

## Καταλυτικές διεργασίες μετατροπής βιομάζας προς καύσιμα και χημικά υψηλής προστιθέμενης αξίας

Κωνσταντίνος Σ. Τριανταφυλλίδης

Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη  
Κέντρο Διεπιστημονικής Έρευνας και Καινοτομίας (ΚΕΔΕΚ), ΑΠΘ, Θέρμη, 57001, Θεσσαλονίκη

Η λιγνοκυτταρινούχα βιομάζα που προέρχεται από υπολείμματα γεωργίας και δασοκομίας καθώς και απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων και επεξεργασίας αγροτικών προϊόντων είναι μια πολλά υποσχόμενη και ανανεώσιμη πηγή χημικών ενώσεων υψηλής προστιθέμενης αξίας, ικανή να υποκαταστήσει, ως ένα βαθμό, το αργό πετρέλαιο και τον ορυκτό άνθρακα. Τα τρία βασικά δομικά συστατικά της είναι η κυτταρίνη (βιοπολυμερές της γλυκόζης), η ημικυτταρίνη (βιοπολυμερές της ξυλόζης και άλλων C5/C6 σακχάρων) και η λιγνίνη (φαινολικό βιοπολυμερές). Στα πλαίσια ενός «Ολοκληρωμένου Βιοδιωλιστηρίου» τα βιοπολυμερή αυτά μπορούν να μετατραπούν τόσο σε καύσιμα (βιοκαύσιμα  $2^{nd}$  γενιάς) όσο και σε μια μεγάλη ποικιλία χημικών δραστικών ενδιάμεσων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή πολυμερών, φαρμακευτικών και άλλων προϊόντων. Πρωταρχικό ρόλο στην αξιοποίηση της βιομάζας παίζει η ομογενής και ετερογενής (βιο)κατάλυση, όπως και στα κλασσικά πετρελαϊκά διωλιστήρια. Στην παρούσα εργασία θα γίνει περιγραφή ενός «ολοκληρωμένου διωλιστηρίου» δίνοντας έμφαση σε επιμέρους θερμοχημικές/καταλυτικές διεργασίες, με στόχο την αξιοποίηση του συνόλου της βιομάζας. Θα παρουσιαστεί η υδροθερμική προκατεργασία – εκλεκτική κλασμάτωση της βιομάζας στα συστατικά/βιοπολυμερή της, η οποία αποτελεί μια αυτο-καταλύσιμη αντίδραση/διεργασία, αξιοποιώντας τις ακετυλο-ομάδες της βιομάζας και το σταδιακά σχηματιζόμενο οξικό οξύ, το οποίο δρα ως ομογενής καταλύτης ήπιας υδρόλυσης της ημικυτταρίνης στα σάκχαρα της, για παράδειγμα ξυλάνη/ξυλόζη [1]. Η όξινη αφυδάτωση της ξυλόζης προς φουρφοουράλη, μια από τις σημαντικότερες ενδιάμεσες ενώσεις (platform chemical), μπορεί να επιτευχθεί είτε in-situ με ρύθμιση των παραμέτρων της υδροθερμικής προκατεργασίας, είτε σε επόμενο στάδιο/αντιδραστήρα με ομογενείς ( $H_2SO_4$ ) ή ετερογενείς καταλύτες (ζεόλιθους) σε σκέτο νερό ή διφασικά συστήματα για αύξηση της εκλεκτικότητας/απόδοσης προς φουρφοουράλη. Η φουρφοουράλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μονομερές για την παραγωγή ρητινών ή μπορεί να μετατραπεί μέσω καταλυτικής υδρογόνωσης σε άλλες φουρανικές ενώσεις υψηλής αξίας (φουρφοουρική αλκοόλη, μεθυλοφουράνιο κ.λπ.) τα οποία μπορούν να χρησιμεύσουν ως πρόσθετα καυσίμων, διαλύτες και μονομερή για τη σύνθεση πολυμερών [2]. Από το στερεό υπόλειμμα της υδροθερμικής επεξεργασίας της λιγνοκυτταρινούχας βιομάζας μπορεί να απομονωθεί με ήπιες μεθόδους εκχύλισης το μεγαλύτερο μέρος της λιγνίνης, η οποία στην συνέχεια μπορεί να μετατραπεί μέσω (καταλυτικής) ταχείας πυρόλυσης ή υδρογονόλυσης σε φαινολικά ή/και αρωματικά μονομερή που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη σύνθεση ρητινών και πολυμερών, καθώς και στην παραγωγή καυσίμων μέσω διεργασιών υδρογονοαποξυγόνωσης [3-5]. Η πλούσια σε κυτταρίνη στερεή βιομάζα που λαμβάνεται μετά την αφαίρεση λιγνίνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή μιας μεγάλης ποικιλίας χημικών ουσιών προστιθέμενης αξίας. Η γλυκόζη μπορεί να ληφθεί μέσω ενζυματικής υδρόλυσης της κυτταρίνης και να μετατραπεί περαιτέρω σε βιοαιθανόλη ή βιοηλεκτρικό οξύ μέσω ζύμωσης. Επιπλέον, η γλυκόζη/κυτταρίνη μπορεί να μετατραπεί μέσω καταλυτικής (υδρολυτικής) υδρογόνωσης σε αλκοόλες σακχάρων/πολυόλες και γλυκόλες [6], χρήσιμες σε πληθώρα εφαρμογών, όπως στην βιομηχανία τροφίμων, φαρμακευτικών και πολυμερών.

### Βιβλιογραφία

- [1] C.K. Nitsos, K.A Matis, K.S. Triantafyllidis, ChemSusChem, 6(1) (2013) 110; C.K. Nitsos, et al., ACS Sust. Chem. & Eng. 4(9) (2016) 4529; C.K. Nitsos et al., ChemSusChem, 12 (2019) 179.
- [2] Y. Wang et al, ChemCatChem, 10(16) (2018) 3459.
- [3] A. Margellou, K.S. Triantafyllidis, Catalysts, 9 (2019) 43.
- [4] A.G. Margellou et al., App. Catal. A: Gen., 623 (2012) 118298; P.A. Lazaridis et al., Front. Chem.6:295 (2018).
- [5] C. Zerva et al., Catalysis Today 366 (2021) 57-67.
- [6] P. A. Lazaridis et al., Applied Catalysis B: Env., 214 (2017) 1.