

## ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΟΥ ΓΙΑΟΥΡΤΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΑΞΙΑΣ

Α. Λημναίος<sup>1,\*</sup>, Ε. Τσίκα<sup>1</sup>, Μ. Τσεβδού<sup>1</sup>, Ε. Τόπακας<sup>2</sup>, Π. Ταούκης<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων, Σχολή Χημικών Μηχανικών,  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ελλάδα

<sup>2</sup>Εργαστήριο Βιοτεχνολογίας, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ελλάδα  
(\*[alimnaios@chemeng.ntua.gr](mailto:alimnaios@chemeng.ntua.gr))

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ελληνικό στραγγιστό γιαούρτι αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες επιτυχίες της γαλακτοβιομηχανίας τα τελευταία χρόνια, παρουσιάζοντας σημαντική αύξηση στην παραγωγή του σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Κατά την παραγωγή του στραγγιστού γιαουρτιού αποβάλλεται ως παραπροϊόν όξινος ορός, σε διπλάσια ποσότητα ως προς το παραγόμενο προϊόν. Στα κύρια συστατικά του όξινου ορού περιλαμβάνονται η λακτόζη, οι πρωτεΐνες ορού, διάφορα ανόργανα συστατικά και γαλακτικό οξύ, στο οποίο οφείλεται η ιδιαίτερα χαμηλή τιμή pH του (4,2-4,5)<sup>[1]</sup>. Ακόμα, ο όξινος ορός διαθέτει υψηλά επίπεδα χημικά και βιοχημικά διαθέσιμου οξυγόνου, προκαλώντας υπερφόρτωση των συμβατικών συστημάτων βιολογικού καθαρισμού, γεγονός που καθιστά εξαιρετικά κοστοβόρα, αν όχι απαγορευτική, τη βιολογική διαχείρισή του<sup>[2]</sup> οδηγώντας στην ανάγκη εύρεσης νέων μεθόδων αξιοποίησής του.

Στην παρούσα έρευνα μελετήθηκε η δυνατότητα δύο βιομηχανικά διαθέσιμων λακτασών να καταλύσουν την παραγωγή γαλακτοολιγοσακχαριτών (GOS), μέσω της ενζυμικής διεργασίας ολιγομερισμού της λακτόζης του όξινου ορού. Οι GOS που παράγονται μέσω αυτής της διεργασίας αποτελούν συστατικά με πρεβιοτικές ιδιότητες (prebiotics), τα οποία ενισχύουν την ανάπτυξη και βιωσιμότητα της ωφέλιμης εντερικής μικροχλωρίδας του ανθρώπου. Επίσης, οι GOS προσδίδοντας ευεργετικές ιδιότητες που παρέχει το μητρικό γάλα<sup>[3]</sup>, αποτελούν συστατικά με αυξημένη ζήτηση από την βιομηχανία παραγωγής βρεφικών τροφών. Χρησιμοποιήθηκαν μικροβιακής προέλευσης β-γαλακτοζιδάσες από τους μύκητες *Aspergillus oryzae* και *Kluyveromyces lactis*. Η ενζυμική μετατροπή της λακτόζης του ορού σε GOS μελετήθηκε και αριστοποιήθηκε, συναρτήσε διαφόρων παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, η τιμή του pH, η ενζυμική ενεργότητα και ο χρόνος αντίδρασης, καθώς και η παρουσία πρωτεϊνών και αλάτων στο σύστημα της ενζυμικής αντίδρασης. Η ανάλυση των παραγόμενων προϊόντων πραγματοποιήθηκε μέσω χρωματογραφικών τεχνικών.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φάνηκε ότι η διαφορετική προέλευση του ενζύμου επηρεάζει τη μετατροπή της λακτόζης του όξινου ορού σε GOS. Η β-γαλακτοζιδάση από *K. lactis* εμφανίζει μεγαλύτερη απόδοση σε GOS, φθάνοντας έως και 37,0% στις βέλτιστες συνθήκες (0,052 U/mL, 37°C, pH=7,0, 2 h αντίδρασης), σε σύγκριση με την β-γαλακτοζιδάση από *A. oryzae*, που παρουσιάζει μέγιστη απόδοση σε GOS 25,4%, στις βέλτιστες συνθήκες (2,4 U/mL, 45°C, pH=4,5, 9 h αντίδρασης). Όσον αφορά στην παρουσία άλλων συστατικών στον ορό βρέθηκε ότι ο ολιγομερισμός της λακτόζης δεν επηρεάζεται από την παρουσία πρωτεϊνών, ωστόσο η παρουσία διαφορετικών αλάτων επιφέρει είτε αύξηση, είτε μείωση της ενζυμικής ενεργότητας, ανάλογα με τη μικροβιακή πηγή προέλευσης του ενζύμου. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι η β-γαλακτοζιδάση από τον *K. lactis* ευνοεί περισσότερο την αντίδραση υδρόλυσης της λακτόζης έναντι του ολιγομερισμού, σε αντίθεση με το ένζυμο από τον *A. oryzae* που δεν εμφανίζει αυτή την τάση.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Fischer C., Kleinschmidt T. (2015). Synthesis of galactooligosaccharides using sweet and acid whey as a substrate. *International Dairy Journal* 48: 15-22.
- [2] Córdova A., Astudillo C., Vera C., Guerrero C., Illanes A. (2016). Performance of an ultrafiltration membrane bioreactor (UF-MBR) as a processing strategy for the synthesis of galacto-oligosaccharides at high substrate concentrations. *Journal of Biotechnology* 223: 26-35.
- [3] Yin H., Bultema J.B., Dijkhuizen L., van Leeuwen S.S. (2017). Reaction kinetics and galactooligosaccharide product profiles of the β-galactosidases from *Bacillus circulans*, *Kluyveromyces lactis* and *Aspergillus oryzae*. *Food Chemistry* 225: 230-238.