

ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΥ(ΓΑΛΑΚΤΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ) ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΕΥΡΥΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ

Χ. Γκουντέλα¹, Α. Πορφύρης², Σ. Βασιλάκος², Δ. Κορρές¹, Σ. Παυλίδου², Σ. Βουγιούκα^{1*}, Κ. Παπασπυρίδης¹

¹Εργαστήριο Τεχνολογίας Πολυμερών, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

²ΕΒΕΤΑΜ Α.Ε., Α' Βιομηχανική Περιοχή, Βόλος, Ελλάδα

(*mvuyiuka@central.ntua.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πολυ(γαλακτικό οξύ) (Polylactic acid ή PLA) αποτελεί έναν αλειφατικό πολυεστέρα που ανήκει στην κατηγορία των βιοδιασπώμενων και προερχόμενων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες (bio-based) πολυμερών. Το PLA χρησιμοποιείται ήδη σε μεγάλο βαθμό στον τομέα της συσκευασίας, ωστόσο η χρήση του σε εφαρμογές μακράς διάρκειας ζωής αποτελεί αδιαμφισβήτητη πρόκληση. Ειδικότερα, οι ίνες PLA παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών μακράς διάρκειας ζωής σε είδη ένδυσης, κλωστοϋφαντουργικές εφαρμογές, είδη οικιακής χρήσης, και καταναλωτικά αγαθά, διατηρώντας παράλληλα την ικανότητά τους να βιοδιασπώνται μετά τον κύκλο χρήσης.

Για κάθε εφαρμογή μακράς διάρκειας ζωής, καθοριστικό ρόλο στην απόδοση του υλικού διαδραματίζει η ευαισθησία του έναντι της υδρόλυσης. Ως εκ τούτου, η μελέτη συστημάτων υδρολυτικής σταθεροποίησης, τα οποία στοχεύουν στην επιβράδυνση της υδρόλυσης των ινών PLA αποτελεί μείζονος σημασίας ερευνητικό αντικείμενο. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν τρεις διαφορετικές ποιότητες PLA: ένα άμορφο, ένα ημικρυσταλλικό χαμηλού σημείου τήξης και ένα ημικρυσταλλικό υψηλού σημείου τήξης PLA. Ως προς τα πρόσθετα έναντι της υδρόλυσης, εξετάστηκαν ένα αρωματικό καρβοδιιμίδιο, ένα αρωματικό πολυκαρβοδιιμίδιο και ένα αλειφατικό πολυκαρβοδιιμίδιο σε συγκεντρώσεις από 1% έως 3% (w/w)^[1]. Πραγματοποιήθηκαν πειράματα επιταχυνόμενης υδρολυτικής αποικοδόμησης κυρίως σε δείγματα με τη μορφή ινών (και σε ορισμένα δείγματα με τη μορφή πλακιδίων για λόγους σύγκρισης) σε συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας 70°C και 80% RH, αντίστοιχα.

Η παρακολούθηση της υδρολυτικής αποικοδόμησης των σταθεροποιημένων δειγμάτων PLA έγινε μέσω προσδιορισμού του μέσου-βάρους μοριακού βάρους του πολυμερούς με τη μέθοδο της ιξωδομετρίας αραιού διαλύματος, της συγκέντρωσης των ακραίων καρβοξυλομάδων (COOH) μέσω ποτενσιομετρικής τιτλοδότησης και της απορρόφησης υγρασίας σταθμικά στην περίπτωση των δειγμάτων με τη μορφή πλακιδίων. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός των θερμικών ιδιοτήτων των δειγμάτων μέσω Διαφορικής Θερμιδομετρίας Σάρωσης (DSC).

Όσον αφορά στην αποδοτικότητα των προσθέτων, οι ίνες ημικρυσταλλικού χαμηλού σημείου τήξεως PLA σταθεροποιήθηκαν αποτελεσματικά με τη χρήση του αρωματικού πολυκαρβοδιιμιδίου, οι ίνες άμορφου PLA σταθεροποιήθηκαν ικανοποιητικά με τη χρήση του αρωματικού καρβοδιιμιδίου και οι ίνες ημικρυσταλλικού χαμηλού σημείου τήξεως σταθεροποιήθηκαν επαρκώς με τη χρήση του αρωματικού καρβοδιιμιδίου αλλά και του αλειφατικού πολυκαρβοδιιμιδίου. Στη συνέχεια, μελετήθηκε η κινητική υδρόλυσης των ινών PLA μέσω της προσαρμογής των δεδομένων της υδρόλυσης σε κινητικά μοντέλα^[2], ώστε να είναι δυνατή η πρόρρηση της συμπεριφοράς του πολυμερούς κατά τον χρόνο ζωής του.

Παράλληλα με την μελέτη της κινητικής υδρόλυσης, διαπιστώθηκε ότι τα σταθεροποιημένα δείγματα PLA παρουσίαζαν βελτιωμένες θερμικές ιδιότητες. Έτσι μελετήθηκε η κινητική κρυστάλλωσης των σταθεροποιημένων δειγμάτων PLA και συνεπώς, ο ρόλος των προσθέτων, ως μέσα πυρήνωσης. Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε μέσω μη-ισοθερμοκρασιακής κρυστάλλωσης και επεξεργασίας των δεδομένων που προέκυψαν με τη χρήση του μοντέλου Avrami.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Porfyrakis A, Vasilakos S, Zotiadis C, Papaspyrides C, Moser K, Van der Schueren L, Buyle G, Pavlidou S, Vouyiouka S. (2018). *Polym. Test.*, 68(November 2017): 315-332
- [2] Vouyiouka S, Papaspyrides C, Weber J, Marks D. (2005). *J. Appl. Polym. Sci.*, 97(2):671-681