

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΠΟΡΩΔΩΝ ΙΚΡΙΩΜΑΤΩΝ PLA ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΚΠΛΥΣΗΣ ΠΟΡΟΓΕΝΩΝ ΜΕΣΩΝ

Ι.Γ. Αθανασούλια^{1*}, Π. Ταραντίλη¹

¹Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

(*gjoath@chemeng.ntua.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ως ικρίωματα ορίζονται προσωρινές ή μόνιμες δομές που διευκολύνουν την αποκατάσταση της δομικής ακεραιότητας και της ιστικής λειτουργικότητας ενός οργάνου ή οστού¹. Οι δομές αυτές είναι πορώδεις σε ποσοστό υψηλότερο του 65% για τη διευκόλυνση της ανάπτυξης των κυττάρων χωρίς την αποδυνάμωση των μηχανικών ιδιοτήτων του ικρίωματος². Το μέγεθος των πόρων της δομής εξαρτάται από τους ιστούς και τα κύτταρα στόχους. Η συνύπαρξη όμως μικροπορώδους με μακροπορώδες στον κύριο όγκο του ικρίωματος αυξάνει την επιφάνεια διάχυσης των κυττάρων³. Επιπλέον, η διασύνδεση των πόρων συμβάλει στη ροή μεταφοράς θρεπτικών ουσιών και μεταβολικών αποβλήτων προς και από το ικρίωμα³.

Σκοπός την παρούσας εργασίας ήταν ο σχεδιασμός, η δημιουργία και ο χαρακτηρισμός τρισδιάστατης διασυνδεόμενης πορώδους δομής με βάση το πολυ(γαλακτικό οξύ) (PLA) με την τεχνική της έκπλυσης πορογενών μέσων (χλωριούχο νάτριο (NaCl), πολυ(αιθυλενογλυκόλη) (PEG)), για εφαρμογές ως ικρίωματα στη μηχανική ιστών. Η πολυμερική μήτρα που χρησιμοποιήθηκε ήταν PLA σε μορφή σκόνης. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε ξηρή ανάμιξη του PLA είτε μόνο με NaCl κοκκομετρίας 200-300 μm (NaCl₂₀₀₋₃₀₀) ή 400-500 μm (NaCl₄₀₀₋₅₀₀) είτε με συνδυασμό NaCl με PEG μοριακών βαρών 3,000 g/mol (PEG_{3,000}), 6,000 g/mol (PEG_{6,000}) και 10,000 g/mol (PEG_{10,000}). Στη συνέχεια, ακολούθησε εκβολή, τεμαχισμός του εκβαλλόμενου προϊόντος, μορφοποίηση σε υδραυλική θερμόπρεσσα και έκπλυση των πορογενών μέσων με νερό από τα δοκίμια αυτά, καθώς το NaCl και η PEG διαλύονται από τα πολικά μόρια του νερού.

Από την παρατήρηση των τομών των πορωδών δομών των εξεταζόμενων αναλογιών NaCl/PLA με ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (SEM) διαπιστώθηκε αύξηση της ομοιομορφίας των δομών με αύξηση της κοκκομετρίας του NaCl. Η αύξηση της περιεκτικότητας των αρχικών συστημάτων σε NaCl μείωσε το φαινόμενο εμφάνισης εγκλωβισμένων κόκκων NaCl στην πολυμερική μήτρα και οδήγησε σε αύξηση του βαθμού διασύνδεσης των πόρων, λόγω της διάχυσης του νερού από τα κανάλια που σχηματίστηκαν από την έκπλυση των συνενωμένων κόκκων⁴. Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκαν και ανεξάρτητοι πόροι στις δομές που ελήφθησαν. Η ενσωμάτωση της υδατοδιαλυτής PEG, εκτός από την προφανή αύξηση της επεξεργασιμότητας των εξεταζόμενων αναλογιών κατά τη διεργασία της εκβολής και τη διατήρηση του μεγέθους των κόκκων NaCl, συνέβαλε στην αύξηση της διασύνδεσης των πόρων στις δομές και την ταχύτερη απομάκρυνση του NaCl. Ο λόγος ήταν η δημιουργία καναλιών μεταξύ των πόρων, αφού η PEG περίβαλλε του κόκκους NaCl και είχε διαμορφώσει, όπως φάνηκε, συνεχή δομή στην πολυμερική μάζα.

Από τη μέτρηση της πυκνότητας των πορωδών δομών που ελήφθησαν, διαπιστώθηκε ότι όταν είχε προστεθεί PEG στα σύνθετα NaCl/PLA, όλες οι πορώδεις δομές εμφάνισαν ποσοστό πορώδους >65%.

Από τα αποτελέσματα της Διαφορικής Θερμιδομετρίας Σάρωσης (DSC) διαπιστώθηκε ότι η διαδικασία της έκπλυσης των πορογενών μέσων δεν επέφερε διαφοροποίηση στις θερμικές μεταπτώσεις του PLA.

Με τη Θερμοβαρυμετρική Ανάλυση (TGA) επιβεβαιώθηκε η αποτελεσματικότητα της τεχνικής στην απομάκρυνση των πορογενών μέσων αλλά και ότι η υποβάθμιση της θερμικής σταθερότητας της πολυμερικής μήτρας παρουσία των πορογενών μέσων, δεν επανακτήθηκε μετά την απομάκρυνσή τους.

Συμπερασματικά, εφαρμόζοντας μία απλή και οικονομική μέθοδο, αποφεύγοντας τη χρήση οργανικών διαλυτών, παρασκευάστηκαν τρισδιάστατες πορώδεις δομές με ιεραρχημένους διασυνδεδεμένους πόρους, υψηλό βαθμό πορώδους και μικρομεγέθους πόρους στην κύρια μάζα, οι οποίες θα μπορούσαν να βρουν εφαρμογή στη μηχανική των ιστών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Mathieu LM, Montjovent MO, Bourban PE, Pioletti DP, Månson JAE. (2005). J. Biomed. Mater. Res.(A), 75(1):89–97.
- [2] Scaffaro R, Suter F, Lopresti F. (2017). Mater. Des., 131:334–342.
- [3] Yin HM, Qian J, Zhang J, Lin ZF, Li JS, Xu JZ, Li ZM. (2016) Polymers, 8:213.
- [4] Ferguson S, Wahl D, Gogolewski S. (1996). J. Biomed. Mater. Res., 30:543-551.