



ARISTOTLE
UNIVERSITY
OF THESSALONIKI



Διεργασίες επεξεργασίας και κλασμάτωσης δασικής και γεωργικής λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας

Αντιγόνη Μαργέλλου, Ελένη Ψώχια, Κωνσταντίνος Τριανταφυλλίδης

Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Επιστημονική Ημερίδα:

“Ανάπτυξη καινοτόμων ρητινών και προϊόντων σύνθετης ξυλείας ενισχυμένων με νανο-κυτταρίνη”

27/11/2023



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΤΠΑ & ΤΣ
ΕΥΔ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ»

ΓΓΕΚ

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

ΕΠΑνεΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

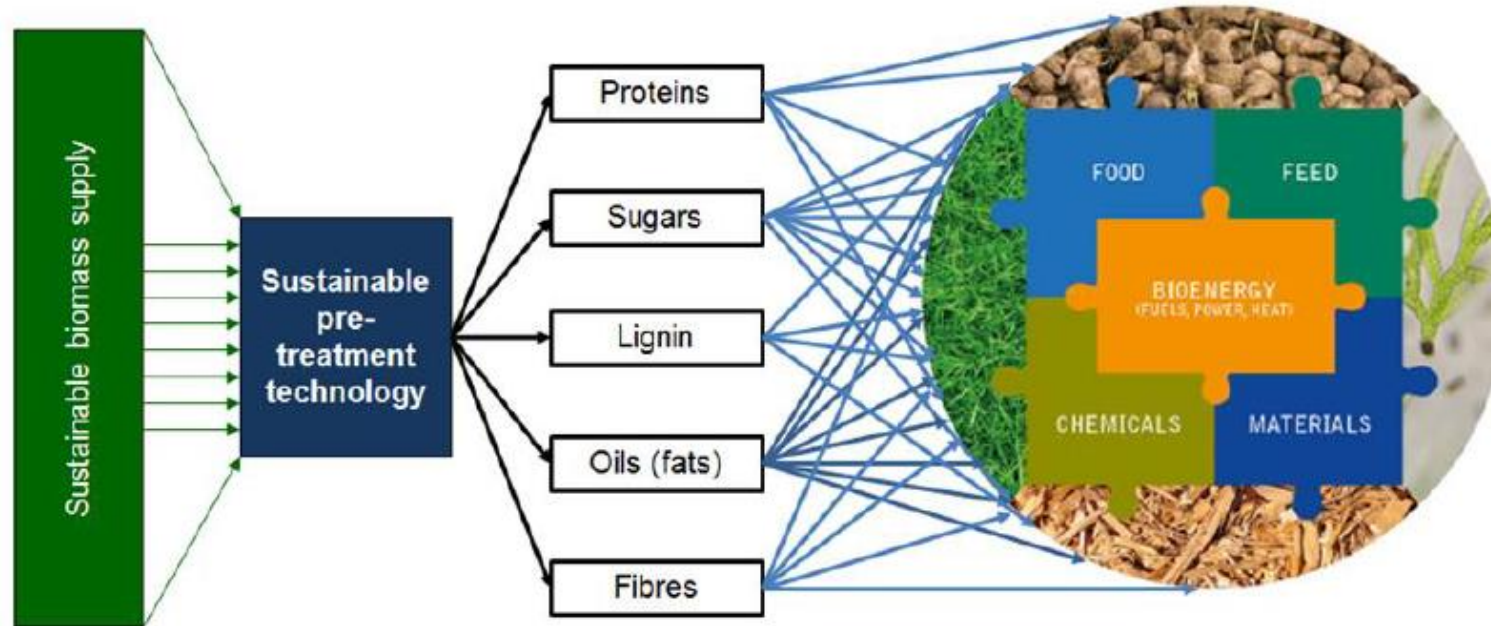


ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

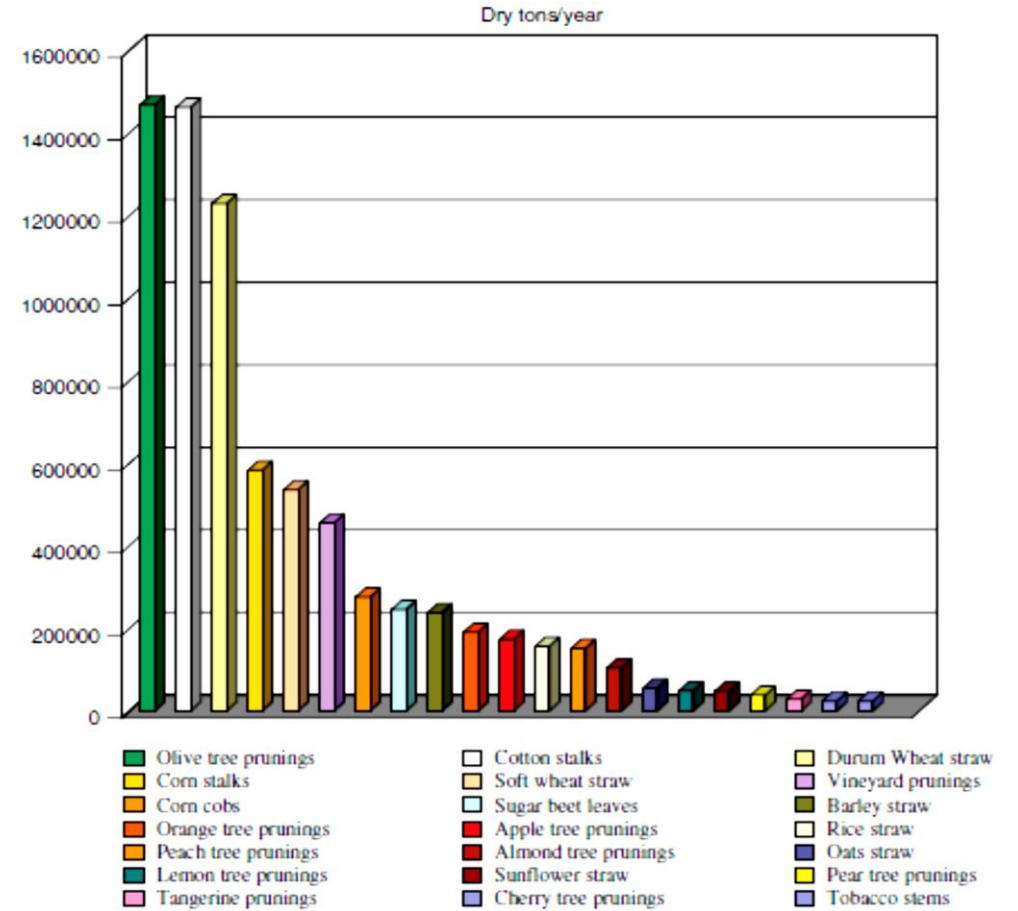
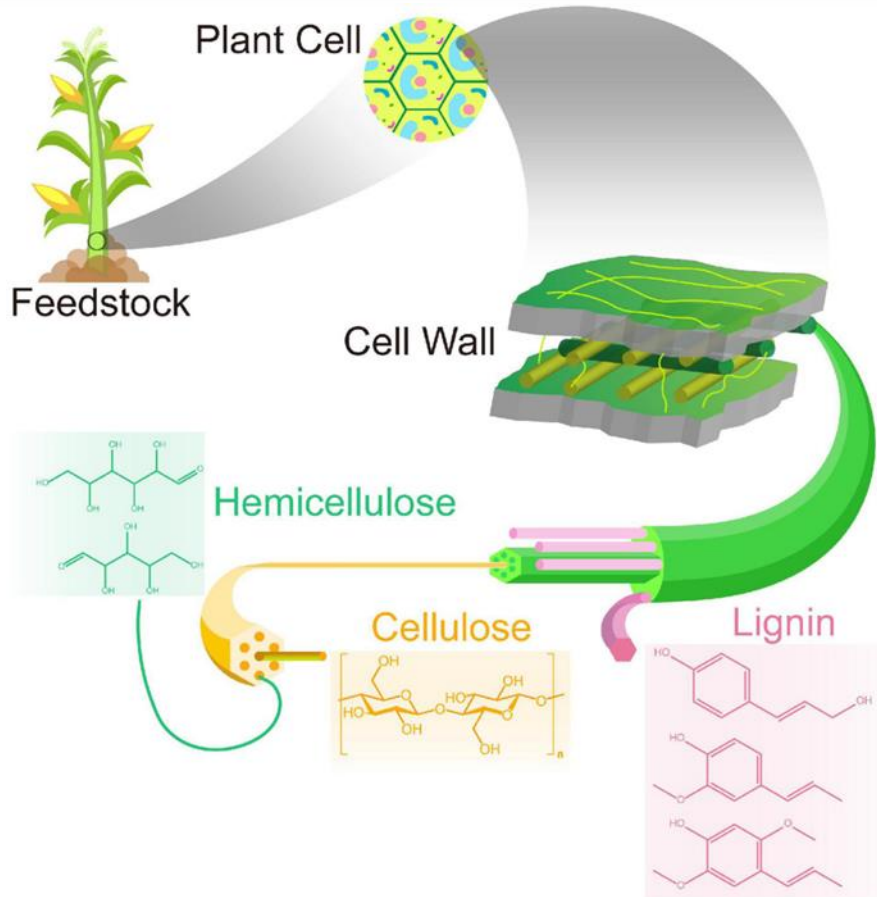
Ολοκληρωμένα Βιοδιυλιστήρια

Βιοδιυλιστήριο: Η επεξεργασία και μετατροπή της βιομάζας προς καύσιμα, ενέργεια και θερμότητα, καθώς και ένα φάσμα αξιοποιήσιμων προϊόντων, όπως συστατικά τροφίμων, φαρμακευτικές ουσίες, χημικά, πολυμερή, υλικά και άλλα σχετικά, με την εφαρμογή βιώσιμων διεργασιών με μηδενικό ή μειωμένο αποτύπωμα άνθρακα.



Source: [IEA Bioenergy - Task 42: Biorefining in a Circular Economy](#)
(previously: "Biorefining in a future BioEconomy")

Λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα



Δασικά & αγροτικά υπολείμματα



Απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων



Anon, Eurobionet-biomass survey in Europe, Country report of Greece, 2003

Προκατεργασία πρώτων υλών (ξήρανση, τεμαχισμός, απομόνωση εκχυλίσιμων συστατικών)

• Πρωτόκολλο προκατεργασίας



Βιομάζα
(κλαδέματα, άχυρα)



Ξήρανση
(ατμόσφαιρα, ~25°C,
2 εβδομάδες)



Τεμαχισμός
Κλαδοτεμαχιστής &
Μαχαιρόμυλος
Κοσκίνιση



Σωματίδια βιομάζας
(≤ 1 mm)

• Πρωτόκολλο ανάλυσης και χαρακτηρισμού



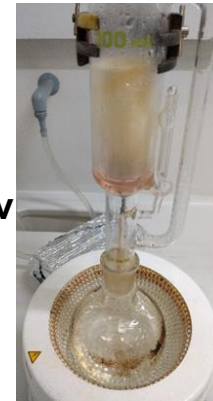
Κλαδέματα
ελιάς

Κλαδέματα
λεύκας

Άχυρα
σιταριού



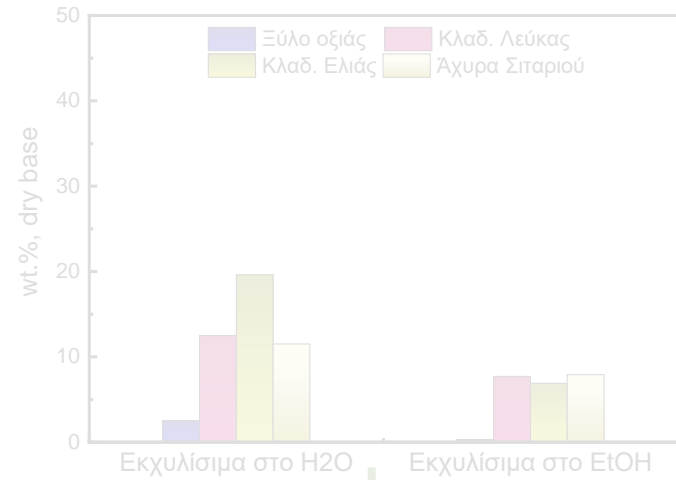
Παραλαβή εκχυλίσιμων συστατικών
(λιπαρά οξέα, κηροί, σάκχαρα, κ.α.)



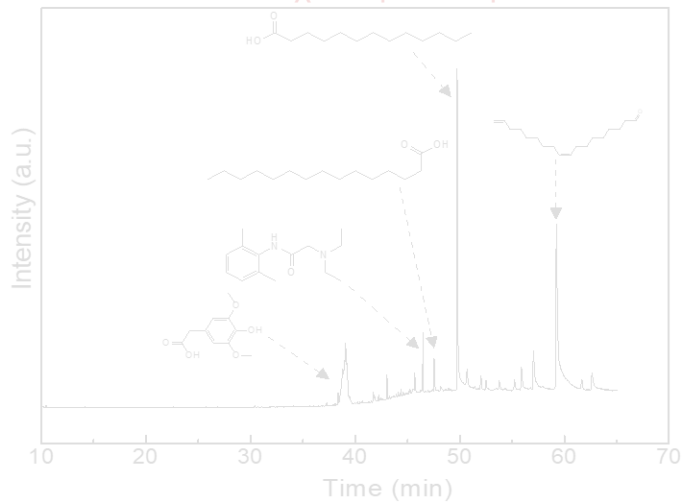
Προσδιορισμός Υγρασίας, Τέφρας
Στοιχειακή Ανάλυση (C, H, N, S)
Χημική ανάλυση-σύσταση

Σύσταση και χαρακτηρισμός πρώτων υλών

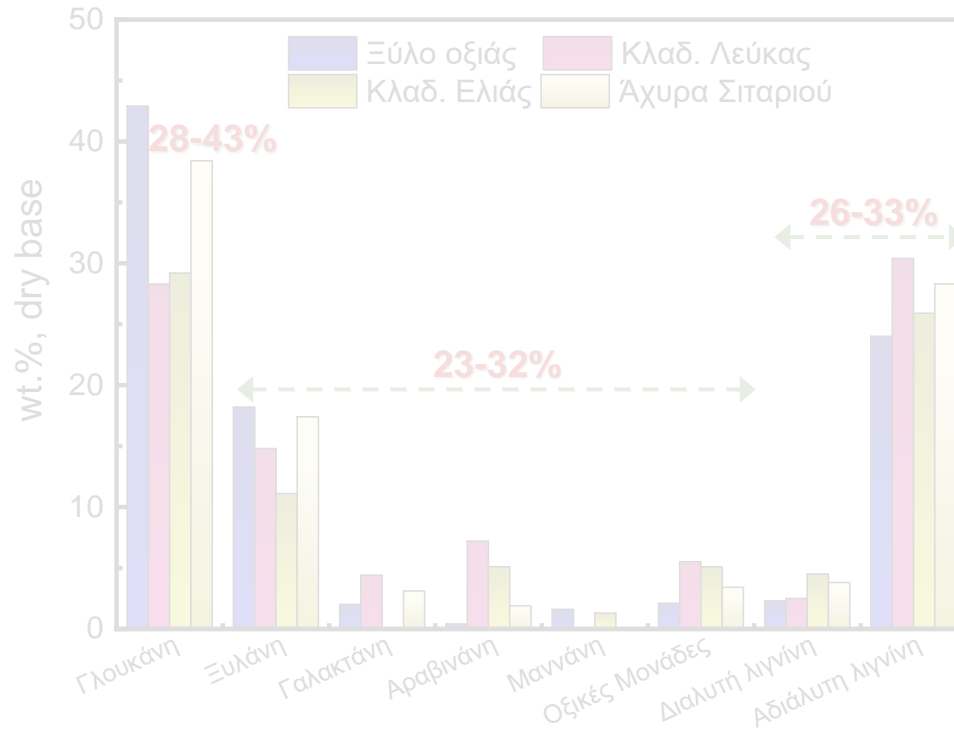
Εκχυλίσιμα συστατικά



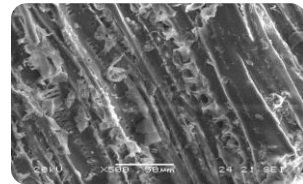
GC-MS εκχυλίσιμων στην EtOH



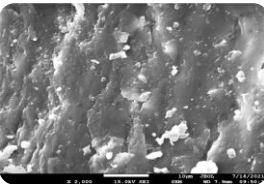
Λιγνοκυτταρινούχα σύσταση



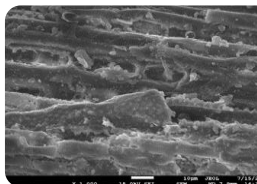
Ξύλο οξιάς



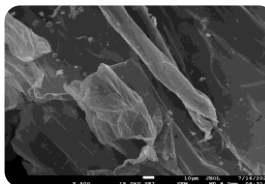
Κλαδέματα Λεύκας



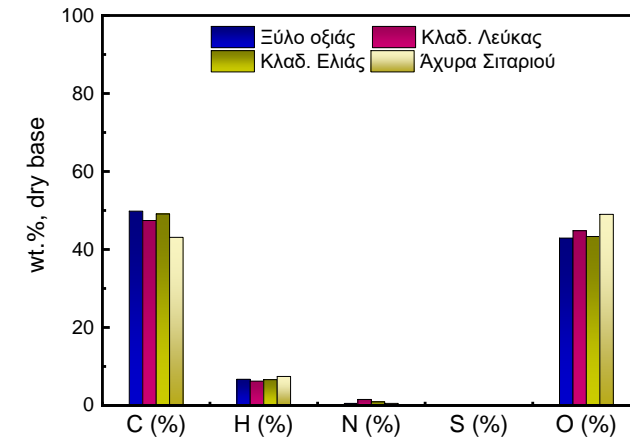
Κλαδέματα Ελιάς



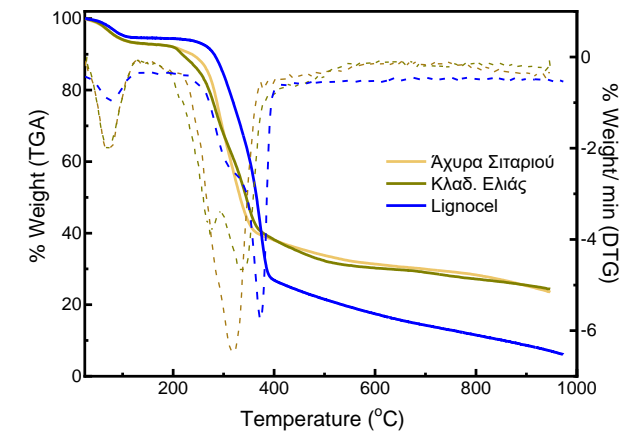
Άχυρα σιταριού



Στοιχειακή ανάλυση



Θερμική ανάλυση

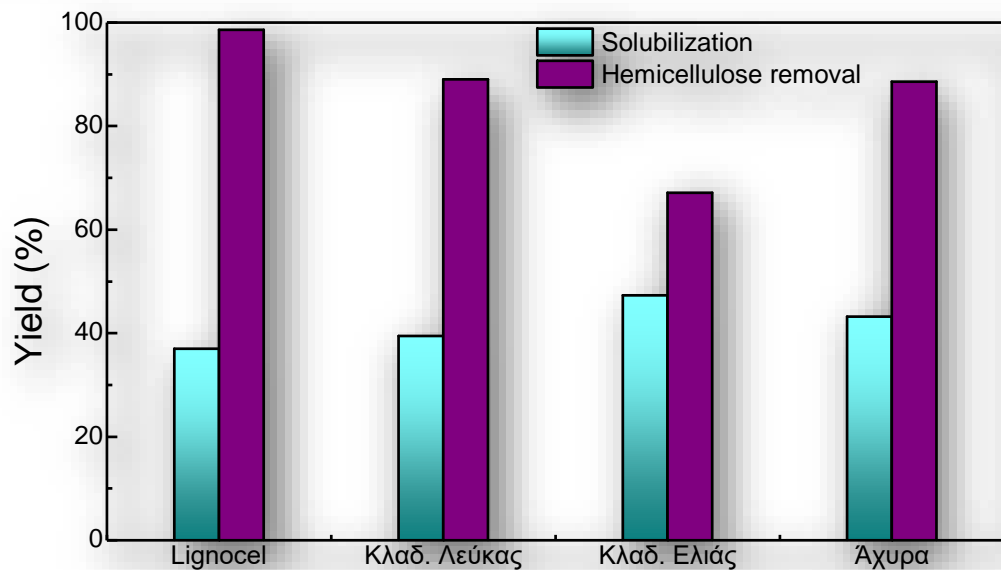


Κλασμάτωση λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών

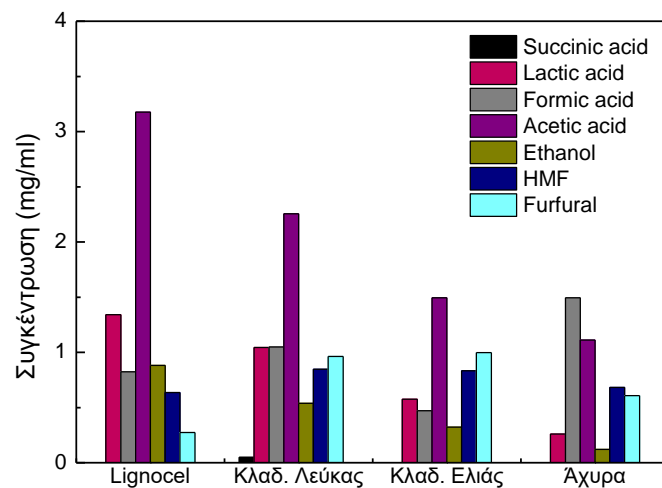
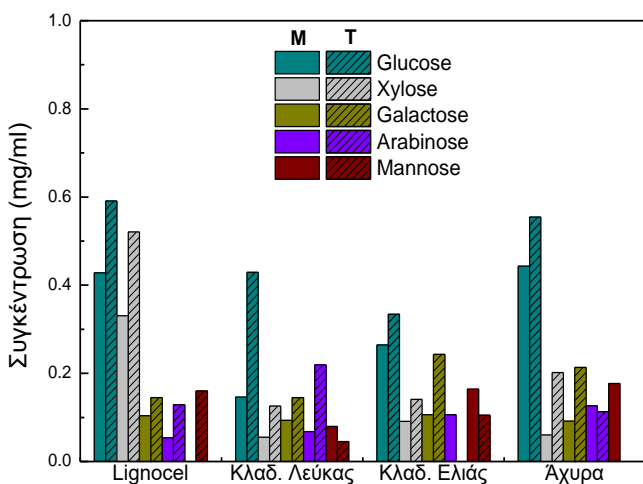
- Υδροθερμική κατεργασία και εκχύλιση επιφανειακής λιγνίνης



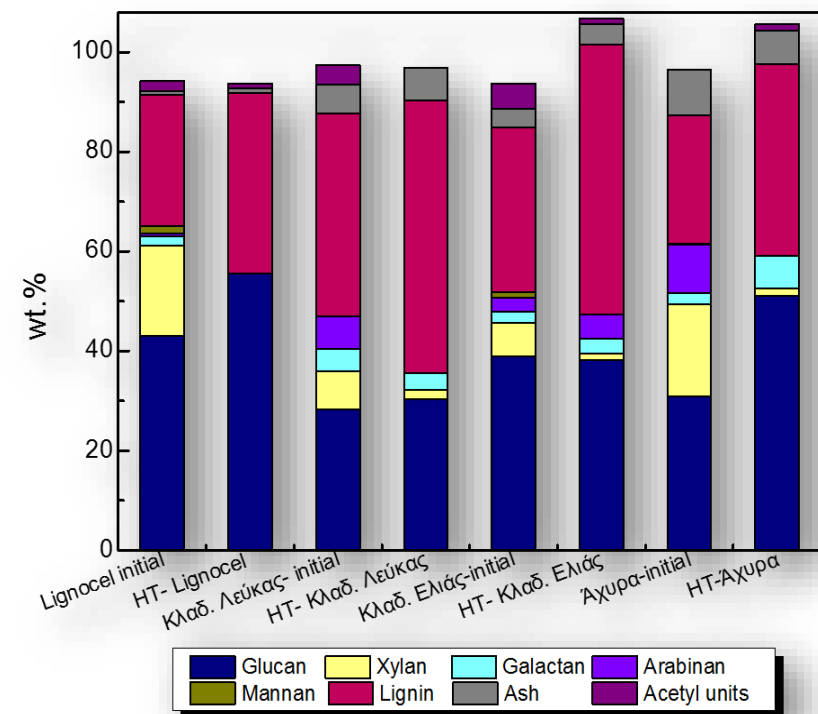
Υδροθερμική κατεργασία λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών



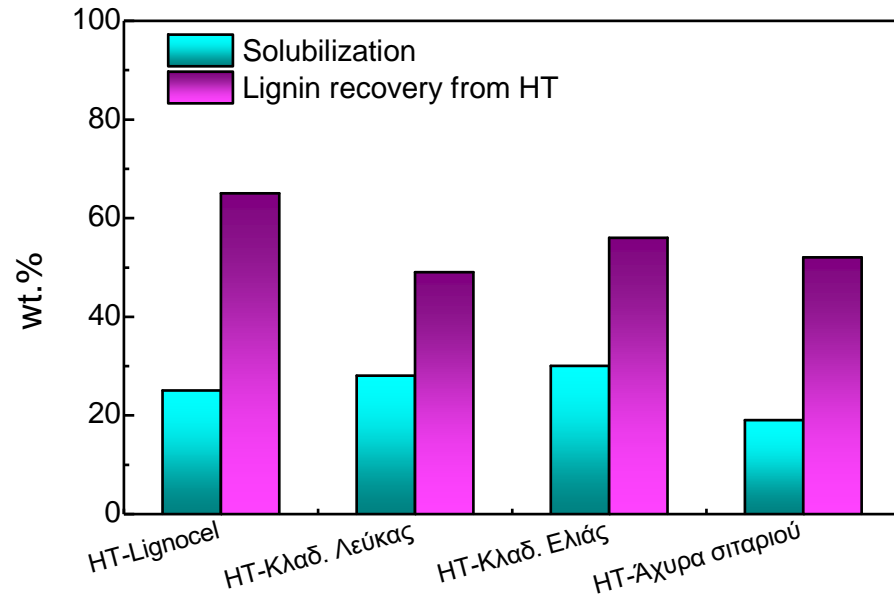
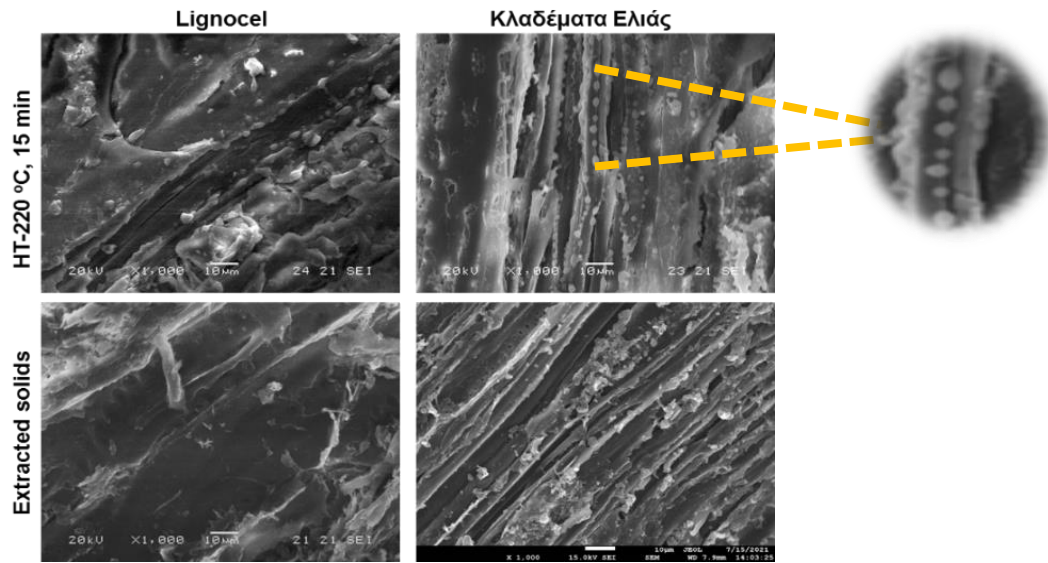
Σύσταση υγρών κλασμάτων



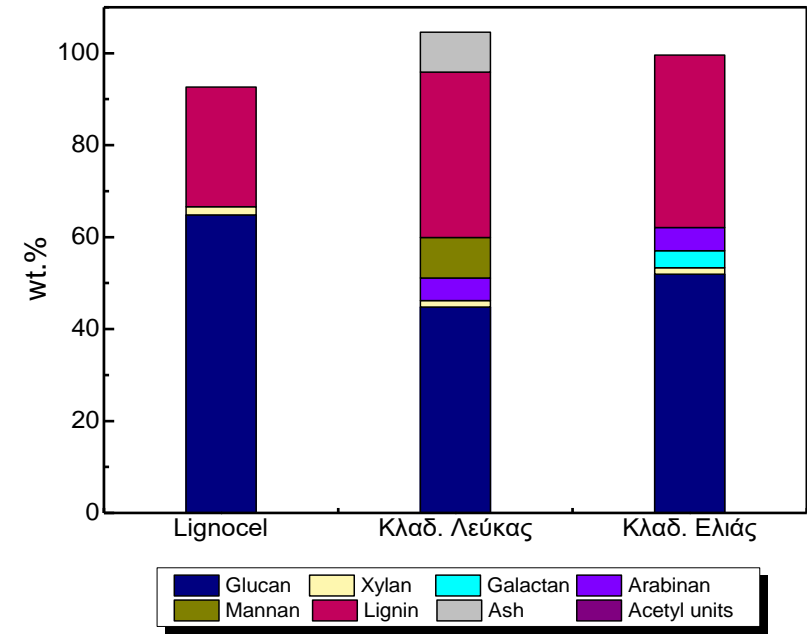
Σύσταση στερεών κλασμάτων



Εκχύλιση επιφανειακής λιγνίνης

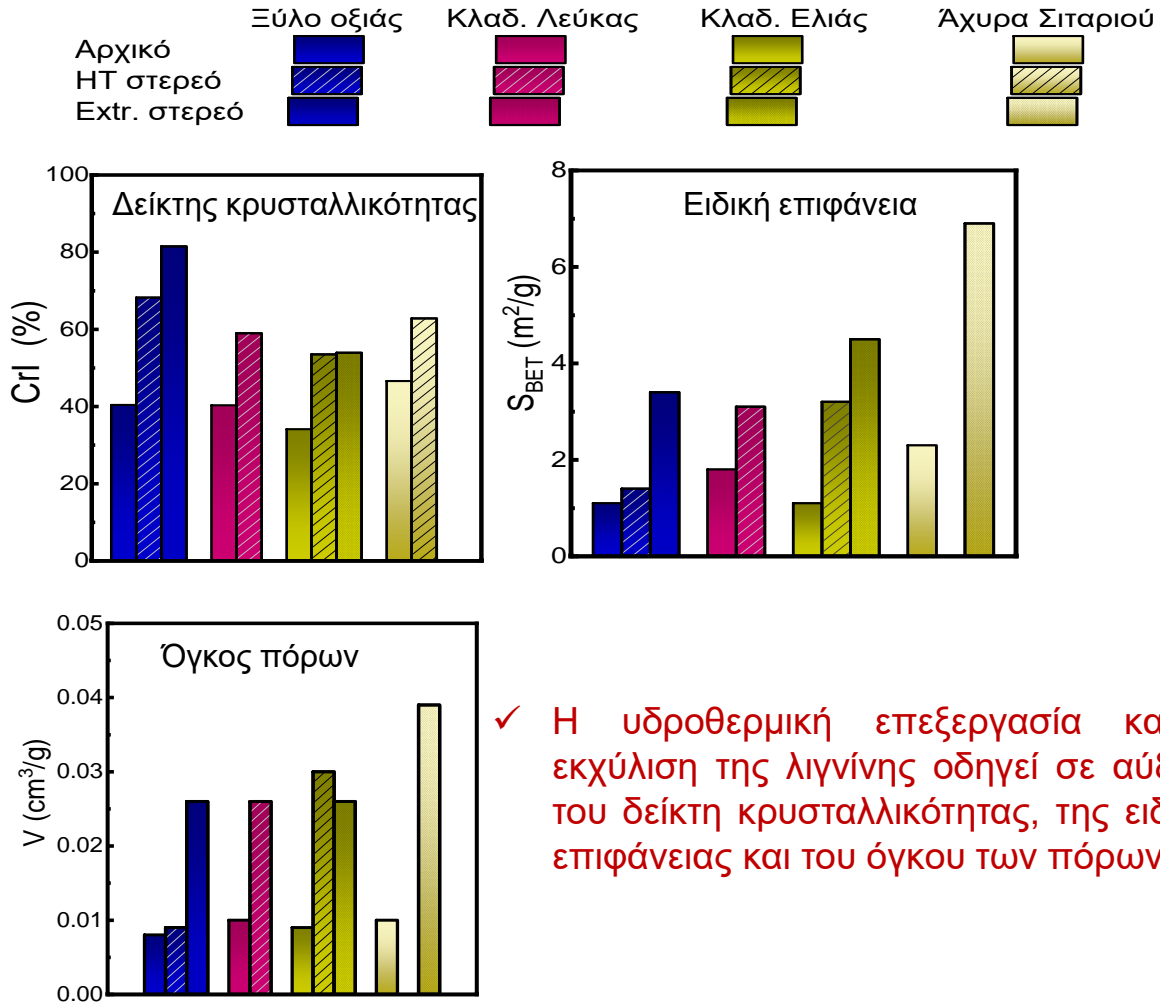


Σύσταση εκχυλισμένων στερεών



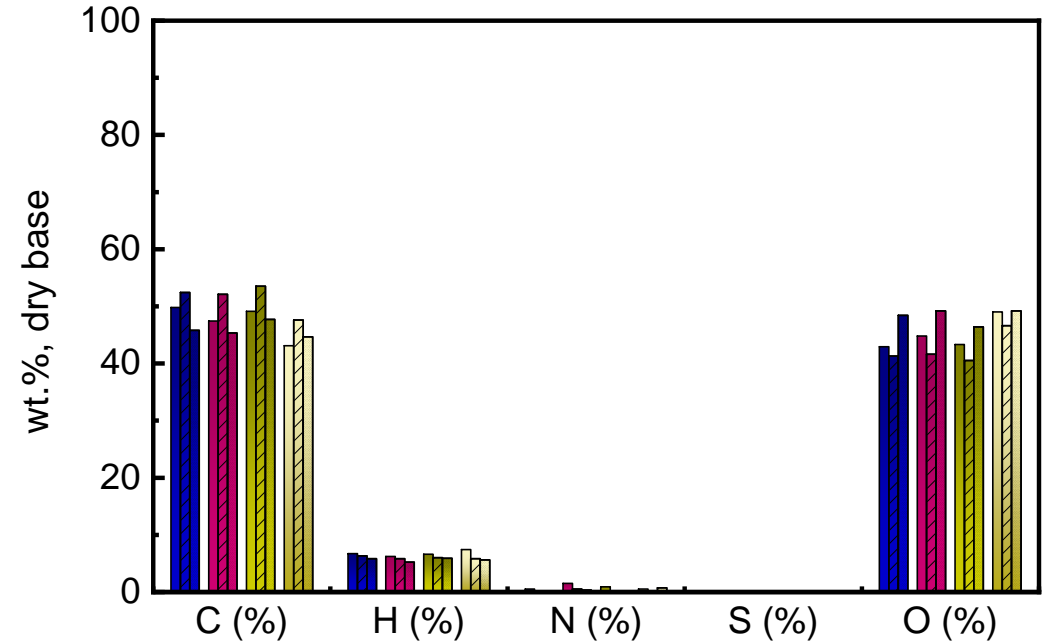
Χαρακτηρισμός εκχυλισμένων στερεών

Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά



✓ Η υδροθερμική επεξεργασία και η εκχύλιση της λιγνίνης οδηγεί σε αύξηση του δείκτη κρυσταλλικότητας, της ειδικής επιφάνειας και του όγκου των πόρων

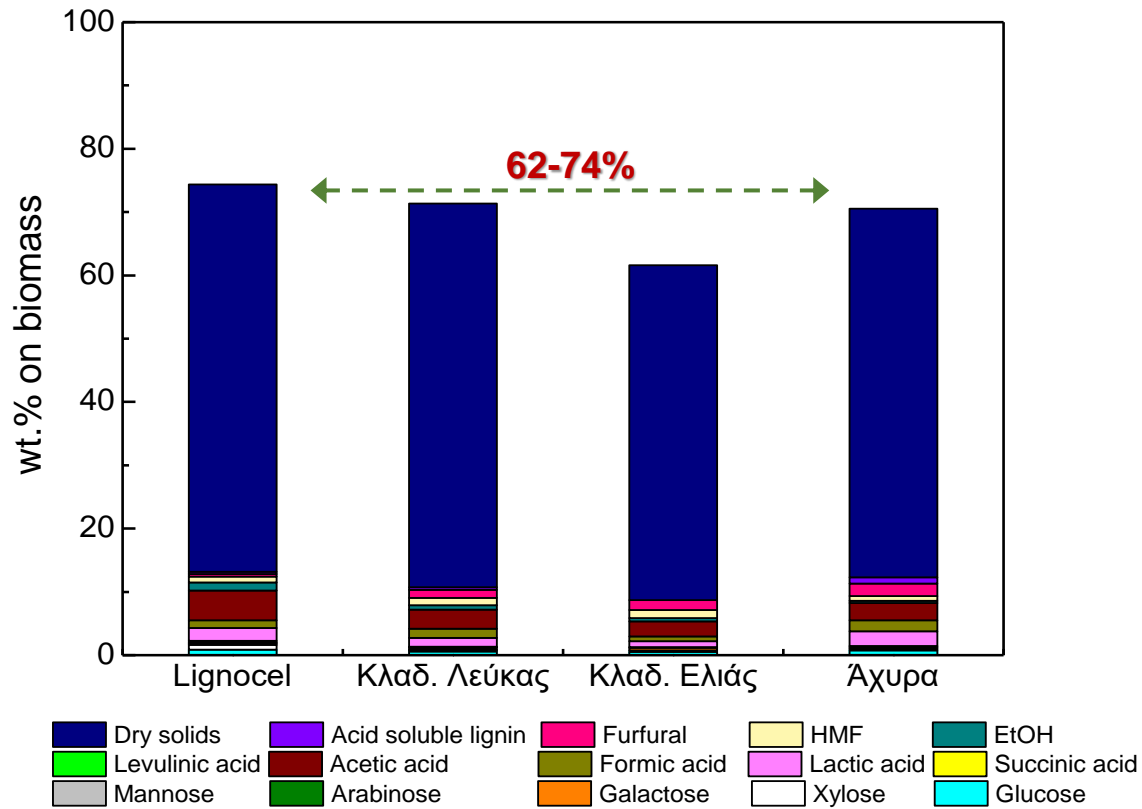
Στοιχειακή ανάλυση



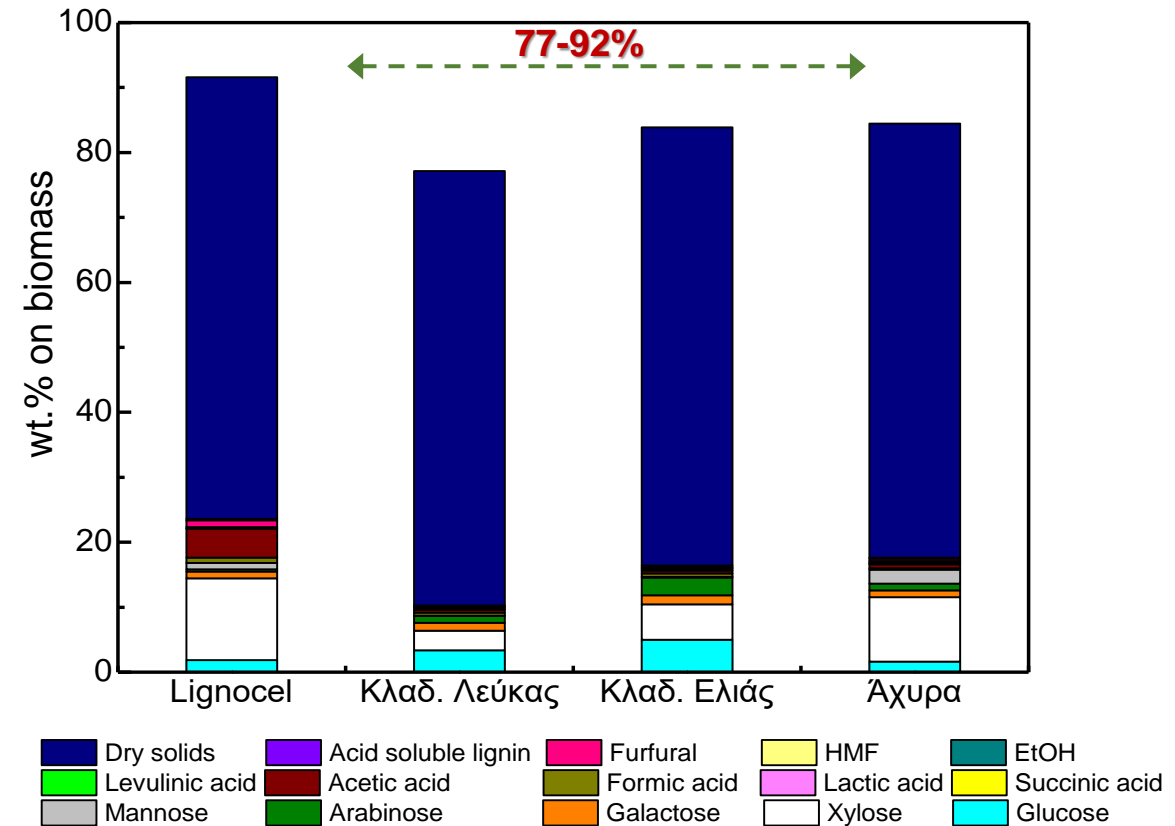
✓ Αρχική αύξηση του C (%) λόγω απομάκρυνσης των σακχάρων της ημικυτταρίνης και μετέπειτα μείωση λόγω απομάκρυνσης της λιγνίνης

Αξιολόγηση ισοζυγίου μάζας-υδροθερμική κατεργασία λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών

Υδροθερμική κατεργασία σε σκέτο H_2O

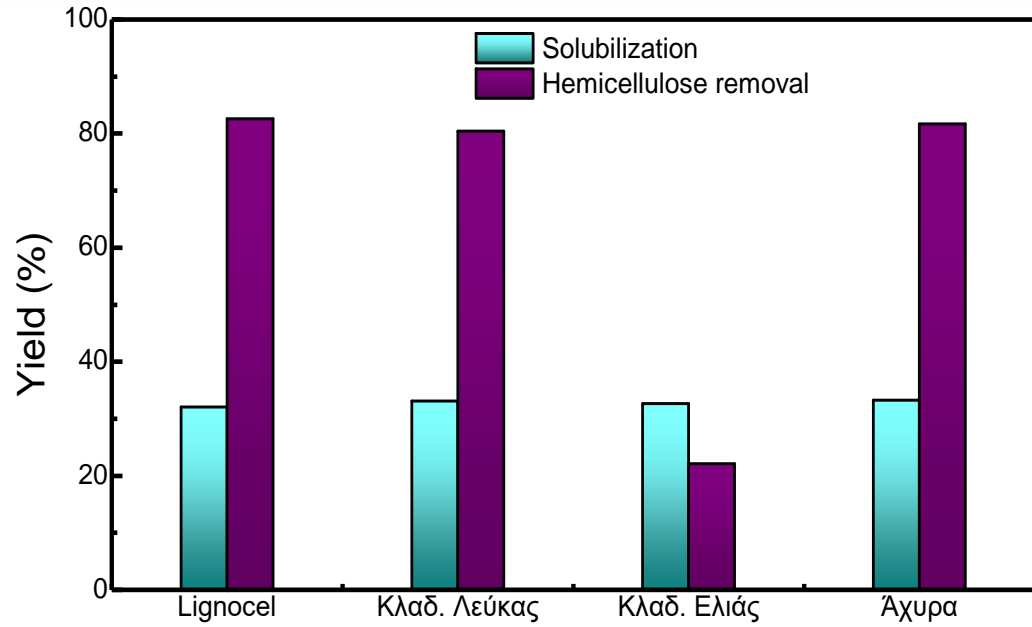


Υδροθερμική κατεργασία σε αραιό H_2SO_4

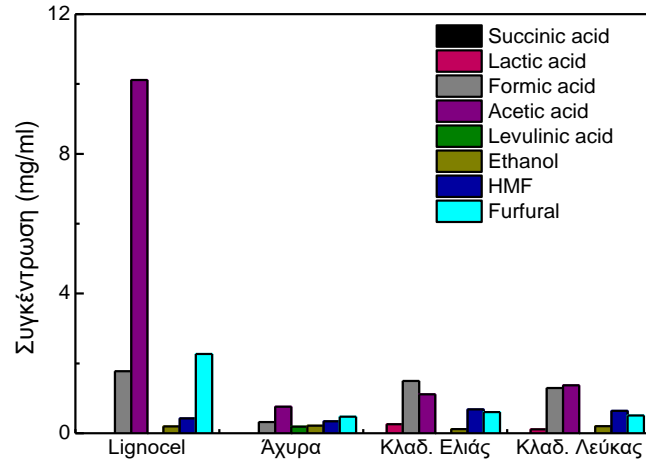
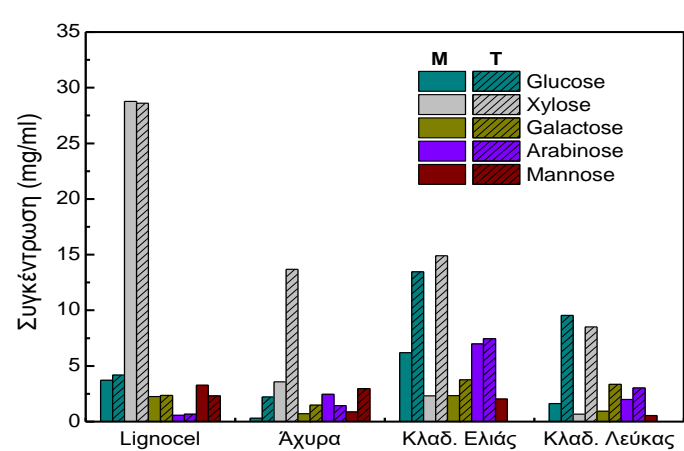


- ✓ Η υδροθερμική κατεργασία οδηγεί σε μικρότερη ανάκτηση βιομάζας (62-74%) λόγω του σχηματισμού χουμινών.
- ✓ Αντίθετα, η χρήση αραιού διαλύματος οξέος, σε ηπιότερες συνθήκες κατεργασίας, αυξάνει σημαντικά την ανάκτηση βιομάζας (92%).

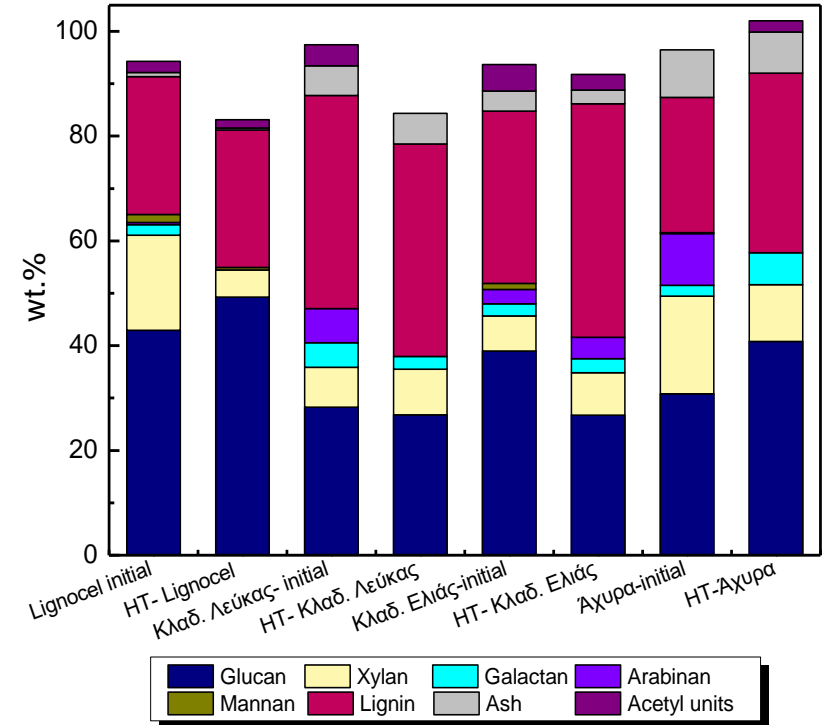
Υδροθερμική κατεργασία λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών σε αραιό διάλυμα οξέος



Σύσταση υγρών κλασμάτων

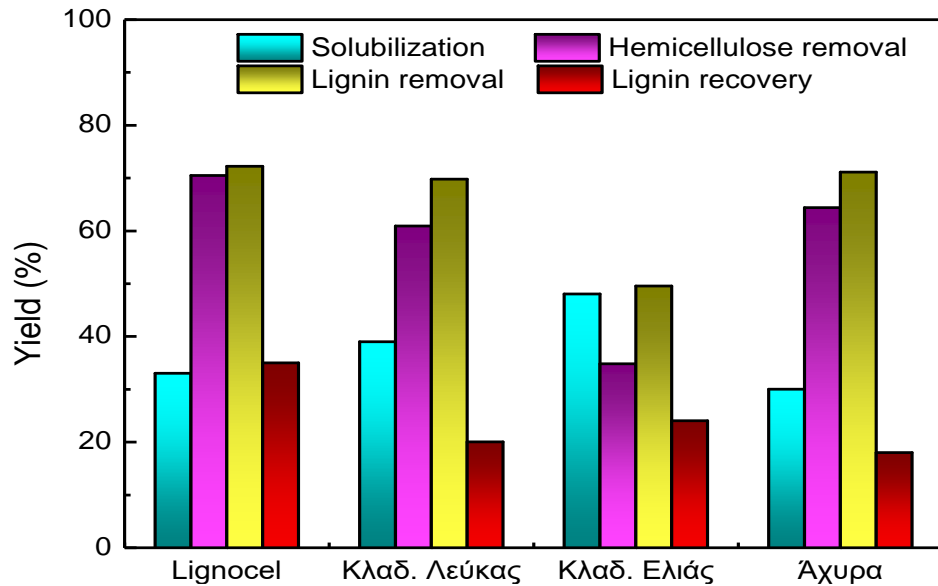


Σύσταση στερεών κλασμάτων



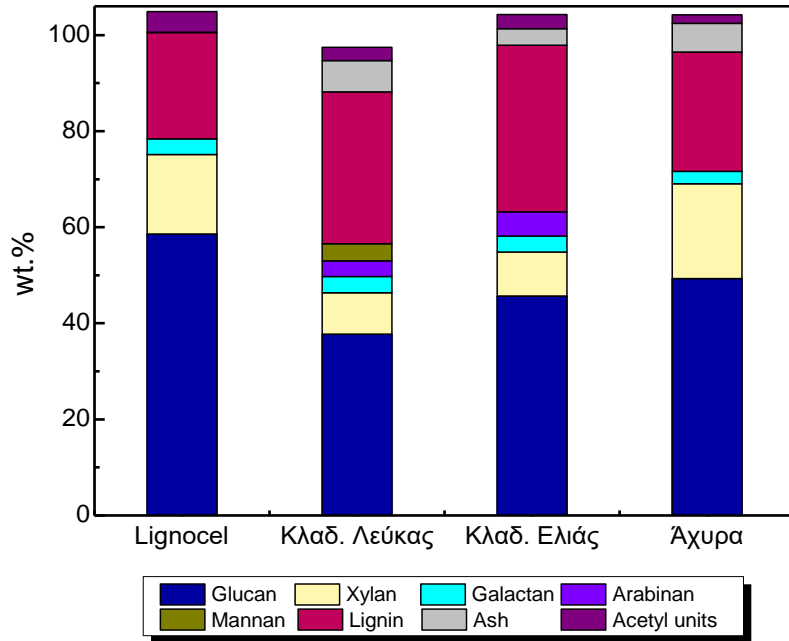
Organosolv κατεργασία λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών

• Organosolv προκατεργασία

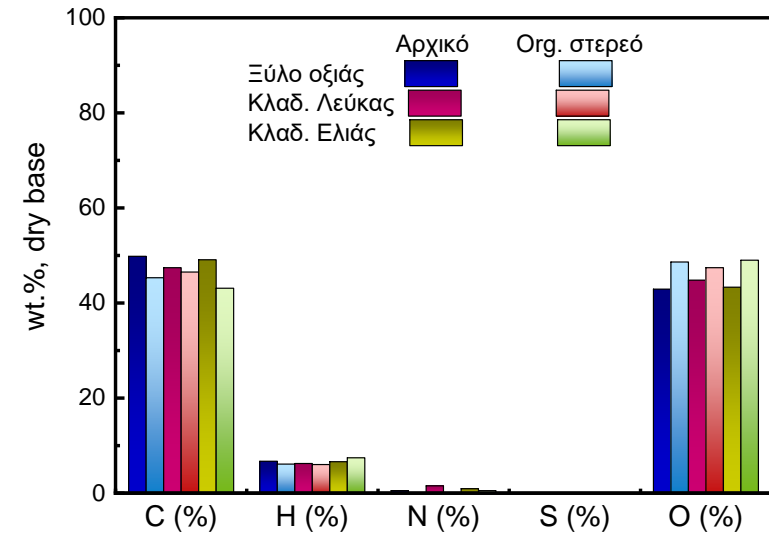


Organosoln κατεργασία λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών

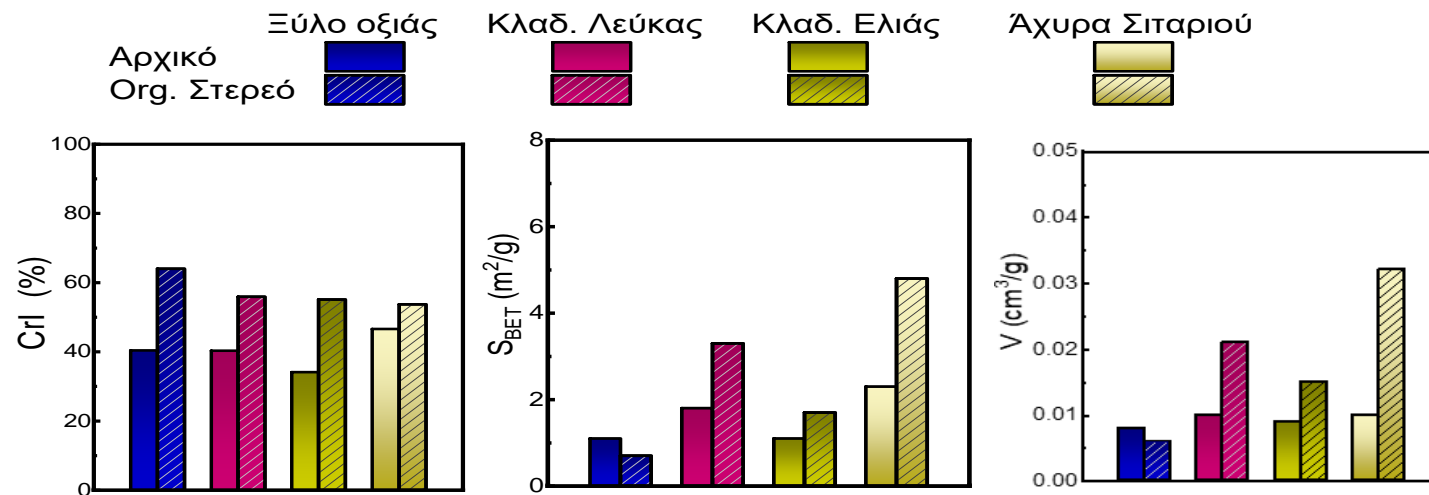
Σύσταση στερεών κλασμάτων



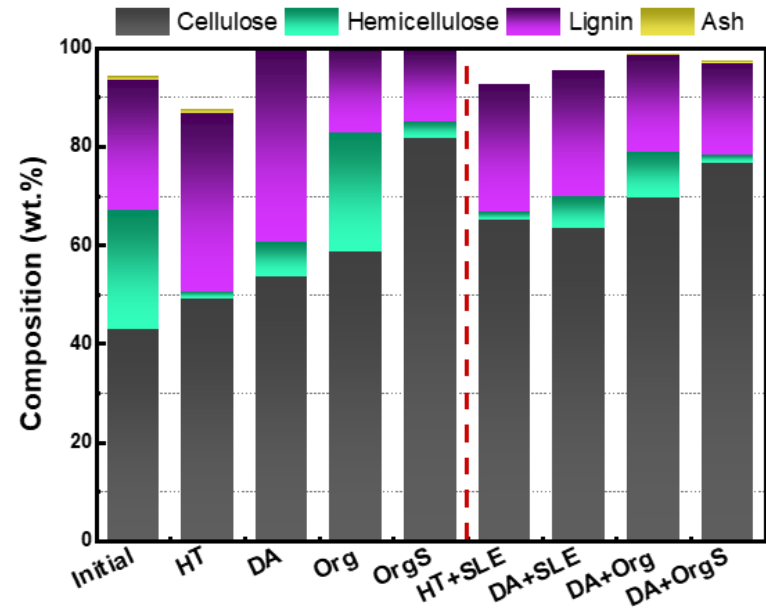
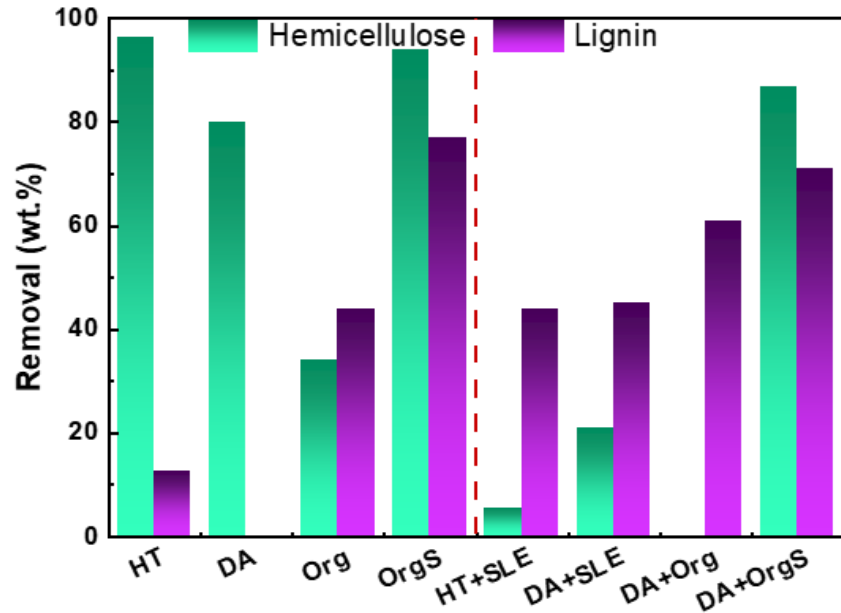
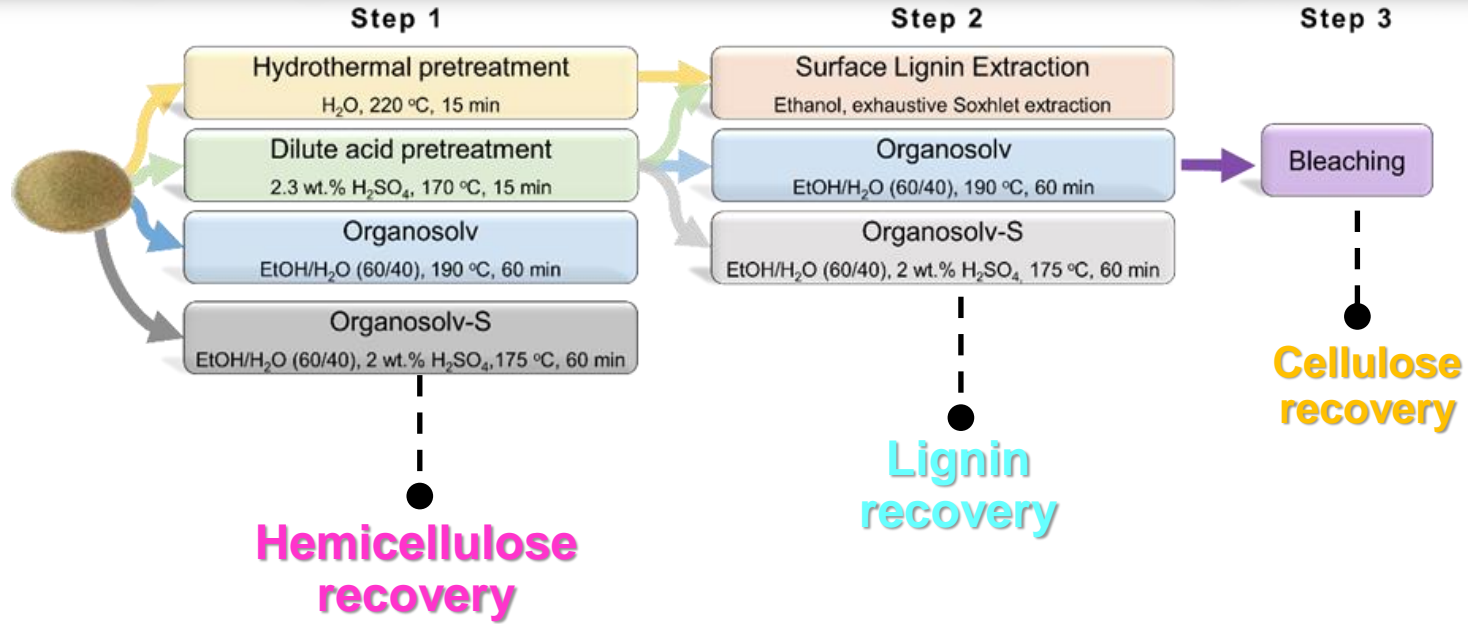
Στοιχειακή ανάλυση



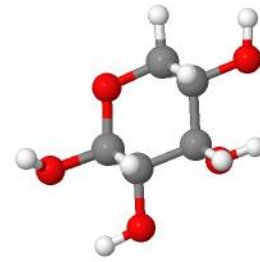
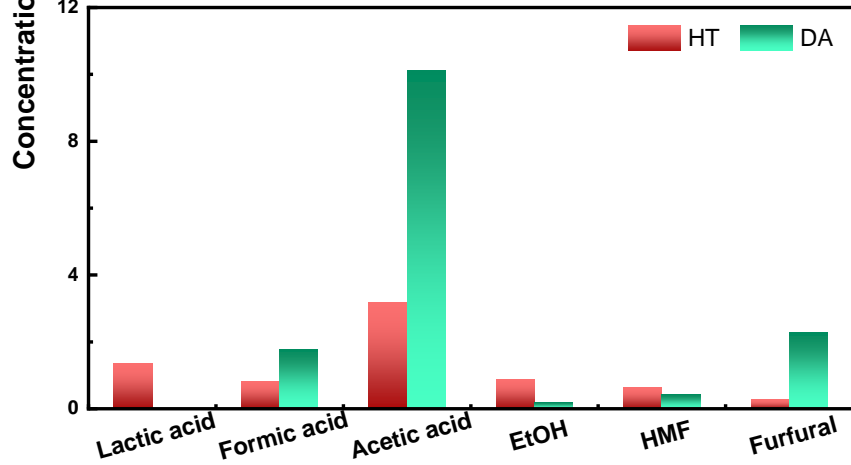
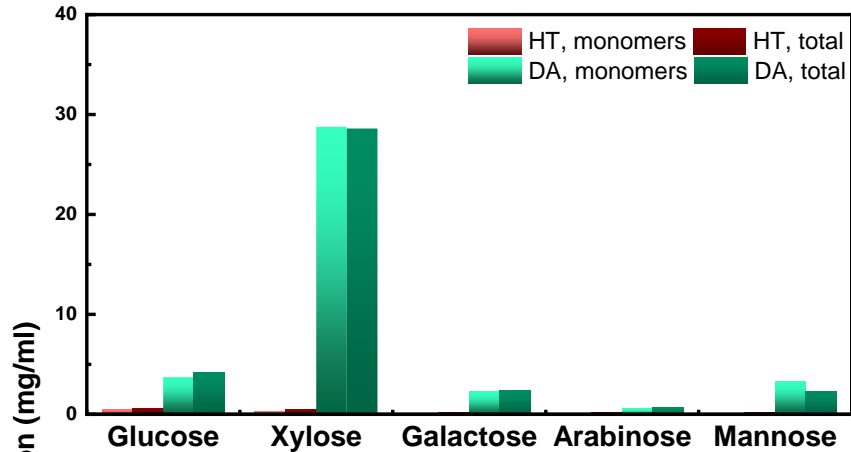
Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά



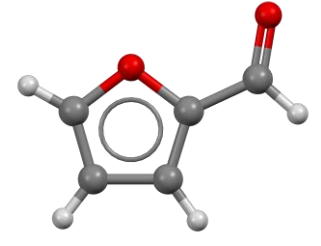
Κλασμάτωση δύο σταδίων στα πλαίσια «βιοδιυλιστηρίου»



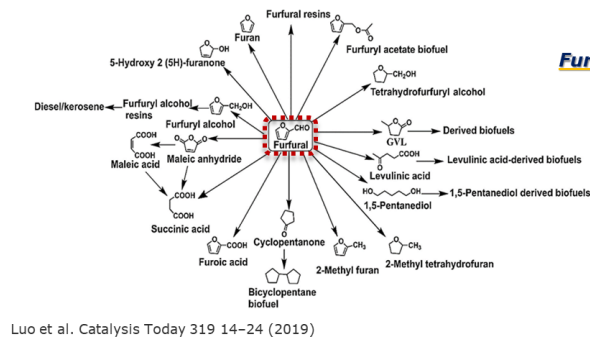
Σύσταση υγρών κλασμάτων



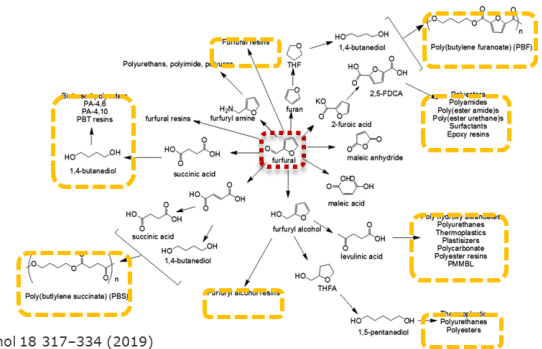
Ex-situ
αφυδάτωση



Προηγμένες
καταλυτικές
διεργασίες



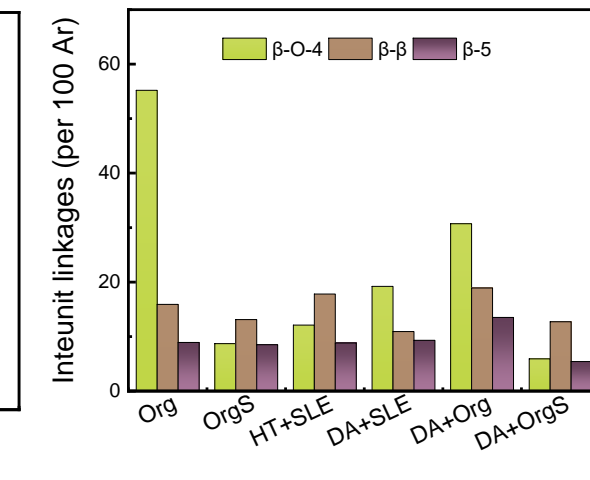
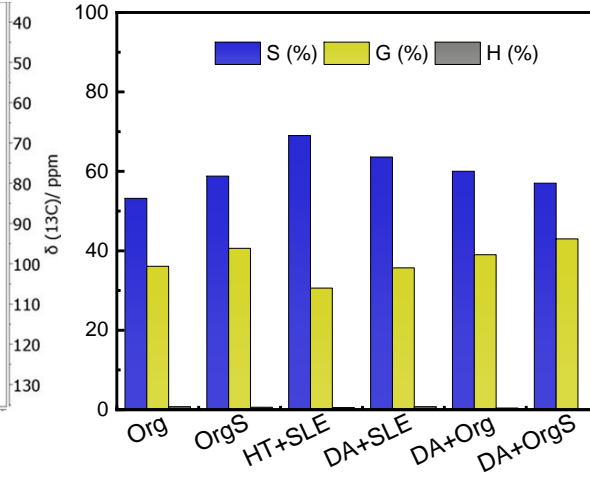
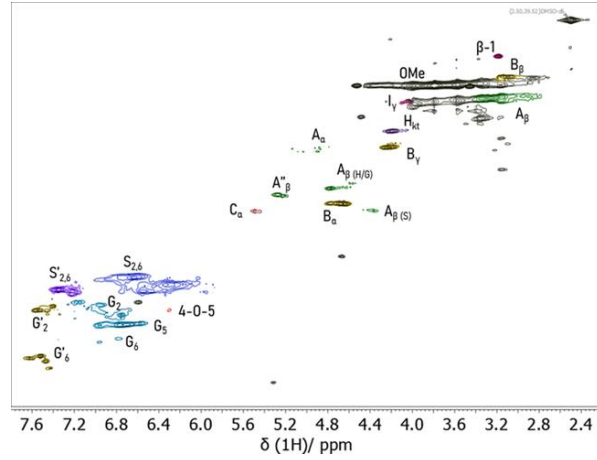
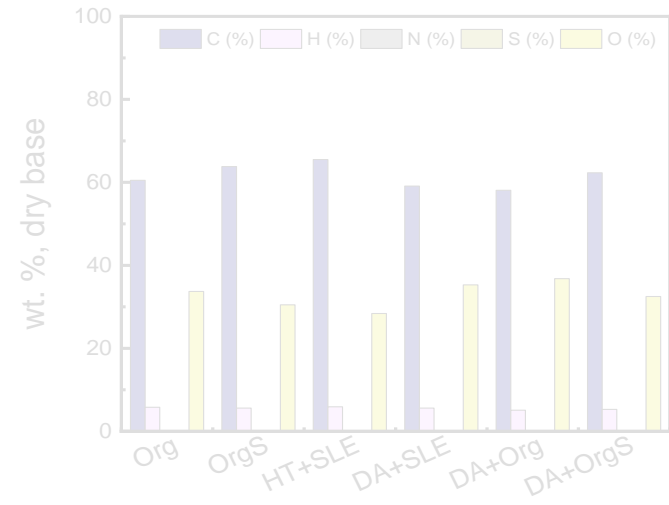
Furfural derivatives in polymers industries



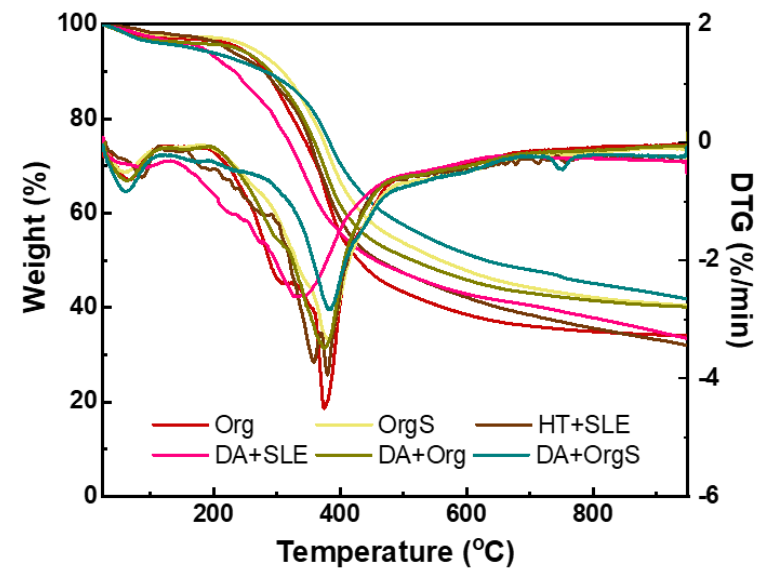
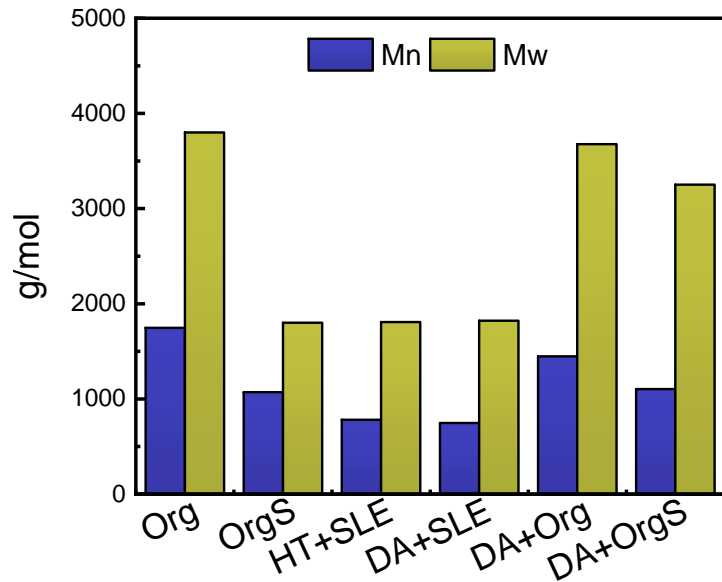
✓ Η χρήση αραιού διαλύματος οξέος, σε ηπιότερες συνθήκες κατεργασίας ευνοεί την απομάκρυνση της ημικυτταρίνης ως μονομερή ξυλόζης.

Δομικός και φυσικοχημικός χαρακτηρισμός λιγνινών

Δομικός χαρακτηρισμός



Ιδιότητες λιγνινών



Συμπεράσματα

- ❑ Η εκλεκτική θερμο-χημική κλασμάτωση της βιομάζας στα τρία συστατικά της (κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη) αποτελεί την βάση ενός «Βιώσιμου Ολοκληρωμένου Βιο-διυλιστηρίου»

- ❑ Ήπιες (πράσινες) διεργασίες κλασμάτωσης οδηγούν στην:
 - Εκλεκτική ανάκτηση ημικυτταρίνης, παρέχοντας τη δυνατότητα για μετέπειτα μετατροπή σε φουρανικές ενώσεις
 - Απομόνωση λιγνίνης, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε φαινολικά μονομερή ή BTX αρωματικές ενώσεις
 - Αξιοποίηση κυτταρίνης προς παραγωγή νανο-κυτταρίνης

- ❑ Ο συνδυασμός μεθόδων προκατεργασίας ευνοεί την απομόνωση «καθαρότερων» ρευμάτων ημικυτταρίνης, κυτταρίνης και λιγνίνης. Επιπλέον, είναι δυνατός ο έλεγχος των ιδιοτήτων των κλασμάτων που απομονώνονται.

Ευχαριστίες

Group

Dr. Dimitrios Gkiliopoulos
Dr. Dimitrios Giannakoudakis
Dr. Apostolos Fotopoulos
Dr. Sophia Tsoumachidou
Xristina Pappa, PhD student
Kyriazis Rekos, PhD student
Soultana Ioannidou, PhD student
Eleni Psochia, PhD student
Eleni Salonikidou, PhD student
Georgios Iakovou, PhD student
Zoi-Lina Koutsogianni, PhD student
Petros Soldatos, PhD student
Athanasia Kotsaridou, PhD student
Stylios Torofias, MSc
Alexandros Ioannis Karras, MSc



Collaborators

E. Athanasiadou, E. Karagiannakis (CHIMAR)
N. Kehagias (Nanotypos)
D. Bikiaris (AUTH)
A. Koutinas (AUA)

Funding

- ❑ European Union – European Regional Development Funds & European Social Funds
- ❑ European Union – Horizon 2020 Research and Innovation Programme
- ❑ Greek Ministry of Education and Ministry of Economy & Development
- ❑ COST Association





Η εργασία υλοποιείται στο πλαίσιο της Δράσης «Ειδικές Δράσεις «Υδατοκαλλιέργειες» - «Βιομηχανικά Υλικά» - «Ανοιχτή Καινοτομία στον Πολιτισμό» που συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνεΚ 2014-2020) (κωδικός έργου: Τ6ΥΒΠ-00341)



Ευχαριστώ πολύ για
την προσοχή!

Dr. Antigoni Margellou

 Department of Chemistry,
Aristotle University of Thessaloniki, Greece

 amargel@chem.auth.gr