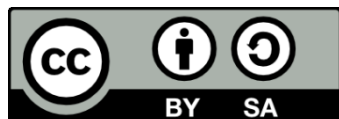




Χημεία και Χημικά Προϊόντα Ξύλου

Ενότητα **01**: Χημική σύσταση

Ιωάννης Φιλίππου
Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



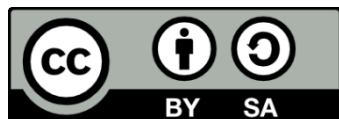
Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Χημική σύσταση



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Σύσταση του ξύλου σε στοιχεία
2. Χημικά συστατικά του ξύλου
3. Ανάλυση του ξύλου στα συστατικά του
4. Μεταβλητότητα στην χημική σύσταση του ξύλου



Σκοποί ενότητας

- Γνώση των στοιχείων του ξύλου
- Γνωριμία και εξοικείωση με την ανάλυση του ξύλου στα συστατικά του
- Κατανόηση της μεταβλητότητας στην χημική σύσταση του ξύλου





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σύσταση του ξύλου σε στοιχεία

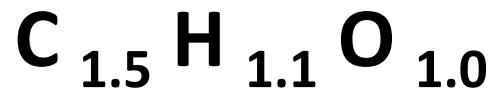
Εισαγωγή

- Το ξύλο είναι σύνθετο και ανομοιόμορφο υλικό τόσο από άποψη δομής και φυσικών ιδιοτήτων όσο και από άποψη χημικής σύστασης και χημικής συμπεριφοράς.
- Ο ξύλινος ιστός αποτελείται από πολλές χημικές ενώσεις που είναι ανομοιόμορφα διανεμημένες στην μάζα του ως αποτέλεσμα των βιολογικών διεργασιών που γίνονται κατά τον σχηματισμό του ξύλου.
- Το μεγαλύτερο μέρος της ξύλινης μάζας αποτελείται από πολυμερείς ουσίες μεγάλου μοριακού βάρους που διεισδύουν η μια μέσα στη άλλη και πλέκονται έτσι ώστε το ξύλο να περιγράφεται ως ένα ανομοιογενές και πολύπλοκο πολυμερές σύστημα.



Σύσταση του ξύλου σε στοιχεία (1/4)

- Το ξύλο ως οργανικό υλικό αποτελείται από άνθρακα, οξυγόνο, υδρογόνο.
- Η ανάλυση κατά στοιχείο ξηρής μάζας ξύλου δείχνει ότι το ξύλο αποτελείται περίπου κατά 50% C, 6% H και 44% O. Η σύσταση αυτή αντιστοιχεί σε ένα γενικό εμπειρικό τύπο για το ξύλο:



Σύσταση του ξύλου σε στοιχεία (2/4)

- Στο ξύλο υπάρχουν επίσης μικρές ποσότητες αζώτου (0,1-1,0%) και ένας μεγάλος αριθμός μεταλλικών στοιχείων (K, Na, Ca, Mg, Fe, S, P, Al, Si, Ni, Ba, Pd κ.ά.). Τα μεταλλικά στοιχεία παραμένουν μετά την πλήρη καύση του ξύλου ως τέφρα. Η τέφρα των δένδρων της εύκρατης ζώνης αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό 0,2-1% της ξηρής μάζας του ξύλου. Σε μερικά τροπικά είδη το ποσοστό της τέφρας φθάνει μέχρι και 5%.



Σύσταση του ξύλου σε στοιχεία (3/4)

- Η σύσταση του ξύλου σε στοιχεία δεν διαφέρει πολύ μεταξύ των διαφόρων ειδών.
- Διαφορές στη σύσταση σε στοιχεία του ξύλου μεταξύ των διαφόρων μερών των δένδρων είναι επίσης πολύ μικρές. Τα φύλλα και ο φλοιός έχουν γενικά περισσότερα ανόργανα συστατικά και άζωτο από το ξύλο. Η τέφρα στα φύλλα και στον φλοιό φθάνει μέχρι και 10%.



Σύσταση του ξύλου σε στοιχεία (4/4)

Πίνακας 1.1. Σύσταση σε στοιχεία διαφόρων ειδών ξύλου (%).

Είδος ξύλου	C	H	O	N	Τέφρα
Λάρικα	49.6	5.8	44.2	0.2	0.2
Πεύκη	50.02	6.1	43.4	0.2	0.2
Ερυθρελάτη	50.0	6.0	43.5	0.2	0.3
Δρυς	49.2	5.8	44.2	0.4	0.4
Οξυά	48.9	5.9	44.5	0.2	0.5
Σημύδα	48.6	6.4	44.7	0.3	-
Λεύκη	49.7	6.3	44.0	-	-





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Χημικά συστατικά του ξύλου

Κύρια χημικά συστατικά του ξύλου (1/3)

- Το ξύλο αποτελείται από πολλές χημικές ενώσεις. Το μεγαλύτερο μέρος (90-99%) της ξύλινης μάζας αποτελείται από μακρομοριακές (πολυμερείς) ενώσεις και το υπόλοιπο (1-10%) από απλές ή ολιγομερείς ενώσεις.



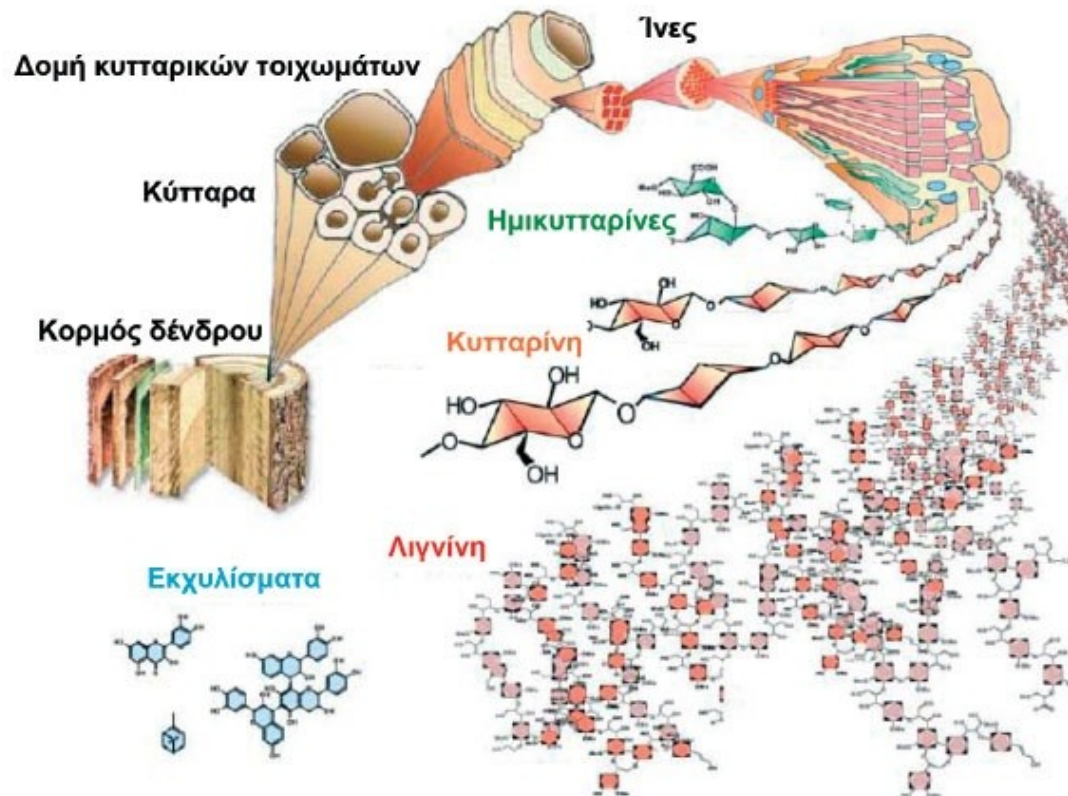
Κύρια χημικά συστατικά του ξύλου (2/3)

Εικόνα 2.1. Κύρια χημικά συστατικά του ξύλου



Κύρια χημικά συστατικά του ξύλου (2/3)

Εικόνα 2.2. Σχηματική παράσταση της χημικής σύστασης του ξύλου



Μακρομοριακές ενώσεις (1/7)

- Οι μακρομοριακές (πολυμερείς) χημικές ενώσεις αποτελούν τα δομικά συστατικά του ξύλου. Υπάρχουν σε όλα τα είδη και ποικίλουν κυρίως μόνον στην ποσοτική συμμετοχή τους στην δόμηση της ξύλινης μάζας.
- Οι πολυσακχαρίτες είναι πολυμερείς ουσίες που σχηματίζονται με βιοχημική ένωση (πολυμερισμό) απλών σακχάρων. Στους πολυσακχαρίτες ανήκουν η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες, οι πηκτινικές ουσίες και το άμυλο.



Μακρομοριακές ενώσεις (2/7)

- Η κυτταρίνη, το κύριο συστατικό του ξύλου, αποτελεί το 40-45% περίπου της ξύλινης μάζας τόσο στα κωνοφόρα όσο και στα πλατύφυλλα. Είναι γραμμικό πολυμερές μεγάλου μήκους και βόθρου πολυμερισμού της β-D-γλυκόζης. Οι μοριακές αλυσίδες της κυτταρίνης συγκροτούνται σε λιγότερο ή περισσότερο κανονικά επιμήκη αθροίσματα, τα μικροϊνίδια, και συγκροτούν το σκελετικό υλικό των κυτταρικών τοιχωμάτων.



Μακρομοριακές ενώσεις (3/7)

- Οι ημικυτταρίνες είναι συλλογικός όρος και αναφέρεται σε μίγμα πολυσακχαριτών. Είναι γραμμικές ή διακλαδισμένες πολυμερείς ενώσεις δύο ή περισσότερων απλών σακχάρων (γλυκόζης, μαννόζης, γαλακτόζης, ξυλόζης, αραβινόζης, ουρονικού οξέος και σπανιότερα ραμνόζης). Ανάλογα με το σάκχαρο που κυριαρχεί στην δόμηση του πολυμερούς ονομάζονται μαννάνες, γαλακτάνες και ξυλάνες. Οι μοριακές αλυσίδες έχουν μικρότερο μήκος και βαθμό πολυμερισμού από την κυτταρίνη.



Μακρομοριακές ενώσεις (4/7)

- Οι ημικυτταρίνες ανάλογα με το είδος του ξύλου αποτελούν το 15-42% της ξύλινης μάζας και είναι στενά συνδεδεμένες με τη κυτταρίνη και τη λιγνίνη στη δόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων. Το σύνολο της κυτταρίνης και των ημικυτταρινών του ξύλου ονομάζεται ολοκυτταρίνη.



Μακρομοριακές ενώσεις (5/7)

- Οι πηκτινικές ουσίες είναι πολυμερείς ενώσεις σακχάρων και παραγώγων τους, κυρίως γαλακτουρονικού οξέος, και ομοιάζουν με τις ημικυτταρίνες. Οι μοριακές αλυσίδες τους είναι έντονα διακλαδισμένες και έχουν μικρότερο βαθμό πολυμερισμού από τις ημικυτταρίνες. Αποτελούν μικρό ποσοστό (λιγότερο από 1%) της μάζας του ξύλου και απαντούν κυρίως στην μεσοκυττάρια στρώση των κυττάρων.



Μακρομοριακές ενώσεις (6/7)

- Οι πρωτεΐνες είναι πολυμερείς ενώσεις των αμινοξέων και απαντούν σε πολύ μικρό ποσοστό στο ξύλο, κυρίως στους μερισματικούς ιστούς και στα ζώντα παρεγχυματικά κύτταρα.
- Το άμυλο είναι γραμμικό πολυμερές της α—D-γλυκόζης. Απαντά σε πολύ μικρές ποσότητες στο ξύλο. Οι πρωτεΐνες και το άμυλο δεν αποτελούν δομικό συστατικό του ξύλου.



Μακρομοριακές ενώσεις (7/7)

- Η λιγνίνη είναι τρισδιάστατο ή πολυκλαδισμένο πολυμερές φαινολικών ενώσεων με κύριο δομικό στοιχείο το φαινυλοπροπάνιο. Η χημική δομή του πολυμερούς μορίου διαφέρει στα διάφορα είδη ξύλου. Τα πολυμερή μόρια της λιγνίνης συνδέονται με φυσικούς δεσμούς με την κυτταρίνη και με φυσικούς και χημικούς δεσμούς με τις ημικυτταρίνες στην δόμηση του ξύλινου ιστού. Η λιγνίνη ανάλογα με το είδος του ξύλου αποτελεί περίπου το 15-35% της ξύλινης μάζας.



Ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (1/6)

- Εκτός από τα δομικά συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων υπάρχει στο ξύλο ένας μεγάλος αριθμός οργανικών χημικών ενώσεων με μικρό μόριο (μονομερείς ή ολιγομερείς ενώσεις). Οι ενώσεις αυτές είναι εναποτιθέμενες στα κυτταρικά τοιχώματα και στις κυτταρικές κοιλότητες και κατά κανόνα μπορούν να απομακρυνθούν από το ξύλο χωρίς να αλλάξει η δομή του. Για τον λόγο αυτό ονομάζονται εκχυλίσματα.



Ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (2/6)

- Τα εκχυλίσματα ανάλογα με το είδος του ξύλου αντιπροσωπεύουν 1-10% του ξηρού βάρους του ξύλου. Σε μερικά τροπικά είδη φθάνουν μέχρι και 20%.
- Συχνά στον όρο «εκχυλίσματα» περιλαμβάνονται και το άμυλο, οι πρωτεΐνες, οι πηκτινικές ουσίες και η τέφρα.



Ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (3/6)

Οι κυριότερες ομάδες οργανικών ενώσεων που βρίσκονται στα εκχυλίσματα του ξύλου είναι:

- Φαινολικές ενώσεις: Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό αρωματικών ενώσεων όπως: ταννίνες, στιλβένια, φλοιοβαφένια, φλαβανόνες, φαινολικά οξέα και άλλα φαινολικά παράγωγα.
- Λιπαρά οξέα: Κορεσμένα και ακόρεστα λιπαρά οξέα βρίσκονται στο ξύλο κυρίως σε μορφή εστέρων με γλυκερίνη (λίπη και έλαια) ή με άλλες πολυαλκοόλες (κηροί).



Ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (4/6)

- Τερπένια: Περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό οργανικών ενώσεων. Προέρχονται από την ένωση μονάδων ισοπρενίου και διακρίνονται σε: μονο-, δι-, τρι- και πολυτερπένια. Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα πτητικά έλαια, τα ρητινικά οξέα και άλλες ρητινώδεις ουσίες.
- Αλκοόλες: Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει αλιφατικές αλκοόλες, κυρίως σε μορφή εστέρων, και αρωματικές αλκοόλες κυρίως στερόλες.



Ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (5/6)

- Άλλες ενώσεις: Στο ξύλο υπάρχουν επίσης οξικό οξύ (κυρίως ενωμένο με τις ημικυτταρίνες), μονοβασικά και υδροξυβασικά οξέα (κυρίως σε μορφή αλάτων με μέταλλα), σάκχαρα και δισακχαρίτες, αμίνες, υδρογονάνθρακες, αλκαλοειδή κ.ά..



Ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (6/6)

- Στο ξύλο υπάρχουν επίσης εναποτεθειμένες και διάφορες ανόργανες ενώσεις όπως άλατα και οξείδια των Ca, K, Na, Mg, κ.ά.. Το σύνολο των ανόργανων συστατικών ονομάζεται τέφρα (απομένει ως υπόλειμμα μετά από πλήρη καύση του ξύλου).





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Ανάλυση του ξύλου στα συστατικά του

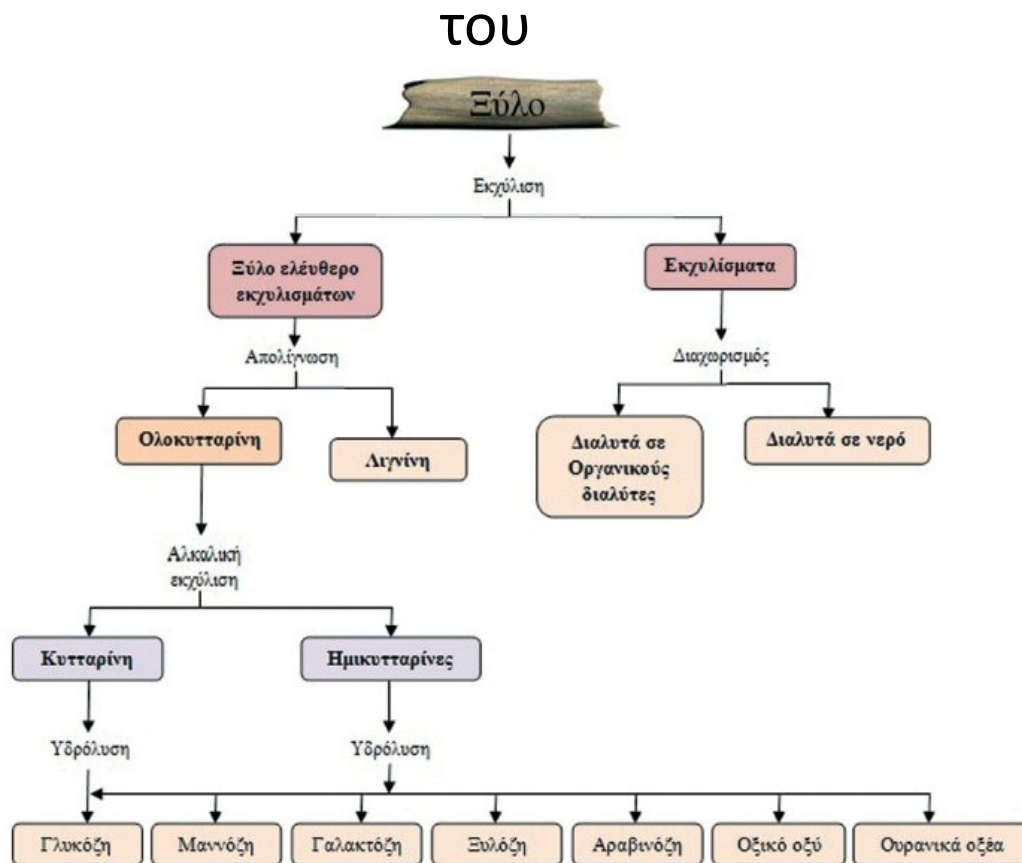
Διαχωρισμός του ξύλου (1/2)

- Διαχωρισμός και ανάλυση του ξύλου στα συστατικά του γίνεται με σκοπό τον προσδιορισμό της χημικής του σύστασης, την απομόνωση των συστατικών του για μελέτη των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τους ή για αξιοποίησή τους. Εδώ θα εξετάσουμε σε γενικές γραμμές τις μεθόδους διαχωρισμού και ποσοτικού προσδιορισμού των επί μέρους συστατικών του ξύλου.



Διαχωρισμός του ξύλου (2/2)

Εικόνα 2.3. Σχήμα διαχωρισμού του ξύλου στα κύρια συστατικά



Προβλήματα ανάλυσης (1/4)

- Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το ξύλο αποτελείται από πολλές χημικές ενώσεις. Στο μεγαλύτερο μέρος της ξύλινης μάζας τα συστατικά του ξύλου δεν απαντώνται ως απλά φυσικά μίγματα αλλά πλέκονται σε ένα ανομοιογενές και πολύπλοκο υλικό. Πλήρης διαχωρισμός και απομόνωση των συστατικών του είναι πολύ δύσκολος και στις περισσότερες περιπτώσεις αδύνατος.



Προβλήματα ανάλυσης (2/4)

- Η δυσκολία οφείλεται κυρίως στα μεγάλα μόρια των δομικών συστατικών, στο τρόπο συγκρότησης τους στην ξύλινη μάζα, στη χημική τους συγγένεια καθώς και στους ισχυρούς φυσικούς ή και χημικούς δεσμούς που τα συνδέουν μεταξύ τους. Επίσης, η χημική σύσταση διαφέρει από είδος σε είδος ξύλου, μεταξύ ποικιλιών, γεωγραφικών προελεύσεων, ακόμη και μεταξύ διαφόρων τμημάτων του ίδιου δένδρου.



Προβλήματα ανάλυσης (3/4)

- Οι κλασικές αναλυτικές μέθοδοι διαχωρισμού και καθαρισμού δεν είναι εφαρμόσιμες στην περίπτωση των μακρομορίων. Έτσι ο διαχωρισμός των δομικών συστατικών γίνεται ύστερα από επιλεκτικές χημικές αντιδράσεις, οι οποίες μετατρέπουν ένα ή περισσότερα συστατικά σε διαλυτή μορφή. Η διαδικασία όμως αυτή οδηγεί σε αλλοίωση της δομής και των ιδιοτήτων ή και σε μερική απώλεια των διαχωριζομένων συστατικών.



Προβλήματα ανάλυσης (4/4)

- Για την μείωση των παραπάνω προβλημάτων έχουν επινοηθεί και εφαρμόζονται, με περισσότερη ή λιγότερη επιτυχία, διάφορες πρότυποι μέθοδοι που αφορούν αποκλειστικά την ανάλυση του ξύλου (TAPPI Standards, ASTM Standards, DIN-Normen, ISO Standards. EN Standards κ.ά.). Αλλά και στις περιπτώσεις αυτές, η σύσταση, ο βαθμός καθαρότητας, η ποσοτική απόδοση και ο βαθμός αλλοίωσης των διαχωριζομένων συστατικών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ακριβείς συνθήκες των αναλυτικών μεθόδων.



Επιλογή και προετοιμασία δοκιμίων ανάλυσης (1/2)

- Η χημική ανάλυση-σύσταση του ξύλου επηρεάζεται, εκτός από την αναλυτική μέθοδο, και από άλλους παράγοντες όπως είδος ξύλου, γενετικοί παράγοντες, συνθήκες αύξησης, ηλικία, θέση δοκιμίου μέσα στο δένδρο, συνθήκες, ιστορία αποθήκευσης του δοκιμίου, κ.ά..
- Για τους λόγους αυτούς η κατάλληλη δειγματοληψία και προετοιμασία των δοκιμίων έχει μεγάλη σημασία και πολύ συχνά (συν.)



Επιλογή και προετοιμασία δοκιμίων ανάλυσης (2/2)

- (συν.) εξαρτάται από τον σκοπό της χημικής ανάλυσης, πχ προσδιορισμός της χημικής σύστασης ενός είδους ξύλου, μιας ποικιλίας, ενός ορισμένου τμήματος του δένδρου ή προσδιορισμός διαφορών μεταξύ σομφού και εγκαρδίου, πρωίμου και όψιμου ξύλου, κανονικού και ακανόνιστου, προσδιορισμός επίδρασης διαφόρων παραγόντων, κ.ά..
- Σε όλες τις περιπτώσεις χημικής ανάλυσης απαιτείται αντιπροσωπευτικό δείγμα με λεπτομερή στοιχεία προέλευσης του.



Προσδιορισμός λιγνίνης (1/2)

- Η λιγνίνη, όπως και τα άλλα δομικά συστατικά του ξύλου, είναι αδιάλυτα σε κοινούς διαλύτες. Ο διαχωρισμός της από το ξύλο απαιτεί προηγούμενη χημική μετατροπή της ή μετατροπή των άλλων δομικών συστατικών του ξύλου σε διαλυτά παράγωγα. Για τον διαχωρισμό της από το ξύλο έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι.



Προσδιορισμός λιγνίνης (2/2)

Γενικά, οι μέθοδοι που αποβλέπουν στο ποσοτικό προσδιορισμό της, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- άμεσες μέθοδοι: απομακρύνονται τα άλλα συστατικά του ξύλου και διαχωρίζεται η λιγνίνη ως υπόλειμμα, και
- έμμεσες μέθοδοι: η λιγνίνη μετατρέπεται σε διαλυτά παράγωγα και εκχυλίζεται από το ξύλο.



Άμεσες μέθοδοι (1/2)

- Στις άμεσες μεθόδους το ξύλο κατεργάζεται με ισχυρά ανόργανα οξέα που υδρολύουν τους πολυσακχαρίτες. Η υδρόλυση μετατρέπει τους πολυσακχαρίτες σε απλά σάκχαρα ή ολιγοσακχαρίτες που είναι διαλυτοί στο νερό και απομακρύνονται εύκολα αφήνοντας την λιγνίνη ως υπόλειμμα. Η περισσότερο χρησιμοποιούμενη μέθοδος ποσοτικού προσδιορισμού της λιγνίνης είναι η μέθοδος του θειϊκού οξέος ή μέθοδος Klason (TAPPI Standard T220s:74, ASTM Standard 01106-56).



Έμμεσες μέθοδοι (1/2)

- Στις έμμεσες μεθόδους η λιγνίνη μετατρέπεται σε υδατοδιαλυτά χημικά παράγωγα (πχ με οξείδωση με χλώριο, διοξείδιο του χλωρίου κ.ά.) και απομακρύνεται από το ξύλο. Ο προσδιορισμός της στην περίπτωση αυτή γίνεται με υπολογισμό της ποσότητας των πολυσακχαριτών και αφαίρεση τους από την αρχική ποσότητα του απόλυτα ξηρού ξύλου ή με φασματοσκοπία.



Έμμεσες μέθοδοι (2/2)

- Στη φασματοσκοπία μετράται η απορρόφηση φωτός στα διαλύματα των παραγώγων της λιγνίνης και στη συνέχεια συγκρίνεται με πρότυπα διαλύματα με γνωστή περιεκτικότητα λιγνίνης. Φασματοσκοπία με υπεριώδεις ακτίνες χρησιμοποιείται επίσης για τον απ' ευθείας προσδιορισμό του ποσοστού ή της κατανομής της λιγνίνης στα κυτταρικά τοιχώματα. Ποσοτικός προσδιορισμός της λιγνίνης είναι επίσης δυνατό να γίνει έμμεσα με προσδιορισμό του αριθμού των μεθοξυλικών ομάδων στο μόριο της λιγνίνης.



Προσδιορισμός ολοκυτταρίνης (1/2)

- Ο όρος ολοκυτταρίνη αναφέρεται στο υπόλειμμα που απομένει μετά την απομάκρυνση των εκχυλισμάτων και της λιγνίνης από το ξύλο. Για την απομάκρυνση της λιγνίνης από το ξύλο (απολίγνωση) χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι που μετατρέπουν την λιγνίνη σε διαλυτά παράγωγα.



Προσδιορισμός ολοκυτταρίνης (2/2)

Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα για απολίγνωση με σκοπό τον ποσοτικό προσδιορισμό της ολοκυτταρίνης είναι:

- απολίγνωση με χλωρίωση και έκπλυση με αλκοολικά διαλύματα οργανικών βάσεων, και
- απολίγνωση με όξινο διάλυμα χλωριώδους νατρίου.



Προσδιορισμός κυτταρίνης και ημικυτταρινών (1/3)

- Ο ποσοτικός προσδιορισμός της κυτταρίνης και των ημικυτταρινών γίνεται έμμεσα είτε με διαχωρισμό τους από την ολοκυτταρίνη είτε με προσδιορισμό των μονοσακχάρων που παράγονται κατά την υδρόλυση ξύλου (προσδιορισμός λιγνίνης) ή ολοκυτταρίνης.
- Ο διαχωρισμός της κυτταρίνης και των ημικυτταρινών από την ολοκυτταρίνη βασίζεται στην διαλυτότητα των ημικυτταρινών σε ανόργανα αλκαλικά διαλύματα (NaOH , KOH , LiOH , BaOH κ.ά.).



Προσδιορισμός κυτταρίνης και ημικυτταρινών (2/3)

- Κατεργασία της ολοκυτταρίνης με διάλυμα 17% NaOH (TAPPI Standard T203os-74,. ASTM Standard D I 130-60) διαλύει τις ημικυτταρίνες και αφήνει αδιάλυτη την κυτταρίνη. Η κυτταρίνη που απομονώνεται με τον τρόπο αυτό ονομάζεται α-κυτταρίνη.
- Το διαλυτό μέρος της ολοκυτταρίνης αποτελεί θεωρητικά το σύνολο των ημικυτταρινών. Εάν το διάλυμα γίνει ουδέτερο με προσθήκη οξέος, (πχ οξικού οξέος και αιθανόλης), ένα μέρος των ημικυτταρινών διαχωρίζεται και καθιζάνει.



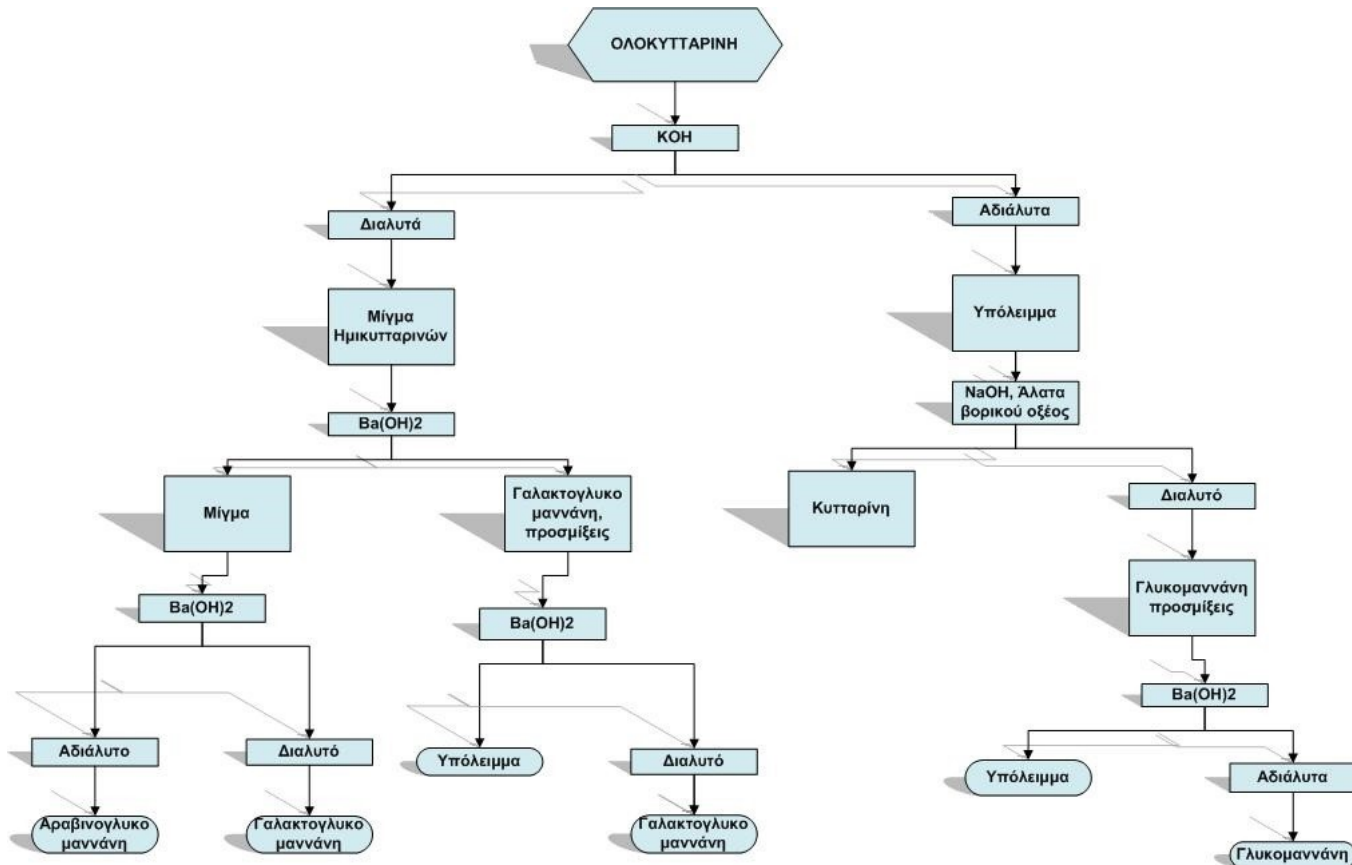
Προσδιορισμός κυτταρίνης και ημικυτταρινών (3/3)

- Το ποσοστό των ημικυτταρινών που καθιζάνει ως ίζημα ονομάζεται β-κυτταρίνη, ενώ το υπόλοιπο που παραμένει διαλυτό ονομάζεται γ-κυτταρίνη.
- Ο διαχωρισμός των ημικυτταρινών στα επί μέρους πολυμερή (ξυλάνες, μαννάνες, γαλακτάνες) γίνεται με κλασματική διάλυση και καθίζηση σε διάφορα αντιδραστήρια.



Διαχωρισμός ημικυτταρινών ξύλων κωνοφόρων

Εικόνα 2.4. Διαχωρισμός ημικυτταρινών ξύλων κωνοφόρων



Προσδιορισμός ανόργανων συστατικών

- Τα ανόργανα συστατικά του ξύλου προσδιορίζονται με πλήρη καύση σκόνης ξύλου σε ειδικούς κλιβάνους σε θερμοκρασία 550-800°C.
- Η μεθοδολογία προσδιορισμού της τέφρας περιγράφεται σε διεθνείς προδιαγραφές (ASTM Standard D- I 102-56, T APPI Standard T150s58).



Ποσοτική ανάλυση του ξύλου (1/4)

- Οι αναλύσεις του ξύλου στα επί μέρους συστατικά του έχουν συνήθως ποσοτικό χαρακτήρα. Με τις ποσοτικές ή αθροιστικές αναλύσεις ο αναλυτής επιδιώκει να διαχωρίσει και συμπεριλάβει όλα τα συστατικά από τα οποία αποτελείται το ξύλο και να τα αναγάγει σε εκατοστιαία ποσοστά έτσι ώστε το σύνολο των συστατικών να είναι 100%.



Ποσοτική ανάλυση του ξύλου (2/4)

Πίνακας 1.2. Ποσοτική ανάλυση ξύλου

Είδος Ξύλου	Ανάλυση									Πολυμερή Συστατικά		
	Τέφρα	Λιγνίνη	Γλυκόζη	Μαννόζη	Γαλακτόζ	Αραβινόζ	Ευλόζη	Ασετυλομάδες	Ουρονικά	Λιγνίνη	Κυτταρίν	Ημικυτταρίνες
<i>Σημύδα</i>	0.2	18.9	44.7	1.5	0.6	0.5	24.6	4.4	4.6	19	41	40
<i>Οξιά</i>	0.4	22.1	47.5	2.1	1.2	0.5	17.5	3.9	4.8	22	42	36
<i>Λεύκη</i>	0.2	16.3	57.3	2.3	0.8	0.4	16.0	3.4	3.3	16	53	31
Μέσος όρος Πλατυφύλλων										21	45	34
<i>Ελάτη</i>	0.2	29.4	46.8	12.4	1.0	0.5	4.8	1.5	3.4	29	44	27
<i>Ερυθρελάτη</i>	0.3	27.1	46.5	11.6	1.2	1.6	6.8	1.3	3.6	27	44	29
<i>Πεύκη</i>	0.2	28.6	45.6	10.6	1.4	1.4	7.1	1.2	3.9	29	41	30
<i>Thuja occidentalis</i>	0.2	30.7	45.2	8.3	1.5	1.3	7.5	1.1	4.2	31	44	25
Μέσος όρος κωνοφόρων	0									30	43	27

Χημεία και χημικά προϊόντα ξύλου

Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος



Ποσοτική ανάλυση του ξύλου (3/4)

- Η ποσοτική ανάλυση δίνει μια πρώτη εκτίμηση των αναλυτικών δεδομένων, της καταλληλότητας ή μη των χρησιμοποιούμενων αναλυτικών μεθόδων και αποτελεί ένα χρήσιμο οδηγό στην κατανόηση της σύνθεσης του ξύλου και της χημικής συμπεριφοράς του, στην αναζήτηση διαφορών μεταξύ ειδών, δένδρων, τμημάτων δένδρων καθώς και στην αξιολόγηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης του ξύλου.



Ποσοτική ανάλυση του ξύλου (4/4)

- Η ποσοτική ανάλυση είναι δυνατό να εκφρασθεί με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τις ομάδες, κλάσεις ή απλές χημικές ενώσεις που επιδιώκουμε να προσδιορίσουμε. Σκοπός πάντα είναι να συμπεριλάβει το σύνολο της ξύλινης μάζας ή το σύνολο των συστατικών μιας χαρακτηριστικής χημικής ομάδας.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Μεταβλητότητα στην χημική σύσταση του ξύλου

Μεταβλητότητα στο ξύλο (1/2)

- Όλα τα είδη ξύλου αποτελούνται από τα ίδια χημικά δομικά συστατικά. Η σχετική αναλογία όμως των συστατικών ποικίλει στα διάφορα είδη ξύλου, στα διάφορα μέρη ενός δένδρου, στα διάφορα κύτταρα ακόμα και στα διάφορα κυτταρικά τοιχώματα του ίδιου κυττάρου.



Πίνακας 1.3. Ποικιλότητα στην χημική σύσταση μεταξύ ειδών ξύλου

Συστατικά	Κωνοφόρα		Πλατύφυλλα	
	Μέσος όρος	Εύρος	Μέσος όρος	Εύρος
Ολοκυτταρίνη	-	59-81	-	71-89
Κυτταρίνη	43	30-61	44	31-64
Ημικυτταρίνες	28	-	35	-
Πολυόλες	-	12-24	-	18-41
Πεντοζάνες	-	4-18	-	13-32
Λιγνίνη	29	22-37	21	14-35
Εκχυλίσματα	3	-	5	-
σε ζεστό νερό	-	0.5-15	-	0.3-11
σε κρύο νερό	-	0.2-11	-	0.2- 9
σε αιθέρα	-	0.2- 9	-	0.1- 8
Τέφρα	0.4	0.2-11	0.5	0.1-5.4



Μεταβλητότητα στο ξύλο (2/2)

- Παράγοντες όπως η ηλικία των δένδρων, αυξητικοί παράγοντες, οικολογικές συνθήκες κ.ά., επηρεάζουν επίσης την χημική σύσταση. Μεγάλη ποικιλότητα υπάρχει επίσης στο ποσοστό και στην σύνθεση των εκχυλισμάτων.



Μεταβλητότητα ανάμεσα σε διαφορετικά είδη ξύλου (1/4)

- Στην εύκρατη ζώνη κατά μέσο όρο τα κωνοφόρα έχουν λιγότερους πολυσακχαρίτες και περισσότερη λιγνίνη από τα πλατύφυλλα. Το ποσοστό της κυτταρίνης είναι περίπου το ίδιο στα κωνοφόρα και στα πλατύφυλλα. Οι ημικυτταρίνες είναι περισσότερες στα πλατύφυλλα. Στα περισσότερα είδη το ποσοστό της λιγνίνης κυμαίνεται μεταξύ 23 και 35% στα κωνοφόρα και μεταξύ 16 και 25% στα πλατύφυλλα.



Μεταβλητότητα ανάμεσα σε διαφορετικά είδη ξύλου (2/4)

- Εκτός όμως από την ποσοτικές διαφορές μεταξύ κωνοφόρων και πλατύφυλλων υπάρχουν μεγάλες διαφορές και στην χημική δομή της λιγνίνης.
- Το ποσοστό των εκχυλισμάτων είναι γενικά μεγαλύτερο στα πλατύφυλλα, αλλά το κλάσμα των εκχυλισμάτων που είναι διαλυτό σε οργανικούς διαλύτες είναι μεγαλύτερο στα κωνοφόρα.



Μεταβλητότητα ανάμεσα σε διαφορετικά είδη ξύλου (3/4)

- Τα ρητινικά οξέα αποτελούν ένα μεγάλο ποσοστό των εκχυλισμάτων των κωνοφόρων, ενώ η παρουσία τους στα πλατύφυλλα δεν έχει εξακριβωθεί ή αν υπάρχουν βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες. Γενικά υπάρχει μεγάλη ποικιλότητα μεταξύ των διαφόρων ειδών ξύλου τόσο στο ποσοστό όσο και στη σύσταση (επί μέρους χημικές ενώσεις) των εκχυλισμάτων. Συχνά, εκχυλίσματα συγγενών ειδών ξύλου ομοιάζουν και αποτελούν χαρακτηριστικά ειδών, γενών, ή και οικογενειών ξύλου.



Μεταβλητότητα ανάμεσα σε διαφορετικά είδη ξύλου (4/4)

- Η οσμή, το χρώμα, η φυσική αντοχή σε μύκητες και έντομα των διαφόρων ειδών ξύλου οφείλονται κυρίως στο είδος και στην ποσότητα των εκχυλισμάτων.
- Τα τροπικά είδη ξύλου έχουν χαρακτηριστικά μεγαλύτερα ποσοστά εκχυλισμάτων και τέφρας από τα είδη της ευκράτου ζώνης. Επίσης το ποσοστό της λιγνίνης στα τροπικά είναι μεγαλύτερο από ότι στα πλατύφυλλα της ευκράτου ζώνης και κυμαίνεται γύρω στο 30%.



Μεταβλητότητα ανάμεσα σε προελεύσεις

- Διαφορές στην χημική σύσταση υπάρχουν όχι μόνον μεταξύ των ειδών, αλλά και μεταξύ γεωγραφικών προελεύσεων και οικοτύπων του ίδιου δασοπονικού είδους, ακόμα και μεταξύ δένδρων της ίδιας συστάδας. Οι διαφορές αυτές οφείλονται κυρίως σε γενετικούς παράγοντες ή σε μηχανισμούς προσαρμογής των δένδρων στο μακρο- και μικροκλίμα.



Μεταβλητότητα μέσα σ' ένα δένδρο

- Η χημική σύσταση του ξύλου των δένδρων μεταβάλλεται οριζόντια (από την εντεριώνη προς το φλοιό) και κατακόρυφα (από την βάση προς την κορυφή του δένδρου).



Πρώιμο - Όψιμο ξύλο

- Έχει βρεθεί ότι το πρώιμο ξύλο έχει περισσότερη λιγνίνη και τέφρα, και περισσότερα εκχυλίσματα από το όψιμο ξύλο. Το ποσοστό της κυτταρίνης είναι μεγαλύτερο στο όψιμο ξύλο.



Εγκάρδιο - Σομφό ξύλο

- Στα κωνοφόρα το εγκάρδιο ξύλο έχει περισσότερα εκχυλίσματα και λιγότερη λιγνίνη από ότι το σομφό. Το μικρότερο ποσοστό της λιγνίνης στο εγκάρδιο δεν εξηγείται από την οριζόντια μεταβλητότητα. Τα εκχυλίσματα συγκεντρώνονται στο εγκάρδιο ως αποτέλεσμα των βιολογικών διεργασιών που γίνονται κατά τον σχηματισμό του εγκαρδίου. Οι χημικές ενώσεις που χαρακτηρίζουν τα εκχυλίσματα ενός είδους βρίσκονται κυρίως στο εγκάρδιο ξύλο.



Ακανόνιστο ξύλο (1/2)

- Η χημική σύσταση είναι χαρακτηριστικά διάφορη στο κανονικό και ακανόνιστο ξύλο. Στα κωνοφόρα το θλιψιγενές ξύλο έχει πολύ μεγαλύτερα ποσοστά λιγνίνης και ημικυτταρινών και μικρότερο ποσοστό κυτταρίνης από το κανονικό.
- Στο εφελκυσμογενές ξύλο των πλατυφύλλων παρατηρείται το αντίθετο, περισσότερη κυτταρίνη και λιγότερες ημικυτταρίνες και λιγνίνη.



Ακανόνιστο ξύλο (2/2)

- Έχει βρεθεί επίσης ότι ξύλο στην αντίθετη πλευρά του ακανόνιστου διαφοροποιείται χημικώς από το κανονικό κατά τρόπο αντίθετο από το ακανόνιστο. Το αντίθετο του εφελκυσμογενές πχ έχει περισσότερες ημικυτταρίνες και λιγνίνη και λιγότερη κυτταρίνη από ότι το κανονικό.



Κατακόρυφη μεταβλητότητα

- Έχει βρεθεί ότι η χημική σύσταση μεταβάλλεται κατά μήκος του δένδρου. Τα ποσοστά της κυτταρίνης και της λιγνίνης αυξάνονται με το ύψος του δένδρου ενώ τα ποσοστά των ημικυτταρινών.
- Τα ποσοστά των εκχυλισμάτων είναι ιδιαίτερα μεγάλα στην βάση των δένδρων και σχετίζονται κυρίως με τον σχηματισμό του εγκεαυδίου ξύλου.



Μεταβλητότητα στα κυτταρικά τοιχώματα και στα είδη κυττάρων

- Η χημική σύσταση διαφέρει στους διάφορους τύπους κυττάρων ενός δένδρου ή ενός τμήματος δένδρου. Επίσης τα χημικά συστατικά δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στα κυτταρικά τοιχώματα των κυττάρων. Διαφορές υπάρχουν ακόμη και μεταξύ των στρώσεων του ίδιου τοιχώματος.



Μέθοδοι προσδιορισμού (1/2)

- Ο προσδιορισμός της χημικής σύστασης των κυττάρων γίνεται με διάφορες χημικές και φυσικοχημικές μεθόδους. Με μικροτεχνικές διαχωρίζονται ξύλινοι ιστοί (πχ ενός τύπου κυττάρων) και ύστερα από άλεσμα και απομάκρυνση των εκχυλισμάτων προσδιορίζονται τα κύρια χημικά συστατικά με χημικές μεθόδους ανάλογες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στην χημική ανάλυση του ξύλου.



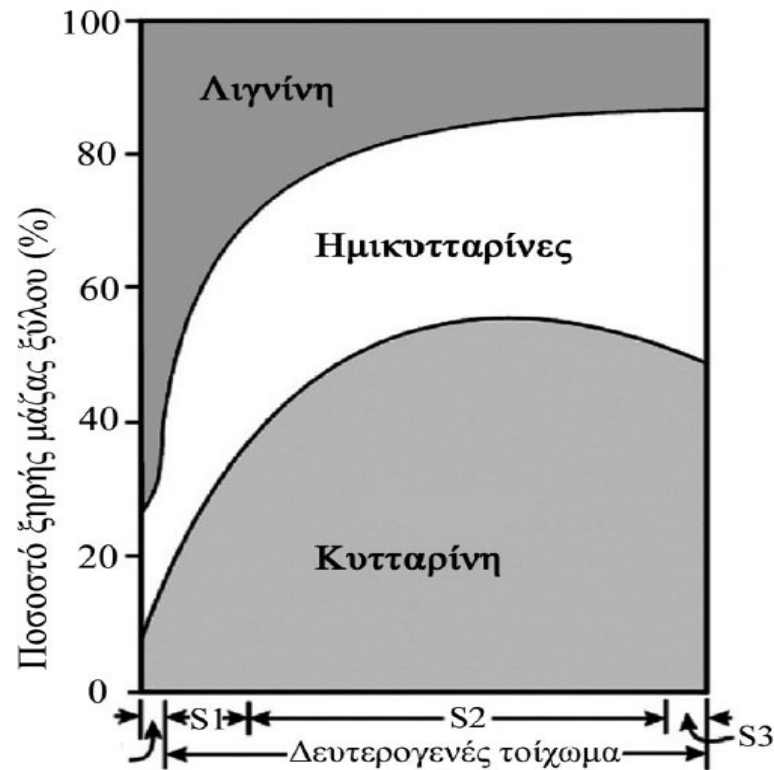
Μέθοδοι προσδιορισμού (2/2)

- Ο προσδιορισμός και η κατανομή των χημικών συστατικών στα κυτταρικά τοιχώματα γίνεται με συνδυασμό χημικών και φυσικοχημικών μεθόδων.
- Οι μετρήσεις με τις διάφορες μεθόδους σε συνδυασμό με μετρήσεις του όγκου και της πυκνότητας των στρώσεων δίνουν το ποσοστό και την κατανομή των δομικών χημικών συστατικών στα κυτταρικά τοιχώματα.



Κατανομή στα κυτταρικά τοιχώματα

Σχήμα 2.4. Κατανομή των χημικών συστατικών στα κυτταρικά τοιχώματα



Κατανομή της λιγνίνης (1/2)

- Η λιγνίνη εμφανίζεται να συγκεντρώνεται με μεγάλη πυκνότητα στην σύνθετη μεσοκυττάρια στρώση.
- Στο δευτερογενές τοίχωμα η συγκέντρωση της λιγνίνης είναι μικρότερη και εμφανίζεται να έχει πορώδη μορφή.



Κατανομή της λιγνίνης (2/2)

- Στο δευτερογενές τοίχωμα η συγκέντρωση της λιγνίνης είναι σχετικά χαμηλή και κυμαίνεται από 15-30%. Αν λάβουμε υπ' όψη το πάχος του δευτερογενούς τοιχώματος, η λιγνίνη του δευτερογενούς τοιχώματος αποτελεί το 60-80% της συνολικής λιγνίνης των κυττάρων. Η συγκέντρωση ελαττώνεται από την μεσοκυττάρια στρώση προς την κοιλότητα των κυττάρων.



Κατανομή των πολυσακχαριτών(1/2)

- Η κατανομή της ολοκυτταρίνης στα κυτταρικά τοιχώματα είναι αντίστροφη εκείνης της λιγνίνης . Η μεσοκυττάρια στρώση δεν περιέχει καθόλου κυτταρίνη αλλά πηκτινικές ουσίες και ημικυτταρίνες.
- Η κατανομή των πολυσακχαριτών διαφέρει στους διάφορους τύπους κυττάρων. Π.Χ. οι αξονικές τραχειίδες πεύκης έχουν περισσότερη κυτταρίνη και μαννάνη και λιγότερη ξυλάνη από τα παρεγχυματικά κύτταρα και τις αξονικές τραχειίδες.



Κατανομή των πολυσακχαριτών (2/2)

- Στα πλατύφυλλα δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ ινών και μελών αγγείων. Π.Χ. τα παρεγχυματικά κύτταρα σημύδας περιέχουν πολύ μικρό ποσοστό κυτταρίνης (14%) και πολύ με γάλο ποσοστό ξυλάνης (84%).
- Οι τραχειίδες θλιψιγενούς ξύλου περιέχουν λιγότερες ημικυτταρίνες από τραχειίδες κανονικού ξύλου. Το ποσοστό της μαννάνης είναι μικρότερο ενώ το ποσοστό της ξυλάνης και της γαλακτάνης είναι μεγαλύτερο.



Κατανομή των εκχυλισμάτων (1/3)

- Τα εκχυλίσματα δεν αποτελούν δομικά συστατικά της ξύλινης μάζας και είναι ανομοιόμορφα κατανεμημένα στους διάφορους ξύλινους ιστούς. Το μεγαλύτερο μέρος των φαινολικών ουσιών και ρητινών είναι συγκεντρωμένα στο εγκάρδιο ξύλο. Σάκχαρα ή άλλα διαλυτά στους χυμούς των δένδρων συστατικά και αποταμιευτικές ουσίες όπως άμυλο και λίπη βρίσκονται κυρίως στο σομφό ξύλο.



Κατανομή των εκχυλισμάτων (2/3)

- Οι αποταμιευτικές ουσίες βρίσκονται κυρίως στις κοιλότητες των παρεγχυματικών κυττάρων και ιδιαίτερα στις ακτίνες του ξύλου. Τα ρητινικά οξέα και τα τερπένια εκκρίνονται από τα επιθηλιακά κύτταρα και πληρούν τους ρητινοφόρους αγωγούς. Ορισμένα εκχυλίσματα εναποτίθενται στα αγγεία διαφόρων πλατύφυλλων.



Κατανομή των εκχυλισμάτων (3/3)

- Σε μερικά πλατύφυλλα και τροπικά είδη ανόργανα συστατικά σχηματίζουν κρυστάλλους, οργανικά άλατα, ή άμμο πυριτίου και συγκεντρώνονται στις κυτταρικές κοιλότητες των παρεγχυματικών κυττάρων και των μελών αγγείων.



Χημική σύσταση ξύλου κλάδων, κορυφών, φύλλων και ριζών (1/2)

- Το ξύλο των κλάδων, ριζών και κορυφών διαφέρει στη χημική σύσταση από το ξύλο του κορμού.
- Στα κωνοφόρα το ξύλο των κλάδων περιέχει λιγότερη (κατά 20%) κυτταρίνη, περισσότερη λιγνίνη, περισσότερες πεντόζες και ουσίες διαλυτές σε ζεστό νερό και λιγότερες μαννάνες.



Χημική σύσταση ξύλου κλάδων, κορυφών, φύλλων και ριζών (2/2)

Τα ποσοστά των χημικών συστατικών κυμαίνονται στα διάφορα μέρη του δένδρου με την εξής σειρά (μεγαλύτερα - μικρότερα):

- Λιγνίνη: λεπτοί κλάδοι, χονδροί κλάδοι, κορυφή, ρίζες, κορμός, πρέμνα.
- Κυτταρίνη: κορμός, ρίζες, κορυφή, χονδροί κλάδοι, λεπτοί κλάδοι.
- Ημικυτταρίνες: κλάδοι, κορυφή, κορμός, ρίζες.
- Εκχυλίσματα: κλάδοι, ρίζες, κορυφή, κορμός.
- Τέφρα: ρίζες, λεπτοί, κλάδοι, κορυφή, χονδροί κλάδοι, κορμός.



Χημική σύσταση φύλλων και βελονών

- Όπως και τα άλλα μέρη του δένδρου, το φύλλωμα (βελόνες κωνοφόρων και φύλλα πλατυφύλλων) περιέχει κυτταρίνη, ημικυτταρίνες και λιγνίνη.
- Σε βελόνες πεύκης (*Pinus elioti*) τα ποσοστά των συστατικών τους είναι: κυτταρίνη 42,6%, λιγνίνη 37,7%, ημικυτταρίνες 22,3%, εκχυλίσματα 26,3% και τέφρα 2,4%.



Χημική σύσταση του φλοιού (1/2)

- Ο φλοιός έχει διαφορετική χημική σύσταση από το ξύλο. Χαρακτηριστικό του φλοιού είναι το μεγάλο ποσοστό εκχυλισμάτων. Το ποσοστό αυτό κυμαίνεται στα περισσότερα είδη από 20-35% και δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις που υπερβαίνει το 50%. Το ποσοστό των εκχυλισμάτων εξαρτάται επίσης από το είδος των διαλυτών και την σειρά εκχύλισης και μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό με την ηλικία, την θέση του φλοιού στον κορμό των δένδρων και την εποχή του έτους.



Χημική σύσταση του φλοιού (2/2)

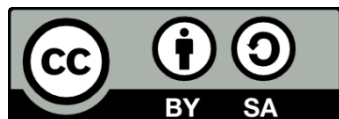
- Σε σύγκριση με το ξύλο ο φλοιός περιέχει περισσότερα εκχυλίσματα και περισσότερη λιγνίνη (Klason), λιγότερη κυτταρίνη και λιγότερες ημικυτταρίνες. Επίσης ο φλοιός περιέχει περίπου 10 φορές περισσότερα ανόργανα συστατικά από το ξύλο. Γενικά, το μεγαλύτερο μέρος της τέφρας αποτελείται από ασβέστιο (περισσότερο από 60%) και κάλλιο (μέχρι 30%). Το νάτριο, το μαγνήσιο και ο σίδηρος αποτελούν μικρό μέρος της τέφρας. Μερικά είδη περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό (30-40%) πυρίτιο.





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Παπανικολάου Αναστάσιος
Θεσσαλονίκη, 30/ 8/ 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
πρόγραμμα για την ανάπτυξη



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

- Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:
- Πίνακες
- Πίνακας 1:Αρχείο Ι. Φιλίππου
- Πίνακας 2:Αρχείο Ι. Φιλίππου



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ιωάννης Φιλίππου.
«Χημεία και Χημικά Προϊόντα Ξύλου. Χημική σύσταση». Έκδοση: 1.0.
Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS442/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

