολυαμίδιο. Όλες οι βαφές των παραπάνω υφασμάτων πραγματοποιήθηκαν με το Direct Black 168, πριν την υπερδιήθηση. Ακόμη, όλες οι βαφές διεξήχθησαν σε θερμοκρασία 98° C, και η βαφή είχε διάρκεια είτε 1h είτε 2h, όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω.

Πιο συγκεκριμένα ,στον πίνακα δίνονται οι χρωματικές συντεταγμένες  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$  των βαμμένων βαμβακερών και πολυαμιδικών υφασμάτων με το direct black 168 bf, καθώς και οι τιμές K/S στο μήκος κύματος της μέγιστης απορρόφησης  $\lambda_{max}$ .

**Πίνακας 16 :** Χρωματικές συντεταγμένες και τιμές K/S των βαμμένων υφασμάτων με direct black 168 bf

Υφασμα	K/S	$\lambda_{max}$ (nm)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
Βαμβάκι,2% omf,pH=4	7,77	640	33,29	-1,12	-7,67	7,75	261,73
Βαμβάκι,2% omf,pH=7	4,54	640	38,81	-1,12	-8,72	8,79	262,69
Βαμβάκι,2% omf,pH=9	4,92	640	41,16	-1,04	-8,90	8,96	263,32
Βαμβάκι,2% omf,5g/L NaCl	10,93	640	28,47	-0,61	-7,88	7,90	265,55
Βαμβάκι,2% omf,10g/L NaCl	13,34	640	25,48	-0,48	-7,20	7,22	266,19
Βαμβάκι,2% omf,20g/L NaCl	15,10	640	24,07	-0,35	-6,69	6,70	267,04

<b>Υφασμα</b>	<b>K/S</b>	<b>λmax (nm)</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h°</b>
Βαμβάκι,2% omf,5g/L Alco, pH=4	7,56	640	32,79	-0,92	-9,07	9,11	264,18
Βαμβάκι,2% omf,5g/L Alco, pH=7	7,74	640	33,71	-0,92	-9,08	9,13	264,24
Βαμβάκι,2% omf,5g/L Alco, pH=9	6,10	640	36,39	-0,60	-8,93	8,95	266,18
Βαμβάκι,2% omf,pH=4, 5g/L NaCl	8,89	640	29,17	-0,50	-7,61	7,63	266,26
Βαμβάκι,2% omf,pH=4, 10g/L NaCl	10,98	640	28,27	--0,49	-6,95	6,97	266,00
Βαμβάκι,2% omf,pH=4, 20g/L NaCl	12,72	640	26,07	-0,37	-6,52	6,53	266,72
Βαμβάκι,2% omf,pH=7, 5g/L NaCl	8,24	640	32,51	-0,81	-7,66	7,70	263,94
Βαμβάκι,2% omf,pH=7, 10g/L NaCl	10,59	640	28,78	-0,64	-7,23	7,25	264,91
Βαμβάκι,2% omf,pH=7, 20g/L NaCl	11,37	640	27,28	-0,56	-6,95	6,98	265,43
Βαμβάκι,2% omf,pH=9.5, 5g/L NaCl	6,71	640	33,22	0,28	-6,67	6,67	272,43
Βαμβάκι,2% omf,pH=9.5, 10g/L NaCl	7,89	640	30,25	0,57	-5,83	5,85	275,62
Βαμβάκι,2% omf,pH=9.5, 20g/L NaCl	8,79	640	29,14	0,56	-4,88	4,91	276,55
Βαμβάκι,0.25 % omf,pH=7, 20g/L NaCl	3,45	640	45,82	-1,48	-7,69	7,83	259,08



<b>Υφασμα</b>	<b>K/S</b>	<b>λmax (nm)</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h°</b>
Βαμβάκι,0.5% omf,pH=7, 20g/L NaCl	5,02	640	39,18	-1,28	-7,39	7,50	260,19
Βαμβάκι,1% omf,pH=7, 20g/L NaCl	8,66	640	30,89	-0,78	-6,70	6,75	263,36
Βαμβάκι,1.5% omf,pH=7, 20g/L NaCl	11,22	640	27,52	-0,55	-6,80	6,82	265,41
Βαμβάκι,2% omf,pH=7, 20g/L NaCl	14,26	640	25,50	-0,38	-6,33	6,34	266,59
Βαμβάκι,4 % omf,pH=7, 20g/L NaCl	18,03	640	21,07	-0,11	-5,29	5,29	268,80
Βαμβάκι,0.25 %omf,pH=9.5 20g/L NaCl	3,40	640	44,59	-0,97	-7,12	7,19	262,20
Βαμβάκι,0.5% omf,pH=9.5 20g/L NaCl	4,72	640	39,76	-0,20	-7,06	7,07	268,34
Βαμβάκι,1 %omf,pH=9.5 20g/L NaCl	5,63	630	34,45	1,17	-4,84	4,98	283,59
Βαμβάκι,1.5% mf,pH=9.520g/ L NaCl	6,98	610	30,46	1,47	-4,03	4,29	290,02
Βαμβάκι,2% omf,pH=9.5 20g/L NaCl	8,72	500	29,00	2,00	-3,27	2,84	301,48
Βαμβάκι,4% omf,pH=9.5 20g/L NaCl	12,72	500	24,83	1,95	-2,71	3,34	305,73
Βαμβάκι,6% omf,pH=9.5 20g/L NaCl	17,39	510	20,79	0,74	-3,70	3,74	281,60
Βαμβάκι,8% omf,pH=9.5, 20g/L NaCl	19,59	490	16,78	0,54	-2,98	2,97	280,72

<b>Υφασμα</b>	<b>K/S</b>	<b>λmax (nm)</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h°</b>
Βαμβάκι, 10% omf, pH= 9.5, 20g/L NaCl	21,04	500	16,61	0,57	-2,88	2,94	281,25
Πολυαμίδιο, 2%omf ,pH=4	13,81	640	26,47	-2,57	-5,32	5,95	243,96
Πολυαμίδιο, 2%omf ,pH=7	2,36	640	50,85	-2,13	-1,81	2,79	220,39
Πολυαμίδιο, 2%omf, pH=9	0,34	630	71,94	0,66	4,30	4,35	81,29
Πολυαμίδιο, 0.25%omf, pH=4	2,64	640	48,80	-2,60	-5,71	6,27	245,54
Πολυαμίδιο, 0.5%omf, pH=4	4,49	640	42,29	-2,50	-6,21	6,69	248,06
Πολυαμίδιο, 1.0%omf, pH=4	8,74	640	32,64	-2,80	-5,89	6,52	244,59
Πολυαμίδιο, 1.5%omf, pH=4	10,84	640	29,28	-2,73	-5,61	6,24	244,06
Πολυαμίδιο, 2%omf, pH=4	13,81	640	26,47	-2,57	-5,32	5,95	243,69
Πολυαμίδιο, 4%omf, pH=4	17,39	640	23,05	-2,22	-3,77	4,38	239,52
Πολυαμίδιο, 6%omf, pH=4	21,34	640	18,11	-1,47	-3,64	3,93	248,05
Πολυαμίδιο, 8%omf, pH=4	26,04	640	16,49	-1,34	-3,60	3,84	249,55
Πολυαμίδιο, 10%omf, pH=4	28,95	640	16,35	-1,36	-3,46	3,70	247,95

Στον πίνακα 16, δίνονται τα χρωματικά δεδομένα των βαμμένων υφασμάτων, συγκεκριμένα βαμβακερού και πολυαμιδικού, τα οποία έχουν βαφεί με direct black 168 πριν υπερδιηθηθεί. Οι χρωματικές συντεταγμένες  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$  και οι τιμές K/S που μετρήθηκαν από τις τιμές των απορροφήσεων στο κατάλληλο  $\lambda_{max}$  είναι αυτές που δίνονται παραπάνω.

Από τον πίνακα διαπιστώνεται ότι οι τιμές K/S δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές, αυτό βέβαια εξαρτάται από κάποιους παράγοντες όπως είναι ο τόνος βαφής, η προσθήκη κάποιου βοηθητικού στη βαφή, το pH. Όσο οι συνθήκες γίνονται ευνοϊκότερες για την βαφή τόσο πιο ικανοποιητικές είναι οι τιμές K/S σε εκείνες τις περιπτώσεις όπως π.χ. βαμβακερό ύφασμα 10% omf, pH=9,5 με 20g/L NaCl δίνει K/S=21,04, όπως επίσης το πολυαμιδικό ύφασμα 10% omf, pH=4 δίνει K/S=28,95.

Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές K/S σε περιπτώσεις όπου η βαφή δεν είναι καθόλου ευνοϊκή, είναι εξαιρετικά χαμηλές όπως η πολυαμιδική ίνα 2% omf με pH=4 δίνει K/S=0,34. Αυτό σχετίζεται με το χρώμα που προσροφήθηκε στην ίνα εφ' όσον το K/S είναι ανάλογο με τη συγκέντρωση του χρώματος που προσροφάται από την ίνα.

Με αρνητικές τις τιμές  $a^*$  και  $b^*$ , και  $h^*=220,39-305,73^\circ$  διαπιστώνεται η έντονη χροιά του χρώματος και ότι τα βαμμένα δείγματα με direct black 168 πριν την υπερδιήθηση βρίσκονται στην μπλε-πράσινη περιοχή του χρωματικού κύκλου. Εξάιρεση, βέβαια, αποτελούν κάποια βαμβακερά υφάσματα όπως φαίνεται στον πίνακα 16, με pH=9,5 και 20g/L NaCl, τα οποία εμφανίζονται στην κόκκινη-μπλε περιοχή του χρωματικού κύκλου καθώς έχουν θετική τιμή  $a^*$  και η χροιά  $h^*$  έχει υψηλή επίσης τιμή άρα είναι έντονη. Άλλη μία εξάιρεση είναι η πολυαμιδική ίνα βαμμένη με 2% omf σε pH=9, η οποία βρίσκεται στην κίτρινο-κόκκινη περιοχή του χρωματικού κύκλου με χροιά  $h^*=81,29^\circ$ , καθόλου έντονη, κάτι που υποδηλώνει ότι δεν έχουμε καθόλου καλό βαφικό αποτέλεσμα εφ' όσον το πολυαμίδιο βάφεται σε όξινο pH.

Όσον αφορά την φωτεινότητα  $L^*$  διαπιστώνουμε ότι κυμαίνεται μεταξύ 16,35-50,85 άρα τείνει περισσότερο στην περιοχή του μαύρου(0) απ' όση στην περιοχή του άσπρου (100). Επίσης, εξάιρεση αποτελεί όπως ειπώθηκε το πολυαμίδιο 2% omf σε pH=9 με  $L^*=71,94$  είναι πιο κοντά στην περιοχή του άσπρου.

## Δοκιμασίες Αντοχής

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμασίες αντοχής στο πλύσιμο και αντοχής στο φως. Οι δοκιμασίες αυτές πραγματοποιήθηκαν επιλεκτικά σε κάποια από τα παραπάνω βαμμένα υφάσματα, που δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα βαφής, σε ορισμένους τόνους βαφής με το direct black168 bf.

**Πίνακας 17 :** Αποτελέσματα από δοκιμές αντοχής στο πλύσιμο και αντοχής στο φως (before uf)

Υφασμα	Αντοχή στο πλύσιμο		Αντοχή στο φως
	*CC	*CS	
Βαμβάκι,0.25%omf,pH=9.5 20g/L NaCl	4,5/5	Cotton=4 Τα άλλα όλα 5	3
Βαμβάκι,1.0%omf,pH=9.5 20g/L NaCl	4,5/5	Cotton=3,5 Τα άλλα όλα 5	3-4
Βαμβάκι,2.0%omf,pH=9.5 20g/L NaCl	4/4,5	Cotton=3 Τα άλλα όλα 5	4-5
Πολυαμίδιο,0.25%omf,pH=4	5	Cotton=4,5-5 Τα άλλα όλα 5	3
Πολυαμίδιο,1.0%omf,pH=4	5	Cotton=4,5-5 Τα άλλα όλα 5	3
Πολυαμίδιο,2.0%omf,pH=4	5	Cotton=4,5-5 Τα άλλα όλα 5	3-4

\*CC=Color Change, \*CS=Color Staining

Από τις δοκιμασίες αντοχής στο πλύσιμο στα βαμμένα υφάσματα με direct black 168 πριν την υπερδιήθηση διαπιστώθηκε ότι τα βαμβακερά υφάσματα έχουν αρκετά καλές αντοχές στο πλύσιμο και εμφανίζουν μικρό λέκιασμα μόνο στο βαμβάκι. Τις υπόλοιπες ίνες του πολύνου μάρτυρα δεν τις επηρεάζει καθόλου. Όσο πιο μεγάλος είναι ο τόνος βαφής τόσο μεγαλύτερο λέκιασμα εμφανίζεται στην βαμβακερή ίνα. Αυτό συμβαίνει εξ' αιτίας της συνάφειας των χρωμάτων με το υπόστρωμα. Και

μάλιστα, όσο αυξάνεται ο τόνος βαφής με το πλύσιμο, αυξάνεται και η ποσότητα του χρώματος «που φεύγει» γι' αυτό και έτσι αυξάνεται και το λέκιασμα. Επίσης, το πολυαμίδιο εμφανίζει ακόμη καλύτερες αντοχές από το βαμβάκι, εφ' όσον δεν λεκιάζει το πολυαμίδιο του πολύνιου μάρτυρα παρά μόνο ελάχιστα την βαμβακερή ίνα από τον πολύνιο μάρτυρα και αυτό συμβαίνει όπως αναφέρθηκε, λόγω της συνάφειας του χρώματος με το υπόστρωμα. Η βαμβακερή ίνα λεκιάζεται ελάχιστα όσο και αν αυξάνεται ο τόνος βαφής του πολυαμιδίου.

Διαπιστώνεται, από τα αποτελέσματα της αντοχής στο φως ότι όσο αυξάνεται η ποσότητα του χρώματος, δηλαδή, ο τόνος βαφής, τόσο αυξάνεται και η αντοχή στο φως. Αυτό συμβαίνει όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα και στα δύο υφάσματα, και στο βαμβάκι που εμφανίζει καλύτερες αντοχές στο φως και στο πολυαμίδιο που είναι πιο μέτριες. Στην περίπτωση της αντοχής στο φως όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του χρώματος (τόνος βαφής) αυξάνεται και η αντοχή στο φως, ενώ στην περίπτωση της αντοχής στο πλύσιμο, όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του χρώματος αυξάνεται και το χρώμα που «φεύγει», άρα αυξάνεται ενδεχομένως το λέκιασμα άρα μειώνεται η αντοχή στο πλύσιμο. Τέλος, το πολυαμίδιο εμφανίζει καλύτερες αντοχές στο πλύσιμο και το βαμβάκι καλύτερες αντοχές στο φως.

### 3.2.ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΣΗ

Όπως αναφέρθηκε και στο πειραματικό μέρος, η χρωστική μας, το Direct Black 168 έχει υποστεί την διεργασία της υπερδιήθησης, προκειμένου να αυξηθεί η καθαρότητα και η χρωστική ισχύς τους. Στον πίνακα παρατίθενται οι συνθήκες λειτουργίας της διάταξης της υπερδιήθησης: η διάρκεια, η θερμοκρασία, ο όγκος νερού που προστίθεται και η παροχή του διηθήματος. Επίσης, δίνεται η ποσότητα του συμπυκνώματος και απόδοση της υπερδιήθησης. Η ξήρανση του συμπυκνώματος γίνεται στους ~100 °C για ~24 ώρες

**Πίνακας 18 :** Συνθήκες διεξαγωγής της υπερδιήθησης του direct black 168

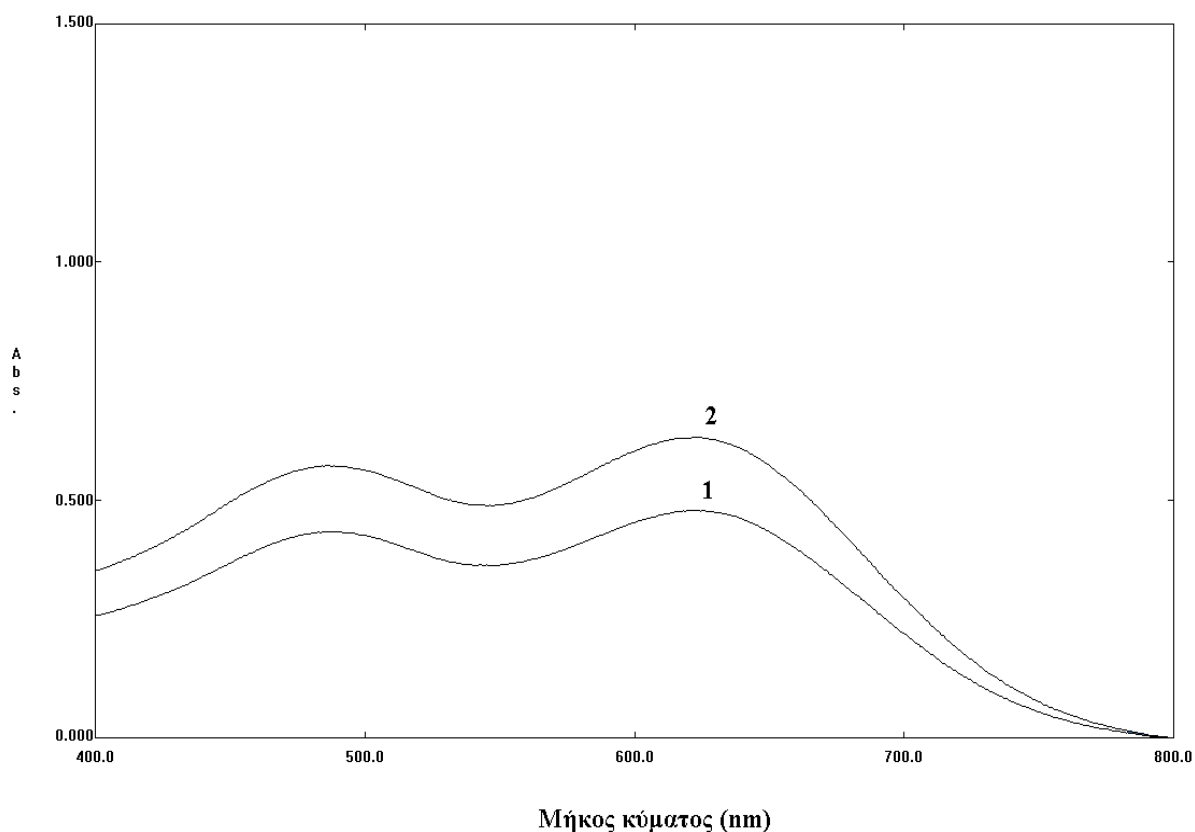
<b>Χρώμα</b>	<b>Συγκέντρωση (%w/v)</b>	<b>Αρχικός όγκος (lt)</b>	<b>Διάρκεια (h)</b>	<b>Θερμοκρ. (°C)</b>	<b>Όγκος προσθ. (lt)</b>	<b>Παροχή (lt/h/m<sup>2</sup>)</b>
Direct Black 168	1.0	1.5	~1.5	31-42	3.0	51-66

**Πίνακας 19 :** Ποσότητα συμπυκνώματος και απόδοση της υπερδιήθησης του direct black 168

<b>Χρώμα</b>	<b>Αρχική ποσότητα χρώματος(gr)</b>	<b>Τελικό συμπύκνωμα (gr)</b>	<b>Απόδοση (%)</b>
Direct Black 168	15,00	7,62	50,8%

Ακόμη, δίνεται το μήκος κύματος της μέγιστης απορρόφησης ( $\lambda_{max}$ ) και οι απορροφήσεις στο ορατό φάσμα του direct black 168, πριν και μετά την υπερδιήθηση, που ακολούθησε για τον καθαρισμό του. Τέλος, δίνεται και η % αύξηση της χρωστικής ισχύος του υπερδιηθημένου χρώματος (UF) σε σχέση με το αρχικό,

δείγμα του επιτυχούς καθαρισμού τους (απομάκρυνση περισσειας ελεύθερου μετάλλου, ανόργανων προσμίξεων) με την υπερδιήθηση.



**Σχήμα 23:** Φάσμα UV Direct Black 168 πριν την υπερδιήθηση (καμπύλη 1) και μετά την υπερδιήθηση (καμπύλη 2).

**Πίνακας 20:** Απορροφήσεις του Direct Black 168 πριν την υπερδιήθηση και του Direct Black 168 μετά την υπερδιήθηση

Χρωστική	Απορρόφηση στα 621,5nm	Απορρόφηση στα 486nm	<i>Αύξηση χρωστικής ισχύος (%)</i>
Direct Black 168 πριν την υπερδιήθηση	0,478	0,434	
Direct Black 168 μετά την υπερδιήθηση	0,631	0,572	<b>32,01%</b>

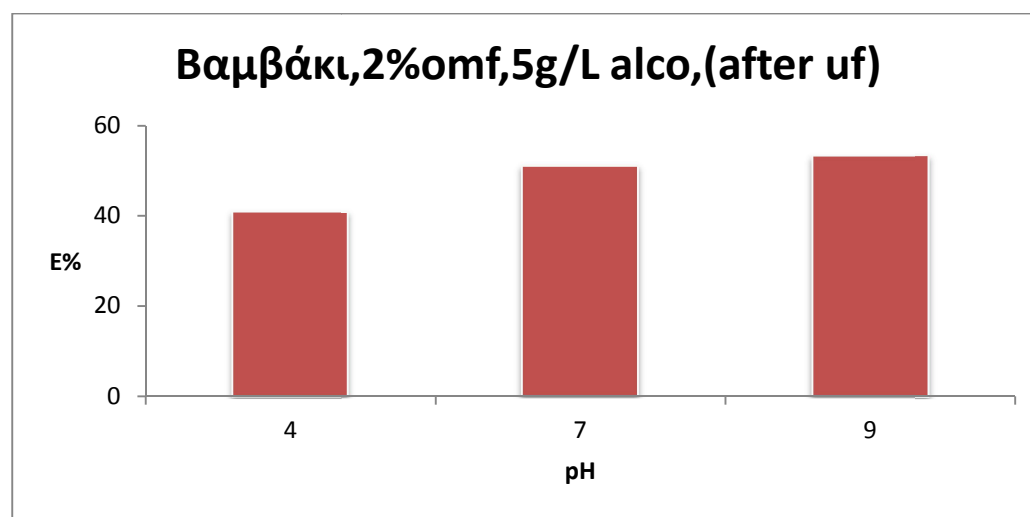
### 3.3 ΒΑΦΕΣ (μετά την υπερδιήθηση)

**Αποτελέσματα από βαφές που πραγματοποιήθηκαν με το direct black 168(after ultrafiltratin)**

3.3.1.Αποτελέσματα επίδρασης pH με ταυτόχρονη προσθήκη 5 g/L alcosperse (ανιονικό τασενεργό- βοηθητικό βαφής) στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού(after uf)

**Πίνακας 21:** Αποτελέσματα επίδρασης pH στη βαφή κατεργασμένου βαμβακιού με την προσθήκη του alcosperse(after uf)

Θερμοκρασία : 98 °C 1h	Ύφασμα : Κατεργασμένο βαμβάκι, τόνος βαφής : 2%		
Εξάντληση(%) χρώματος στο λουτρό βαφής	pH στο λουτρό βαφής		
	4	7	9
5g/L alcosperse	40.98	51.21	53.31



**Σχήμα 24 :** Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 21

Διαπιστώνεται ότι με την προσθήκη του alcosperse σε διάφορες τιμές pH αυξάνεται η εξάντληση του χρώματος από την ίνα καθώς οδεύουμε σε τιμές pH περισσότερο αλκαλικές. Επίσης οι τιμές εξάντλησης είναι περισσότερο αυξημένες στο



υπερδιηθημένο χρώμα σε σχέση με το χρώμα που χρησιμοποιήσαμε πριν την διεργασία της υπερδιήθησης.

3.3.2.Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCL 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 10.25(after uf)

**Πίνακας 22:**Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCL 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 10.25(after uf)

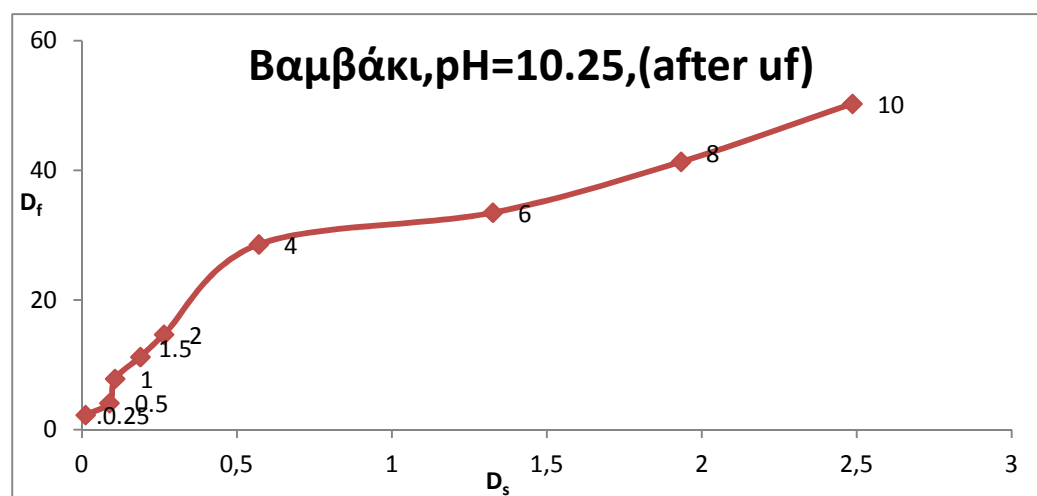
Υφασμα : κατεργασμένο βαμβάκι, θερμοκρασία : 98°C, χρόνος : 2h, NaCl 20g/L και pH ≈ 10.25						
Τόνος βαφής	0,25%	0,5%	1%	1,5%	2%	4%
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	90,24	82,05	78,53	74,77	73,46	71,48
D <sub>f</sub> (g/Kg)	2,26	4,10	7,85	11,22	14,69	28,59
D <sub>s</sub> (g/L)	0,012	0,089	0,107	0,189	0,265	0,571

3.3.3.Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 10.25 (after uf)

**Πίνακας 23 :** Αποτελέσματα βαφής βαμβακιού με NaCl 20g/L σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 10.25 (after uf)

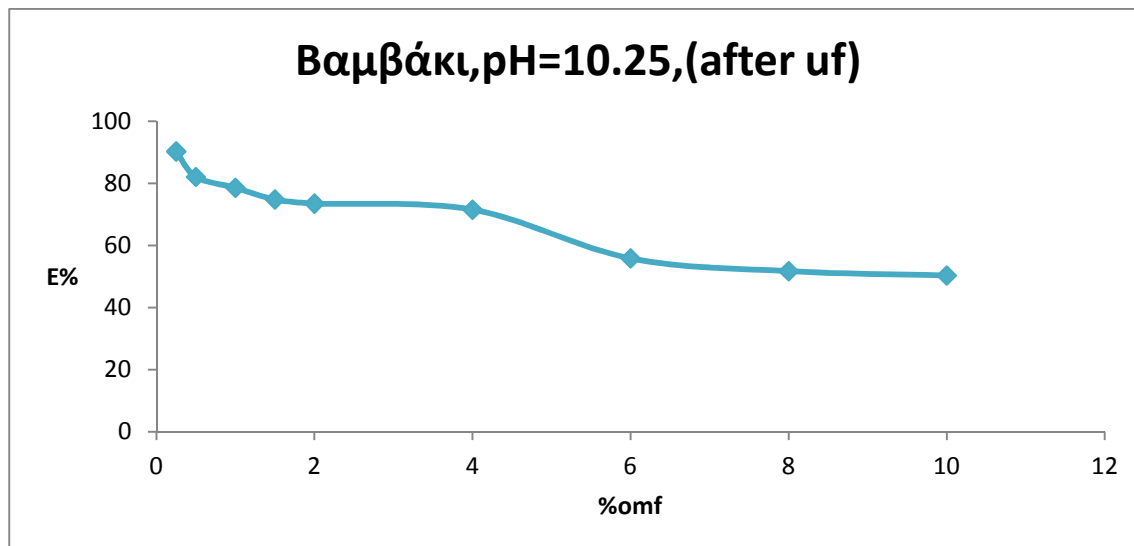
Ύφασμα : κατεργασμένο βαμβάκι, θερμοκρασία : 98°C, χρόνος : 2h, NaCl 20g/L και pH ≈ 10.25			
Τόνος βαφής	6%	8%	10%
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	55,81	51,69	50,29
D <sub>f</sub> (g/Kg)	33,49	41,35	50,29
D <sub>s</sub> (g/L)	1,326	1,933	2,486

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι το pH στις παραπάνω βαφές με το χρώμα *after uf* είναι 10,25 σε σύγκριση με το χρώμα *before uf* που ήταν 9,5, με την προσθήκη ίδιας ποσότητας ανθρακικής σόδας στα λουτρά βαφής. Αυτό εξηγείται με την προσθήκη του NaOH στην διεργασία της υπερδιήθησης που έκανε το χρώμα περισσότερο αλκαλικό απ'ότι πριν την υπερδιήθηση.



Σχήμα 25 : Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 22 και του πίνακα 23

Η καμπύλη ισόθερμη προσρόφησης προσροφησης προσομοιάζει την καμπύλη BET, δηλαδή, η προσρόφηση των μορίων της βαφής ακολούθησε BET μηχανισμό πολυστρωμάτων των προσροφημένων μορίων.



*Σχήμα 26: Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 22 και του πίνακα 23*

Σε αλκαλικό pH=10.25 έχουμε μεγαλύτερες τιμές εξάντλησης για τους ίδιους τόνους βαφής στο υπερδιηθημένο χρώμα σε σχέση με αυτό πριν την υπερδιήθηση. Επίσης, σε «ακραίους» τόνους βαφής τείνουμε σε σταθεροποίηση της τιμής της εξάντλησης κάτι που φανερώνει τον κορεσμό της ίνας από το χρώμα.

3.3.4.Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 4(after uf)

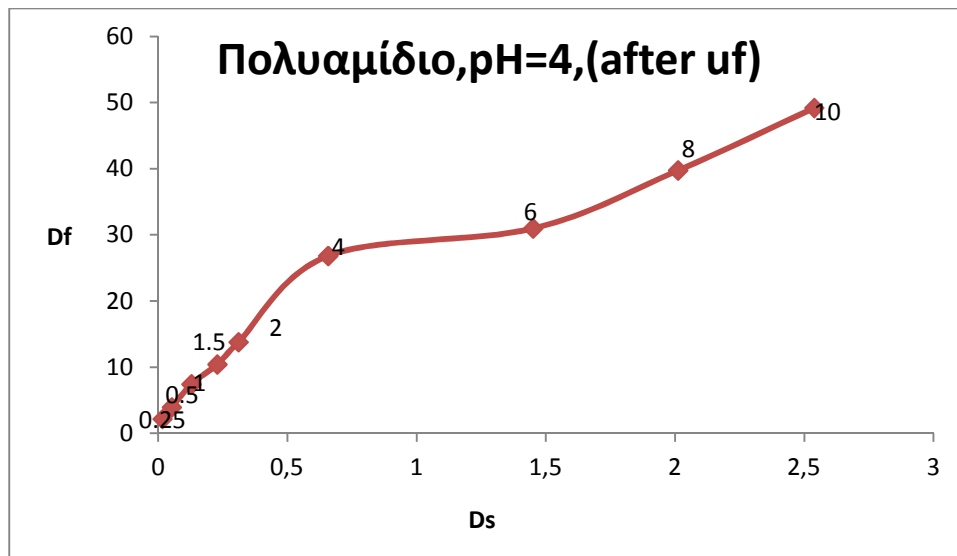
**Πίνακας 24** :Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε έξι διαφορετικούς τόνους βαφής σε pH ≈ 4(after uf)

Υφασμα : κατεργασμένο πολυαμίδιο, θερμοκρασία : 98°C, χρόνος : 2h και pH ≈ 4						
Τόνος βαφής	0,25%	0,5%	1%	1,5%	2%	4%
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	86,67	78,84	74,28	69,46	68,95	67,09
D <sub>f</sub> (g/Kg)	2,17	3,94	7,43	10,42	13,79	26,84
D <sub>s</sub> (g/L)	0,017	0,053	0,129	0,229	0,311	0,658

3.3.5.Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 4(after uf)

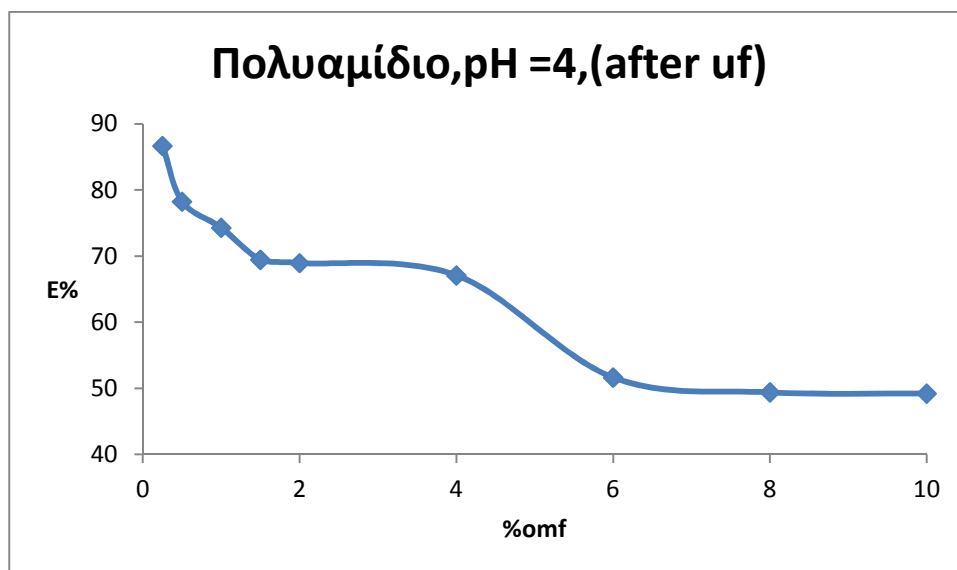
**Πίνακας 25**:Αποτελέσματα βαφής πολυαμιδίου σε θερμοκρασία 98°C και χρόνο 2 ωρών, σε, σε τρεις διαφορετικούς τόνους βαφής με« ακραίες» τιμές σε pH ≈ 4(after uf)

Υφασμα : κατεργασμένο πολυαμίδιο, θερμοκρασία : 98°C, χρόνος : 2h και pH ≈ 4			
Τόνος βαφής	6%	8%	10%
Εξάντληση χρώματος στο λουτρό βαφής (%)	51,64	49,39	49,21
D <sub>f</sub> (g/Kg)	30,98	39,76	49,21
D <sub>s</sub> (g/L)	1,451	2,012	2,539



*Σχήμα 27 : Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 24 και του πίνακα 25*

Η ισόθερμη προσρόφησης προσομοιάζει την ισόθερμη προσρόφησης BET.



*Σχήμα 28: Γράφημα των αποτελεσμάτων του πίνακα 24 και του πίνακα 25:*

Το πολυαμίδιο σε pH=4 με χρώμα μετά την υπερδιήθηση έχει μεγαλύτερες τιμές εξάντλησης σε σχέση με την βαφή σε ουδέτερο και αλκαλικό pH. Αυτό συμβαίνει εφ' όσον η βαφή των συνθετικών ινών πραγματοποιείται σε pH=4, όξινο, όπως ειπώθηκε και πιο πάνω. Επίσης, έχουμε καλύτερες τιμές εξάντλησης στο υπερδιηθημένο χρώμα σε σχέση με αυτό πριν την υπερδιήθηση, σε όλα τα παραπάνω pH. Αυτό συμβαίνει επειδή μετά την υπερδιήθηση αυξήθηκε η χρωστική ισχύς του.

### Χρωματομετρικές μετρήσεις

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 26) παρατίθενται τα χρωματομετρικά δεδομένα των βαμμένων υφασμάτων, τα οποία έχουν αναφερθεί παραπάνω με ποιες συνθήκες έχουν βαφεί και πρόκειται για βαμβάκι και πολυαμίδιο. Όλες οι βαφές των παραπάνω υφασμάτων πραγματοποιήθηκαν με το Direct Black 168, μετά την υπερδιήθηση. Ακόμη, όλες οι βαφές διεξήχθησαν σε θερμοκρασία 98° C, και η βαφή είχε διάρκεια είτε 1h είτε 2h, όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω.

Πιο συγκεκριμένα ,στον πίνακα δίνονται οι χρωματικές συντεταγμένες  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$  των βαμμένων βαμβακερών και πολυαμιδικών υφασμάτων με το direct black 168 uf, καθώς και οι τιμές K/S στο μήκος κύματος της μέγιστης απορρόφησης  $\lambda_{max}$ .

**Πίνακας 26:** Χρωματικές συντεταγμένες και τιμές K/S των βαμμένων υφασμάτων με direct black 168 uf

Υφασμα	K/S	$\lambda_{max}$ (nm)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
Βαμβάκι,2% omf,5g/L Alco, pH=4,uf	9,89	640	30,62	-1,14	-7,82	7,90	261,73
Βαμβάκι,2% omf,5g/L Alco, pH=7,uf	7,24	640	34,55	-0,97	-8,98	9,04	264,05
Βαμβάκι,2% omf,5g/L Alco, pH=9,uf	7,62	640	33,44	-0,56	-8,51	8,53	266,27

<b>Υφασμα</b>	<b>K/S</b>	<b>λmax (nm)</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h°</b>
Βαμβάκι,0.25 %omf, 20g/L NaCl,pH=10.25 ,uf	3,67	640	43,69	-1,33	-6,76	6,89	258,86
Βαμβάκι,0.5 %omf, 20g/L NaCl,pH=10.25 ,uf	5,42	640	37,35	-0,39	-6,64	6,65	266,60
Βαμβάκι,1.0 %omf, 20g/L NaCl,pH=10.25 ,uf	8,34	630	30,91	0,38	-5,38	5,40	274,05
Βαμβάκι,1.5 %omf, 20g/L NaCl,pH=10.25 ,uf	9,23	630	28,24	0,73	-4,59	4,64	279,05
Βαμβάκι,2.0 %omf, 20g/L NaCl,pH=10.25 ,uf	11,22	500	23,86	1,13	-3,53	3,74	289,45
Βαμβάκι,4.0 %omf, 20g/L NaCl,pH=10.25 ,uf	16,32	500	19,90	1,14	-2,64	2,87	293,43
Βαμβάκι,6.0 %omf, 20g/L NaCl,pH=10.25 ,uf	18,24	510	19,96	1,04	-2,28	2,50	294,82
Βαμβάκι,8.0 %omf, 20g/L NaCl,pH=10.25 ,uf	22,05	500	18,98	1,09	-2,44	2,67	294,05
Βαμβάκι,10.0 %omf, 20g/L NaCl,pH=10.25 ,uf	25,61	510	17,24	0,87	-2,07	2,25	292,86
Πολυαμίδιο, 0.25%omf, pH=4,uf	2,76	640	48,72	-2,54	-5,49	6,05	245,13
Πολυαμίδιο, 0.5%omf, pH=4,uf	5,27	640	38,94	-2,82	-5,98	6,61	244,73
Πολυαμίδιο, 1.0%omf, pH=4,uf	11,31	640	30,06	-2,63	-5,69	6,27	245,17

Υφασμα	K/S	$\lambda_{max}$ (nm)	L*	a*	b*	C*	h°
Πολυαμίδιο, 2%omf, pH=4,uf	18,25	640	22,92	-2,27	-5,00	5,49	245,57
Πολυαμίδιο, 4%omf, pH=4,uf	20,75	640	21,70	-2,04	-4,43	4,88	245,22
Πολυαμίδιο, 6%omf, pH=4,uf	25,05	640	17,76	-1,45	-3,44	3,74	247,22
Πολυαμίδιο, 8%omf, pH=4,uf	28,77	640	18,42	-1,40	-3,13	3,43	245,88
Πολυαμίδιο, 10%omf, pH=4,uf	30,66	640	17,88	-1,51	-3,15	3,50	244,40

Στον πίνακα 26 παρουσιάζονται οι χρωματικές τιμές για τα βαμμένα βαμβακερά και πολυαμιδικά υφάσματα με direct black 168 μετά την υπερδιήθηση. Οι τιμές K/S είναι περισσότερο ικανοποιητικές απ' ότι με τις αντίστοιχες τιμές K/S που είχαμε μετρήσει στα αντίστοιχα υφάσματα βαμμένα με χρώμα direct black 168 πριν την υπερδιήθηση. Παρ' όλα αυτά οι τιμές K/S είναι πιο υψηλές σε περιπτώσεις όπου βελτιώνονται οι συνθήκες βαφής.

Οι τιμές a\* και b\* είναι αρνητικές στις περισσότερες βαφές με h\* = 244,40-294,82° όπου διαπιστώνεται ότι τα δείγματα βρίσκονται στην μπλε-πράσινη περιοχή του χρωματικού κύκλου με έντονη χροιά. Βέβαια, ορισμένα βαμβακερά δείγματα με pH=10.25 σε διάφορους τόνους βαφής, παρουσιάζουν θετικές τιμές a\* με επίσης αρνητικές τιμές b\* που δείχνουν ίσως μία μικρή μετατόπιση από την μπλε-πράσινη περιοχή.

Η φωτεινότητα L\* μας οδηγεί στην διαπίστωση ότι βρίσκονται πιο κοντά στην περιοχή του μαύρου(0) εφ' όσον οι τιμές κυμαίνονται L\*=17,24-48,72.

Τέλος, οι τιμές C\* που υποδεικνύουν τον κορεσμό και φανερώνουν την προσέγγιση της έντασης του χρώματος, στα βαμμένα υφάσματα με χρώμα μετά την υπερδιήθηση έχει μεγαλύτερες τιμές απ' ότι στα αντίστοιχα μετά την υπερδιήθηση.



## Δοκιμασίες Αντοχής

Και σε βαμμένα υφάσματα με direct black 168 uf, πραγματοποιήθηκαν δοκιμασίες αντοχής στο πλύσιμο και αντοχής στο φως. Εφ' όσον όμως έχει διαπιστωθεί παραπάνω ότι η χρωστική ισχύς του χρώματος μετά την υπερδιήθηση έχει αυξηθεί κατά 32%, οι δοκιμές στις παραπάνω αντοχές πραγματοποιήθηκαν σε νέους τόνους λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η χρωστική ικανότητα αυξήθηκε κατά 32% με σκοπό τα αποτελέσματα πριν και μετά την υπερδιήθηση να έχουν αντιστοιχία.

**Πίνακας 27:** Αποτελέσματα από δοκιμές αντοχής στο πλύσιμο και αντοχής στο φως(after uf)

Υφασμα	Αντοχή στο πλύσιμο		Αντοχή στο φως
	*CC	*CS	
Βαμβάκι,0.19%omf,pH=10.25 20g/L NaCl <i>uf</i>	5	Cotton=4,5 Τα άλλα όλα 5	3
Βαμβάκι,0.76%omf,pH=10.25 20g/L NaCl <i>uf</i>	4,75/5	Cotton=4 Τα άλλα όλα 5	4
Βαμβάκι,1.52%omf,pH=10.25 20g/L NaCl <i>uf</i>	4,5/5	Cotton=3,5 Τα άλλα όλα 5	>5
Πολυαμίδιο,0.19%omf,pH=4 <i>uf</i>	5	Cotton=4,5-5 Τα άλλα όλα 5	4-5
Πολυαμίδιο,0.76%omf,pH=4 <i>uf</i>	5	Cotton=4,75-5 Τα άλλα όλα 5	4-5
Πολυαμίδιο,1.52%omf,pH=4 <i>uf</i>	5	Cotton=5 Τα άλλα όλα 5	5

\*CC=Color Change, \*CS=Color Staining

Τα βαμμένα υφάσματα με το υπερδιηθημένο χρώμα εμφανίζουν πολύ καλές αντοχές στο πλύσιμο. Το βαμβακερό ύφασμα λεκιάζει μόνο το βαμβάκι. Όσο αυξάνεται ο τόνος βαφής τόσο αυξάνεται και το λέκιασμα όπως έχει εξηγηθεί εξ' αιτίας της

συνάφειας του χρώματος με το υπόστρωμα. Το πολυαμιδικό ύφασμα που έχει βαφεί με υπερδιηθημένο χρώμα , λεκιάζει ελάχιστα μόνο το βαμβάκι ακόμη λιγότερο και από το πολυαμιδικό ύφασμα που έχει βαφεί με χρώμα πριν υπερδιηθηθεί. Οι τόνοι βαφής που χρησιμοποιήθηκαν έχουν υπολογιστεί για να προσαρμοστούν ώστε να έχουν ίδια χρωστική ισχύς με τους τόνους που είχαμε πριν την υπερδιήθηση. Παρ' όλα αυτά έχουν καλύτερες αντοχές στο πλύσιμο τα βαμμένα υφάσματα με υπερδιηθημένο χρώμα σε σχέση μ' αυτά που έχουν βαφεί με χρώμα πριν την υπερδιήθηση. Το πολυαμιδικό ύφασμα βαμμένο με υπερδιηθημένο χρώμα λεκιάζει ακόμη λιγότερο και από το πολυαμιδικό ύφασμα βαμμένο με χρώμα πριν την υπερδιήθηση.

Συμπεραίνουμε από το αποτέλεσμα της αντοχής φως ότι όσο αυξάνεται η ποσότητα του χρώματος, δηλαδή ο τόνος βαφής, τόσο αυξάνεται και η αντοχή στο φως. Αυτό συμβαίνει και στο βαμβακερό αλλά και στο πολυαμιδικό ύφασμα. Συγκεκριμένα, το πολυαμιδικό ύφασμα σε όλους τους τόνους βαφής έχει πολύ καλές αντοχές, ενώ στο βαμβάκι οι αντοχές στο φως αυξάνονται όσο αυξάνεται ο τόνος βαφής. Το πολυαμίδιο έχει καλύτερες αντοχές στο φως από το βαμβάκι αλλά και τα δύο υφάσματα εμφανίζουν καλύτερες αντοχές στο φως από τα αντίστοιχα υφάσματα που έχουν βαφεί με χρώμα πριν την υπερδιήθηση.

### 3.4.ΜΕΛΑΝΕΣ

Όπως αναφέρθηκε και στο πειραματικό μέρος, παρασκευάστηκαν 3 μελάνες, των οποίων η σύσταση δίνεται παρακάτω:

**Πίνακας 28 :**Σύσταση μελανών

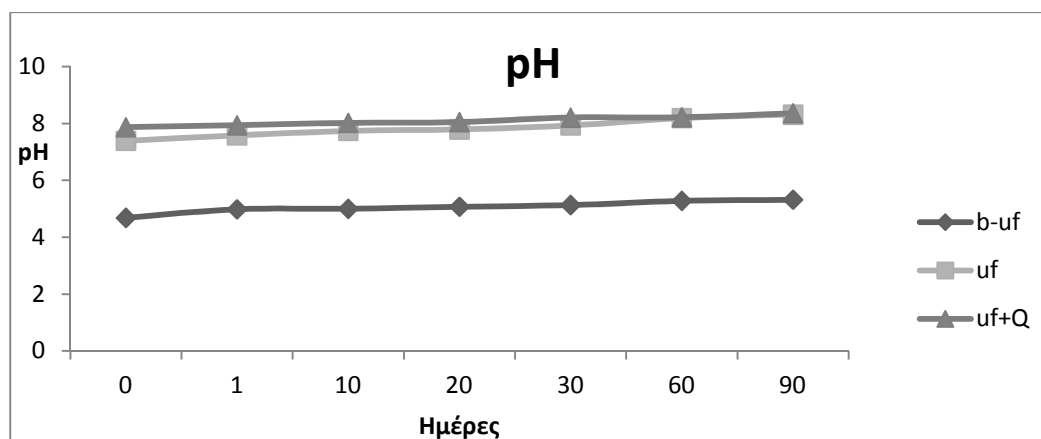
Μελάνη	%w/v	Ενεργό συστατικό	%w/v
<b>b-uf</b>	1.0	-	-
<b>uf</b>	1.0	-	-
<b>uf+Q</b>	1.0	κινιζαρίνη	0.5

#### *Μέτρηση pH*

Παρακάτω παρατίθενται σε πίνακα οι μετρήσεις του pH που πραγματοποιήθηκαν για την κάθε μελάνη σε τακτά χρονικά διαστήματα που δίνονται παρακάτω.

**Πίνακας 29 :** Τιμές pH των μελανών σε συνάρτηση με το χρόνο.

Ημέρες	b-uf	uf	uf+Q
<b>0</b>	4,68	7,39	7,87
<b>1</b>	4,98	7,58	7,94
<b>10</b>	5,00	7,74	8,02
<b>20</b>	5,07	7,79	8,05
<b>30</b>	5,13	7,93	8,21
<b>60</b>	5,28	8,19	8,22
<b>90</b>	5,32	8,31	8,36



**Σχήμα 29 :**Μεταβολή του pH του συναρτήσει του χρόνου

Σύμφωνα με τις μετρήσεις του pH που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε μελάνη ξεχωριστά διαπιστώθηκε ότι με την πάροδο του χρόνου (μετά από 90 ημέρες) και οι τρεις μελάνες έχουν αποκτήσει αποδεκτά όρια για την χρησιμοποίησή τους στην ψηφιακή εκτύπωση. Συγκεκριμένα η μελάνη που παρασκευάστηκε με το χρώμα πριν την υπερδιήθηση έχει όξινο pH όπως είχαν και τα διαλύματα του χρώματος πριν υπερδιηθηθεί. Οι τιμές της μελάνης με χρώμα μετά την υπερδιήθηση είναι περισσότερο αλκαλικές εφ' όσον η υπερδιήθηση διεξήχθη σε αλκαλικό περιβάλλον με την προσθήκη του NaOH. Τέλος, η μελάνη με κινιζαρίνη και χρώμα uf αυξάνει το pH περισσότερο και από την προηγούμενη. Αυτό συμβαίνει επειδή η κινιζαρίνη έχει αλκαλικό χαρακτήρα και pH 7,5.

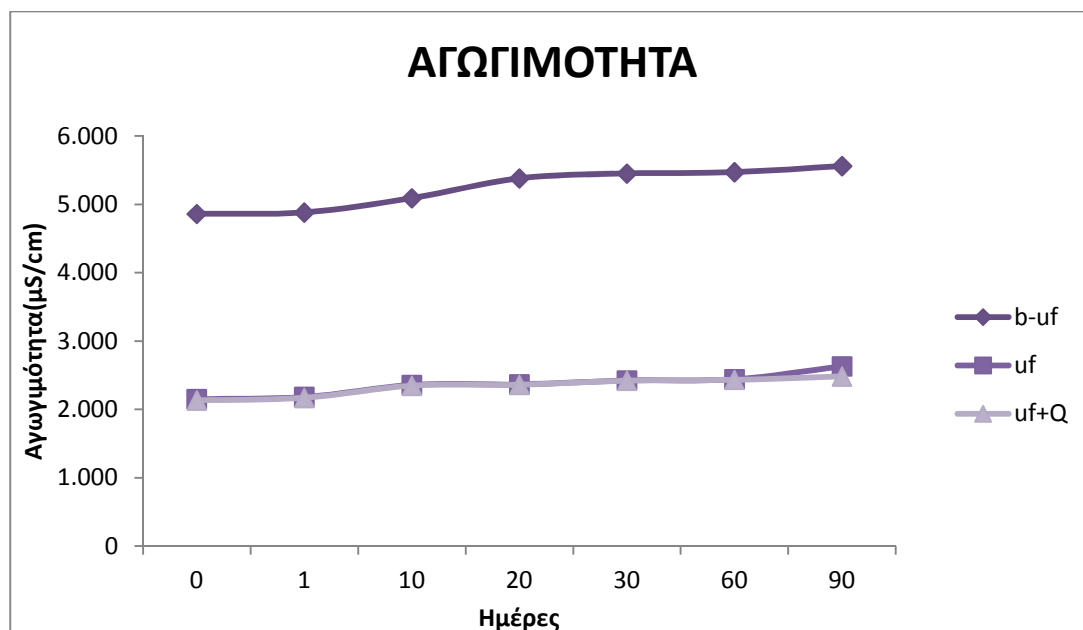
Από τις παραπάνω μετρήσεις διαπιστώνεται ότι με την πάροδο του χρόνου έχουμε αμελητέα αυξητική τάση, άρα οδηγούμαστε σε σταθεροποίηση με την πάροδο του χρόνου σε όλες τις μελάνες, κάτι εξαιρετικά σημαντικό για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ψηφιακή εκτύπωση.

### **Μέτρηση Αγωγιμότητας**

Παρακάτω παρατίθενται σε πίνακα οι μετρήσεις της αγωγιμότητας που πραγματοποιήθηκαν για την κάθε μελάνη σε τακτά χρονικά διαστήματα που δίνονται παρακάτω.

**Πίνακας 30:** Τιμές αγωγιμότητας των μελανών σε συνάρτηση με το χρόνο.

Ημέρες	b-uf	uf	uf+Q
<b>0</b>	4.860	2.150	2.131
<b>1</b>	4.880	2.182	2.170
<b>10</b>	5.090	2.358	2.347
<b>20</b>	5.380	2.367	2.361
<b>30</b>	5.450	2.424	2.421
<b>60</b>	5.470	2.442	2.433
<b>90</b>	5.560	2.630	2.484



**Σχήμα 30: Μεταβολή της αγωγιμότητας συναρτήσει του χρόνου**

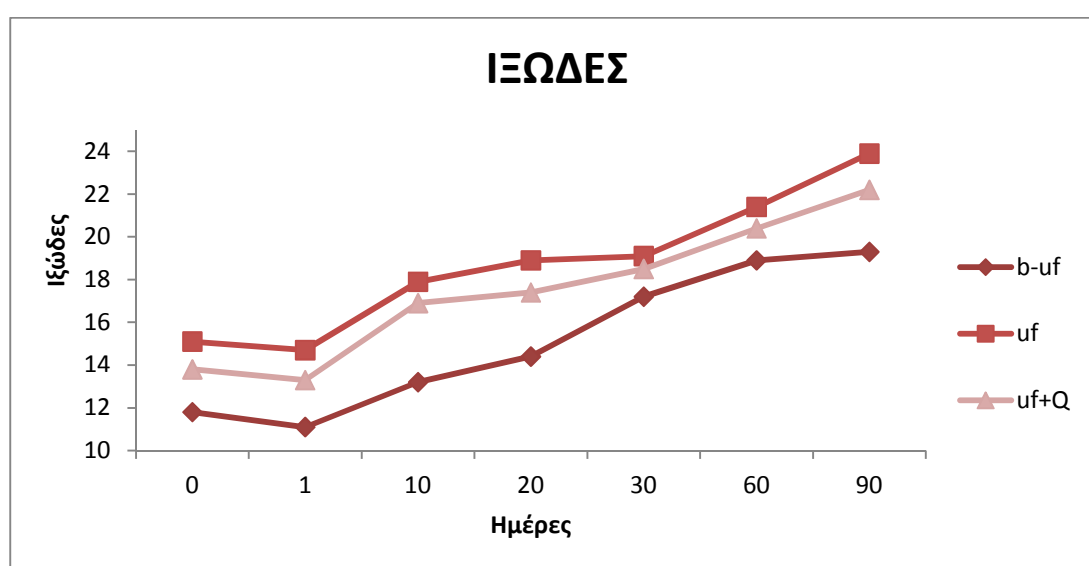
Η τιμή της αγωγιμότητας στην μελάνη με χρώμα πριν την υπερδιήθηση είναι αρκετά αυξημένη επειδή υπάρχουν πολλά ιόντα στο χρώμα πριν υπερδιηθηθεί και έτσι δίνουν το αποτέλεσμα της αυξημένης τιμής της αγωγιμότητας. Η τιμή της αγωγιμότητας στην μελάνη με χρώμα μετά την υπερδιήθηση είναι αρκετά χαμηλότερη σε σχέση με την προηγούμενη μελάνη, σχεδόν στο ήμισυ. Αυτό συμβαίνει επειδή μετά την υπερδιήθηση από τον καθαρισμό που υφίσταται το χρώμα απομακρύνονται πολλά ιόντα, με αποτέλεσμα την μείωση της τιμής της αγωγιμότητας. Το ίδιο συμβαίνει και στην τρίτη μελάνη με υπερδιηθημένο χρώμα και κινιζαρίνη. Η προσθήκη του ενεργού συστατικού (κινιζαρίνης) δεν επηρεάζει την τιμή της αγωγιμότητας. Οι τιμές της αγωγιμότητας είναι και στις τρεις περιπτώσεις στα αποδεκτά όρια  $<6000 \mu\text{S/cm}$ . Παρ' όλα αυτά οι μελάνες uf και uf με κινιζαρίνη εμφανίζουν μεγαλύτερο πλεονέκτημα εφ' όσον οι τιμές της αγωγιμότητας τους είναι χαμηλότερες.

### **Μέτρηση Ιξώδους**

Παρακάτω παρατίθενται σε πίνακα οι μετρήσεις του ιξώδους που πραγματοποιήθηκαν για την κάθε μελάνη σε τακτά χρονικά διαστήματα που δίνονται παρακάτω.

**Πίνακας 31:** Τιμές ιξώδους των μελανών σε συνάρτηση με το χρόνο.

Ημέρες	b-uf	uf	uf+Q
0	11.8	15.1	13.8
1	11.1	14.7	13.3
10	13.2	17.9	16.9
20	14.4	18.9	17.4
30	17.2	19.1	18.5
60	18.9	21.4	20.4
90	19.3	23.9	22.2



**Σχήμα 31:** Μεταβολή του ιξώδους συναρτήσει του χρόνου

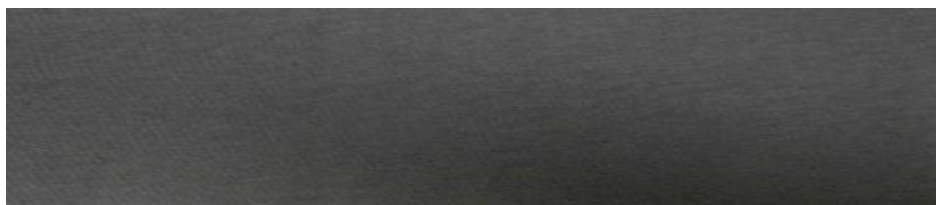
Διαπιστώνουμε ότι με την πάροδο του χρόνου και οι τρεις μελάνες αποκτούν πιο επιθυμητές τιμές ιξώδους που τις καθιστούν ιδανικές για ψηφιακή εκτύπωση. Η χρωστική περιέχει πληθώρα διστάμενων σουλφομάδων που απελευθερώνονται και προκαλούν αύξηση του ιξώδους με την πάροδο του χρόνου. Αυτό συμβαίνει και στην μελάνη με χρώμα πριν την υπερδιήθηση και στη μελάνη με χρώμα μετά την υπερδιήθηση ακόμη περισσότερο εφ' όσον αυξάνεται η διαλυτότητα άρα και η διάσταση και συνεπώς και η τιμή του ιξώδους. Η κινιζαρίνη στην τρίτη μελάνη επειδή δεν είναι υδατοδιαλυτή προκαλεί μικρή πτώση του ιξώδους σε σχέση με αυτήν που δεν περιέχει το ενεργό συστατικό και παρήχθη με υπερδιηθημένο χρώμα. Συμπερασματικά, οι τιμές και των τριών μελανών είναι στα αποδεκτά όρια μελανών για ψηφιακή εκτύπωση.

### 3.5.ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ

Πραγματοποιήθηκε δοκιμαστικά ψηφιακή εκτύπωση με τις μελάνες που παρασκευάστηκαν παραπάνω. Η εκτύπωση έγινε αρχικά σε χαρτί και ακολούθως σε βαμβακερό και σε πολυαμιδικό ύφασμα. Για την επίτευξη της εκτύπωσης χρησιμοποιήθηκε ο ψηφιακός εκτυπωτής ink-jet EPSON Stylus 218. Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα της ψηφιακής εκτύπωσης που έχουν φωτογραφηθεί.

- Ψηφιακή εκτύπωση με μελάνη από χρωστική before uf

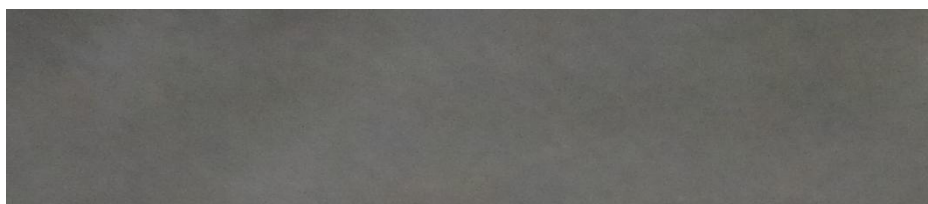
- 1) Βαμβακερό ύφασμα (b-uf)



- 2) Πολυαμιδικό ύφασμα (b-uf)

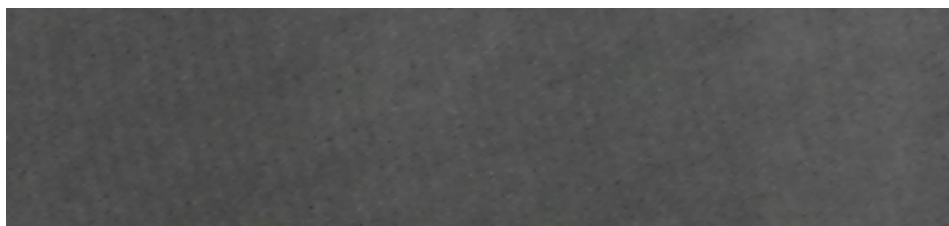


- 3) Χαρτί (b-uf)



- Ψηφιακή εκτύπωση με μελάνη από χρωστική after uf

- 1) Βαμβακερό ύφασμα (uf)



2) Πολυαμιδικό ύφασμα (uf)



3) Χαρτί (uf)

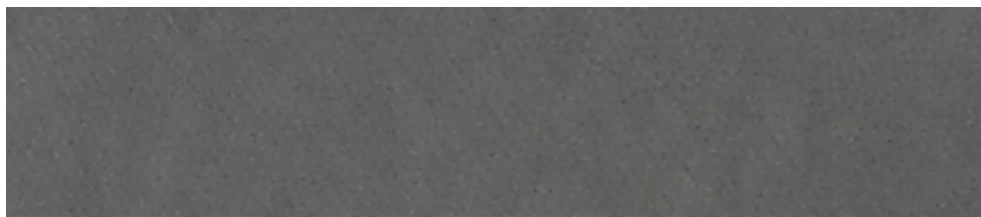


➤ Ψηφιακή εκτύπωση με μελάνη από χρωστική after uf με 0,5% w/v κινιζαρίνη

1) Βαμβακερό ύφασμα (uf +Q)



2) Πολυαμιδικό ύφασμα (uf+Q )





### 3)Χαρτί (uf+Q)



#### Χρωματομετρικές μετρήσεις

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 32) παρατίθενται τα χρωματομετρικά δεδομένα των εκτυπωμένων υφασμάτων, για τα οποία γίνεται αναφορά παραπάνω, και πρόκειται για βαμβάκι και πολυαμίδιο και του εκτυπωμένου χαρτιού. Οι εκτυπώσεις των παραπάνω υφασμάτων πραγματοποιήθηκαν με Direct Black 168 πριν την υπερδιήθηση, με Direct Black 168 μετά την υπερδιήθηση και με Direct Black 168 μετά την υπερδιήθηση παρουσία κινιζαρίνης.

Πιο συγκεκριμένα ,στον πίνακα δίνονται οι χρωματικές συντεταγμένες  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$  των παραπάνω εκτυπωμένων υφασμάτων και χαρτιού, καθώς και οι τιμές K/S στο μήκος κύματος της μέγιστης απορρόφησης  $\lambda_{max}$ .

**Πίνακας 32:** Χρωματικές συντεταγμένες και τιμές K/S των εκτυπωμένων υφασμάτων

Υφασμα	K/S	$\lambda_{max}$ (nm)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
Βαμβάκι b-uf	1,53	630	54,59	-0,46	-3,02	2,98	261,27
Πολυαμίδιο b-uf	0,31	630	70,90	0,04	0,33	0,33	82,46
Βαμβάκι uf	1,35	630	54,00	-0,44	-1,69	1,75	255,31
Πολυαμίδιο uf	0,86	630	62,67	0,04	-1,72	1,72	271,44
Βαμβάκι uf+Q	1,39	630	61,81	0,12	-1,71	1,72	273,89
Πολυαμίδιο uf+Q	0,88	630	54,19	-0,38	-1,38	1,44	254,50

Από τον πίνακα 32, όπου παρατίθενται τα χρωματικά δεδομένα των εκτυπωμένων βαμβακερών και πολυαμιδικών υφασμάτων διαπιστώνεται ότι οι τιμές K/S είναι εξαιρετικά χαμηλές σε όλες τις περιπτώσεις εκτύπωσης και πολύ χαμηλότερες από τις αντίστοιχες των βαμμένων υφασμάτων. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στην χαμηλή ποσότητα του χρώματος, που φτάνει στην επιφάνεια του δείγματος (σταγόνες μέσα από τα ακροφύσια του εκτυπωτή σε υψηλή ταχύτητα). Οι τιμές K/S στα εκτυπωμένα βαμβακερά υφάσματα είναι πιο υψηλές από τα αντίστοιχα πολυαμιδικά υφάσματα που είναι ακόμη πιο χαμηλές.

Οι τιμές  $a^*$  και  $b^*$  υποδηλώνουν μία μετατόπιση από την περιοχή του μπλέ- πράσινου με χροιά  $h^\circ > 250^\circ$ , αρκετά έντονη. Εξαιρέση παρουσιάζει το δείγμα του πολυμιδίου b-uf με μετατόπιση από την περιοχή του μπλε-πράσινου αλλά και πολύ μικρή χροιά,  $h^\circ = 82,46^\circ$ .

Από το  $L^*$  διαπιστώνεται ότι βρισκόμαστε στα εκτυπωμένα υφάσματα σε μία περιοχή φωτεινότητας μεταξύ  $L^* = 54,00-70,90$ . Συνεπώς έχουν αρκετά αυξημένη φωτεινότητα και τείνουν περισσότερο στην περιοχή του λευκού (100) απ' ό τι στην περιοχή του μαύρου (0).

Η  $C^*$  που προσδιορίζει τον κορεσμό του χρώματος από την ίνα δεν δίνει καλές τιμές, κάτι που επιβεβαιώνεται και οπτικά.

**Πίνακας 33:** Χρωματικές συντεταγμένες και τιμές K/S των εκτυπωμένων χαρτιών

Χαρτί	K/S	$\lambda_{max}$ (nm)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
Χαρτι b-uf	1,83	640	53,86	-0,39	-8,57	8,58	267,37
Χαρτι uf	2,45	640	49,37	-0,63	-7,39	7,42	265,16
Χαρτι uf+Q	2,37	640	49,71	-0,53	-7,63	7,65	266,05

Στον πίνακα 33, στον οποίο παρατίθενται τα χρωματικά δεδομένα των εκτυπωμένων χαρτιών, έχει γίνει εκτύπωση και με τις τρεις διαφορετικές μελάνες. Διαπιστώνεται, με βάση τις τιμές του πίνακα 33 ότι οι τιμές K/S είναι βέβαια χαμηλές αλλά αρκετά υψηλότερες από τις τιμές K/S που είχαν τα εκτυπωμένα υφάσματα. Επίσης, οι τιμές

K/S στα εκτυπωμένα χαρτιά με μελάνη uf και μελάνη uf με Q είναι μεγαλύτερη από αυτήν που έχει το χαρτί που εκτυπώθηκε με b-uf μελάνη.

Οι αρνητικές τιμές  $a^*$  και  $b^*$  φανερώνουν ότι βρίσκονται στην περιοχή του μπλέ-πράσινου με χροιά  $h^\circ > 250^\circ$ , δηλαδή με αρκετά έντονη χροιά.

Οι τιμές  $L^*$ , δηλαδή της φωτεινότητας βρίσκονται ανάμεσα σε  $L^* = 49.37-53.86$ , άρα στο ενδιάμεσο της περιοχής του λευκού (100) και του μαύρου (0).

Η  $C^*$  που προσδιορίζει τον κορεσμό του χρώματος από το χαρτί αλλά δεν δίνει καλές τιμές κάτι που δείχνει ότι δεν έχουμε καλό κορεσμό του χρώματος από το χαρτί κάτι που επιβεβαιώνεται και οπτικά.

### Δοκιμασίες Αντοχής

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμασίες αντοχής στο πλύσιμο και αντοχής στο φως. Οι δοκιμασίες αυτές πραγματοποιήθηκαν σε όλα τα παραπάνω εκτυπωμένα υφάσματα.

**Πίνακας 34:** Αποτελέσματα από δοκιμές αντοχής στο πλύσιμο και αντοχής στο φως των παραπάνω εκτυπωμένων υφασμάτων

Υφασμα	Αντοχή στο πλύσιμο		Αντοχή στο φως
	*CC	*CS	
Βαμβάκι b-uf	3,5/4	Cotton=3-3,5 Τα άλλα όλα 5	2-3
Πολυαμίδιο b-uf	2,5/3	Cotton=3 Τα άλλα όλα 5	4
Βαμβάκι uf	3,75/4	Cotton=3-3,5 Τα άλλα όλα 5	3
Πολυαμίδιο uf	2,5/3	Cotton=2,5-3 Τα άλλα όλα 5	4-5
Βαμβάκι uf+Q	4	Cotton=3-3,5 Τα άλλα όλα 5	3
Πολυαμίδιο uf+Q	2,5/3	Cotton=2,5-3 Τα άλλα όλα 5	4-5

Τα υφάσματα που προέκυψαν μετά από ψηφιακή εκτύπωση με τις μελάνες που παρήχθησαν με χρώμα b-uf, uf και uf με κινιζαρίνη, δεν εμφανίζουν και πολύ καλές αντοχές στο πλύσιμο και αντοχές στο φως. Αυτό συμβαίνει επειδή η προσρόφηση του χρώματος έγινε επιφανειακά με την ψηφιακή εκτύπωση και τα υφάσματα θα έπρεπε να υποστούν κάποια επεξεργασία πριν υποβληθούν σε ψηφιακή εκτύπωση για να γίνει σε βάθος η προσρόφηση του χρώματος από την ίνα. Παρ' όλα αυτά η βαμβακερή ίνα λεκιάζει το βαμβάκι αρκετά, και στις τρεις περιπτώσεις εκτύπωσης και με τις τρεις μελάνες. Εμφανίζει όμως μεγαλύτερη χρωματική αλλαγή μετά το πλύσιμο η βαμβακερή ίνα με την b-uf μελάνη ενώ οι άλλες δύο βαμβακερές ίνες εμφανίζουν μικρότερη χρωματική αλλαγή. Έτσι συμβαίνει και με την αντοχή στο φως της βαμβακερής ίνας, η αντοχή της βαμβακερής ίνας που προέκυψε από την ψηφιακή εκτύπωση με b-uf έχει χειρότερες αντοχές από τις άλλες δύο που έχουν ίδιες αντοχές μεταξύ τους. Συνεπώς, δεν έχουν καλές αντοχές στο φως όπως ούτε και στο πλύσιμο.

Οι πολυαμιδικές ίνες εμφανίζουν καλύτερες αντοχές και στο πλύσιμο και στο φως, και εμφανίζουν μικρότερη χρωματική αλλαγή, σε σχέση με τις βαμβακερές. Οι πολυαμιδικές ίνες με μελάνες uf εμφανίζουν καλύτερα αποτελέσματα σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις σε σχέση με την πολυαμιδική ίνα με μελάνη b-uf.

### **Φασματομετρικός προσδιορισμός της Κινιζαρίνης (*Solvor86*) σε εκτυπωμένο βαμβακερό και πολυαμιδικό υπόστρωμα**

Ο προσδιορισμός της κινιζαρίνης πραγματοποιήθηκε φασματοφωτομετρικά μετά από εκχύλιση της κινιζαρίνης από το δείγμα (εκτυπωμένο ύφασμα) και την μέτρηση του εκχυλίσματος σε μήκος κύματος 489,5nm (είναι το  $\lambda_{\max}$  της κινιζαρίνης).

Χρησιμοποιήθηκε για την παραπάνω εκχύλιση μίγμα διαλυτών «βαριάς νάφθας» και κρεσόλης 5ml από τον κάθε ένα, σε 0,4g του κάθε υφάσματος, η εκχύλιση διεξήχθη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 30min σε απαγωγό.

Αυτή είναι η ποσότητα που δρα ως ιχνηθέτης στα υφάσματά μας. Διαπιστώνεται από τα παραπάνω ότι τα εκχυλίσματα του βαμβακερού περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα κινιζαρίνης (*Solvor86*) σε σχέση με αυτά του πολυαμιδικού εκτυπωμένου υφάσματος.

**Πίνακας 35:** Ποσότητα (mg/L) Solvor86 σε βαμβάκι (Cotton) και σε πολυαμίδιο (PA) εκτυπωμένα δείγματα

<b>Εκτυπωμένο Ύφασμα</b>	<b>Βαμβάκι</b>	<b>Πολυαμίδιο</b>
<b>Ποσότητα σε mg/L Solvor86</b>	107,61	71,12

### 3.6.ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ TLC (ΛΕΠΤΗΣ ΣΤΟΙΒΑΔΑΣ) ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ (ΤΗΣ ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ) ΤΟΥ DIRECT BLACK 168 ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥ ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΜΕΝΟΥ.

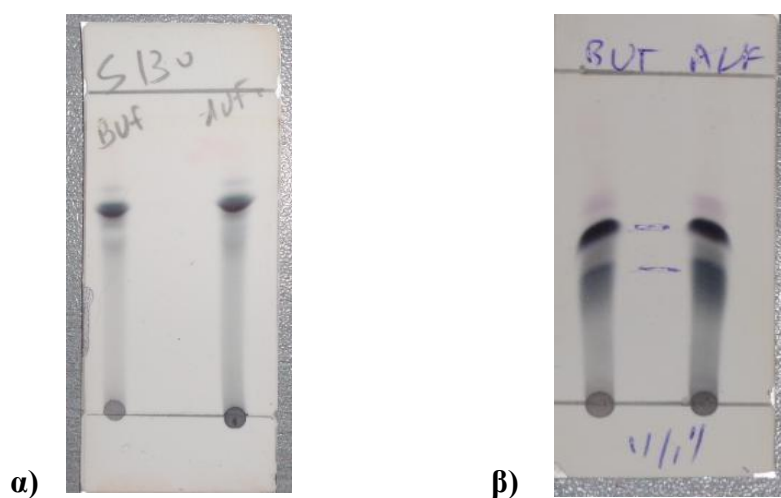
Σε αυτή τη χρωματογραφική τεχνική χρησιμοποιούνται γυάλινες ή αλουμινένιες πλάκες επιστρωμένες με μια λεπτή στοιβάδα στατικής φάσης. Η στατική φάση συνήθως είναι γέλη πυριτίου ή λιγότερο συχνά οξείδιο αργιλίου, κυτταρίνη κτλ. Το διάλυμα του υπό εξέταση δείγματος τοποθετείται υπό τη μορφή κηλίδας στην αρχή της πλάκας σε απόσταση περίπου 2 cm. Στη συνέχεια η πλάκα τοποθετείται όρθια εντός αεροστεγούς θαλάμου στον οποίο έχει ήδη εισαχθεί κατάλληλο σύστημα διαλυτών σε ύψος κάτω από αυτό της κηλίδας. Οι διαλύτες (το εκλουστικό μέσο) πρέπει να έχουν τοποθετηθεί εντός του θαλάμου τουλάχιστον 10 min πριν την τοποθέτηση της πλάκας ώστε να έχει κορεσθεί ο υπερκείμενος χώρος από τους ατμούς.

Ακολούθως ,το εκλουστικό αφήνεται να ανέλθει με τη βοήθεια τριχοειδών φαινομένων (περίπου 10-20 min, ανάλογα με το ύψος της πλάκας) μέχρι το μέτωπο του διαλύτη να φθάσει λίγα εκατοστά πριν το τέλος της πλάκας. Ύστερα, η πλάκα αποσύρεται και στεγνώνεται με ρεύμα αέρα.

Τα εκλουστικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

εκλουστικό α: iso-butanol/n-propanol/ethylacetate/νερό:20/40/10/30

εκλουστικό β: πυριδίνη/25% NH<sub>4</sub>OH/πεντανόλη :vol 1/1/1



**Σχήμα 32:** α) Εφαρμογή της TLC με το εκλουστικό α και β) Εφαρμογή της TLC με το εκλουστικό β

Στο παραπάνω σχήμα παρατίθενται οι δύο δοκιμές της χρωματογραφίας TLC που πραγματοποιήθηκαν με τα δύο εκλουστικά μέσα που προαναφέρθηκαν. Όπως διακρίνεται από το σχήμα και στις δύο περιπτώσεις η κηλίδα με το χρώμα μετά την υπερδιήθηση είναι πιο έντονη, όπως και η ανοδική πορεία του εκλουστικού αντιστοίχως με το χρώμα μετά την υπερδιήθηση είναι πιο έντονη.

Όλα τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το χρώμα μετά την υπερδιήθηση έχει οδηγηθεί στην πιο όξινη του μορφή, λόγω της απομάκρυνσης αλάτων στην υπερδιήθηση καθώς και η πιο έντονη κηλίδα φανερώνει την αύξηση της χρωστικής ισχύς του χρώματος.

#### **4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

- Συμπεράσματα του προέκυψαν από τις ΒΑΦΕΣ με direct black 168:
- Το pH που ευνοεί περισσότερο τη βαφή του βαμβακερού υφάσματος με direct black 168, είναι το αλκαλικό pH=9,5.
  - Η προσθήκη NaCl στη βαφή του βαμβακερού υφάσματος με direct black 168 αυξάνει την εξάντληση και δίνει καλύτερα βαφικά αποτελέσματα.
  - Η προσθήκη alcosperse, ως βοηθητικό βαφής, ευνοεί την βαφή του βαμβακιού σε όλα τα pH.
  - Τα καλύτερα αποτελέσματα βαφής του βαμβακιού παρατηρούνται σε pH=9,5 και 20 g/L NaCl.
  - Η βαφή του πολυαμιδίου ευνοείται σε pH=4 όπως είναι και αναμενόμενα, σε μεγαλύτερες τιμές pH δεν έχουμε καθόλου καλά αποτελέσματα βαφής.
  - Όσο αυξάνεται ο τόνος βαφής η τιμή της εξάντλησης μειώνεται με αποτέλεσμα να οδηγείται σε «κορεσμό» ή ίνα από το χρώμα.
- Συμπεράσματα που προέκυψαν από την ΥΠΕΡΔΙΗΘΗΣΗ του direct black 168:
- Η χρωστική ισχύς του direct black 168 αυξήθηκε κατά 32,01% με αποτέλεσμα τον επιτυχή καθαρισμό του χρώματος από ανόργανες προσμίξεις και περίσσειας ελεύθερου μετάλλου
  - Η διεργασία της υπερδιήθησης είχε απόδοση 50,8%.
- Συμπεράσματα του προέκυψαν από τις ΒΑΦΕΣ με direct black 168 μετά την υπερδιήθηση:
- Προκύπτουν τα ίδια συμπεράσματα όπως και στις βαφές πριν την υπερδιήθηση και για τα βαμβακερά και τα πολυαμιδικά υφάσματα ανάλογα με τις συνθήκες.
  - Έχουμε σε όλες τις βαφές μεγαλύτερες τιμές εξάντλησης σε σχέση με τις βαφές με direct black 168 πριν την υπερδιήθηση, αυτό συμβαίνει επειδή έχει αυξηθεί η χρωστική ισχύς του χρώματος.



- Έχουμε αλκαλικό pH=10,25 αντί pH=9,5 που είχαμε πριν την υπερδιήθηση, με την προσθήκη ίδιων ποσοτήτων βοηθητικών. Αυτό οφείλεται στην προσθήκη του NaOH στην διεργασία της υπερδιήθησης που έκανε την χρωστική περισσότερο αλκαλική.

→ Συμπεράσματα του προέκυψαν από τις ΙΣΟΘΕΡΜΕΣ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ:

- Ισόθερμες καμπύλες ισορροπίας προσρόφησης κατασκευάστηκαν και για το βαμβάκι και για το πολυαμίδιο, και σε βαφές που πραγματοποιήθηκαν με direct black 168 και με direct black 168 μετά την υπερδιήθηση.
- Πριν κατασκευαστούν οι ισόθερμες προσρόφησης, υπολογίστηκε η συγκέντρωση του χρώματος στην ίνα ( $D_f$ ) και η συγκέντρωση του εναπομείναντος χρώματος στο διάλυμα της βαφής ( $D_s$ ).
- Όλες οι ισόθερμες καμπύλες προσρόφησης προσομοιάζουν την καμπύλη BET, δηλαδή η προσρόφηση των μορίων της βαφής στο κάθε ύφασμα ακολούθησε ένα BET μηχανισμό, σύμφωνα με τον οποίο η πρόσληψη (συγκράτηση) περιλαμβάνει το σχηματισμό πολυστρωμάτων των προσροφημένων μορίων. Αυτό παρατηρήθηκε στις καμπύλες πριν αλλά και μετά την υπερδιήθηση, με κάποιες διαφορές μεταξύ τους.

→ Συμπεράσματα του προέκυψαν από τις ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ:

- Από τις δοκιμασίες αντοχής στο πλύσιμο με direct black 168, διαπιστώνεται ότι τα βαμβακερά υφάσματα εμφανίζουν καλές αντοχές στο πλύσιμο και τα πολυαμιδικά πολύ καλές αντοχές στο πλύσιμο.
- Οι δοκιμασίες αντοχής στο φως με direct black 168, φανερώνουν ότι τα βαμβακερά υφάσματα έχουν μέτριες αντοχές στο φως, λίγο καλύτερες από τα πολυαμιδικά υφάσματα που επίσης έχουν μέτριες αντοχές. Οι αντοχές στο φως βελτιώνονται όσο μεγαλύτερος είναι ο τόνος βαφής. Αυτό ισχύει και για τα δύο υφάσματα.
- Από τις δοκιμασίες αντοχής στο πλύσιμο με direct black 168 after uf, διαπιστώνεται ότι και τα δύο είδη υφάσματος έχουν καλές αντοχές στο πλύσιμο και είναι καλύτερες σε σχέση με τις αντοχές των υφασμάτων με χρωστική πριν την υπερδιήθηση

- Από τις δοκιμές αντοχής στο φως διαπιστώνεται ότι και τα δύο είδη υφάσματος, που είναι βαμμένα με direct black 168 μετά την υπερδιήθηση, έχουν καλές αντοχές στο φως και μάλιστα πιο βελτιωμένες σε σχέση με τις αντοχές των βαμμένων υφασμάτων με χρώμα direct black 168 πριν την υπερδιήθηση.
- Οι δοκιμές αντοχής στο πλύσιμο και στο φως των εκτυπωμένων υφασμάτων ( βαμβάκι και πολυαμίδιο), δεν είναι και ιδιαίτερα καλές. Ο λόγος είναι επειδή η προσρόφηση του χρώματος έγινε επιφανειακά με την ψηφιακή εκτύπωση και τα υφάσματα θα έπρεπε να υποστούν κάποια επεξεργασία πριν υποβληθούν σε ψηφιακή εκτύπωση για να γίνει σε βάθος η προσρόφηση του χρώματος από την ίνα. Παρ' όλα αυτά παρατηρείται ότι τα πολυαμιδικά εκτυπωμένα υφάσματα εμφανίζουν καλύτερες αντοχές στο φως απ' ότι τα βαμβακερά. Επίσης, παρατηρείται ότι τα εκτυπωμένα υφάσματα με μελάνη με χρωστική μετά την υπερδιήθηση δίνει καλύτερο αποτέλεσμα αντοχών.

➔ Συμπεράσματα του προέκυψαν από την ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ:

- Οι τιμές K/S είναι πιο αυξημένες (ικανοποιητικές) στις περιπτώσεις όπου οι συνθήκες βαφής είναι πιο ιδανικές (ευνοϊκότερες) και σε όλες τις περιπτώσεις η τιμή K/S είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση του χρώματος στο ύφασμα.
- Οι τιμές K/S είναι μεγαλύτερες σε περιπτώσεις ίδιας βαφής όπου η βαφή πραγματοποιήθηκε με υπερδιηθημένο χρώμα. Αυτό συνέβη επειδή μετά την υπερδιήθηση αυξήθηκε η χρωματική ισχύς του χρώματος εφ' όσον απομακρύνθηκαν οι ανόργανες προσμίξεις.
- Οι χρωματικές συντεταγμένες  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^\circ$  συμφωνούν με τις τιμές K/S αλλά επιβεβαιώνονται και με την οπτική παρατήρηση των δειγμάτων.
- Οι τιμές  $h^\circ$  μας δείχνουν ότι βρισκόμαστε στην περιοχή του μπλε-πράσινου με κάποιες μικρές μετατοπίσεις ενίοτε.

- Οι τιμές K/S των εκτυπωμένων υφασμάτων, που είναι ιδιαίτερα χαμηλές και οι χρωματικές συντεταγμένες που συμφωνούν με αυτές τις τιμές, φανερώνουν την μικρή συγκέντρωση χρώματος στα εκτυπωμένα υφάσματα κάτι που διαπιστώνεται και οπτικά. Παρ' όλα αυτά τα βαμβακερά εκτυπωμένα υφάσματα είχαμε λίγο καλύτερο αποτέλεσμα.

➔ Συμπεράσματα του προέκυψαν από την ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ των μελανών για ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ:

- Οι τρεις παρασκευασθείσες μελάνες έχουν τιμές pH που σταθεροποιούνται με την πάροδο του χρόνου (90 ημέρες) και βρίσκονται εντός των αποδεκτών ορίων τιμών pH (6-8) και είναι ικανές να χρησιμοποιηθούν για ink-jet εκτύπωση.
- Όλες οι μελάνες έχουν τιμές αγωγιμότητας που τις καθιστούν κατάλληλες για εκτύπωση (αποδεκτά όρια αγωγιμότητας <6000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Διαπιστώνεται μία μικρή ανοδική πορεία της τιμής της αγωγιμότητας με την πάροδο του χρόνου και των τριών μελανών. Παρ' όλα αυτά διατηρείται αρκετά χαμηλή στις μελάνες με χρώμα μετά την υπερδιήθηση, κάτι που είναι επιθυμητό. Και στην μελάνη με χρώμα πριν την υπερδιήθηση είναι υψηλότερη αλλά παραμένει σε ικανοποιητικές τιμές για την χρησιμοποίησή της σε ψηφιακή εκτύπωση.
- Με την πάροδο του χρόνου οι τρεις μελάνες αποκτούν τιμές ιξώδους ικανοποιητικές για την χρησιμοποίησή τους σε ψηφιακή εκτύπωση. Τα αποδεκτά όρια ιξώδους για ink-jet μελάνη είναι 2-3cps. Οι τρεις μελάνες παρουσιάζουν μία ανοδική τάση στις τιμές του ιξώδους, αυτό συμβαίνει επειδή η χρωστική περιέχει πληθώρα δισταμένων σουλφομάδων που απελευθερώνονται και προκαλούν αύξηση του ιξώδους με την πάροδο του χρόνου.

→ Συμπεράσματα του προέκυψαν ΑΠΟ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ της κινιζαρινης (*solvor86*) :

- Διαπιστώθηκε ότι το ενεργό συστατικό ( *solvor 86*) δρα ως ιχνηθέτης στα εκτυπωμένα υφάσματα και η μεγαλύτερη ποσότητα βρέθηκε στο βαμβακερό απ' ότι στο πολυαμιδικό εκτυπωμένο ύφασμα.

→ Συμπεράσματα του προέκυψαν ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ TLC:

- Διαπιστώθηκε από την χρωματογραφία TLC ότι το χρώμα μετά την υπερδιήθηση οδηγήθηκε στην πιο όξινη του μορφή μετά την απομάκρυνση των αλάτων και συνεπώς αυξήθηκε η χρωστική του ισχύς.

## **5.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- 1) Ε. Τσατσαρώνη και Ι. Ελευθεριάδης. *Χημεία και Τεχνολογία του Χρώματος*. Εκδόσεις Γαρταγάνη. Θεσσαλονίκη, 2009.
- 2) Α. Κεχαγιόγλου, Γ. Καραγιαννίδη, Ε. Σιδερίδου-Καραγιαννίδου, “Χημεία και Τεχνολογία Πολυμερών” Θεσσαλονίκη 1990.
- 3) Γ. Καραγιαννίδη, Ε. Σιδερίδου, “Χημεία Πολυμερών”, Θεσσαλονίκη 2006, σελ.214.
- 4) Ε. Τσατσαρώνη, Σ. Πεγιάδου και Ι. Ελευθεριάδης, *Σημειώσεις στις Υφάνσιμες Ίνες*, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών της κατεύθυνσης Χημεία και Τεχνολογία Πολυμερών του τμήματος Χημείας. Εργαστήριο Οργανικής Χημικής Τεχνολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2007.
- 5) R. Allen, “Colour Chemistry”, ICI, Pitmann Press, Bath, 1971.
- 6) H. Zollinger, “Color Chemistry, Synthesis, Properties and applications of Organic Dyes and Pigments”, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, New York, Federal Republic of Germany, 1987.
- 7) D. G. Duff and R. S. Sinclair, “Gilles ‘s Laboratory course in dyeing”, 4<sup>th</sup> Edition, The Society of dyers and Colourists, Bradford, 1989.
- 8) I. E. Ellis, “Encyclopedia of Polymer Science and Technology”, H. Mark, N. Gaylord and N. Bikales, eds., Interscience, Vol 5, New York 1969, σελ.264.
- 9) Α. Π. Βασιλειάδης, “Σημειώσεις Βαφικής- Τυποβαφικής”, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1984.
- 10) J. Griffiths, “Colour and Constitution of Organic Molecules”, Academic Press, 1976.
- 11) “Colour Index”, 3<sup>rd</sup> Edition, The Society of Dyers and Colourists, American Association of Textile Chemists and Colourists, Bradford, 1975 (6 τόμοι); 3<sup>rd</sup> Edition, 4<sup>th</sup> Revision, 1997 (CD-ROM).
- 12) T.Vickerstaff, “The physical chemistry of dyeing”, ICI Oliver and Boyd, London, 1954, Ch.3
- 13) E.Coates, J.S.D.C., 85, 355 (1969)
- 14) N.T.Baddi, S.R.Siravaja Lyer, Kolloid-Zeitschrift fur Polymere, (1966)
- 15) D.G.Duff, D.J.Kirkwood, D.M.Stevenson, J.S.D.C. (1977)
- 16) T.Toda, K.Nishida, K.Tsuda, Colloid and Polymer Sc. (1977)
- 17) J.R.Marshall White Text.Chem.Col. (1980)

- 18) E.Koster, Textil-Praxis (1950)
- 19) C. L. Bird, W. S. Boston, 'The theory of coloration of textiles', Dyers company publications trust, 1975.
- 20) H. Zollinger, 'Color Chemistry', VCH, Weinheim, 1987.
- 21) S. M. Burkinshaw, 'Chemical principles of synthetic fibre dyeing', Chapman & Hall, Glasgow, 1995.
- 22) S. M. Burkinshaw, N. Nikolaidis, 'The use of commercial syntans as anionic dye-resist treatments for wool fibres', 8<sup>th</sup> International Wool Textile Research Conference, New Zealand, 1990.
- 23) S. M. Burkinshaw, N. Nikolaidis, 'A commercial syntan as an anionic dye-resist agent for wool', Dyes and pigments, 1-13.
- 24) Σιοτόπουλος Δημήτρης. Διπλωματούχος Χημικός Μηχανικός. Συγκριτική μελέτη της ρύπανσης μεμβρανών αντίστροφης ώσμωσης και υπερδιήθησης από οργανικές ενώσεις. Διδακτορική Διατριβή. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010.
- 25) Κατσουρίδου Κωνσταντίνα Διπλωματούχος Χημικός Μηχανικός Επεξεργασία νερού με μεμβράνες υπερδιήθησης για απομάκρυνση οργανικών ρυπαντών. Διδακτορική Διατριβή. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009.
- 26) S. Šostar-Turk, M. Simonič, I. Petrinič. Wastewater treatment after reactive printing. *Dyes and Pigments*. 64(2). 2005. 147-152.
- 27) M. Marcucci, G. Nosenzo, G. Capannelli, I. Ciabatti, D. Corrieri, G. Ciardelli. Treatment and reuse of textile effluents based on new ultrafiltration and other membrane technologies. *Desalination*. 138. 2001. 75-82.
- 28) Cheima Fersi, Lassaad Gzara, Mahmoud Dhahbi. Treatment of textile effluents by membrane technologies. *Desalination*. 185. 2005. 399-409.
- 29) Γ. Χρυσουλάκης και Σ. Σωτηροπούλου, *Η συμβολή της Επιστήμης του Χρώματος στη Χρωματομετρική Μελέτη των Ζωγραφικών Έργων Τέχνης και των Εικονογραφημένων Ιστορικών Μνημείων*, Διαγνωστικό Κέντρο Έρευνας και Μελέτης Βυζαντινής Αγιογραφίας, Ορμούλια 1998.
- 30) Ε. Καμπασακάλη, *Φυσικοχημικός Χαρακτηρισμός Χρωστικών σε Έργα Τέχνης επί Χάρτου της Σύγχρονης Ζωγραφικής*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2007.

- 31) Ε. Μικροπούλου, Ε. Βαρέλλα, Ε. Τσατσαρόνη και Ι. Ελευθεριάδης, *Χρώμα Μερικών Φυσικών Χρωστικών της Παραδοσιακής Υφαντουργίας*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 8<sup>ο</sup> Συνέδριο Χημείας Ελλάδας-Κύπρου 2004.
- 32) Ε.Γ.ΧΑΤΖΗΣ, MSc ΓΕΩΠΙΟΝΟΣ, *Μέτρηση Χρώματος-Χρωματομετρία* [www.cold.org.gr/./ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.pdf](http://www.cold.org.gr/./ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ.pdf)
- 33) Natural Colouring agents <http://www.vscht.cz/lam/new/banc.pdf>
- 34) Θ. Α. Κουϊμτζή, “Ενόργανη Χημική Ανάλυση”, Θεσσαλονίκη, 1985,.
- 35) J. Park and J. Shore, *J. Soc. Dyers Colorists*, **102** (1986).
- 36) “Giles’s Laboratory course in dyeing”, Fourth Edition by David G. Duff and Roy S. Sinclair, Society of Dyers and Colorists, 1989.
- 37) T. F. Chong, *Rev. Prog. Coloration*, **18** (1988).
- 38) T. H. Morton, *J. Soc. Dyers Colourists*, **92** (1976).
- 39) R. Kubelka and F. Munk, *J. Tech. Phys.*, **12** (1931) 593.
- 40) A. Gilchrist and J. Nobbs, *J. Soc. Dyers and Colorists*, **115** (1999).
- 41) S. M. Jaeckel and C. D. Ward, *J. Soc. Dyers and Colorists*, **92** (1976).
- 42) “Publications sponsored by the Colour Measurement Committee”, *J. Soc. Dyers and Colorists*, (1976).
- 43) A. N. Derbyshire and W. J. Marshall, *J. Soc. Dyers and Colorists*, (1980).
- 44) K. McLaren, *J. Soc. Dyers and Colorists*, **92** (1976).
- 45) Z. Yi, F. Jihong, C. Shuilin, *Coloration Technology*, **121** (2005) 76-80.
- 46) D. Sarma, S. Liker, “Water-based Inks for Textile Printing”, IS & T’s NIP 21 International Conference on Digital Printing Technologies, Baltimore, Maryland, 2005.
- 47) T. Yamamoto, M. Haruta, S. Koike, K. Shirota, A. Yoshirita, M. Suzuki, “Textile-printing Method, Printed Textile obtained Thereby and Ink”, U.S. Patent 5, 888, 253, U.S.A., 1999.
- 48) J. E. Kaeding, “Ink Recording Element Containing Stabilized Polymer Particles”, U.S. Patent 20030198761, U.S.A., 2003.
- 49) M. Holbrook, B. Meyrick, “Aqueous Ink Compositions”, W.O. 1998014524, W.O., 1998.
- 50) A. Hancock, L. Lui, *Pigment & Resin Technology*, **33** (2004) 280-286.
- 51) A. Umada, K. Azuma, N. Tanaka, N. Takizawa, T. Tsutsumi, “Water- Based Ink For Inkjet Printing”, WO2006046759, W. O., 2006.

- 52) N. Srivastana, A. Roy, N. Pant, H. Nagpal, C. R. Vohra, A. N. Bhaskarwar *Chem. Eng. Sci.*, **60** (2005) 1725-1731.
- 53) Y. Kawashima, H. Morimoto, T. Takagi, T. Abe, "The Development of New Disperse Dye Inks for Inkjet Textile Printing", 2003, σελ. 630-632.
- 54) N. Jones, S. J. Sargeant, K. Sargeant, J. C. Briggs, "Characterizing and Modeling Coalescence in Inkjet Printing", IS & T's NIP 14: International Conference on Digital Printing Technologies, Toronto, Ontario, Canada, 1998.
- 55) B. Vogt, "Stability Issues and Test Methods for Ink Jet Materials", Department of Image Engineering University of Applied Science, Cologne, Germany, 2001.
- 56) H. Ujiie, "Textile Design Education in Digital Inkjet Fabric printing", IS & T's NIP 18 International Conference on Digital Printing Technologies, San Diego, California, 2002.
- 57) J. C. Owens, "A Tutorial on Printing".
- 58) C. Yoon, J.-Choi, B.-Koob, Y.-. Jeong, *Coloration Technology*, **121** (2005) 13-17.
- 59) L. P. Chapman, C. L. Istook, "Virtual Designing in 3D for Textile Printing", IS & T's NIP 18 International Conference on Digital Printing Technologies, San Diego, California, 2002.
- 60) G. M. Lawrence, "Digital Printing and Traditional Surface Design Techniques", Department of Textile and Apparel, Technology and Management, North Carolina, Raleigh, 2002.
- 61) D. Langevin, *Advances in Colloid and Interface Science*, **88** (2000) 209-222.
- 62) S. Daplyn, L. Lin, *Pigment & Resin Technology*, **32** (2003) 307.
- 63) A. Dehghani, F. Jahanshah, D. Borman, K. Dennis, J. Wang, *International Journal of Clothing Science and Technology*, **16** (2004) 262-273.
- 64) A. Tian, K. Fang, X. Zhang, S. Fu, C. Wang, X. Jiang, "Colour properties of disperse dye inks and pigment inks on polyester fabrics", IS & T's NIP 18 International Conference on Digital Printing Technologies, Anchorage, Alaska, 2007, σελ. 536-539.
- 65) I. Holme, *Text Mag.*, **1** (2004) 11-16.
- 66) G. Schulz, *Melliand Textilberichte*, **83** (2003) 154.
- 67) B. Siegel, K. Siemensmeyer, M. Dorer, *Melliand Textilberichte*, **79** (1993) 867.
- 68) K. Siemensmeyer, M. Dover, *Melliand Textilberichte*, **80** (1999) 297.



- 69) R. P. Buck, S. Rondini, A. K. Convigton, F. G. K. Baucke, C. M. A. Brett, M. F. Camoes, M. J. T. Milton, T. Mussini, R. Naumann, K. W. Pratt, P. Spitzer, G. S. Wilson, *Pure Appl. Chem.*, **74** (2002) 2169.
- 70) I. A. Μουμτζής, Δ. Π. Σαζού, “Ηλεκτροχημεία”, Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1997, σελ. 171-173.
- 71) K. Shinoda, M. Fukuda, Carlsson A., *Langmuir*, **6** (1990) 334-337.
- 72) Κ. Παναγιώτου, “Διεπιφανειακά Φαινόμενα & Κolloειδή συστήματα”, Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1998, σελ. 29-31.
- 73) C. Wester, “Measurements of Interfacial Tension and Surface Tension General Review for Practical Man”, *GIT Fachzeitschrift fur das Laboratorium, Hamburg, Germany*, 1980, σελ. 642-648, 734-742.
- 74) Π. Μ. Καραμπίνας, Γ. Ι. Κοκκινίδης, Α. Γ. Αναστασόπουλος-Τζάμαλης, Γ. Χ. Ριτζούλης, “Σημειώσεις Φυσικής Χημείας Καταστάσεων της Ύλης και Θερμοδυναμικής”, Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 62-63.
- 75) I. A. Μουμτζής, “Πειραματική Φυσική Χημεία”, Ζήτη, Θεσσαλονίκη 1994, σελ. 23-28.
- 76) G. R. M. Green, *Pigment & Resin Technology*, **26** (1997) 357-362.
- 77) D. S. Viswanath, T. K. Ghosh, D. H. L. Prasad, N. V. K. Dutt, K. Y. Rani, “Viscosity of Liquids-Theory, Estimation, Experiment and Data”, Springer, 2006.
- 78) M Fryberg, *Rev. Prog. Color.*, **35** (2005) 1-30.
- 79) K. Dunkerley, *Rev. Prog in Coloration*, **11** (1981) 74.
- 80) A. Dehghani, F. Jahanshah, D. Borman, K. Dennis and J. Wang, *International Journal of Clothing Science and Technology*, **16** (2004) 262-273.
- 81) C. T. Kosolia, E.G. Tsatsaroni, *J. Appl. Polym. Sci.*, **116** (2010) 1422-1427.
- 82) C. T. Kosolia, E. G. Tsatsaroni, N. F. Nikolaidis, *Coloration Technology*, **127** (2011) 357-364.
- 83) C. T. Kosolia, E. M. Varka, E. G. Tsatsaroni, *J. of Surfactants and Detergents*, **14** (2011) 3-7.
- 84) S. Fu, G. Zhang, C. Du, A. Tian, *J. Appl. Polym. Sci.*, **121** (2011) 1616-1622
- 85) D. Tyler, *Textile Progress*, **37** (2005) 1-64.
- 86) H. Ujiie, “Digital Printing of Textiles”, Ed.V. Cahill, CRC Woodhead Publishing, Cambridge, 2006, Chapter 1, σελ.1.
- 87) J. Provost, *Surface Coating International (JOCCA)*, **77** (1994) 36-41.

- 88) Stork Textile Printing Group, “Developments in the textile printing industry”, 2002.
- 89) V. Cahill, “Digital Textile Printing 2004” Presentation, VCE Solutions, Philadelphia University, Salt Lake City, UT, 2004.
- 90) R. A. Work III, J.P.Kane, “Developments in Jet Inks for Textile Printing”, Dupont Co., Wilmington DE.
- 91) H. P. Le, Journal of Imaging Science and Technology, **42** (1998) 49-62.
- 92) L. Lin, X. Bai, Pigment and Resin Technology, **33** (2004) 238-244.
- 93) D. E. Bugner, P. Artz, “A Comparison of the Image Stability of Digital Photographic prints Produced by Various Desktop Output Technologies”, IS & T’s NIP 18 International Conference on Digital Printing Technologies, San Diego, California, 2002.
- 94) P. S. Choi and others, Textile Asia, **34** (2003) 21.
- 95) E. Καρανίκας «Παρασκευή ink-jet μελανών με ενεργά συστατικά ως πρόσθετα για ψηφιακή εκτύπωση πολυεστερικών και πολυαμιδικών υφασμάτων. Μελέτη ιδιοτήτων. Εφαρμογή» Θεσσαλονίκη 2012.(Διδακτορική διατριβή).
- 96) M. Ζαρκογιάννη «Σύνθεση και Χαρακτηρισμός νέων ανιονικών χρωμάτων σύμπλοκων με μέταλλο διαφορετικό του Cr για τη βαφή πρωτεϊνικών και πολυαμιδικών ινών» Θεσσαλονίκη 2013.(Διδακτορική διατριβή).
- 97) M. Μισχοπούλου «Μελέτη βαφικών ιδιοτήτων φυσικού και υπερδιηθημένου κρόκου σε συνθετικές και φυσικές ίνες» Θεσσαλονίκη 2013.(Διπλωματική εργασία).