

Συστατικά

## **β-Γλυκάνες δημητριακών ως συστατικά λειτουργικών τροφίμων: φυσικές ιδιότητες και μεταβολική δράση**

των Κωνσταντίνου Μπυλιαδέρη, Αθηνάς Λαζαρίδου και Χαρίκλειας Βαϊκούση

biliader@agro.auth.gr

Οι β-γλυκάνες είναι δομικοί πολυσακχαρίτες που απαντούν στα κυτταρικά τοιχώματα του ενδοσπερμίου και της στοιβάδας της αλευρώνης των δημητριακών σπόρων. Το κριθάρι περιέχει 2,5-11,0% β-γλυκάνες, η βρώμη 2,2-7,8%, η σίκαλη 1,2-2,9, το σιτάρι 0,4-1,4% και το σόργο 0.1-1.0%. Ανάλογα με το είδος του δημητριακού καρπού, υπάρχει μια διαφορετική κατανομή των β-γλυκανών στο σπόρο (μεταξύ ενδοσπερμίου και φλοιού), γεγονός που επιτρέπει το διαχωρισμό κλασμάτων αλεύρου πλούσιων σε β-γλυκάνες με σχετικά απλές διεργασίες μηχανικής άλεσης και αεροδιαχωρισμού. Επίσης, μέσα στο ίδιο βοτανικό είδος, η συγκέντρωση της β-γλυκάνης εξαρτάται από την ποικιλία (γενοτυπικός παράγοντας), όπως και από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της καλλιέργειας. Για παράδειγμα, ξηροθερμικές συνθήκες πριν από τη συγκομιδή οδηγούν στην αύξηση της συγκέντρωσης της β-γλυκάνης στους σπόρους (Lazaridou et al., 2007).

Η αποδοχή των β-γλυκανών την τελευταία δεκαετία ως βιοενεργών συστατικών έχει αυξήσει την κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν δημητριακούς καρπούς, είτε ως ολόκληρα συστατικά είτε ως κλάσματα αλεύρων, ιδιαίτερα με τη μορφή των προϊόντων ολικής άλεσης. Οι β-γλυκάνες πέρα από το ότι αποτελούν πλούσια πηγή διαιτητικών ινών,

φαίνεται ότι συμβάλλουν στη μείωση της χοληστερόλης και στην καλύτερη ρύθμιση των μεταγευματικών επιπέδων της γλυκόζης του αίματος (Wood, 2002).

Στη Βιομηχανία Τροφίμων, οι β-γλυκάνες θα μπορούσαν εξάλλου να χρησιμοποιηθούν ως φυσικά υδροκολλοειδή, λόγω της ικανότητάς τους να αυξάνουν το ιξώδες υδατικών διαλυμάτων και της δυνατότητάς τους να σχηματίζουν σταθερές υδροπηκτές κάτω από ορισμένες συνθήκες (Lazaridou et al., 2007). Έτσι, μπορούν αρκετά αποτελεσματικά να τροποποιήσουν την υφή και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σύνθετων προϊόντων, όπως οι σάλτσες και τα εμβάσματα σαλάτας, τα αρτοσκευάσματα, τα παγωτά και γενικότερα πάσης φύσης edώδιμα γαλακτώματα (Izydorczyk & Biliaderis, 2000) ή ακόμη να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα λίπους στην ανάπτυξη τροφίμων χαμηλής θερμιδικής αξίας (Inglett, 1990).

### **Μοριακή δομή**

Οι β-γλυκάνες θεωρούνται ως διαιτητικές ίνες, διότι το πεπτικό σύστημα του ανθρώπου δεν διαθέτει τα κατάλληλα ένζυμα για τη διάσπαση και αφομοίωσή τους, εκτός του παχέος εντέρου όπου σε κάποια έκταση αποικοδομούνται από την εντερική χλωρίδα.

Τα δομικά/μοριακά χαρακτηριστικά των β-γλυκανών, όταν αυτές υπάρχουν ως συστατικά των τροφίμων που περιέχουν δημητριακά ή όταν προστίθενται ως υδροκολλοειδή σκευάσματα σε άλλα τρόφιμα, είναι πολύ πιθανόν ότι καθορίζουν τις φυσικοχημικές και λειτουργικές τους ιδιότητες, όπως τη δημιουργία υδατικών διαλυμάτων με υψηλό ιξώδες και την ικανότητα σχηματισμού πηκτών, συμπεριλαμβανομένων και των θετικών επιδράσεων στην υγεία του ανθρώπου.

Είναι πιθανόν ότι η πηγή (είδος, ποικιλία) των β-γλυκανών, οι διεργασίες επεξεργασίας (άλεση, επιδράσεις θερμοκρασίας-χρόνου επεξεργασίας και συντήρησης του προϊόντος, pH, διατηρητικής τάσης κ.λπ.) και οι αλληλεπιδράσεις με άλλα συστατικά (βιοπολυμερή ή σάκχαρα μικρού μοριακού βάρους) στην αρχική πηγή προέλευσης ή σ' ένα σύνθετο τρόφιμο επηρεάζουν τη συγκέντρωση, τα δομικά χαρακτηριστικά, τη διαλυτότητα, την ικανότητα μοριακής διασποράς αυτών των πολυσακχαριτών και, επομένως, καθορίζουν τη φυσιολογική τους δράση στο γαστρεντερικό σωλήνα.

### **Φυσικές ιδιότητες**

Η διαλυτότητα των β-γλυκανών επηρεάζει σε μεγάλο ποσοστό την εκχυλισιμότητά τους από το αρχικό φυτικό υλικό, αλλά και τις λειτουργικές τους ιδιότητες στα τρόφιμα και τον ανθρώπινο οργανισμό. Ένα μεγάλο ποσοστό των β-γλυκανών δεν εκχυλίζονται στο νερό (αδιάλυτες) και το γεγονός αυτό έχει αποδοθεί στην πιθανή ύπαρξη εσωτερικών δεσμών που κρατούν τις αλυσίδες του πολυμερούς εγκλωβισμένες και δεν επιτρέπουν τη διαλυτοποίησή τους από το σύνθετο μοριακό πλέγμα των κυτταρικών τοιχωμάτων του ενδοσπερμίου. Γενικά, η διαλυτότητα των β-γλυκανών φαίνεται να εξαρτάται έντονα από το μοριακό βάρος και τη μοριακή δομή του πολυσακχαρίτη. Τμήματα της αλυσίδας στο μόριο των β-γλυκανών που φέρουν αλληλουχίες τύπου κυτταρίνης, με μονάδες γλυκόζης ενωμένες με περισσότερους από τρεις συνεχόμενους δεσμούς, μπορούν να λειτουργήσουν ως πυρήνες συσσωμάτωσης των αλυσίδων του πολυσακχαρίτη, και, επομένως, να οδηγήσουν σε χαμηλότερη διαλυτότητα του πολυμερούς (Buliga et al., 1986). Από την άλλη πλευρά,

έχει αναφερθεί ότι είναι δυνατόν να σχηματιστούν σταθερές ελικοειδούς φύσης διαμορφώσεις, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε μία στοιχειώδη κρυσταλλική οργάνωση των μακρομορίων της β-γλυκάνης (Tvaroska et al., 1983).

Επιπλέον, κάτω από ορισμένες συνθήκες, οι β-γλυκάνες έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν πηκτές σε υδατικό περιβάλλον (Lazaridou et al., 2003, 2004, Lazaridou & Biliaderis, 2004, Vaikousi et al., 2004, Vaikousi & Biliaderis, 2004, Skendi et al., 2003). Η ικανότητα σχηματισμού πηκτών, όπως και οι μηχανικές και θερμικές ιδιότητες των πηκτωμάτων βρέθηκαν να εξαρτώνται από το μοριακό μέγεθος, την πρωτοταγή δομή και τη συγκέντρωση της β-γλυκάνης, καθώς και από τη θερμοκρασία σχηματισμού τους.

### **Φυσιολογική δράση**

Οι β-γλυκάνες δημητριακών επιδεικνύουν μια σειρά από φυσιολογικές ιδιότητες που γενικά αποδίδονται τόσο σε διαλυτές όσο και σε αδιάλυτες φυτικές ίνες, σχετικά με τις μεταβολές που επιφέρουν στην απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών, στο μεταβολισμό των στερολών (εντεροηπατική κυκλοφορία), στη ρύθμιση της εντερικής μικροχλωρίδας και στη βιοαποικοδόμηση των πολυσακχαριτών στον εντερικό σωλήνα, όπως επίσης και στην περαιτέρω ρύθμιση της κινητικότητας του εντέρου, του χρόνου παραμονής της τροφής στο γαστρεντερικό σωλήνα και του όγκου/μάζας των κοπράνων. Γενικά, οι υδατοδιαλυτές διαιτητικές ίνες αυξάνουν το χρόνο παραμονής της τροφής στο έντερο, επιβραδύνουν την κένωση του περιεχομένου του στομάχου και την απορρόφηση της γλυκόζης και δεσμεύουν τοξικές ουσίες. Αυτές και άλλες δράσεις των β-γλυκανών οδηγούν στη μείωση

των μεταγευματικών επιπέδων της γλυκόζης στο αίμα, στη μείωση της χοληστερόλης και σε άλλες ευεργετικές μεταβολικές δράσεις. Επίσης, οι αδιάλυτες διαιτητικές ίνες μειώνουν το χρόνο μεταφοράς της τροφής στο έντερο, αυξάνουν την ποσότητα των κοπράνων, επιβραδύνουν την απορρόφηση της γλυκόζης και την υδρόλυση (πέψη) του αμύλου, βελτιώνοντας τη λειτουργία του παχέους εντέρου και γενικότερα του γαστρεντερικού σωλήνα (Anderson et al., 1990). Πρόσφατες επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι δίαιτες πλούσιες σε διαιτητικές ίνες από σπόρους δημητριακών ολικής άλεσης σχετίζονται με τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης διαβήτη τύπου-II και παχυσαρκίας, καθώς επίσης και με τη μείωση των περιστατικών καρδιοαγγειακών νοσημάτων και ισχαιμικών επεισοδίων (κίνδυνος αθηροσκλήρωσης) και, γενικότερα, της θνησιμότητας προερχόμενης απ' αυτές τις ασθένειες διαμέσου μεταβολικών οδών, όπως είναι η μείωση της χοληστερόλης του πλάσματος, η μείωση των λιπιδίων και της πίεσης του αίματος, η αύξηση της ευαισθησίας στην ινσουλίνη και η βελτίωση του ελέγχου της γλυκόζης στο αίμα (Steffen et al., 2003a, b).

Οι ποικίλες φυσιολογικές δράσεις των διαιτητικών ινών αποδίδονται στις φυσικοχημικές ιδιότητες των μη-πεπτών πολυσακχαριτών τους, όπως είναι η ικανότητα συγκράτησης νερού και διόγκωσης, η ιδιότητα τους να μειώνουν τη διάχυση των θρεπτικών συστατικών μέσω της αύξησης του ιξώδους και πιθανώς σχηματισμού πηκτώματος στο γαστρεντερικό σωλήνα, η ικανότητα δέσμευσης τοξικών ουσιών και η ευεργετική για την υγεία συμβολή των προϊόντων βακτηριακής αποικοδόμησής τους (μικρού μοριακού βάρους λιπαρά οξέα) στο παχύ έντερο (Schneeman, 2001). Έτσι, πέρα από τη συγκέντρωση των β-γλυκανών σ' ένα προϊόν, η διαλυτότητα, το μοριακό βάρος και το ιξώδες

έχουν βρεθεί ότι ρυθμίζουν σε σημαντικό βαθμό τη φυσιολογική δράση αυτών των μη-πεπτών πολυσακχαριτών (Aman et al., 2004).

### **Επιδράσεις των β-γλυκανών στο μεταβολισμό των λιπιδίων**

Μέσα από ένα σημαντικό μεγάλο αριθμό κλινικών δεδομένων των τελευταίων 40 χρόνων αποτυπώνεται ο ευεργετικός ρόλος των β-γλυκανών από δημητριακά στη μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης του αίματος και στην καλύτερη ρύθμιση του μεταβολισμού των λιποπρωτεϊνών (Braaten et al., 1994, Brown et al., 1999, Ripsin et al., 1992). Συγκεκριμένα, η κατανάλωση προϊόντων που περιέχουν δημητριακά (κυρίως προϊόντων ολικών δημητριακών σπόρων) φαίνεται ότι επιφέρει επιλεκτική μείωση της LDL-χοληστερόλης (low-density-lipoprotein-cholesterol) ή «κακής» χοληστερόλης, ενώ είτε αυξάνει την HDL-χοληστερόλη (low-density-lipoprotein-cholesterol) ή «καλή» χοληστερόλη ή αυξάνει την αναλογία της HDL προς LDL χοληστερόλης. Σε μια συνολική αξιολόγηση (meta-analysis) 12 διαφορετικών μελετών οι Ripsin et al. (1992), εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ κατανάλωσης προϊόντων βρώμης και επιπέδων χοληστερόλης, βρήκαν μια στατιστικά σημαντική μείωση στη χοληστερόλη του αίματος κατά 0,13 mmol/L. Σε μια ανάλογη μελέτη, οι Brown et al. (1999), συνοψίζοντας τα αποτελέσματα 25 διαφορετικών μελετών, βρήκαν στατιστικά σημαντική μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης ανά 3,0 γρ. ημερήσιας κατανάλωσης β-γλυκανών βρώμης κατά 0,12 mmol/L στην ολική και 0,11 mmol/L στην LDL χοληστερόλη, ενώ τα επίπεδα της HDL-χοληστερόλης και των τριγλυκεριδίων δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά (Σχήμα 3). Αυτά τα επίπεδα μείωσης αντιστοιχούν σε πολλαπλάσια επίπεδα ελάττωσης του ρίσκου εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων

στο πλαίσιο μιας υγιεινής διατροφής (πλούσιας σε προϊόντα δημητριακών καρπών, φρούτων και λαχανικών και μειωμένη κατανάλωση κορεσμένων λιπαρών) και ενός υγιούς τρόπου ζωής. Η σχέση μεταξύ χοληστερόλης και κινδύνου για καρδιαγγειακά νοσήματα σε διαφορετικούς πληθυσμούς και μορφωτικές-ηλικιακές ομάδες έχει μελετηθεί εκτενώς. Μάλιστα, η συγκέντρωση της χοληστερόλης στο αίμα θεωρείται ως ένας αρκετά αξιόπιστος δείκτης κινδύνου (biomarker). Αρκετές μελέτες δείχνουν ότι στατιστικά οι πληθυσμοί με υψηλά επίπεδα χοληστερόλης βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο για την εμφάνιση της στεφανιαίας νόσου. Αντίθετα, μια μείωση της συγκέντρωσης της χοληστερόλης στο αίμα φαίνεται να ελαττώνει τον κίνδυνο. Επίσης, μικρές μεταβολές (μείωση) στην ολική- και LDL- χοληστερόλη, σε επίπεδο πληθυσμού, μπορεί να έχουν πολλαπλάσια μεγαλύτερες επιπτώσεις για τη Δημόσια Υγεία σε ό,τι αφορά τη μείωση της συχνότητας εμφάνισης περιστατικών με καρδιαγγειακά νοσήματα (Griffiths, 2002). Οι Law et al. (1994), με βάση τα στοιχεία ελεγχόμενων κλινικών μελετών, υπολόγισαν ότι για μια μείωση της ολικής χοληστερόλης στο αίμα κατά 0,6 mmol/L (~ 10%), η αναμενόμενη μείωση του κινδύνου εκδήλωσης στεφανιαίας νόσου είναι της τάξης του ~ 50%. Αντίστοιχα, με μείωση της LDL-χοληστερόλης κατά 1%, η εκτιμώμενη ποσοστιαία μείωση του κινδύνου εμφάνισης καρδιαγγειακού νοσήματος είναι μεταξύ 2 και 3%.

Ο ακριβής μηχανισμός δράσης των β-γλυκανών βρώμης σε ό,τι αφορά τη μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης δεν είναι ακριβώς γνωστός. Οι διαλυτές β-γλυκάνες θεωρούνται ότι αυξάνουν σημαντικά το ιξώδες του εντερικού περιεχομένου και μειώνουν την απορρόφηση της χοληστερόλης και άλλων λιπαρών ουσιών. Παράλληλα, οι

πολυσακχαρίτες αυτοί φαίνεται ότι δεσμεύουν τα χολικά άλατα, εμποδίζοντας έτσι την επαναρρόφησή τους στο τελικό τμήμα του εντέρου. Με την αποβολή των χολικών αλάτων στα κόπρανα, η συγκέντρωσή τους στην εντεροηπατική κυκλοφορία μειώνεται, με αποτέλεσμα να ενεργοποιείται ο μηχανισμός σύνθεσής τους στο ήπαρ από τη χοληστερόλη, η οποία χρησιμοποιείται ως πρόδρομος ουσία. Έτσι, η χοληστερόλη μειώνεται στο αίμα και δεν χρησιμοποιείται στην παραγωγή των λιποπρωτεϊνών (π.χ. LDL-χοληστερόλη) (Marlett et al., 1994). Μια άλλη υπόθεση εστιάζεται στη μικροβιακή αποικοδόμηση των β-γλυκανών στο παχύ έντερο και στην παραγωγή προπιονικού οξέος, το οποίο επηρεάζει το μεταβολισμό της χοληστερόλης στο ήπαρ, με αποτέλεσμα τη μείωση των επιπέδων της στο αίμα (Fernandez, 2001).

### **Διατροφικοί ισχυρισμοί για προϊόντα αλεύρου πιτύρων βρώμης**

Το FDA (Food and Drug Administration) των ΗΠΑ, εξετάζοντας τα στοιχεία 37 συνολικά κλινικών μελετών, επέτρεψε τον πρώτο διατροφικό ισχυρισμό υγείας (health claim) για τα προϊόντα με πίτυρο βρώμης, ο οποίος αναφέρει ότι «οι διαλυτές φυτικές ίνες από προϊόντα όπως τα πίτυρα βρώμης, ως μέρος μιας διατροφής χαμηλής σε κορεσμένα λιπαρά και χοληστερόλη, μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων». Ο συγκεκριμένος ισχυρισμός βασίζεται στην ημερήσια (καθημερινή) κατανάλωση 3 γρ. β-γλυκανών βρώμης, με σύσταση κατανομής σε 4 μερίδες των 0.75 γρ. Πρόσφατα, το FDA έκανε αποδεκτό παρόμοιο ισχυρισμό για τις διαλυτές φυτικές ίνες του κριθαριού (επίσης πλούσιες σε β-γλυκάνες) (Lazaridou et al., 2007).

Το Συμβούλιο του Joint Health Claims Initiative στη Μ. Βρετανία, απεδέχτηκε ανάλογο ισχυρισμό με εκείνο του FDA: «Η συμμετοχή

βρώμης ως μέρος μιας διατροφής χαμηλής σε κορεσμένα λιπαρά και στο πλαίσιο ενός υγιούς τρόπου ζωής μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της χοληστερόλης του αίματος». Ο συγκεκριμένος ισχυρισμός περιλαμβάνει προϊόντα όπως τα πίτυρα βρώμης με περιεκτικότητα σε διαλυτή β-γλυκάνη τουλάχιστον 5,5%, φυλλίδια βρώμης με περιεκτικότητα β-γλυκάνης τουλάχιστον 4%, και αλεύρι βρώμης ολικής άλεσης με περιεκτικότητα β-γλυκάνης τουλάχιστον 4%. Η συνιστώμενη ημερήσια κατανάλωση είναι 3,0 γρ. Η ευεργετική δράση των β-γλυκανών βρώμης στη μείωση της χοληστερόλης του αίματος, μέσα από μια ισορροπημένη διατροφή, επιβεβαιώθηκε και από το Swedish Nutrition Foundation το 2004 ([www.snf.ideon.se/snf/en/rh/Generic\\_claims.htm](http://www.snf.ideon.se/snf/en/rh/Generic_claims.htm)) με ανάλογο ισχυρισμό των παραπάνω. Η ομάδα των ειδικών διατροφολόγων έχει επισημαίνει παράλληλα την αναγκαιότητα ελέγχου των επιθυμητών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των β-γλυκανών για επεξεργασμένα προϊόντα, ώστε να διασφαλίζεται η φυσιολογική τους δράση στο τελικό προϊόν (διαλυτότητα, μοριακό βάρος, σταθερότητα κατά την επεξεργασία και αποθήκευση του προϊόντος κ.ά.).

Από το 1998, στην Ολλανδία υπάρχει η συμφωνία εφαρμογής του Code of Practice σε ό,τι αφορά την επιστημονική υποστήριξη των διατροφικών ισχυρισμών υγείας για τα τρόφιμα και ποτά. Ο κώδικας αυτός (δημιουργήθηκε με στενή συνεργασία οργάνωσης καταναλωτών, της βιομηχανίας, ινστιτούτων έρευνας και κρατικών φορέων ελέγχου) οριοθετεί τους κανόνες που πρέπει να πληρούνται ώστε να υποστηριχθεί επιστημονικά ένας διατροφικός ισχυρισμός υγείας. Το 2005, ένα πολύσπορο ψωμί, το Pro-FIT<sup>®</sup>, το οποίο περιέχει αλεύρι από πίτυρο βρώμης OatWell<sup>®</sup>, πήρε την έγκριση (κάτω από το πλαίσιο του Code of Practice) για κυκλοφορία, με τον ισχυρισμό ότι «η ημερήσια

κατανάλωση 4 φετών από το συγκεκριμένο ψωμί βοηθάει στη μείωση του επιπέδου της χοληστερόλης». Η μείωση της LDL-χοληστερόλης επιτυγχάνεται μέσα σε τρεις εβδομάδες, ενώ η υπερκατανάλωση δεν επιφέρει κάποια παρενέργεια. Σε έρευνα που έγινε στην Ολλανδία, η κατανάλωση ψωμιού Pro-FIT<sup>®</sup> οδήγησε σε μείωση (στατιστικά σημαντική) της LDL – χοληστερόλης κατά μέσο όρο 0,14 mmol/L ή 3%. Θεωρητικά τουλάχιστον, μια τέτοια μείωση στην LDL – χοληστερόλη σημαίνει μια ποσοστιαία μείωση του ρίσκου εκδήλωσης της στεφανιαίας νόσου κατά 6 – 9 %. Τον Ιούνιο του 2005, το Υπουργείο Υγείας της Τσεχίας, με βάση την παραπάνω μελέτη στο ψωμί Pro-FIT<sup>®</sup> και τη σχετική έκθεση των ειδικών επιστημόνων του Ολλανδικού Ινστιτούτου Διατροφής, απεδέχτηκε ότι ένα ψωμί που περιέχει βρώμη και ιδιαίτερα 1,5% β-γλυκάνες με τη μορφή πιτύρων βρώμης και με την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται 3,0 γρ. β-γλυκανών σε ημερήσια βάση, μπορεί να αναγράφεται στη συσκευασία του «η περιεχομένη β-γλυκάνη βρώμης έχει θετική επίδραση στα επίπεδα χοληστερόλης». Εμπορικά, το ψωμί αυτό μπορεί να διατίθεται και ως «ειδικό αρτοσκεύασμα».

### **Επιδράσεις των β-γλυκανών στο μεταβολισμό των υδατανθράκων**

Πολλά από τα τρόφιμα που καταναλώνουμε σήμερα περιέχουν υδατάνθρακες που πέπτονται και απορροφώνται γρήγορα από το έντερο, περνώντας στο αίμα και προκαλώντας υψηλή γλυκαιμική απόκριση ή γλυκαιμικό δείκτη (GI) και γρήγορη έκκριση ινσουλίνης από το πάγκρεας. Η αύξηση των επιπέδων της ινσουλίνης πιστεύεται ότι αποτελεί παράγοντα κλειδί στην ανάπτυξη σοβαρών ασθενειών, όπως διαβήτης τύπου-II, παχυσαρκία και καρδιαγγειακά νοσήματα. Πολλές κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση τροφίμων

εμπλουτισμένων σε β-γλυκάνες από βρώμη και κριθάρι συμβάλλουν στη μείωση του γλυκαιμικού δείκτη και του δείκτη ινσουλίνης (GII) (Cavallero et al., 2002, Hallfrisch et al., 1995, Wood et al., 1994, Wursch & Pi-Sunyer, 1997, Yokoyama et al., 1997).

Οι Wursch και Pi-Sunyer (1997) δημοσίευσαν ένα άρθρο ανασκόπησης πάνω στην επίδραση που μπορεί να έχει η κατανάλωση διαφόρων προϊόντων με υψηλή περιεκτικότητα σε β-γλυκάνες στους δείκτες GI και GII υγείων και διαβητικών ατόμων, συμπεραίνοντας ότι μια περιεκτικότητα 8-10 % σε β-γλυκάνη στα δημητριακά μπορεί να μειώσει την κορυφή της γλυκόζης κατά 50%. Σε μεταγενέστερη μελέτη των Cavallero et al. (2002), μη-διαβητικά άτομα ακολούθησαν δίαιτες με τέσσερεις τύπους ψωμιού. Ο ένας τύπος ήταν παρασκευασμένος από 100% αλεύρι σίτου, ενώ οι υπόλοιποι ήταν εμπλουτισμένοι με β-γλυκάνες κριθαριού μετά από αντικατάσταση του αλεύρου σίτου από 50% αλεύρι κριθαριού ολικής άλεσης ή 50% κλάσματος από αλεύρι κριθαριού που προέκυψε μετά από ξηρή κοσκίνηση ή 20% κλάσματος από κριθάρι που παραλήφθηκε με υδατική εκχύλιση. Όλοι οι τύποι ψωμιού περιείχαν την ίδια ποσότητα διαθέσιμων υδατανθράκων (50 γρ.). Η κατανάλωση των εμπλουτισμένων ψωμιών με τα κλάσματα του κριθαριού είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του γλυκαιμικού δείκτη σε σύγκριση με το ψωμί από 100% αλεύρι σίτου. Αυτή η μελέτη επιβεβαίωσε την αποτελεσματικότητα των β-γλυκανών από δημητριακά στη μείωση των επιπέδων γλυκόζης στα αίμα, ακόμη και όταν περιέχονται σε τρόφιμα με υψηλό GI, όπως είναι το ψωμί.

Οι επιδράσεις αυτές των β-γλυκανών έχουν αποδοθεί είτε στην καθυστέρηση της κένωσης του στομάχου είτε στην απορρόφηση της γλυκόζης (προϊόν διάσπασης του πεπτού αμύλου) με αργότερους

ρυθμούς στο έντερο, γεγονότα που σχετίζονται με τα αυξημένα επίπεδα ιξώδους στο περιεχόμενο του γαστρεντερικού σωλήνα. Ερευνητές επίσης έχουν αναφέρει ότι τα μειωμένα επίπεδα ινσουλίνης και γλυκόζης που σημειώνονται μετά από γεύματα που περιέχουν β-γλυκάνες, εξαρτώνται τόσο από το μοριακό βάρος των β-γλυκανών όσο και από την ποσότητα του πολυσακχαρίτη που καταναλώνεται και είναι υδατοδιαλυτός. Οι Wood et al. (1994) βρήκαν να υπάρχει μία αντιστρόφως ανάλογη σχέση ανάμεσα στη μεταγευματική κορυφή της γλυκόζης του πλάσματος και στην ποσότητα της β-γλυκάνης που καταναλώνεται. Είναι επίσης πιθανόν ο μηχανισμός με τον οποίο οι β-γλυκάνες μειώνουν την απόκριση της μεταγευματικής γλυκόζης να μην είναι μόνο η δημιουργία υψηλού ιξώδους στο περιεχόμενο του γαστρεντερικού σωλήνα, αλλά και η μείωση της αποικοδόμησης του αμύλου (Izydorczyk et al., 2005).

### **Άλλες φυσιολογικές δράσεις**

Οι β-γλυκάνες, ως διαιτητικές ίνες, είναι άπεπτες στο λεπτό έντερο, αλλά ζημώνονται ολοκληρωτικά ή μερικά από τη μικροχλωρίδα του παχέους εντέρου, παράγοντας μικρού μοριακού βάρους λιπαρά οξέα, όπως το προπιονικό και το βουτυρικό οξύ, τα οποία αποτελούν πηγή ενέργειας των κυττάρων του εντερικού επιθηλίου και επομένως εξασφαλίζοντας την καλή υγεία του εντέρου (Hallfrisch & Behall, 2003, Malkki & Virtanen, 2001). Σε πρόσφατες μελέτες βρέθηκαν επίσης ενδείξεις πρεβιοτικής δράσης των β-γλυκανών και μάλιστα επιλεκτικής για μερικά είδη λακτοβακίλλων (Dongowski et al., 2002, Jaskari et al., 1998).

Είναι γνωστό ότι δίαιτες πλούσιες σε διαιτητικές ίνες, όπως είναι οι β-γλυκάνες, μπορεί να έχουν προστατευτική δράση ενάντια στον καρκίνο

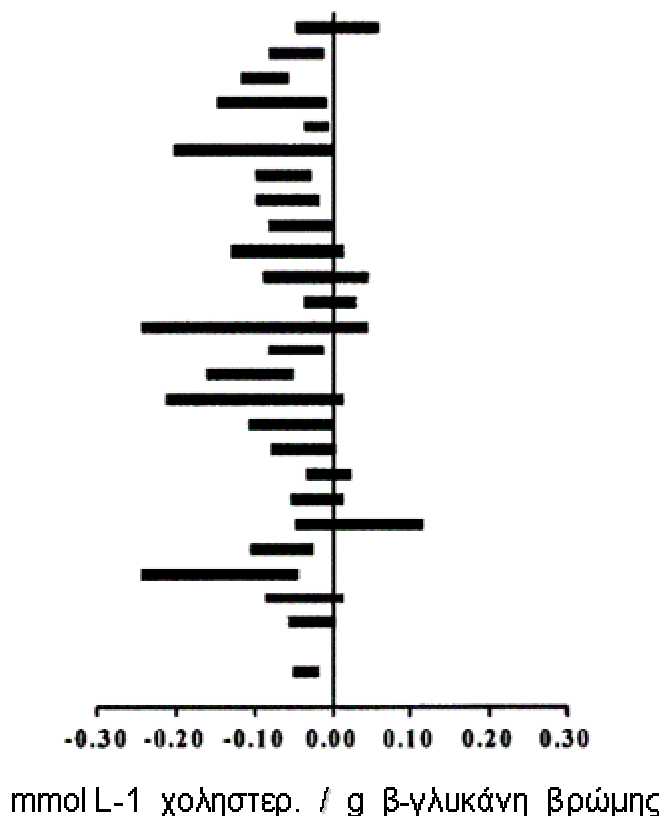
του παχέος εντέρου. Έχει βρεθεί ότι δίαιτες εμπλουτισμένες σε β-γλυκάνη επιφέρουν μείωση της αναλογίας των παραγώγων των χολικών αλάτων, τα οποία αποτελούν πρόδρομους παράγοντες για καρκινογένεση στο παχύ έντερο. Συγκεκριμένα, πιστεύεται ότι οι «ενυδατωμένες» διαιτητικές ίνες που δεν έχουν βιοαποικοδομηθεί «αραιώνουν» τα χολικά άλατα και δεν τους επιτρέπουν να αλληλεπιδράσουν με το επιθήλιο (Dongowski et al., 2002, Jones, 2002). Επίσης, φαίνεται ότι οι β-γλυκάνες παίζουν ένα ρόλο στη μείωση των χρωμοσωμικών ανωμαλιών που προκαλούνται από διάφορους παράγοντες, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στη μείωση του κινδύνου εμφάνισης νεοπλασιών (Tohamy et al., 2003).

Τέλος, οι β-γλυκάνες θα μπορούσαν να παίζουν κάποιο ρόλο στον έλεγχο του σωματικού βάρους, όχι μόνο μέσω της ρύθμισης της γλυκόζης και ινσουλίνης και της ευεργετικής της δράση στο μεταβολισμό των λιπιδίων, αλλά και μέσω της αύξησης της αίσθησης του κορεσμού, λόγω αύξησης του ιξώδους στο περιεχόμενο του στομάχου και της μείωσης της απορρόφησης της τροφής από το λεπτό έντερο, δράσεις που φαίνεται ότι οδηγούν στη μείωση της όρεξης. Η μείωση της επιθυμίας για πρόσληψη τροφής, σε συνδυασμό με μία υγιεινή και ισορροπημένη διαίτα και ικανοποιητική άσκηση, μπορεί να βοηθήσει στον καλύτερο έλεγχο του σωματικού βάρους (Saltzmann et al., 2001).

### **Εφαρμογές στα τρόφιμα**

Η αποδοχή των β-γλυκανών από δημητριακά ως λειτουργικά και βιοενεργά συστατικά τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχει αυξήσει το ενδιαφέρον για την ενσωμάτωσή τους σε σύνθετα τρόφιμα. Η προσθήκη αλεύρου, πιτύρων ή άλλων κλασμάτων βρώμης και κριθαριού

εμπλουτισμένων σε β-γλυκάνες έχει ήδη πραγματοποιηθεί με επιτυχία σε αρκετά προϊόντα, όπως δημητριακά πρωϊνού (Berglund et al., 1994), ζυμαρικά (Dexter et al., 2004, Knuckles et al., 1997, Marconi et al., 2000), και αρτοσκευάσματα (Cavallero et al., 2002, Dexter et al., 2005, Knuckles et al., 1997), αυξάνοντας την περιεκτικότητα των β-γλυκανών στα τρόφιμα αυτά. Επιπλέον, έχει μελετηθεί η χρήση κλασμάτων δημητριακών εμπλουτισμένων σε β-γλυκάνες ή συμπυκνωμάτων ή καθαρών β-γλυκανών από δημητριακά, ως παράγοντες αύξησης του ιξώδους (δηλαδή ως σταθεροποιητές συστημάτων διασποράς) και ως μιμητικά λίπους (Inglett, 1990), ώστε να τροποποιήσουν την υφή και την εμφάνιση σε χαμηλής λιποπεριεκτικότητας και θερμιδικής αξίας προϊόντα, όπως για παράδειγμα γιαούρτι (Salovaara & Kurka, 1991), λευκού-τύπου τυρί άλμης (Volikakis et al., 2004), λουκάνικα (Morin et al., 2002).



Σχήμα 1. Διάγραμμα Forest των Brown et al. (1999) από τη συνολική αξιολόγηση (meta-analysis) για την υποστήριξη του γενικευμένου διατροφικού ισχυρισμού υγείας όσον αφορά την επίδραση των υδατοδιαλυτών διαιτητικών ινών από βρώμη στην ολική χοληστερόλη του αίματος\* αριθμός μελετών 25, αριθμός ατόμων 1600 και η μέση ημερήσια κατανάλωση β-γλυκανών 5 g.

\*Κωνσταντίνος Μπιλιαδέρης, Καθηγητής, Αθηνά Λαζαρίδου, Δρ. και Χαρίκλεια Βαϊκούση, M.Sc., Εργαστήριο Χημείας & Βιοχημείας Τροφίμων  
Τομέας Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, Γεωπονική Σχολή, ΑΠΘ.