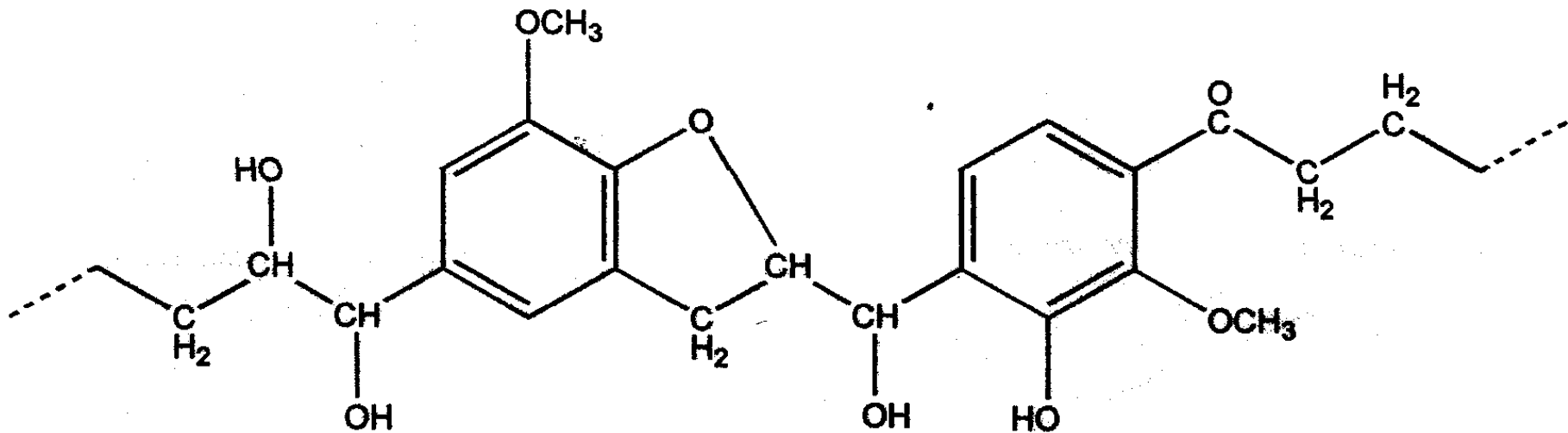


**Άλλες
Βιοτεχνολογικές
Εφαρμογές**

Εφαρμογές στη Χαρτοποιία

- Αρχική ύλη της χαρτοβιομηχανίας είναι η ξυλεία.
- Το ξύλο αποτελείται από κυτταρίνη (40%), ημικυτταρίνη (33%) ή ξυλάνη, και λιγνίνη (23%).



Σχ. 144. Υποθετική δομή λιγνίνης.

- Η πολτοποίηση του αρχικού υλικού πραγματοποιείται με χημική επεξεργασία (160-190°C, 3h, NaOH, Na₂S), η οποία αποσκοπεί στη διαλυτοποίηση της λιγνίνης και στην απελευθέρωση των ινών.
- Τελικά λαμβάνεται μάζα με καστανή χροιά, η οποία αποχρωματίζεται με ήπια (H₂O₂ και Na₂S₂O₄) ή ισχυρά (Cl₂ και ClO₂) χημικά μέσα.
- Κατά τη διεργασία, όμως, του αποχρωματισμού λαμβάνονται χλωριωμένες οργανικές ενώσεις, οι οποίες είναι τοξικές προξενώντας σημαντική οικολογική επιβάρυνση.
- Πριν από το στάδιο της λεύκανσης, προστίθενται συνήθως ξυλανάσες με σκοπό την υδρόλυση των ξυλανών, για την αποσταθεροποίηση του ιστού, με αποτέλεσμα την ευκολότερη απομάκρυνση της λιγνίνης και αποτελεσματικότερη δράση των λευκαντικών.
- Κατά την παραγωγή του χαρτιού προστίθεται και άμυλο που προσδίδει συγκεκριμένες ιδιότητες (ανθεκτικότητα, δυνατότητα σβησίματος).

- Το άμυλο υδρολύεται είτε μέσω όξινης υδρόλυσης ή ενζυμικά (α -αμυλάση), έτσι ώστε να έχουμε μείωση του ιξώδους.
- Αφού ρυθμιστεί το ιξώδες και η περιεκτικότητα νερού, η χαρτομάζα διέρχεται δια μέσου αντιστρόφως κυλιόμενων κυλινδρικών συμπιεστήρων.
- Η μεταξύ τους απόσταση καθορίζει το πάχος του παραγόμενου χαρτιού.
- Το φύλλο διέρχεται από τον συμπιεστήρα και παραλαμβάνει στην επιφάνειά του το προεπεξεργασμένο (υδρολυμένο) άμυλο και στη συνέχεια ξηραίνεται.
- Καθώς είναι οικονομικά ασύμφορη η λειτουργία του συστήματος υπό άσηπτες συνθήκες, είναι πιθανή η μικροβιακή προσβολή και η παραγωγή γλοιωδών ουσιών (συνήθως πολυμερή φρουκτόζης με 2,6-γλυκοζιτικούς δεσμούς), οι οποίες υδρολύονται με προσθήκη κατάλληλων υδρολυτικών ενζύμων.

Εφαρμογές στην Υφαντουργία

Αποκολλάρισμα ινών υφασμάτων

- Κατά το στάδιο της ύφανσης, η ίνα υποβάλλεται σε έντονες μηχανικές δυνάμεις και για να προστατευθεί από πιθανή ρήξη, υφίσταται κολλάρισμα.
- Σε βαμβακερά υφάσματα ως κόλλα χρησιμοποιείται συνήθως άμυλο (πολλές φορές χρησιμοποιούνται και άλλα πολυμερή, π.χ. κυτταρίνη).
- Η κόλλα, όμως, περιορίζει την προσρόφηση νερού και άλλων απαραίτητων παραγόντων κατά τη διάρκεια ειδικών επεξεργασιών, όπως λεύκανση, βαφή, κλπ.
- Η απομάκρυνση της κόλλας επιτυγχάνεται είτε με χημικό τρόπο (H_2O_2 , αλκαλικό pH, υψηλή θερμοκρασία) που όμως μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της ανθεκτικότητας της ίνας, ή με ηπιότερο βιολογικό τρόπο (παρουσία αμυλασών).

- Η διεργασία του αποκολλαρίσματος διακρίνεται σε τρία στάδια:

1. Στο **στάδιο του εμποτισμού**, όπου το κολλαρισμένο υλικό εκτίθεται στους 80-95°C παρουσία μη ιοντικού επιφανειοδραστικού παράγοντα,

2. Στο **στάδιο της επώασης**, όπου το ζελατινοποιημένο άμυλο εμβαπτίζεται σε διάλυμα αμυλάσης (65-75°C, pH: 5.5-7.5 και 60ppm Ca²⁺ για σταθεροποίηση του ενζύμου), και

3. Στο **στάδιο της έκπλυσης**, όπου το ένζυμο και τα προϊόντα υδρόλυσης απομακρύνονται (90-100°C, παρουσία 0.5-1.0% NaOH).

Βιο-εξευγενισμός υφασμάτων

- Η απομάκρυνση των μικροϊνιδίων κυτταρίνης που προεξέχουν από το ύφασμα οδηγεί σε απαλότερη και στιλπνότερη εμφάνιση.

- Η απομάκρυνση μπορεί να επιτευχθεί μέσω επεξεργασίας με κυτταρινάσες (45-55°C, pH: 4.5-5.5, 30-60min) του μύκητα *Humicola insolens*.

Φινίρισμα τζην

- Υφάσματα τύπου τζην βάφονται με τη βαφή indigo blue, η οποία βάφει την επιφάνεια και λιγότερο το εσωτερικό των ινών.
- Τα υφάσματα πλένονται με πέτρες για μερική απομάκρυνση της βαφής.
- Το βιολογικό φινίρισμα με μίγμα κυτταρινασών των γενών *Trichoderma* ή *Humicola* (50-60°C, pH:6-8, 45-120min) επιτρέπει απομάκρυνση της χρωστικής, χωρίς παράλληλα να φθείρεται το ύφασμα.

Εξουδετέρωση λευκαντικών

- Φυσικές ίνες (βαμβάκι) υπόκεινται σε επεξεργασία με λευκαντικά (H_2O_2) πριν υποβληθούν στην επεξεργασία της βαφής.
- Στη συνέχεια, η ίνα επεξεργάζεται με αναγωγική ουσία ($Na_2S_2O_3$), με σκοπό την εξουδετέρωση του λευκαντικού.
- Εναλλακτικά, η χρήση του ενζύμου καταλάση αποτελεί ταχύτερη και ασφαλέστερη διεργασία (20-50°C, pH:6-10, 10-15min).

Εφαρμογές στην Βυρσοδεψία

- Κατά το πρώτο στάδιο επεξεργασίας, τα δέρματα ξηραίνονται παρουσία άλατος και συντηρούνται μέχρι τα επόμενα στάδια επεξεργασίας.
- Στη συνέχεια, το ξηρό υπόστρωμα εκπλένεται και ενυδατώνεται με τη βοήθεια μίγματος αλκαλικών πρωτεασών (κυρίως παγκρεατικής θρυψίνης και χυμοθρυψίνης), με σκοπό την υδρόλυση των πρωτεϊνών, που θα οδηγήσει σε μείωση της συνεκτικότητας του ιστού και προσρόφηση νερού.
- Η ενζυμική ενυδάτωση υποβοηθείται και από την παρουσία μικρών ποσοτήτων λιπάσης και αμυλάσης.
- Επόμενο στάδιο είναι η απομάκρυνση των τριχών και του μαλλιού.
- Παλαιότερα, το ενυδατωμένο υπόστρωμα παρέμενε για μεγάλο χρονικό διάστημα σε ισχυρώς αλκαλικό περιβάλλον (10-12% CaO παρουσία Na₂S), με αποτέλεσμα σημαντική οικολογική καταστροφή.
- Σήμερα, χρησιμοποιούνται πρωτεολυτικά ένζυμα σε ηπιότερες συνθήκες (pH: 8-9, 35-40°C, 6h), με συνέπεια την έως και 50% μείωση του CaO και Na₂S.

Βιολογικά Απορρυπαντικά

- Αποτελούν την ευρύτερα γνωστή εφαρμογή των ενζύμων.
- Είναι χαρακτηριστικό ότι η περίπτωση αυτή αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη αγορά ενζύμων σε παγκόσμια κλίμακα συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλη εφαρμογή.
- Τα κύρια προβλήματα της γενιάς των βιολογικών απορρυπαντικών είναι:
 1. Το γεγονός ότι οι χρήστες και αυτοί που επεξεργάζονται τα ενζυμικά πρόσθετα και τα βιολογικά απορρυπαντικά ανέπτυσαν ευαισθησία στα ένζυμα ή παρουσίαζαν αλλεργικές αντιδράσεις,
 2. Η ανάγκη χρησιμοποίησης ενζύμων με ικανοποιητικά σταθερή δραστηριότητα στο αλκαλικό περιβάλλον του απορρυπαντικού και παρουσία λευκαντικών ουσιών με βάση το χλώριο (το πρόβλημα υφίσταται κυρίως στις αμυλάσες), και
 3. Η ανάγκη χρησιμοποίησης ενζύμων με ικανοποιητικά σταθερή δραστηριότητα στη σχετικά υψηλή θερμοκρασία που απαιτείται για αποτελεσματικό καθαρισμό.

- Το πρώτο πρόβλημα έχει αντιμετωπιστεί σήμερα επιτυχώς, καθώς τα ενζυμικά πρόσθετα των απορρυπαντικών έχουν ειδική διαμόρφωση που αποκλείεται η επαφή ενζύμου και χρήστη (τα ένζυμα προστίθενται στο απορρυπαντικό υπό μορφή σωματιδίων που καλύπτονται από αδρανείς ουσίες και βρίσκονται σε ξηρή μορφή, η οποία μετατρέπεται στην ενεργή της μορφή κατά την πλύση).
- Οι περισσότερες αλκαλικές πρωτεάσες απορρυπαντικής εφαρμογής προέρχονται από τους *Bacillus subtilis* και *Bacillus licheniformis*.
- Στα απορρυπαντικά, εκτός από τις πρωτεάσες, προστίθενται, επίσης, λιπάσες, αμυλάσες και κυτταρινάσες.
- Καθώς τα απορρυπαντικά περιέχουν και πλήθος ανόργανων φωσφορικών αλάτων, επιφανειοδραστικών ουσιών και χημικών λευκαντικών βασισμένων στο χλώριο, παρατηρείται συνήθως μείωση της ενζυμικής δραστηριότητας κατά την πλύση (ιδίως στις αμυλάσες).

Πίνακας 9. Χαρακτηριστικές ιδιότητες ενζύμων που χρησιμοποιούνται στα βιολογικά απορρυπαντικά (με * σημειώνονται τα ένζυμα που παράγονται από γενετικά ανασυνδυασμένους μικροοργανισμούς).

Εμπορική ονομασία (κατά Novo Nordisk)	pH χρήσεως	Θερμοκρασία χρήσεως (°C)
<i>Πρωτεάσες</i>		
Alcalase	7-10.5	10-65
Durazym*	8-11.0	10-70
Esperase	9-12.0	25-70
Savinase	8-11.0	10-70
<i>Λιπάσες</i>		
Lipolase*	7-12.0	20-70
<i>Κυτταρινάσες</i>		
Celluzyme	7-9.5	20-70
<i>Αμυλάσες</i>		
Teramyl	7-10.5	10-100