

Μελέτη συνεργιστικής δράσης κυτταρινολυτικών και αμυλολυτικών ενζύμων κατά την παραγωγή βιοαιθανόλης από διατροφικά απορρίμματα.

Δ. Αλαμάνου¹, Α. Σωτηρόπουλος², Δ. Μαλαμής², Δ.Μαμμά¹, Μ. Λοιζίδου², Δ.Κέκος¹

¹Εργαστήριο Βιοτεχνολογίας

² Μονάδα Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 15780, Αθήνα

*e-mail: kekos@chemeng.ntua.gr

Λέξεις Κλειδιά: διατροφικά απορρίμματα, βιοαιθανόλη, ταυτόχρονη σακχαροποίηση και ζύμωση (SSF), αμυλολυτικά ένζυμα, κυτταρινολυτικά ένζυμα.

Τα βιοαποδομήσιμα απορρίμματα, είναι ένα σημαντικό κομμάτι της συνολικής ποσότητας των παραγόμενων απορριμμάτων διεθνώς. Αποτελούν το 30% έως 45% της συνολικής ποσότητας των αστικών απορριμμάτων σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Τα βιοαπόβλητα που παράγονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε), σε επίπεδο οικίας, υπολογίζονται σε 118-138 τόνους ετησίως και είναι κυρίως διατροφικά απορρίμματα. Τα απορρίμματα αυτού του τύπου είναι υπεύθυνα για την παραγωγή 170 Mt CO₂ στην Ε.Ε. κάθε χρόνο.

Τα διατροφικά απορρίμματα περιέχουν ποικίλα συστατικά μεταξύ των οποίων διαλυτά σάκχαρα, άμυλο, λιπαρά, πρωτεΐνες και κυτταρίνη, γεγονός που τα καθιστά μία εξαιρετική πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Οι περιεχόμενοι πολυσακχαρίτες (κυτταρίνη, άμυλο) δε μπορούν να μεταβολιστούν σε αιθανόλη από αιθανολοπαραγωγούς μικροοργανισμούς, όπως η ζύμη *Saccharomyces cerevisiae*. Συνοπτικά, η διαδικασία παραγωγής αιθανόλης από αμυλούχες-λιγνινοκυτταρινούχες πρώτες ύλες περιλαμβάνει αρχικά ένα στάδιο προκατεργασίας, ακολουθούμενο από ενζυμική υδρόλυση προκειμένου να απελευθερωθούν μονοσάκχαρα και τέλος τη μετατροπή των σακχάρων σε αιθανόλη.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας μελετήθηκε η επίδραση κυτταρινολυτικών και αμυλολυτικών εμπορικών ενζυμικών σκευασμάτων σε διαφορετικές ενεργότητες κατά τη διεργασία ταυτόχρονης σακχαροποίησης και ζύμωσης (SSF) ξηρών διατροφικών απορριμμάτων για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Η σύσταση του υλικού (% β/β ξηρού υλικού) ήταν η ακόλουθη: 35,99% υδατοδιαλυτές ουσίες (14.11% αναγωγικά σάκχαρα, 3.46% γλυκόζη, 3.47% φρουκτόζη, 4.38% σακχαρόζη), 11.21% κυτταρίνη και 6.67% άμυλο. Πριν από τη διεργασία βιομετατροπής τα ξηρά διατροφικά απορρίμματα υπέστησαν υδροθερμική προκατεργασία στους 100°C παρουσία αραιού θειικού οξέος (1g/100g ξηρού υποστρώματος) σε συγκέντρωση 30% (β/ο). Ακολούθησε ρύθμιση του pH στα βέλτιστα επίπεδα δράσης των ενζύμων, προσθήκη ενζύμων και ζύμης και επώαση στους 30°C και 80 rpm. Τα χρησιμοποιηθέντα ενζυμικά σκευάσματα ήταν: (α) Liquezyme SC DS (α-αμυλάση), (β) Spirizyme Fuel (γλυκοαμυλάση), (γ) μίγμα Celluclast 1.5L-Novozyme 188 5:1 (ο/ο) (κυτταρινολυτικό σκεύασμα) και (δ) Cellic Ctec2 (κυτταρινολυτικό σκεύασμα).

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι η αύξηση της ενεργότητας της α-αμυλάσης οδηγεί σε αύξηση της παραγόμενης αιθανόλης, ο συνδυασμός α-αμυλάσης/γλυκοαμυλάσης βελτιώνει περαιτέρω την παραγωγή αιθανόλης λόγω αποτελεσματικότερης υδρόλυσης του αμύλου. Αναφορικά με τα κυτταρινολυτικά σκευάσματα, το μίγμα Celluclast 1.5L-Novozyme 188 είναι αποτελεσματικότερο έναντι του Cellic Ctec2. Επίσης, η χρήση μίγματος αμυλολυτικών/κυτταρινολυτικών ενζύμων ειδικότερα μίγματος Liquezyme SC DS/Spirizyme Fuel/Celluclast 1.5L-Novozyme 188 (5.3 Units/g αμύλου/5.06 Units/g αμύλου/10 FPU/g κυτταρίνης) οδηγεί στη μέγιστη επιτευχθείσα παραγωγή αιθανόλης 29.11g/L (10.06g αιθανόλης/100g ξηρών διατροφικών απορριμμάτων, 62.81% της μέγιστης θεωρητικής απόδοσης με βάση τα μη δομικά και τα δομικά σάκχαρα). Τέλος, η εναπομένουσα ποσότητα αναγωγικών σακχάρων κατά τη λήξη της ζύμωσης καταδεικνύει ότι η εφαρμοζόμενη ενεργότητα γλυκοαμυλάσης (Spirizyme

Fuel, 5.06U/g αμύλου) είναι χαμηλή για την επίτευξη μέγιστης παραγωγής αιθανόλης. Η παραγωγικότητα της διεργασίας κυμαίνεται από 0.90 – 2.86 g/L·h.