



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΗΜΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

## ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΒΙΟΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ



### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

## ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΑ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ ΜΕ Β-ΓΛΥΚΑΝΕΣ

---

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ. Βασιλική Πλέτσα,**

Κύρια Ερευνήτρια του Ινστιτούτου Χημικής Βιολογίας  
Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών (ΙΧΒ/ΕΙΕ)

Σε συνεργασία με το τμήμα Έρευνας & Ανάπτυξης της ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε.

**ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ: κ. Πένυ Ζουμπούλη, MSc, R&D Manager**

**Δρ. Ελευθέριος Μάκρας, Διευθυντής Έρευνας & Ανάπτυξης**

**ΣΚΑΡΕΝΤΖΟΥ ΜΑΡΙΑ-ΕΛΕΝΗ (ΑΜ 00122)**

**ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2023**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ζωή είναι ένα ταξίδι γνώσης. Έχοντας κατά νου αυτήν την καθημερινή έκφραση, αποφοιτώντας από το Βιολογικό Αθηνών, άρχισα την αναζήτηση ενός μεταπτυχιακού που θα με συναρπάσει. Η διαδικασία ήταν χρονοβόρα και πραγματικά απαιτητική, καθώς οι επιλογές εντός και εκτός Ελλάδος είναι πολλές.

Ζυγίζοντας τα υπέρ και τα κατά του κάθε προγράμματος οδηγήθηκα στην σωστότερη ίσως επιλογή, στέλνοντας τον Μάιο του 2021 αίτηση στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα «Βιοεπιχειρείν» του Τμήματος Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, σε συνεργασία με το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών. Η αίτηση μου έγινε δεκτή και έτσι ξεκίνησε και αυτό το ταξίδι γνώσης.

Κατά την φοίτηση, υπήρχαν τόσο στιγμές χαράς και ευχαρίστησης κατά τις διδασκαλίες αλλά και κατά την προσωπική μελέτη, όσο και στιγμές απογοήτευσης και έντονου άγχους. Το συνολικό πρόσημο όμως έμενε πάντα θετικό. Ο Οκτώβριος του 2022 στάθηκε ο μήνας έναρξης της συνεργασίας μου με την κυρία Πλέτσα Βασιλική, ερευνήτρια του ΕΙΕ και καθηγήτρια στο Πρόγραμμα, την κυρία Ζουμπούλη Πένυ, MSc, R&D Manager του Ε.Ι. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε. και τον κύριο Μάκρα Ελευθέριο, Διευθυντή Έρευνας & Ανάπτυξης του Ε.Ι. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε., στο πλαίσιο της διπλωματικής μου εργασίας. Η επικοινωνία μας ήταν σταθερή και άμεση. Καρπός της συνεργασίας μας είναι η παρούσα διπλωματική εργασία.

Ευχαριστώ θερμά

Σκαρέντζου Μαρία-Ελένη

# Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	3
<b>1 ΟΙ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ .....</b>	<b>5</b>
1.1 ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΕΣ ΊΝΕΣ .....	5
1.2 ΠΡΕΒΙΟΤΙΚΕΣ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ .....	6
1.3 Η ΣΧΕΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΩΝ ΠΡΕΒΙΟΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΕΝΤΕΡΙΚΟ ΜΙΚΡΟΒΙΟΚΟΣΜΟ (ΕΜ)- ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ .....	9
<b>2 Β-ΓΛΥΚΑΝΕΣ.....</b>	<b>15</b>
2.1 ΠΗΓΕΣ .....	15
2.2 ΕΥΕΡΓΕΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ Β-ΓΛΥΚΑΝΩΝ.....	19
2.2.1 Πρεβιοτική δράση (Wang et al. 2020).....	19
2.2.2 Προστασία του αναπνευστικού (Vlassoroulou et al. 2021).....	20
2.2.3 Προστασία έναντι του Διαβήτη (Jayachandran et al. 2018) .....	21
2.2.4 Πρόληψη της Παχυσαρκίας (Song et al., 2020).....	22
2.2.5 Ανοσορρυθμιστικός ρόλος (Jayachandran et al., 2018) .....	23
2.2.6 Αντι-αλλεργική δράση (Vlassoroulou et al., 2021).....	24
2.2.7 Αντικαρκινική δράση (Jayachandran et al., 2018) .....	24
2.2.8 Καρδιοπροστατευτική δράση (Jayachandran et al., 2018) .....	25
<b>3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>29</b>
3.1 Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ Β-ΓΛΥΚΑΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ .....	29
3.1.1 Η περίπτωση των <i>Cream Crackers</i> με β-γλυκάνες της ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΑΕ.....	32
3.1.2 Προκλήσεις για την κυκλοφορία ενός νέου διατροφικού προϊόντος στην αγορά .....	36
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	46

# ΟΙ ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΗΣ ΙΝΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

## 1 Οι διαιτητικές ίνες στη διατροφή

Η διατροφή είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την υγεία του ανθρώπου. Η εξέλιξη της τεχνολογίας και της επιστήμης ενισχύει τις γνώσεις μας για την αξία των τροφίμων και αυτό οδηγεί στην προσπάθεια παραγωγής λειτουργικών τροφίμων. Η έννοια των λειτουργικών τροφίμων εισήχθη για πρώτη φορά, στην Ιαπωνία, τη δεκαετία του 1980.

Τα λειτουργικά τρόφιμα επιφέρουν ευεργετικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και έχουν ζωτικό ρόλο στην υποστήριξη της κανονικής δίαιτας (Martirosyan et al. 2020). Αν και υπάρχουν διαφορετικοί ορισμοί, ένα κοινό χαρακτηριστικό είναι ότι τα λειτουργικά τρόφιμα έχουν, συγκριτικά με τα κανονικά τρόφιμα, ευεργετικές για την υγεία επιδράσεις και/ή μειώνουν τον κίνδυνο ανάπτυξης νόσων λόγω της προσθήκης ή αφαίρεσης ορισμένων θρεπτικών συστατικών (van den Driessche et al., 2018). Οι διαιτητικές ίνες επιλέγονται συχνά ως βασικά συστατικά για την παρασκευή λειτουργικών τροφίμων.

### 1.1 Διαιτητικές Ίνες

Οι διαιτητικές ίνες αποτελούν μια ετερογενή ομάδα πολυμερών υδατανθράκων, οι οποίες ούτε πέπτονται ούτε απορροφούνται στο λεπτό έντερο (Proserpio et al. 2019). Οι διαιτητικές ίνες και οι πολυφαινόλες είναι δύο συστατικά-κλειδιά για την βιωσιμότητα των βακτηρίων του παχέος εντέρου (Jalil et al. 2019). Οι διαιτητικές ίνες ομαδοποιούνται με βάση την χημική δομή τους, τις φυσικοχημικές ιδιότητές τους και τον βαθμό πολυμερισμού τους. Η πιο πρόσφατη ομαδοποίηση περιλαμβάνει τέσσερεις υποομάδες: ανθεκτικοί ολιγοσακχαρίτες, μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες, ανθεκτικό άμυλο και συναφείς ουσίες (μηυδατανθρακικές).

Υπάρχουν δύο κατηγορίες διαιτητικών ινών, οι διαλυτές (water soluble fiber, WSF) και οι μη διαλυτές. Οι μη διαλυτές, όπως η λιγνίνη, η κυτταρίνη και κάποιες ημικυτταρίνες δεν διαλύονται στο νερό. Προάγουν την κανονικότητα του εντέρου και μπορεί να αυξήσουν την ευαισθησία στην ινσουλίνη και να μειώσουν τον κίνδυνο εμφάνισης νόσου του παχέος εντέρου

(<https://www.verywellhealth.com/short-chain-fatty-acids-5219806>) . Από την άλλη, οι διαλυτές, όπως η πηκτίνη και κάποιες ημικυτταρίνες διαλύονται στο νερό και σχηματίζουν ένα παχύρρευστο διάλυμα (σαν γέλη). Λόγο αυτής της ιδιότητας, οι διαλυτές ίνες χρησιμοποιούνται για να εμποδίσουν την μετα-γευματική αύξηση της γλυκόζης και έτσι κατατάσσονται στα χρήσιμα εργαλεία για την θεραπεία του διαβήτη (Rahar, et al. 2011). Οι υδατοδιαλυτές διαιτητικές ίνες παίζουν σημαντικό ρόλο στην υγεία μιας και καθυστερούν τη διαδικασία απορρόφησης θρεπτικών συστατικών από το έντερο. Η βακτηριακή ζύμωση των διαιτητικών ινών οδηγεί στην παραγωγή λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας (short chain fatty acids, SCFAs), αυξάνοντας την διάρκεια της αίσθησης του κορεσμού (Proserpio et al. 2019). Τα βραχείας αλυσίδας λιπαρά οξέα που παράγονται είναι το προπιονικό οξύ, το οξικό άλας και το βουτυρικό οξύ. Αυτά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην έκφραση γονιδίων, στον κυτταρικό πολλαπλασιασμό, στην κυτταρική διαφοροποίηση και στην χημειοταξία. Τα SCFA μπορούν να υποστηρίξουν την υγεία μειώνοντας τον κίνδυνο εμφάνισης φλεγμονώδους νόσου του εντέρου και καρκίνου του παχέος εντέρου. Επιπλέον, δρουν προάγοντας το υγιές βάρος και βελτιώνοντας τον έλεγχο του σακχάρου στο αίμα. Σε κάθε άτομο η παραγωγή τους διαφέρει, δηλαδή υπάρχει ενδο-ατομική διαφοροποίηση στα επίπεδα SCFAs (Jalil et al. 2019).

## 1.2 Πρεβιοτικές διαιτητικές ίνες

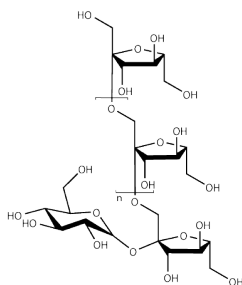
Οι διαιτητικές ίνες με πρεβιοτικές ιδιότητες είναι πολύτιμα συστατικά στη διαδικασία παρασκευής λειτουργικών τροφίμων. Σύμφωνα με τους Gibson και Roberfroid (1995), πρεβιοτικά είναι μη εύπεπτα συστατικά τροφίμων (υδατάνθρακες) που επηρεάζουν ευεργετικά την υγεία του ξενιστή μέσω επιλεκτικής διέγερσης της ανάπτυξης και/ή της δραστηριότητας ενός ή περισσότερων βακτηρίων στο γαστρεντερικό σύστημα. Σύμφωνα με τον πλέον πρόσφατο ορισμό, του International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) το 2016, πρεβιοτικό είναι ένα υπόστρωμα του οποίου η επιλεκτική χρήση από μικροοργανισμούς του εντέρου καταλήγει σε οφέλη για την υγεία.

Οι πρεβιοτικές διαιτητικές ίνες λειτουργούν ως επιλεκτικό υπόστρωμα για τα ευεργετικά βακτήρια του εντέρου, όπως τα *Bifidobacteria*/Μπιφιντοβακτήρια και οι

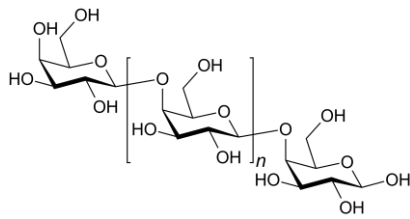
*Lactobacilli/Λακτοβάκιλλοι*. Τα κύρια προϊόντα της μικροβιακής ζύμωσης είναι τα SCFAs (short chain fatty acids, λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας), συγκεκριμένα το οξικό, το προπιονικό και το βουτυρικό, τα οποία επιδρούν θετικά στην υγεία του ξενιστή (Rezende et al. 2021).

Επομένως, για να οριστεί σήμερα μια ουσία ως πρεβιοτικό πρέπει να πληροί τρία κριτήρια, να είναι ανθεκτική στο γαστρικό υγρό και στην υδρόλυση από το ένζυμα των θηλαστικών, να μεταβολίζεται από τον εντερικό μικροβιόκοσμο και επιλεκτικά να διεγείρει την ανάπτυξη ή την δραστηριότητα των ευεργετικών για την υγεία βακτηρίων του εντέρου (Roberfroid et al. 2010, Gibson et al. 2016, Global Prebiotic Association 2021: <https://prebioticassociation.org/prebiotic-resources/>).

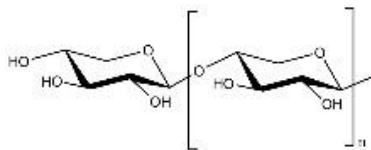
Μερικά από τα πιο γνωστά πρεβιοτικά αυτή τη στιγμή είναι η ινουλίνη (Εικόνα 1), η λακτόζη, οι φρουκτάνες, όπως η FOS (φρουκτο-ολιγοσακχαρίτης), η α-GOS (γαλακτο-ολιγοσακχαρίτης) (Εικόνα 2), η β-GOS η XOS (ξύλο-ολιγοσακχαρίτης) (Εικόνα 3). Η ινουλίνη, η GOS και η XOS επιδρούν θετικά στην ανάπτυξη των *Bifidobacteria*. Οι διαφοροποιήσεις των πρεβιοτικών στην χημική δομή, όπως στον τύπο δεσμού και στον βαθμό πολυμερισμού σχετίζονται με τη χρήση τους από τον εντερικό μικροβιόκοσμο (EM). Παραδείγματος χάρη, στον άνθρωπο η κατανάλωση των XOS επάγει την ανάπτυξη των *Bifidobacteria*, αυξάνει την συγκέντρωση των SCFAs στα κόπρανα και μειώνει την δυσκοιλιότητα στις εγκύους. Επιπλέον, επιδρά θετικά στο ανοσοποιητικό σύστημα των ενηλίκων και φαίνεται να σχετίζεται με την μείωση του σακχάρου στο αίμα και της χοληστερόλης (Fehlbaum et al. 2018).



Εικόνα 1. Η χημική δομή της ινουλίνης. Όπου n είναι ποικίλος αριθμός μονάδων φρουκτόζης. Πηγή : <https://www.selleckchem.com/products/inulin.html>



Εικόνα 2. Η χημική δομή της GOS. Όπου  $n$  είναι ποικίλος αριθμός μονάδων λακτόζης. Πηγή : <https://en.wikipedia.org/wiki/Galactooligosaccharide>



Εικόνα 3. Η χημική δομή της XOS. Όπου  $n$  είναι ποικίλος αριθμός μονάδων ξυλόξης. Πηγή : <https://en.wikipedia.org/wiki/Xylooligosaccharide>

Η κυριότερη διατροφική πηγή προβιοτικών είναι τα φρούτα, τα λαχανικά, τα δημητριακά ολικής άλεσης (βρώμη, κριθάρι) αλλά και τροφές πλούσιες σε ίνες όπως τα φύκια και τα μανιτάρια (Jayachandran et al. 2018). Προβιοτικά που εντοπίζονται σε φυτά είναι κυρίως η πεπτίνη, η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και η ξυλάνη (Manning et al. 2004). Πολλά φρούτα και λαχανικά περιέχουν προβιοτικούς ολιγοσακχαρίτες, όπως τα FOS. Παραδείγματα αποτελούν τα κρεμμύδια, το σκόρδο, η μπανάνα, τα σπαράγγια, το πράσο και η αγκινάρα. Η διατροφή μπορεί να μας προσφέρει πληθώρα προβιοτικών διαιτητικών ινών. Παρόλα αυτά η ποσότητα των προβιοτικών που προσφέρεται είναι αρκετά χαμηλή για να μπορέσει να δώσει κάποιο σημαντικό αποτέλεσμα. Φαίνεται πως χρειάζονται πάνω από 4 g/ημέρα και μάλιστα περίπου 8 g/ημέρα, ώστε να επιτευχθεί αύξηση στα *Bifidobacteria* του ανθρώπινου εντέρου. Ως εκ τούτου, έχει μεγάλη αξία η προσέγγιση του εμπλουτισμού των τροφίμων με προβιοτικά (Manning et al. 2004).

Ο κατάλογος των διαιτητικών ινών που διερευνούνται για ενδεχόμενη προβιοτική δράση τα τελευταία χρόνια συνεχώς διευρύνεται, ιδιαίτερο δε ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση των β-γλυκανών. Οι β-γλυκάνες είναι πολυσακχαρίτες που συχνά χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων λόγω των ευεργετικών για την

υγεία ιδιοτήτων τους. Πρόσφατες έρευνες καταδεικνύουν πρεβιοτικές δράσεις των β-γλυκανών (Manning et al. 2004, Mitsou et al.2010, Fehlbaum et al. 2018, Ciecierska et al. 2019) που θεωρούνται ήδη εν δυνάμει πρεβιοτικά.

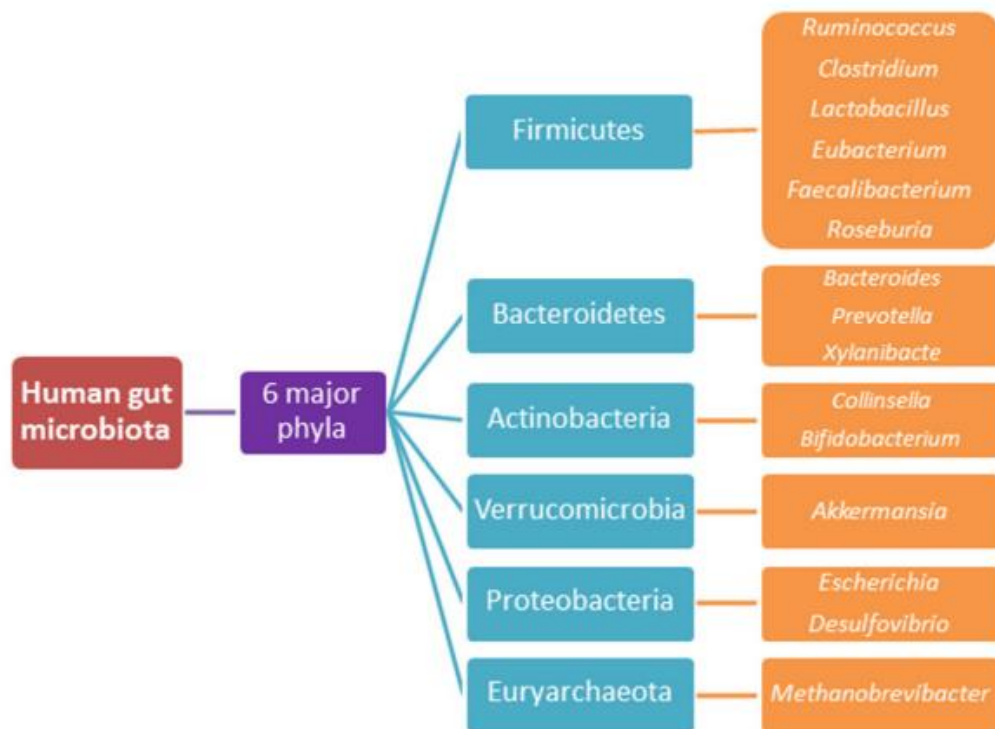
### 1.3 Η σχέση των διαιτητικών πρεβιοτικών ινών με τον Εντερικό Μικροβιόκοσμο (EM)- Ευεργετικές επιδράσεις στην Υγεία

Η υγεία ενός ατόμου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, ένας εκ των οποίων είναι η διατροφή. Το έντερο, ως ένα ανοιχτό σύστημα, αλληλοεπιδρά άμεσα με την τροφή για αυτό το λόγο έχει προταθεί η θεωρία ότι τα τρόφιμα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ομοιοστάση του εντέρου. Ο εντερικός βλεννογόνος, ο οποίος αποτελείται κυρίως από επιθηλιακά κύτταρα, πέραν από την απορρόφηση των τροφών, εκτελεί και άλλες σύνθετες λειτουργίες. Χρησιμεύει ως γραμμή άμυνας εναντίων βακτηρίων και ενδοτοξινών εμποδίζοντας την μεταφορά τους σε άλλα όργανα και την πρόκληση δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου. Είναι ευρέως γνωστή η συσχέτιση του μικροβιόκοσμου του εντέρου με την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η βιταμίνη Κ η οποία συντίθεται αποκλειστικά από τη χλωρίδα του εντέρου. Η διαταραχή της ισορροπίας του μπορεί να οδηγήσει σε παχυσαρκία, καρδιαγγειακές ασθένειες, διαβήτη τύπου II και να επηρεάσει τη λειτουργία του εγκεφάλου (Singh et al. 2017).

Το ανθρώπινο έντερο είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που αποικείται από περισσότερα από 1000 μικροβιακά είδη με συνολικό πληθυσμό πάνω από  $10^{14}$  μικροβιακά κύτταρα που συνεισφέρουν στον μεταβολισμό, στο ανοσοποιητικό και στην απορρόφηση θρεπτικών συστατικών. Η διατροφική παρέμβαση για την ρύθμιση της υγείας του εντέρου μέσω της ρύθμισης της σύστασης του EM και την ενίσχυση των πρεβιοτικών βακτηρίων είναι μια αναδυόμενη στρατηγική για την βελτίωση της υγείας του ξενιστή (O'Keefe et al. 2015).

Η μικροβιακή κοινότητα (μικροβιόκοσμος) των ανώτερων ζώων περιλαμβάνει βακτήρια, αρχαία, ιούς, πρωτόζωα και μύκητες. Στον Εντερικό Μικροβιόκοσμο (EM) των ενηλίκων ανθρώπων εντοπίζονται κυρίως έξι φύλα, τα 5 πρώτα ανήκουν στο βασίλειο των Βακτηρίων και το τελευταίο σε αυτό των Αρχαίων, αναλυτικότερα

τα φύλα είναι : *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Proteobacteria* και *Euryarchaeota* (Εικόνα 4) (Bliss & Whiteside 2018).



Εικόνα 4. Φύλλα ανθρώπινου εντερικού μικροβιόκοσμου (EM). Πηγή : Bliss, E. S., & Whiteside, E. (2018).

Ο όρος προβιοτικά εισήχθη από τον Ρώσο Νομπελίστα Elie Metchnikoff, ο οποίος ανέπτυξε την θεωρία του ότι ο χειρισμός της σύστασης του EM μέσω της ενίσχυσης/προσθήκης των ευεργετικών βακτηρίων μπορεί να βελτιώσει την υγεία και αυξάνει το προσδόκιμο ζωής. Ο Elie πίστευε ότι η δυτική διαίτα διεγείρει την παραγωγή αυτο-τοξινών, μέσω βλαβερών μικροοργανισμών, που μειώνουν το προσδόκιμο ζωής και ότι η κατανάλωση τροφίμων πλούσιων σε προβιοτικά, όπως παραδείγματος χάρη γάλατος, περιορίζει αυτήν την κατάσταση. Σύμφωνα με τον FAO/WHO ο ορισμός των προβιοτικών είναι ο εξής : Ζωντανοί μικροοργανισμοί οι οποίοι όταν βρίσκονται σε επαρκή ποσότητα προσφέρουν πλεονέκτημα υγείας στον ξενιστή. Προβιοτικοί οργανισμοί θεωρούνται μέχρι στιγμής κυρίως πολλά μέλη των οικογενειών *Lactobacillus* και *Bifidobacterium* αλλά και *Lactococcus* (Λακτόκοκκοι), *Streptococcus* (Στρεπτόκοκκοι), *Enterococcus* (Εντερόκοκκοι), *Propionibacterium* (Προπιονοβακτήρια), *Saccharomyces* (Σακχαρομύκητες) (Chugh & Kamal-Eldin 2020).

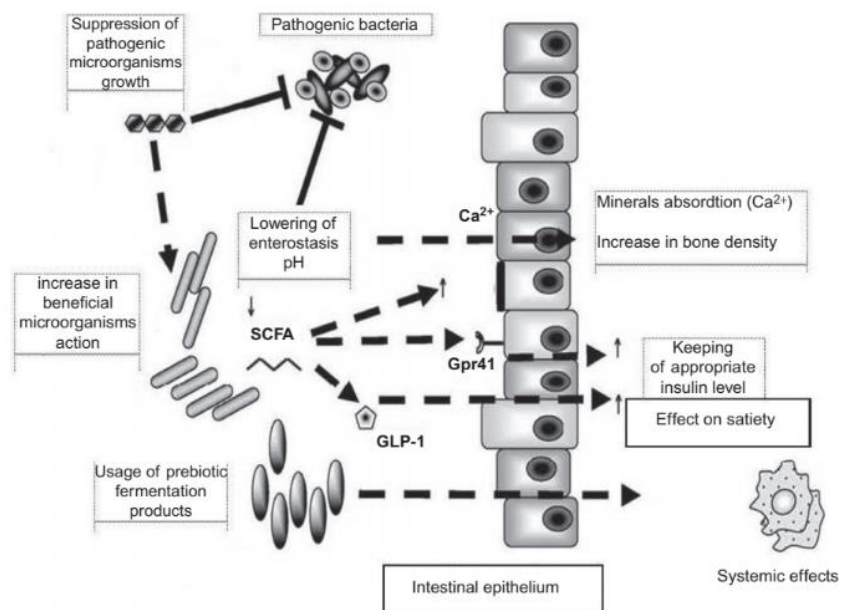
Με την επίδραση των ενζύμων των εντερικών βακτηρίων διασπώνται υπολείμματα τροφής που δεν έχουν υποστεί πέψη, καθώς και προϊόντα της πέψης που δεν έχουν απορροφηθεί πλήρως. Οι δύο κύριοι τύποι ζύμωσης που διεξάγονται από τον ΕΜ είναι η σακχαρολυτική και η πρωτεολυτική. Τα κύρια τελικά προϊόντα της πρώτης ζύμωσης είναι τα λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας (SCFAs), όπως οξικό, προπιονικό και βουτυρικό. Αυτά μεταβολίζονται περαιτέρω και παράγεται ενέργεια για τον ξενιστή. Τα τελικά προϊόντα της πρωτεολυτικής ζύμωσης περιλαμβάνουν φαινολικές ενώσεις, αμίνες και αμμωνία, τα οποία είναι όλα τοξικά. Το εγγύς κόλον (proximal colon) είναι σημαντικό για την σακχαρολυτική ζύμωση και στο περιφερικό (more distal) παρατηρείται εξάντληση των διαθέσιμων υδατανθράκων και μεταβολισμός περισσότερων πρωτεϊνών (Manning et al. 2004).

Τα SCFAs που όπως προαναφέρθηκε είναι προϊόντα της βακτηριακής ζύμωσης των πρεβιοτικών, εκτός από σημαντική πηγή ενέργειας για τον ξενιστή, παίζουν σημαντικό ρόλο στην μείωση του pH του εντέρου, στην παρεμπόδιση παθογόνων μικροοργανισμών, στην διατήρηση της ακεραιότητας του εντερικού φραγμού και στην μείωση της συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του παχέος εντέρου (Tan et al. 2014; Jayachandran et al. 2018). Επιδρούν θετικά στην συνοχή των επιθηλιακών κυττάρων του γαστρεντερικού, στο ανοσοποιητικό, στην ομοίωση της γλυκόζης, στον μεταβολισμό των λιπιδίων, στον έλεγχο του σωματικού βάρους και μειώνουν τον κίνδυνο για καρκίνους του γαστρεντερικού, κυρίως του παχέος εντέρου (Rezende et al. 2021; Jayachandran et al. 2018).

Το οξικό οξύ, σημαντική πηγή ενέργειας για το συκώτι, σχετίζεται με τον μεταβολισμό της χοληστερόλης και με την λιπογένεση. Επιπλέον, είναι ζωτικής σημασίας σηματοδοτικό μόριο για τον μεταβολισμό των σακχάρων (Felizardo et al. 2019; Tan et al. 2014). Το προπιονικό οξύ είναι σημαντικό ενεργειακό υπόστρωμα για τα κύτταρα του παχέος εντέρου. Εμπλέκεται στην γλυκονεογένεση και αναστέλλει την παραγωγή λίπους και χοληστερόλης (Di et al. 2018). Το βουτυρικό οξύ, μια άλλη σημαντική πηγή ενέργειας για τα κύτταρα του παχέος εντέρου, παίζει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της κυτταρικής ανάπτυξης και διαφοροποίησης. Μειώνει τη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του παχέος εντέρου και βελτιώνει την φλεγμονή αναστέλλοντας την απόπτωση (Felizardo et al. 2019; Chugh & Kamal-Eldin 2020).

Ο ΕΜ είναι στενά συνδεδεμένος με την παθολογία διαφόρων νοσημάτων. Είναι γεγονός πως τα πρεβιοτικά συμβάλουν στην υγεία των μικροοργανισμών που εποικούν τον εντερικό βλεννογόνο. Μια ένδειξη για την επιτυχία των πρεβιοτικών είναι η ικανότητα τους να μειώνουν τους πληθυσμούς των παθογόνων και να ενισχύουν αυτούς των *Bifidobacteria* και *Lactobacilli*. Στους ανθρώπους, οι ιοί, τα πρωτόζωα, οι μύκητες και τα βακτήρια μπορούν να προκαλέσουν γαστρεντερίτιδες. Κατά την ζύμωση η τιμή του pH μειώνεται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση μονοπατιών ανάπτυξης παθογόνων βακτηρίων, όπως *E.coli*, *S. Aereus*, *K. Pneumoniae* και *S. Enteritidis*, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσονται τα ωφέλιμα βακτήρια (Rezende et al. 2021). Τα τελικά μεταβολικά προϊόντα της ζύμωσης των πρεβιοτικών, όπως τα οξικά, μειώνουν το pH του εντέρου σε τιμές χαμηλότερες από αυτές στις οποίες τα παθογόνα μπορούν να είναι ανταγωνιστικά. Επιπλέον, πολλά είδη *Bifidobacteria* και *Lactobacilli* επάγουν τη παραγωγή φυσικών αντισωμάτων, τα οποία έχουν μεγάλο εύρος δράσης. Κάποια είδη *Bifidobacteria* έχουν αντιμικροβιακή δράση τόσο σε gram + όσο σε gram – βακτήρια του εντέρου. Πρόσφατα αποτελέσματα μελέτης σε ποντίκια έδειξε ότι το FOS και η ινουλίνη προστατεύουν από εντερικά παθογόνα αλλά και από επαγωγείς όγκου. Η ενδυνάμωση της μικροχλωρίδας του εντέρου βοηθά και στις περιπτώσεις δηλητηρίασης. Η ενίσχυση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με την χρήση πρεβιοτικών (Manning et al. 2004).

Οι διάφορες δράσεις των πρεβιοτικών στο γαστρεντερικό σύστημα των θηλαστικών απεικονίζονται στην Εικόνα 5.



Εικόνα 5 Απεικόνιση των ωφέλιμων δράσεων των πρεβιοτικών στο γαστρεντερικό σύστημα των θηλαστικών.  $Ca^{2+}$ , calcium; *GLP-1*, glucagon-like peptide-1; *Gpr41*, G protein-coupled receptor 41; *SCFA*, short-chain fatty acid. Πηγή: Śliżewska et al. (2012).

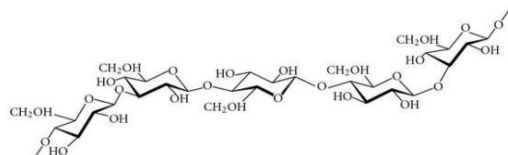
## **Β ΓΛΥΚΑΝΕΣ**

## 2 Β-γλυκάνες

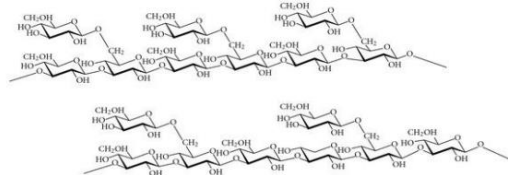
### 2.1 Πηγές

Οι β-γλυκάνες είναι διαλυτοί πολυσακχαρίτες που εντοπίζονται στα κυτταρικά τοιχώματα των βακτηρίων, των μυκήτων, των φυκών, των λειχήνων και των δημητριακών, όπως η βρώμη και το κριθάρι. Οι πολυσακχαρίτες είναι μεγάλα πολυμερή μόρια (μακρομόρια) αποτελούμενα από λίγες εκατοντάδες μέχρι λίγες χιλιάδες μονοσακχαρίτες, οι οποίοι ενώνονται μεταξύ τους με γλυκοζιτικούς δεσμούς. Οι πολυσακχαρίτες μπορεί να είναι διαλυτοί ή αδιάλυτοι και θεωρούνται σημαντικοί είτε ως μόρια αποθήκευσης, είτε ως υλικά ενίσχυσης. Οι σημαντικότεροι πολυσακχαρίτες είναι το άμυλο, η ινουλίνη και το γλυκογόνο, χαρακτηριζόμενοι ως αποθηκευτικοί. Επίσης η κυτταρίνη στα φυτά και η χιτίνη στα κελύφη των καρκινωδών που χαρακτηρίζονται ως υλικά ενίσχυσης.

Οι β-γλυκάνες είναι πολυσακχαρίτες από μονομερή D-γλυκόζης που συνδέονται με β-γλυκοσιδικούς δεσμούς. Υπολογίζεται ότι αποτελούνται από παραπάνω από 250.000 D-γλυκόζες. Κατά κύριο λόγο είναι ένα γραμμικό πολυμερές που αποτελείται από μονάδες D-γλυκοπυρανοσυλίου που συνδέονται με β-(1,3), β-(1,4) ή β-(1,6) δεσμούς. Οι δεσμοί β-(1,3) προσδίδουν μια διαμόρφωση πηνίου στις β-γλυκάνες. Συνήθως, οι β-γλυκάνες που προέρχονται από ζύμες και μύκητες περιέχουν β-(1,3) δεσμό και σπάνια β-(1,6) ως διακλάδωση, ενώ αυτές που προέρχονται από δημητριακά έχουν β-(1,3) και β-(1,4) δεσμούς και είναι χωρίς διακλαδώσεις (Εικόνα 6). Ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι οι β-(1,3)/(1,6) β-γλυκάνες είναι βιολογικά πιο δραστικές από τις β-(1,3)/(1,4) β-γλυκάνες (Du et al., 2019).



( a )



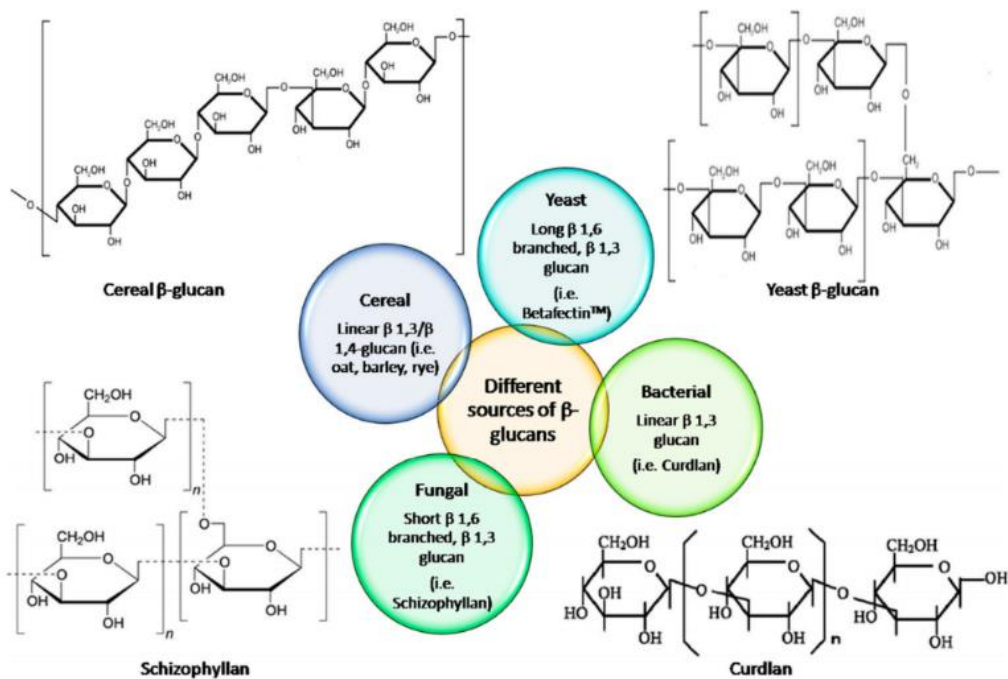
( b )

(a)  $\beta$ -(1,3-1,4)-D-γλυκάνη

(b)  $\beta$ -(1,3-1,6)-D-γλυκάνη

Εικόνα 6 Η χημική δομή των  $\beta$ -(1,3-1,4)  $\beta$ -γλυκανών δημητριακών και των  $\beta$ -(1,3-1,6)  $\beta$ -γλυκανών μυκητιών. Πηγή : [https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/DIET162/Dietary%20Fibers\\_2021-AMALIA%20YANNI.pdf](https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/DIET162/Dietary%20Fibers_2021-AMALIA%20YANNI.pdf)

Οι  $\beta$ -γλυκάνες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στη μακρομοριακή τους δομή με βάση τις πηγές τους (Fehlbaum et al. 2018) (Εικόνα 7).



Εικόνα 7 Οι δομές της  $\beta$ -γλυκάνης ανάλογα την πηγή της. Πηγή : Du et al., 2019.

Οι κυριότερες πηγές β-γλυκανών στην διατροφή είναι το κριθάρι και η βρώμη. Η βρώμη μάλιστα και τα παράγωγά της, όπως αλεύρι βρώμης προσελκύει μεγάλο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Η βρώμη επιδρά θετικά στην μείωση των επιπέδων της χοληστερίνης ορού και μειώνει την συχνότητα εμφάνισης καρδιακής νόσου. Οι β-γλυκάνες θεωρούνται χρήσιμες στην βιομηχανία τροφίμων όχι μόνο λόγω των πλεονεκτημάτων που δίνουν στον καταναλωτή αναφορικά με την θρεπτική της αξία, αλλά και λόγω των ιδιοτήτων που προσφέρουν στο τρόφιμο στο οποίο προστίθενται. Αναλυτικότερα, κατά την προετοιμασία διαφόρων σαλτσών, σούπας, αναψυκτικών και άλλων τροφίμων, οι β-γλυκάνες χρησιμοποιούνται λόγω κυρίως της γαλακτωματοποίησης που προκαλούν και των σταθεροποιητικών και ζελατινοποιητικών ιδιοτήτων τους. Η προσθήκη β-γλυκανών στην παραγωγή ψωμιού και κέικ βελτιώνει της φυσικές ιδιότητές τους (Jalil et al. 2019 , Mohebbi et al. 2017).

Οι β- γλυκάνες μυκήτων και πιο συγκεκριμένα οι β-(1-3, 1-6) D γλυκάνες εντοπίζονται στα κυτταρικά τοιχώματα Ασκομυκήτων και Βασιδιομυκητών. Η περιεκτικότητα σε β-γλυκάνες ποικίλει ανάλογα το είδος. Συχνά στη βιομηχανία χρησιμοποιούνται οι βρώσιμοι μύκητες *Saccharomyces cerevisiae* και *Aureobasidium pullulans* (ανήκουν στο φύλο των Ascomycota/Ασκομυκήτων), *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* και *Ganoderma lucidum* (ανήκουν στο φύλο των Basidiomycota/Βασιδιομυκήτων και στην ομοταξία των Agaricomycetes/Αγαρικομυκήτων) (Vlassopoulou et al., 2021).

Στον Πίνακα 1 παρατίθενται οι πιο γνωστές β-γλυκάνες μυκήτων οι μικροοργανισμοί από τους οποίους παράγονται καθώς και η βασική δομή τους ( γλυκοσιδικοί δεσμοί που δημιουργούν τα μονομερή γλυκόζης).

Πίνακας 1. Οι πλέον γνωστές β-γλυκάνες μυκήτων μέχρι στιγμής.

<b>Β-ΓΛΥΚΑΝΗ</b>	<b>ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ</b>	<b>ΔΟΜΗ</b>
<b>Curdlan</b>	<i>Alcaligenes faecalis</i>	β-1,3
<b>Candida Spp. B-Glucan (CSBG)</b>	<i>Candida albicans</i>	β-1,3 και β-1,6

<b>Epiglucan</b>	<i>Epicoccum nigrum</i>	$\beta$ -1,3 και $\beta$ -1,6
<b>Glomerellan</b>	<i>Glomerella cingulate</i>	$\beta$ -1,3 & 1,6 διακλαδώσεις
<b>Grifolan (GRN)</b>	<i>Grifola rondsosa</i>	$\beta$ -1,3
<b>Lentinan (LNT)</b>	<i>Lentinula edode</i>	$\beta$ -1,3 & 1,6 διακλαδώσεις
<b>Pestolotan</b>	<i>Pestalotia sp. 815</i>	$\beta$ -1,3 & 1,6 διακλαδώσεις
<b>Pneumocytis Carinii</b>	<i>Pneumocytis Carinii</i>	
<b>Betafectin</b>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	$\beta$ -1,3 & 1,6 διακλαδώσεις
<b>Zymozaan</b>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	$\beta$ -1,3
<b>Glucan Phosphate (Glup)</b>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	$\beta$ -1,3
<b>Zymocel</b>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	
<b>Sonifilan/ Schizophyllan (Spg)</b>	<i>Schizophyllum commune</i>	$\beta$ -1,3 & 1,6 διακλαδώσεις
<b>Ssg</b>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	$\beta$ 1,3
<b>Scleroglucan</b>	<i>Sclerotium rolfsii</i>	$\beta$ -1,3 και 1,6 διακλαδώσεις
<b>krestin PSK</b>	<i>Trametes versicolor</i>	$\beta$ -1,4 με 1,3 και 1,6 διακλαδώσεις

## 2.2 Ευεργετικές Δράσεις των β-γλυκανών

Ήδη οι β-γλυκάνες των δημητριακών αξιοποιούνται ως λειτουργικό συστατικό τροφίμων λόγω των αποδεδειγμένων πλεονεκτημάτων τους για την υγεία, ειδικά σε ότι αφορά την προστασία έναντι καρδιαγγειακών νοσημάτων (<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2470>). Το υψηλό μοριακό βάρος (MW) και το υψηλό ιξώδες είναι υπεύθυνα για τις υποχοληστερολαιμικές και υπογλυκαιμικές τους ιδιότητες. Επιπρόσθετα, η ιδιότητα σχηματισμού γέλης και το υψηλό ιξώδες τους, οδηγούν στην παραγωγή τροφών με χαμηλά λιπαρά με βελτιωμένες ιδιότητες υψής (Du et al. 2019).

Οι ίνες με υψηλό ιξώδες, συμπεριλαμβανομένων των β-γλυκανών και της πηκτίνης είναι μόρια με μεγάλο μοριακό βάρος και ισχυρά υδρόφιλα. Έτσι, διαλύονται στο νερό και σχηματίζουν μια ζελατινοειδή δομή η οποία μπορεί να εμποδίσει την απορρόφηση της γλυκόζης και των λιπιδίων στο έντερο (McRorie J.W. et al., 2017; Rahar, et al. 2011)

Την τελευταία δεκαετία, έχει αποδοθεί στις β-γλυκάνες πλήθος ευεργετικών για την υγεία δράσεων, ως αποτέλεσμα *in vitro* και *in vivo* μελετών αλλά και διατροφικών παρεμβάσεων (Wang et al. 2020; Vlassopoulou et al. 2021; Jayachandran et al. 2018; Hooda et al. 2010; Henrion et al. 2019; Song et al. 2020; Chugh & Kamal-Eldin 2020; Peng et al. 2019). Παρακάτω, παρατίθενται ενδεικτικά αποτελέσματα και συμπεράσματα τέτοιων ερευνών.

### 2.2.1 Πρεβιοτική δράση (Wang et al. 2020)

Το 2020 οι Wang et al. μελέτησαν τα χαρακτηριστικά πέψης και ζύμωσης των β-γλυκανών από ζυμομύκητες. Σε αυτή την εργασία μελετήθηκαν προσομοίωση πέψης από σάλιο, γαστρικά και εντερικά διαλύματα και ζύμωση από την μικροχλωρίδα του εντέρου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι β-γλυκάνες δεν μπορούσαν να υδρολυθούν στο σάλιο, στο στομάχι και στο λεπτό έντερο. Οι β-γλυκάνες φτάνουν στο παχύ έντερο, όπου αποικοδομούνται και μεταβολίζονται από τη μικροχλωρίδα του εντέρου. Οι β-γλυκάνες φάνηκε να ρυθμίζουν τη δομή και τη σύνθεση της μικροχλωρίδας του εντέρου αναστέλλοντας τον πολλαπλασιασμό της

επιβλαβούς μικροχλωρίδας και προάγοντας την ανάπτυξη μικροχλωρίδας του εντέρου που προάγει την υγεία. Πιο συγκεκριμένα, μείωσαν σημαντικά την αναλογία *Bacillota* προς *Bacteroidetes*. Επιπλέον, τόσο οι β-γλυκάνες όσο και η ινουλίνη μπορούσαν επιλεκτικά να προάγουν την ανάπτυξη των *Bifidobacteria* και μάλιστα οι β-γλυκάνες ήταν σε θέση να επιδρούν θετικότερα στην ανάπτυξη τους σε σύγκριση με την ινουλίνη. Συμπερασματικά, δείχτηκε ότι οι β-γλυκάνες έχουν παρόμοια πρεβιοτική δράση με την ινουλίνη και επομένως θέτουν σοβαρή υποψηφιότητα για να χαρακτηριστούν ως πρεβιοτικός παράγοντας.

### 2.2.2 Προστασία του αναπνευστικού (Vlassopoulou et al. 2021)

Πειραματικά, η προσθήκη β-γλυκανών στη διατροφή μείωσε την συχνότητα και τα συμπτώματα του κοινού κρυολογήματος και της μόλυνσης του ανώτερου αναπνευστικού, τόσο σε ασθενείς με χρόνια αναπνευστικά προβλήματα (ΧΑΠ) όσο και σε ασθενείς χωρίς ΧΑΠ. Σε πάσχοντες με ΧΑΠ οδήγησε σε ευκολότερο ύπνο, λόγω της βελτιώστης της υγείας, και σε διευκόλυνση της αναπνοής. Σε ασθενείς χωρίς ΧΑΠ σε συμφωνία με τα προαναφερθέντα αποτελέσματα παρατηρήθηκε μείωση της συχνότητας εμφάνισης συμπτωμάτων όπως πονόλαιμος και/ή δυσκολία στην κατάποση, βραχνάδα και/ή βήχας και καταρροή. Ενώ υπήρχε μια γενικότερη βελτίωση της υγείας.

Στα παιδιά φαίνεται να επιδρά αρκετά ευνοϊκά η λήψη β-γλυκανών. Συγκεκριμένα, σε παιδιά με ΧΑΠ μείωσε την συχνότητα λοίμωξης από παιδικές παθήσεις σχετιζόμενες με το αναπνευστικό, ενώ σε περίπτωση λοίμωξης μειώθηκε η διάρκεια της ασθένειας. Επιπλέον, μια μελέτη σε υγιή παιδιά διαπίστωσε ότι η χορήγηση γιαουρτιού εμπλουτισμένου με β-γλυκάνες από το *G. Lucidum* αύξησε τη συχνότητα των ολικών λεμφοκυττάρων του περιφερικού αίματος (CD3+, CD4+ και CD8+ T κύτταρα), καθένα από τα οποία διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην άμυνα του οργανισμού έναντι μολυσματικών απειλών.

Μια άλλη ομάδα που είναι επιρρεπής σε ΧΑΠ είναι οι άνθρωποι που κάνουν έντονες αθλητικές προπονήσεις. Και σε αυτήν την περίπτωση η προσθήκη β-γλυκανών σε καθημερινή βάση έδειξε μείωση της συχνότητας και της διάρκειας συμπτωμάτων ΧΑΠ. Κυτταρικά η β-γλυκάνη εμποδίζει την μείωση του πληθυσμού

και της δραστηριότητας των φυσικών φονικών κυττάρων (NK cells) που προάγεται από την έντονη άσκηση. Η κατανάλωση της β-γλυκάνης μετά την προπόνηση οδήγησε σε αύξηση της IgA του σιελογόνου και της ικανότητας των λευκοκυττάρων να παράγουν κυτταροκίνες<sup>1</sup>, ενώ μείωσε την συγκέντρωση των προφλεγμονώδων κυτταροκινών του ορού.

Τέλος, η χρήση 500mg lentinan<sup>2</sup> σε άτομα με σοβαρή οξεία έξαρση της χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας (AECOPD) υπό μηχανικό αερισμό, τα οποία υποβλήθηκαν σε θεραπεία με εισπνοή του κορτικοστεροειδούς βουδεσονίδη έδειξε βελτιωμένη κλινική αποτελεσματικότητα της εισπνοής βουδεσονίδης όταν συνδυάζεται με lentinan.

### 2.2.3 Προστασία έναντι του Διαβήτη (Jayachandran et al. 2018)

Ο διαβήτης χαρακτηρίζεται από υπεργλυκαιμία με συμπτώματα πολυδυψίας, πολυφαγίας, πολουρίας και μείωση βάρους. Η μικροχλωρίδα του εντέρου καταστέλλει τη συσσώρευση λίπους που προκαλείται από την ινσουλίνη μέσω του υποδοχέα των βραχείας αλυσίδας λιπαρών οξέων GPR43<sup>3</sup>. Φαίνεται ότι στα λιποκύτταρα, η σηματοδότηση της ινσουλίνης καταστέλλεται από την ενεργοποίηση του GPR43 που πραγματοποιείται από τα λιπαρά οξέα, το οποίο τελικά εμποδίζει την συσσώρευση των λιπών στα λιποκύτταρα και αυξάνει τον μεταβολισμό των λιπιδίων και της γλυκόζης. Ερευνητικά δείχθηκε πρόσφατα, πως αναψυκτικά πλούσια σε β-γλυκάνη επιδρούν στα επίπεδα της γλυκόζης και της ινσουλίνης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι 5 γραμμάρια β-γλυκανών βρώμης μειώνουν

<sup>1</sup> Οι κυτταροκίνες (cytokines) είναι πρωτεΐνες που μοιάζουν με ορμόνες ή αυξητικούς παράγοντες και αλληλοεπιδρούν με τους αντίστοιχους υποδοχείς, ώστε να επάγουν συγκεκριμένες κυτταρικές δραστηριότητες. Εκκρίνονται από λευκοκύτταρα και άλλους κυτταρικούς τύπους, ως απόκριση σε ένα πλήθος ερεθισμάτων. Για παράδειγμα, τα ενεργοποιημένα μακροφάγα εκκρίνουν κυτταροκίνες όπως η ιντερλευκίνη 1 (IL-1), η ιντερλευκίνη 6 (IL-6) και ο παράγοντας νέκρωσης όγκων άλφα (TNF-α), οι οποίες επάγουν και υποστηρίζουν της φλεγμονώδεις αποκρίσεις (KUBY ΑΝΟΣΟΛΟΓΙΑ σελ 66)

<sup>2</sup> Το Lentinan είναι μια μυκητιακή β-γλυκάνη που προέρχεται από το *Lentinus edodes*, ένα κοινό βρώσιμο μανιτάρι. Αποτελεί τον πρώτο βιοδραστικό πολυσακχαρίτη που βρέθηκε να έχει συγκεκριμένη λειτουργικότητα με ισχυρή αντικαρκινική δράση από τους Chicara et al το 1969 (Liang et al., 2014).

<sup>3</sup> Η ρύθμιση των φλεγμονωδών αποκρίσεων εντός του λιπώδους ιστού από διάφορους τύπους κυττάρων του ανοσοποιητικού συστήματος σχετίζεται στενά με την ομοιόσταση των ιστών και την εξέλιξη μεταβολικών διαταραχών όπως η παχυσαρκία και ο διαβήτης τύπου 2. Ο συζευγμένος με G-πρωτεΐνη υποδοχέας 43 (GPR43), ο οποίος ενεργοποιείται από λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας (SCFAs), είναι γνωστό ότι εκφράζεται πιο άφθονα στον λευκό λιπώδη ιστό και ρυθμίζει τις μεταβολικές διεργασίες.

την ολική χοληστερόλη κατά 7,4% και την μεταγευματική συγκέντρωση της γλυκόζης και την ινσουλίνη εντός 30 λεπτών. Φαίνεται ότι αυτή η ποσότητα β-γλυκανών μπορεί να βελτιώσει τα επίπεδα της ινσουλίνης και να διατηρήσει την ομοιόσταση της γλυκόζης. Σε ασθενείς με αντίσταση στην ινσουλίνη έχει παρατηρηθεί αλλαγή στην μικροχλωρίδα του εντέρου. Συγκεκριμένα η αναλογία *Firmicutes/Bacteroidetes* είναι αυξημένη. Έρευνες *in vitro* έχουν αποκαλύψει ότι τα συμπληρώματα βρώμης μπορούν να αυξήσουν τον πληθυσμό των *Bacteroides-Prevotella* και την παραγωγή προπιονικού και βουτυρικού. Σε διαβητικά ποντίκια φάνηκε ότι η β-γλυκάνη μείωνε αισθητά την γλυκόζη του αίματος υπό νηστεία και την γλυκοζυλιωμένη πρωτεΐνη ορού. Η υπογλυκαιμική δράση της β-γλυκάνης ήταν μεν αποτελεσματική αλλά δεν συγκρίνεται με την δράση της μετφορμίνης – δραστική ουσία που χρησιμοποιείται κατά κόρον σε αντιδιαβητικά φάρμακα.

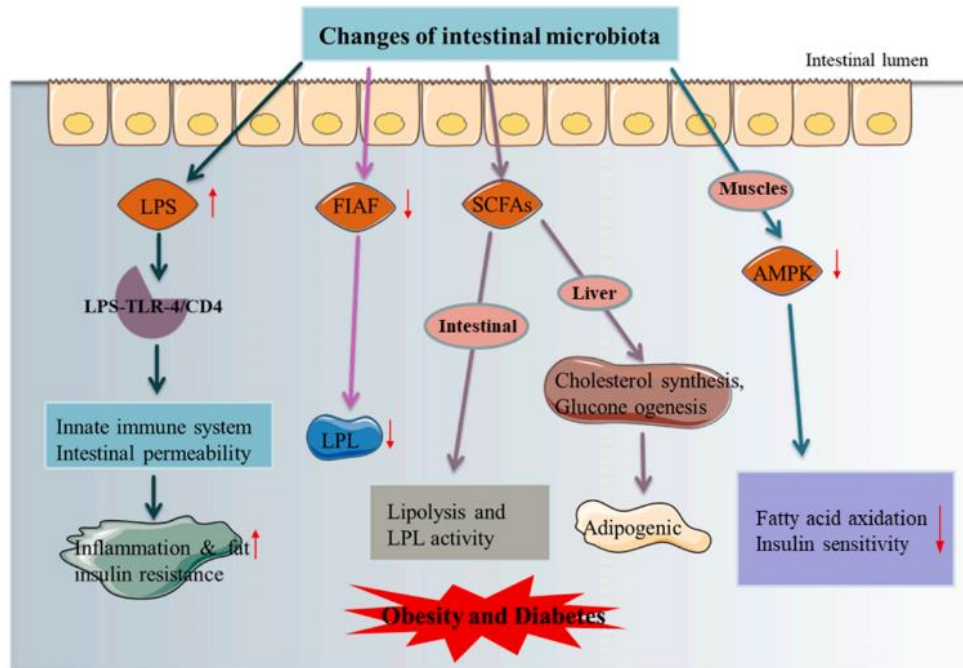
Σε χοίρους η κατανάλωση συμπληρώματος με 6% β-γλυκανών βρώμης μείωσε αισθητά τα επίπεδα της γλυκόζης, αύξησε τα επίπεδα των SCFAs και αύξησε την ινσουλίνη (Hooda et al, 2010).

Τα θετικά αποτελέσματα των β-γλυκανών στα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα είναι καλά τεκμηριωμένα με αποτέλεσμα η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) να εγκρίνει ισχυρισμό υγείας για μείωση της απόκρισης της γλυκόζης όταν τουλάχιστον 4 g β-γλυκανών, από βρώμη ή κριθάρι, ανά 30 g διαθέσιμων υδατανθράκων καταναλώνονται σε ένα γεύμα (Hengion M. et al., 2019).

#### 2.2.4 Πρόληψη της Παχυσαρκίας (Song et al., 2020)

Παχυσαρκία είναι η κλινική κατάσταση που προκαλείται από υπερβολική συσσώρευση λίπους στο σώμα και είναι πιθανό να επιφέρει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Προκαλείται από την αλληλεπίδραση γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Οι αλλαγές στον εντερικό μικροβίοκοσμο προκαλούν την εμφάνιση και την ανάπτυξη της παχυσαρκίας μέσω διαφόρων μηχανισμών (εικόνα 8). Οι β-γλυκάνες χρησιμοποιούνται από το εντερικό μικροβίοκοσμο ως υπόστρωμα για τις σακχαρολυτικές ζυμώσεις. Ισχυρές ενδείξεις καταδεικνύουν την πρεβιοτική δράση τους. Η κατανάλωση β-γλυκανών μπορεί να ενισχύσει ευεργετικούς για τον οργανισμό πληθυσμούς βακτηρίων της μικροχλωρίδας και ταυτόχρονα να μειώσει

πληθυσμούς βλαβερών βακτηρίων. Ο εντερικός μικροβιόκοσμος μπορεί να ρυθμίσει της ενεργειακές εισροές, αποικοδομώντας διαιτητικές ίνες που δεν μπορούν να αποικοδομηθούν από τα γαστρεντερικά ένζυμα του ξενιστή και έτσι αυξάνεται η απορρόφηση μονοσακχαριτών και SCFAs και προάγεται λιπόλυση.



Εικόνα 8. Ο κυρίως μηχανισμός της παχυσαρκίας και του διαβήτη τύπου 2. LPS: lipopolysaccharides; FIAF: Fasting-induced adipose factor; LPL: lipoprotein lipase; AMPK: adenosine monophosphate kinase; LPS-TLR-4/CD4: lipopolysaccharides - CD14/Toll-like receptor 4 complex. Πηγή: Song et al., 2020

#### 2.2.5 Ανοσορυθμιστικός ρόλος (Jayachandran et al., 2018)

Η ανοσορύθμιση και η αντικαρκινική δράση των β-γλυκανών καθορίζεται από τη δομή τους. Για παράδειγμα, οι β-γλυκάνες με β-1,3 δεσμούς και διακλαδώσεις β-1,6 (μυκητιακής προέλευσης) χαρακτηρίζονται από ισχυρή ανοσοτροποποιητική δράση και υψηλότερο βαθμό διέγερσης προφλεγμονωδών κυτταροκινών.

Οι β-γλυκάνες μπορούν να συνδεθούν απευθείας με τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος και να επιδράσουν άμεσα στην ομοίωση του ανοσοποιητικού συστήματος. Εκτός αυτού, επειδή ζυμώνονται και μεταβολίζονται από το μικροβιόκοσμο του εντέρου, αυξάνοντας τους πληθυσμούς των ευεργετικών για την υγεία βακτηρίων, ασκούν και έμμεση αντιφλεγμονώδη και αντικαρκινική δράση.

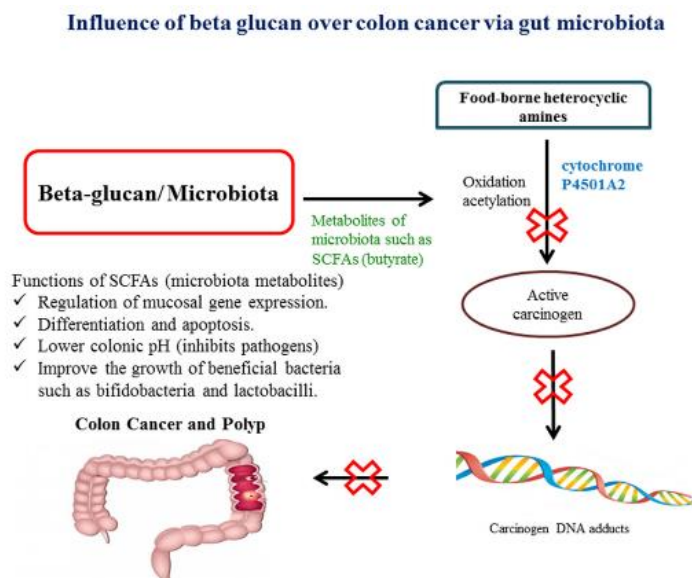
#### 2.2.6 Αντι-αλλεργική δράση (Vlassopoulou et al., 2021)

Στοιχεία δείχνουν ότι η προσθήκη β-γλυκανών στο καθημερινό διαιτολόγιο μειώνει τους δείκτες αλλεργικής φλεγμονής, οδηγώντας σε μείωση της καταρροής, της ρινικής συμφόρησης και των δακρύων που επάγονται κατά την αλλεργική αντίδραση καθώς και σε βελτίωση της φυσικής τους κατάστασης συνολικά. Σε κυτταρικό και μοριακό επίπεδο, υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις που υποστηρίζουν την κατασταλτική δράση των β-γλυκανών σε δείκτες αλλεργικής φλεγμονής. Ενδεικτικά, σε παιδιά με ατοπία, οι β-γλυκάνες έδρασαν θετικά μέσω της μείωσης των ηωσινόφιλων του περιφερικού αίματος και της σταθεροποίησης των συνολικών επιπέδων IgE στον ορό.

#### 2.2.7 Αντικαρκινική δράση (Jayachandran et al., 2018)

Η μελέτη της αντικαρκινικής δράσης των β-γλυκανών έχει επικεντρωθεί στον καρκίνο του παχέος εντέρου. Οι πλέον μελετημένες β-γλυκάνες αναφορικά με τον καρκίνο του παχέος εντέρου είναι οι *lentinan* (*Lentinula edode*), *grifolan* (*Grifola rondsosa*), *scleroglucan* (*Sclerotium rolfsii*) και *schizophyllan* (*Schizophyllum commune*). Με βάση αποτελέσματα ερευνών οι β-γλυκάνες επιδρούν στην έκβαση του καρκίνου του παχέος εντέρου, μέσω της εμπλοκής τους στην παραγωγή φλεγμονωδών κυτταροκινών και της ενεργοποίησης των λευκοκυττάρων. Το βουτυρικό οξύ διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην πρόληψη και εξέλιξη του καρκίνου του παχέος εντέρου. Είναι ένα σημαντικό λιπαρό οξύ βραχείας αλυσίδας, το οποίο συμβάλει στην αναγέννηση των εντερικών επιθηλιακών κυττάρων. Η ζύμωση των β-γλυκανών από τον εντερικό μικροβιόκοσμο παράγει βουτυρικό οξύ.

Μέσω αυτού ενισχύεται η αναγεννητική ικανότητα των κυττάρων του εντερικού επιθηλίου πράγμα που συμβάλει στην πρόληψη του καρκίνου. (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Επίδραση β-γλυκανών στον καρκίνο του παχέος εντέρου. Πηγή : Jayachandran et al., 2018

Η ταυτόχρονη λήψη β-γλυκανών και ιντερφερόνης-γ (IFN-γ) εμποδίζει την ανάπτυξη μετάστασης στον καρκίνο του ήπατος. Συγκεκριμένα, η lentinan σε συνδυασμό με τα αντικαρκινικά φάρμακα fluorouracil και mitomycin είχε καλύτερα αποτελέσματα στην παρεμπόδιση της μετάστασης στον καρκίνο αυτόν.

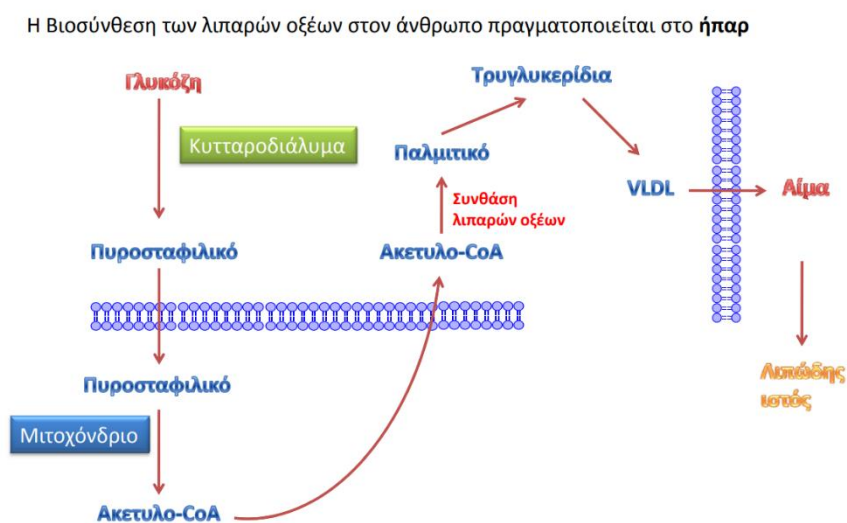
#### 2.2.8 Καρδιοπροστατευτική δράση (Jayachandran et al., 2018)

Τα καρδιαγγειακά νοσήματα προσελκύουν μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον μας και είναι μια από τις κυριότερες αιτίες θανάτου στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τα αίτια δημιουργίας τους είναι πολυάριθμα, φαίνεται όμως ότι γενετικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο.

Βοηθώντας την πέψη και την αποικοδόμηση των μακρομορίων και ρυθμίζοντας διάφορα μεταβολικά μονοπάτια όπως αυτό του προπιονικού, ο εντερικός μικροβιόκοσμος ελέγχει την καρδιαγγειακή νόσο και την αθηροσκλήρωση. Οι β-γλυκάνες από βρώμη ενεργοποιούν τον πληθυσμό των *Verrucomicrobia*, δρώντας ως πρεβιοτικό στον ΕΜ του τυφλού, και επιδρούν θετικά στα λιπίδια της κυκλοφορίας μειώνοντας την αθηρωματική πλάκα των τοιχωμάτων

της αορτής. Οι β-γλυκάνες κριθαριού μειώνουν αισθητά την χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνή LDL και την ολική χοληστερόλη. Ταυτόχρονα, οδηγούν σε αύξηση των επιπέδων της HDL. Ο ακριβής μηχανισμός για αυτήν την δράση και η εμπλοκή του EM δεν είναι ακόμη καλά μελετημένα και αποτελούν τομέα μεγάλου ερευνητικού ενδιαφέροντος.

Όπως έχει προαναφερθεί, κατά την ζύμωση των β-γλυκανών παράγονται λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας. Η αύξηση της αναλογίας προπιονικού οξέος προς οξικό οξύ οδηγεί σε μειωμένη σύνθεση χοληστερόλης. Το οξικό οξύ ενεργοποιείται όταν συνδέεται με το συνένζυμο CoA και μετατρέπεται σε ακέτυλο-συνένζυμο-CoA. Αυτό είναι το κύριο υπόστρωμα για την βιοσύνθεση της χοληστερόλης και των λοιπών λιπιδίων (εικόνα 10). Βασιζόμενη σε αυτά τα δεδομένα μια έρευνα έδειξε ότι το προπιονικό και το βουτυρικό μείωσαν το επίπεδο του mRNA της 3-υδροξυ-3-μεθυλογλουταριλο-CoA αναγωγάσης (HMG-αναγωγάση) -ενζύμου που καταλύει την αντίδραση μεταξύ HMG-CoA και μεβαλονικού οξέος στο βιοσυνθετικό μονοπάτι της χοληστερόλης- στα εντεροκύτταρα Caco-2/TC-7 .



Εικόνα 10 Βιοσύνθεση λιπαρών οξέων ([https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/DIET162/ΔΙΑΔΕΞΕΙΣ/Λειτουργικές%20ιδιότητες%20υδατανθράκων-Διαιτητικές%20ίνες\\_2022.pdf](https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/DIET162/ΔΙΑΔΕΞΕΙΣ/Λειτουργικές%20ιδιότητες%20υδατανθράκων-Διαιτητικές%20ίνες_2022.pdf))

Η επιτροπή της EFSA επανεξετάζοντας τα στοιχεία σχετικά με τις επιδράσεις των β-γλυκανών δημητριακών στη μείωση της χοληστερόλης, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι απαιτούνται τουλάχιστον 3 g β-γλυκανών βρώμης την ημέρα για τη μείωση της χοληστερόλης σε φυσιολογικούς ή υπερχοληστερολαιμικούς ενήλικες,

γεγονός που οδηγεί σε χαμηλότερο κίνδυνο (στεφανιαία) καρδιοπάθειας. Ομοίως, ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (FDA) ενέκρινε τον ισχυρισμό ότι η χρήση τουλάχιστον 3 g β-γλυκανών από βρώμη ή κριθάρι την ημέρα οδηγεί σε μείωση της στεφανιαίας νόσου ως αποτέλεσμα των χαμηλότερων επιπέδων χοληστερόλης στην κυκλοφορία. Η κατανάλωση β-γλυκανών αυξάνει την απέκκριση του χολικού οξέος, η οποία με τη σειρά της διεγείρει το μεταβολισμό και την αποβολή της χοληστερόλης. Επιπλέον, το αυξημένο ιξώδες που προκαλείται από την παρουσία β-γλυκανών μειώνει την απορρόφηση της χοληστερόλης (Henrion M. Et al., 2019).

Συμπερασματικά, με βάση την προέλευσή τους, οι β-γλυκάνες εμφανίζουν διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες (σχήμα, διαλυτότητα, βαθμός διακλάδωσης) που επηρεάζουν τους βιολογικούς τους δράσεις (Ciecierska, A. Et al., 2019; Du et al. 2019). Διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο, σε τρόφιμα και φαρμακευτικά προϊόντα, με βάση τις ευεργετικές ιδιότητές τους, όπως η αντικαρκινική δράση, η ανοσορύθμιση, η μείωση της γλυκόζης και της χοληστερόλης ορού καθώς και η πρόληψη της παχυσαρκίας (Jayachandran et al., 2018 ; Bhanja S.K. et al., 2014; Rahar, et al. 2011; Rezende et al. 2021; Song et al., 2020).

Η θετική επίδραση των β-γλυκανών σχετίζεται με την πηγή και κατηγοριοποιείται ως μεταβολική/GI (γλυκαιμικός δείκτης) και ανοσορυθμιστική επίδραση. Οι β-γλυκάνες δημητριακών συνήθως επιδρούν στον μεταβολισμό, μειώνοντας την χοληστερόλη, τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων και διαβήτη ενώ ρυθμίζουν την γλυκαιμική απόκριση στα τρόφιμα. Οι β-γλυκάνες των μυκήτων εμφανίζουν αντικαρκινικές ιδιότητες, εμμέσως, κυρίως μέσω της ενεργοποίησης συστατικών του ανοσοποιητικού συστήματος όπως των φυσικών φονικών κυττάρων (NKT cells) και των μακροφάγων (Bhanja S.K. et al., 2014). Επιπλέον, εμφανίζουν σημαντική αντιοξειδωτική, ανοσορυθμιστική/ανοσοδιεγερτική, αντιφλεγμονώδη και αντιϊκή δράση (Jayachandran et al., 2018; Rezende et al. 2021).

# **ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ**

### 3 Εφαρμογές στη Βιομηχανία Τροφίμων - Λειτουργικά αρτοσκευάσματα

Η αλληλεπίδραση των πρεβιοτικών με τον εντερικό μικροβιόκοσμο έχει ευεργετικά αποτελέσματα για την υγεία του εντέρου. Σε σχέση δε με τα προβιοτικά, η χρήση των οποίων προϋποθέτει την διατήρηση της βιωσιμότητας της καλλιέργειάς τους, τα πρεβιοτικά μπορούν να προστεθούν σε ένα σημαντικά ευρύτερο φάσμα τροφίμων. Σχεδόν κάθε τροφή που περιέχει υδατάνθρακες είναι σε θέση να υποστεί προσθήκη πρεβιοτικών. Ενδεικτικά, τα πρεβιοτικά μπορούν να αξιοποιηθούν ως πρόσθετο τροφίμου για τη βελτίωση της γαστρεντερικής υγείας του καταναλωτή στη βιομηχανία τροφίμων σε ποτά και γάλατα που έχουν υποστεί ζύμωση, προϊόντα αρτοποιίας, επιτραπέζια αλείμματα, σάλτσες, παρασκευάσματα για βρέφη και τροφές απογαλακτισμού, σιτηρά, μπισκότα, κέικ, επιδόρπια, σούπες, σάλτσες (dressings) για σαλάτες, γαλακτοκομικά προϊόντα.

Η λακτουλόζη, οι γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες, οι φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες, η ινουλίνη και τα υδρολύματά της, οι μαλτο-ολιγοσακχαρίτες και το ανθεκτικό άμυλο είναι πρεβιοτικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στην ανθρώπινη διατροφή. Οι β-γλυκάνες εμφανίζουν δράσεις παρόμοιες με αυτές της ινουλίνης και άλλων πρεβιοτικών παραγόντων και θεωρούνται υποψήφιοι πρεβιοτικοί παράγοντες, ενώ χρησιμοποιούνται ήδη ευρέως στην βιομηχανία για την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων.

#### 3.1 Η αξιοποίηση των β-γλυκανών για την παραγωγή λειτουργικών αρτοσκευασμάτων

Η προσθήκη β-γλυκάνης στο ζυμάρι λευκού αλεύρου σίτου οδηγεί σε αύξηση της απορρόφησης νερού στη ζύμη, μείωση του όγκου, αύξηση αντοχής ζυμαριού και κάνει την ζύμη πιο μαλακή. Κατά την αποθήκευση ψωμιού από λευκό άλευρο σίτου με προσθήκη β-γλυκανών φάνηκε ότι η περιεκτικότητα σε υγρασία την πρώτη ημέρα της αποθήκευσης αυξάνεται με την αύξηση της ποσότητας των β-γλυκανών. Μετά τις πέντε ημέρες αποθήκευσης, τα δείγματα είχαν αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία συγκριτικά με αυτά χωρίς β-γλυκάνες (Mohebbi et al., 2017). Επίσης, κατά την

παραγωγή ψωμιού στον ατμό, φάνηκε θετική συσχέτιση μεταξύ της απορρόφησης νερού και της προσθήκης β-γλυκάνης βρώμης (Wang et al., 2017). Οι πολυάριθμες ομάδες υδροξυλίου στον σκελετό των β-γλυκανών βρώμης προσδίδουν εξαιρετική απορρόφηση νερού μέσω δεσμών υδρογόνου (Gómez et al. 2003).

Η προσθήκη β-γλυκανών οδηγεί το δίκτυο γλουτένης σε κατάρρευση. Αναλυτικότερα, οι φθορές αποδίδονται στο γεγονός ότι οι διαιτητικές ίνες απομυζούν το νερό από τη γλουτένη σίτου (Fu et al. 2014). Αυτό οδηγεί σε εξασθενημένο δίκτυο γλουτένης και σε ασυνέχειες στη δομή (Kurek et al. 2016). Το αποτέλεσμα είναι αυξημένη σκληρότητα, αρνητική επίδραση στην αίσθηση του ψωμιού κατά την μάσηση, και μείωση της ελαστικότητας του ψωμιού (Wang et al., 2017). Διάφορες μελέτες έχουν αποκαλύψει ότι η υπερβολική ενσωμάτωση διαιτητικών ινών συχνά προκαλεί αλλοίωση των ιδιοτήτων της υφής στα προϊόντα που προκύπτουν με βάση το αλεύρι (Singh et al. 2012; Gularte et al. 2012; Fu et al. 2015). Ταυτόχρονα, η παραπάνω επίδραση των β-γλυκανών στην γλουτένη επηρεάζει και τον όγκο του αρτοσκευάσματος από άλευρο σίτου. Ωστόσο για αυτό ευθύνεται παράλληλα και η περιορισμένη παραγωγή ατμών λόγω της μεγάλης απορρόφησης νερού. Τέλος, να σημειωθεί πως όσον αφορά τον όγκο του ψωμιού, η επίδραση των β-γλυκανών εξαρτάται και από το μοριακό βάρος τους, την συγκέντρωσή τους και την ποιότητα του αλεύρου σίτου (Gill et al. 2002).

Οι Mohebbi et al., 2017 δηλώνουν πως η προσθήκη β-γλυκάνης αυξάνει την αντοχή του ζυμαριού. Αυτό επιβεβαιώνει τα ευρήματα του Skendi et al. (2010) που έδειξε ότι η προσθήκη β-γλυκανών σε αλεύρι κακής ποιότητας ψωμιού χαρίζει αυξημένη ελαστικότητα και βελτιώνει την ποιότητα. Επίσης, η επίδραση των β-γλυκανών στο δίκτυο γλουτένης προκαλεί αλλαγές και στη δομή της ψίχας (Kurek et al. 2016). Συγκεκριμένα, οι Wang et al., 2017 παρατήρησαν μικρότερο ειδικό όγκο στα ψίχουλα που προέρχονταν από ψωμί στον ατμό με 5g/100g β-γλυκάνης βρώμης.

Πολλές ίνες με θρεπτική αξία, όπως η ινουλίνη, οι ίνες φρούτων και λαχανικών, οι ίνες δημητριακών και οι β-γλυκάνες, θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν τα λιπαρά σε προϊόντα «φούρνου». Η αντικατάσταση αυτή, όπως επισημαίνουν οι Zbikowska et al. (2022) μειώνει όχι μόνο την θερμιδική αξία αλλά και το περιεχόμενο σε λιπαρά, οδηγώντας σε ένα γεύμα υγιεινότερο, ενώ παράλληλα επιδρά και στην δομή των αρτοσκευασμάτων. Τα μόρια λίπους είναι ένα σημαντικό συστατικό των

αρτοποιημάτων μιας και συγκρατούν τον αέρα στην ακατέργαστη ζύμη, αυξάνοντας έτσι τον όγκο της και επιδρώντας στη δομή του τελικού προϊόντος. Η απορρόφηση του νερού (που υπάρχει στη ζύμη) από τη β-γλυκάνη οδηγεί σε μικρότερη διαστολή των κυττάρων αέρα και αύξηση της πυκνότητας, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε μια αυξημένη συνοχή και δυσκολεύει την αύξηση του πλάτους των μπισκότων κατά το ψήσιμο. Η υποβάθμιση της ποιότητας της ζύμης και των ψημένων προϊόντων μπορεί επίσης να εξηγηθεί από τη μειωμένη περιεκτικότητα σε λιπαρά, η οποία εμποδίζει την απορρόφηση νερού από τα συστατικά της ζύμης (αλεύρι, φυτικές ίνες) και αναστέλλει την ανάπτυξη του δικτύου γλουτένης, εμποδίζοντας τα μόρια της γλουτένης να έρθουν σε επαφή μεταξύ τους (Zbikowska et al., 2022).

Η προσθήκη β-γλυκάνης επιδρά και στο χρώμα του προϊόντος. Το ψωμί στον ατμό σκουραίνει με την προσθήκη β-γλυκάνης βρώμης, καθώς οι β-γλυκάνες βρώμης είναι πιο σκούρες από το αλεύρι σίτου (Wang et al., 2017). Επιπλέον, οι χρωματικές παράμετροι σε μπισκότα αλλάζουν στατιστικά σημαντικά ανάλογα με την ποσότητα της προσθήκης β-γλυκάνης. Το πιο σκούρο χρώμα σχετίζεται με το μη ενζυματικό μαύρισμα που σχηματίζεται κατά το ψήσιμο ως αποτέλεσμα της αντίδρασης Maillard και της καραμελοποίησης της ζάχαρης. Η αυξημένη φωτεινότητα δείχνει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρά και υψηλότερη αναλογία πολυμερούς (β-γλυκάνης), τα οποία οδηγούν σε μείωση των παραπάνω αντιδράσεων. Ανάλογα με την πηγή της β-γλυκάνης παρατηρήθηκε πειραματικά διαφορετικό χρώμα στα μπισκότα (Zbikowska et al., 2022).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η EFSA έχει εγκρίνει ισχυρισμούς υγείας σχετικά με την προσθήκη β-γλυκανών από δημητριακά σε τρόφιμα. Αναλυτικότερα, οι Hughes & Grafenauer το 2021 αναφέρουν ότι από 2.462 προϊόντα από την Αυστραλία και 44.894 παγκοσμίως που εξετάστηκαν και αφορούσαν σε δημητριακά πρωινού, ψωμί, αλμυρά μπισκότα, μπάρες μούσλι με βάση τα δημητριακά, αλεύρι, ζυμαρικά και φυτικό γάλα, στην Αυστραλία, 37 προϊόντα (1,5%) έκαναν χρήση του ισχυρισμού της β-γλυκάνης (84% αφορούσαν τη β-γλυκάνη βρώμης και το 16% τη β-γλυκάνη κριθαριού, συγκεκριμένα χρησιμοποιούσαν τον ισχυρισμό BARLEYmax®). Το BARLEYmax® είναι μια σειρά κριθαριού ολικής αλέσεως που έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ανθεκτικό άμυλο και β-γλυκάνη (6,4% w/w β-γλυκάνη) και

χρησιμοποιείται ως συστατικό σε μια σειρά προϊόντων διατροφής στην Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία, την Ιαπωνία, τις ΗΠΑ, τη Σιγκαπούρη και τη Μαλαισία (CSIRO). Από τα προϊόντα που κυκλοφορούν παγκοσμίως και περιέχουν βρώμη ολικής αλέσεως ή/και πίτουρο βρώμης, το 0,9% (n = 403) επικαλείται τον ισχυρισμό μείωσης της χοληστερόλης, ενώ στην Ευρώπη το ποσοστό αυτό είναι 0,8. Σημαντικό είναι να αξιολογηθεί πως επιδρά στην άποψη του καταναλωτή ο εκάστοτε ισχυρισμός υγείας.

Στην ελληνική αγορά κυκλοφορούν διάφορα προϊόντα που είναι εμπλουτισμένα με β-γλυκάνες. Παραδείγματος χάρη, η εταιρία Spelta Organics κυκλοφορεί ψωμί για τόστ με 4 δημητριακά και β-γλυκάνες από βρώμη και κριθάρι - κάθε μερίδα 100g, παρέχει 1g β-γλυκάνης-, η Όλυμπος κυκλοφορεί στην αγορά ταχίνι ολικής άλεσης με β-γλυκάνες βρώμης - κάθε μερίδα 30g παρέχει 1g β-γλυκάνης-, η Βιοαγρός προσφέρει νιφάδες βρώμης ολικής αλέσεως ενισχυμένες με β-γλυκάνες βρώμης, η ΗΠΕΙΡΟΣ Ζεμύθα Protein Μπάρες χωρίς γλουτένη, με β-γλυκάνες δημητριακής προέλευσης και ο κατάλογος συνεχίζεται.

### 3.1.1 Η περίπτωση των Cream Crackers με β-γλυκάνες της ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΑΕ

Μια από τις πλέον οργανωμένες προσπάθειες αξιοποίησης των β-γλυκανών σε αρτοσκευάσματα έγινε από την εταιρία Ε.Ι. Παπαδόπουλος Α.Ε. το 2015. Τροποποιώντας την συνταγή του Cream Cracker ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, ενός εξαιρετικά επιτυχημένου προϊόντος μιας και η κλασική γεύση Cream Crackers βρίσκεται στην αγορά από το 1935, η εταιρία εισήγαγε στο εμπόριο ένα λειτουργικό Cream Cracker πλούσιο σε β-γλυκάνες.

Σήμερα στο εμπόριο κυκλοφορούν πέντε Cream Crackers, τα Cream Crackers σίτου (κλασικά), τα Cream Crackers με σίκαλη ολικής άλεσης, τα Cream Crackers χωρίς ζάχαρη, τα Cream Crackers πολύσπορα και τα Cream Crackers με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνη. Τα συστατικά των Crackers διαφέρουν από προϊόν σε προϊόν και αναφέρονται αναλυτικά στις συσκευασίες αυτών. Ενδεικτικά, η εικόνα 11 περιέχει τα δεδομένα αυτά.

## ΣΙΤΟΥ (ΚΛΑΣΙΚΑ)

### Συστατικά

Αλεύρι **σίτου** 46%, προζύμι 36% (αλεύρι **σίτου**, μαγιά), φυτικό έλαιο (φοινικέλαιο), σιρόπι γλυκόζης-φρουκτόζης, αλάτι, βιολογικά αρτοποιίας (όξινο ανθρακικό αμμώνιο, όξινο ανθρακικό νάτριο), **γλουτένη σίτου**.

Το προϊόν μπορεί να περιέχει ίχνη από σόγια, αυγό, γάλα, σουσάμι, ξηρούς καρπούς.

## ΚΡΙΘΑΡΙ, ΒΡΩΜΗ, Β-ΓΛΥΚΑΝΗ

### Συστατικά

Αλεύρι **σίτου**, φυτικό έλαιο (φοινικέλαιο), σιρόπι γλυκόζης-φρουκτόζης, φυτικές ίνες **βρώμης** 3,5% (περιέχει β-γλυκάνη), αλεύρι **βρώμης** 2,5%, αλεύρι **κριθαριού** 2,5%, άμυλο, μαγιά, ξηρό προζύμι **σίτου**, αλεύρι βύνης **κριθαριού**, αλάτι, βιολογικά αρτοποιίας (όξινο ανθρακικό αμμώνιο, όξινο ανθρακικό νάτριο), **γλουτένη σίτου**, αντιοξειδωτικά (εκχύλισμα πλούσιο σε τοκοφερόλες, παλμιτικό ασκορβύλιο).

Το προϊόν μπορεί να περιέχει ίχνη από αυγό, σόγια, γάλα, σουσάμι, ξηρούς καρπούς.

## ΧΩΡΙΣ ΖΑΧΑΡΗ

### Συστατικά

Αλεύρι **σίτου** 45%, προζύμι 38% (αλεύρι **σίτου**, μαγιά), φυτικό έλαιο (φοινικέλαιο), δεξτρίνη **σίτου**, πίτυρα **σίτου**, βιολογικά αρτοποιίας (όξινο ανθρακικό νάτριο, όξινο ανθρακικό αμμώνιο, όξινο φωσφορικό ασβέστιο), αλάτι, μαγιά, γαλακτωματοποιητής (μόνο- και διγλυκερίδια λιπαρών οξέων), αλεύρι βύνης **κριθαριού**, **γλουτένη σίτου**, αντιοξειδωτικά (εκχύλισμα δεντρολίβανου).

Το προϊόν μπορεί να περιέχει ίχνη από γάλα, αυγό, σόγια, σουσάμι, ξηρούς καρπούς.

## ΜΕ ΣΙΚΑΛΗ ΟΛΙΚΗΣ ΑΛΕΣΗΣ

### Συστατικά

Προζύμι 38% (αλεύρι **σίτου**, μαγιά), αλεύρι **σίτου**, φυτικό έλαιο (φοινικέλαιο), σιρόπι γλυκόζης-φρουκτόζης, αλεύρι **σίτου** ολικής άλεσης 7%, αλεύρι **σίκαλης** ολικής άλεσης 2,5%, αλεύρι βύνης **κριθαριού**, αλάτι, **γλουτένη σίτου**, βιολογικά αρτοποιίας (όξινο ανθρακικό νάτριο, όξινο ανθρακικό αμμώνιο).

Το προϊόν μπορεί να περιέχει ίχνη από σόγια, αυγό, γάλα, σουσάμι, ξηρούς καρπούς.

## ΠΟΛΥΣΠΟΡΟ

### Συστατικά

Αλεύρι **σίτου**, προζύμι 33% (αλεύρι **σίτου**, μαγιά), φοινικέλαιο, σιρόπι γλυκόζης-φρουκτόζης, άμυλο, **σουσάμι** 1%, **γλουτένη σίτου**, **μαυροσούσαμο** 0,8%, μαγιά, αλεύρι **σουσαμιού**, αλάτι, σπόροι κιννά 0,2%, ζάχαρη, βιολογικά αρτοποιίας (όξινο ανθρακικό νάτριο, όξινο ανθρακικό αμμώνιο), αρωματική ύλη.

Το προϊόν μπορεί να περιέχει ίχνη από σόγια, αυγό, γάλα, σινάπι και ξηρούς καρπούς.

Εικόνα 11. Τα συστατικά των πέντε Cream Crackers του εμπορίου.

Η παρασκευή των Cream Crackers περιλαμβάνει κάποια βασικά βήματα τα οποία είναι ίδια και στα πέντε Cream Crackers του εμπορίου. Καταρχάς, η συνταγή προϋποθέτει την ύπαρξη προζύμης. Αυτή περιέχει αλεύρι, νερό και μαγιά και εφόσον τα υλικά ομογενοποιηθούν, παραμένουν στις κατάλληλες συνθήκες ζύμωσης για 18-25 ώρες. Εφόσον ολοκληρωθεί η διαδικασία της ζύμωσης, ξεκινάει η προετοιμασία του ζυμαριού. Τα υλικά της συνταγής αναμειγνύονται στο μίξερ για περίπου 15 λεπτά. Η ζύμωση που πραγματοποιείται κατά την παρασκευή της προζύμης και κατά την ανάμειξη προζύμης και των υπολοίπων υλικών παρέχει στο σύστημα την απαιτούμενη ενέργεια για να σπάσουν τα μόρια της γλουτένης και να προσφέρουν στο ζυμάρι την ελαστικότητα και την υφή που απαιτείται.

Έπειτα από το ζύωμα, σειρά έχουν τα μηχανήματα που μορφοποιούν το ζυμάρι. Διασχίζοντας το πρώτο μηχάνημα, το ζυμάρι μορφοποιείται και παίρνει την μορφή ενός χοντρού φύλλου. Στην συνέχεια, το φύλλο διπλώνεται με μια ιδιαίτερη τεχνική και με την χρήση κυλίνδρων μειώνεται το πάχος του. Η διαδικασία αυτή, είναι ένα από τα βασικά σημεία της διαδικασίας που δημιουργεί αυτή την ιδιαίτερη υφή

του προϊόντος. Στην συνέχεια, αφού έχει δημιουργηθεί ένα λεπτό φύλλο, ακολουθεί η διαδικασία του βουτυρώματος, όπου το φύλλο περνάει μέσα από τους κυλίνδρους ενώ ταυτόχρονα γίνεται και dusting με μείγμα λιπαρού και αλεύρου. Στην συνέχεια το τελικό φύλλο διπλώνεται 8 φορές και οδηγείται στους τελικούς κυλίνδρους που μειώνουν περαιτέρω το πάχος του και δημιουργούν το τελικό φύλλο στο οποίο με την χρήση της κατάλληλης σφραγίδας θα διαμορφωθεί το τελικό σχήμα του προϊόντος. Κάθε λεπτό κόβονται 83 Cream Crackers. Ο φούρνος ψησίματος αποτελείται από 3 θαλάμους, με ελεγχόμενη θερμοκρασία σε κάθε θάλαμο, καθώς είναι απαραίτητο στοιχείο για να αποκτήσει το προϊόν την επιθυμητή διόγκωση, το χρώμα και όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Ο χρόνος ψησίματος διαρκεί 6 λεπτά. Στο τελικό προϊόν πραγματοποιούνται όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι ποιότητας προτού αυτό οδηγηθεί στην συσκευασία.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται στοιχεία για τις πωλήσεις του προϊόντος για την περίοδο 2015-2021.

Πίνακας 2. Οι πωλήσεις των Cream Crackers με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνη (2015-2021)

<i>Ανάλυση</i>	Πωληθείσα Ποσότητα (Tons)
2021	<b>75,4</b>
2020	<b>87,3</b>
2019	<b>99,0</b>
2018	<b>115,0</b>
2017	<b>170,6</b>
2016	<b>231,3</b>
2015	<b>136,2</b>

Τα πρώτα έτη της κυκλοφορίας στην αγορά συνοδεύτηκαν από σημαντικές πωλήσεις. Από το 2015 έως το 2017 παρουσιάστηκε σημαντική αύξηση των τόνων πωληθέντων Cream Crackers ανά έτος. Κορυφαία χρονιά πωλήσεων ήταν το 2016. Αυτό πιθανά ήταν αποτέλεσμα της έντονης διαφήμισης του προϊόντος στα διάφορα πολυμέσα. Οι καταναλωτές άρχιζαν να μαθαίνουν το νέο προϊόν και να το εντάσσουν στην διατροφή τους. Έπειτα, οι πωλήσεις του προϊόντος μπήκαν σε καθοδική τροχιά με αποτέλεσμα το 2021 να έχουμε 75,4 τόνους πωλήσεων, δηλαδή σχεδόν υποδιπλασιασμό των πωλήσεων σε σχέση με τις πωλήσεις του 2015 (136,2), έτος έναρξης κυκλοφορίας του προϊόντος (Πίνακας 1).

Το Cream Cracker με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνες είναι ένα προϊόν που απευθύνεται στο ευρύ κοινό. Οι ισχυρισμοί υγείας της β-γλυκάνης αναφορικά με την μείωση της χοληστερίνης κάνουν το προϊόν πιο ελκυστικό. Η υποστήριξη της κυκλοφορίας του προϊόντος στην αγορά περιλάμβανε σποτ για την τηλεόραση, το ραδιόφωνο αλλά και προωθητικό υλικό στα σημεία πώλησης. Σημαντικό ρόλο έπαιξε η συνεργασία με διατροφολόγους, οι οποίοι μπορούσαν να εξηγήσουν στο καταναλωτικό κοινό την αξία της β-γλυκάνης στην καθημερινή διατροφή. Στις *Εικόνες 12 & 13* παρουσιάζεται η σύντομη περιγραφή του προϊόντος που στόχο έχει την ανάδειξη της αξίας της β-γλυκάνης και της κατανάλωσης του προϊόντος αυτού.

Εικόνα 12 Διαφημιστικό υλικό με σύντομη περιγραφή του προϊόντος.





Εικόνα 13 Διαφημιστικό υλικό με σύντομη περιγραφή του προϊόντος.

Η διαφήμιση αποτελεί βασικό θεμέλιο της σύγχρονης βιομηχανίας και του εμπορίου. Είναι απαραίτητη κατά την προώθηση ενός προϊόντος, πόσο μάλλον όταν αυτό είναι νέο στην αγορά και με συγκεκριμένο χαρακτήρα. Τα διαφημιστικών σποτ της Ε.Ι. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε. στόχο είχαν την ενημέρωση του κοινού για το νέο Cream Cracker με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνη, δίνοντας έμφαση στον ισχυρισμό υγείας που το συνοδεύει. Αναλυτικότερα, σε κάθε προβολή του Cracker κυριαρχούσε η αξία της β-γλυκάνης στην διατροφή αλλά και η ευκολία στην καθημερινή κατανάλωσή του.

Η διαφημιστική καμπάνια δραστηριοποιήθηκε έντονα το 2015 που είναι το έτος έναρξης κυκλοφορίας του προϊόντος και έναρξης λανσαρίσματος του. Ενώ, συνεχίστηκε έως το 2017, έτος που σηματοδοτεί την μείωση των πωλήσεων του προϊόντος. Επισημαίνεται εδώ πως η μείωση της διαφήμισης του προϊόντος και η μείωση των πωλήσεων του είναι σχεδόν ταυτόχρονη.

### 3.1.2 Προκλήσεις για την κυκλοφορία ενός νέου διατροφικού προϊόντος στην αγορά

Η προσθήκη ενός νέου προϊόντος σε μία εταιρία απαιτεί μεγάλη έρευνα. Αυτή αφορά τόσο το ίδιο το προϊόν και την παραγωγή του, όσο και το επιχειρηματικό πλαίσιο του. Η στρατηγική μάρκετινγκ, το σχέδιο πωλήσεων, οι δείκτες απόδοσης

αποτελούν μερικά από τα θέματα που εντοπίζονται στο επιχειρηματικό σχέδιο ενός προϊόντος.

Το επιχειρηματικό σχέδιο έχει πολλές πτυχές και τελικά θα καθορίσει αν το προϊόν θα κυκλοφορήσει στην αγορά. Μέσω αυτού η επιχείρηση βρίσκει λύσεις σε διάφορα θέματα, όπως το αν και με ποιο τρόπο το νέο προϊόν θα είναι κερδοφόρο. Απαντά κυρίως σε τρία ερωτήματα: «που βρισκόμαστε τώρα;», «που θα θέλαμε να πάμε στο μέλλον;» και «πώς θα πάμε εκεί;». Το επιχειρηματικό σχέδιο για το Cream Cracker με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνη, στην πλήρη μορφή του, βασίστηκε στους ακόλουθους άξονες :

### Επιτελική Σύνοψη

Το καινοτόμο Cream Cracker με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνη ήρθε να σφραγίσει την επιτυχία των Cream Crackers και υπογραμμίζει πως η διατροφή δρα ωφέλιμα για την υγεία. Με την παραγωγή ενός λειτουργικού τρόφιμου που βοηθά στην μείωση της χοληστερόλης, η Ε.Ι. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε. προτείνει ένα υγιεινό σνακ βασισμένο σε παγκόσμιους ισχυρισμούς υγείας. Καταναλωτές του Cracker αυτού είναι όλοι οι πολίτες ανεξαρτήτου ηλικίας με κυριότερο στόχο εκείνους που πάσχουν από υπερχοληστερολαιμία ή εκείνους που έχουν ιστορικό οικογενούς υπερχοληστερολαιμίας. Το προϊόν μπορεί να κινηθεί μέσω όλων των σημείων πώλησης αρτοσκευασμάτων και η διαφήμιση του έχει πραγματοποιηθεί μέσω όλων των μέσων ενημέρωσης αλλά και με την υποστήριξη ειδικών διατροφολόγων. Η έμπειρη ομάδα της Ε.Ι. Παπαδόπουλου Α.Ε. φέρει σε πέρας την αποστολή της, παρουσιάζοντας στην αγορά άλλο ένα επιτυχημένο προϊόν.

### Επισκόπηση επιχείρησης

Η εταιρία Ε.Ι. Παπαδόπουλος Α.Ε. δραστηριοποιείται επίσημα στον τομέα παραγωγής αρτοσκευασμάτων από το 1938. Αφετηρία της Ε.Ι. Παπαδόπουλος Α.Ε. ήταν ένας φούρνος κοντά στο Λυκαβηττό. Το 1930 κυκλοφόρησε για πρώτη φορά τα Μιράντα, το 1931 τα Γεμιστά Παπαδοπούλου και το 1935 τα πρώτα Cream Crackers. Η αγάπη του κόσμου για τα σκευάσματα αυτά οδήγησε το 1938 την οικογένεια Παπαδόπουλου στην αγορά ενός μικρού εργοστασίου και μηχανημάτων ελληνικής

κατασκευής και έτσι η παραγωγή απέκτησε βιομηχανικό χαρακτήρα. Σήμερα η Ε.Ι. Παπαδόπουλος Α.Ε. έχει 4 εργοστάσια πανελλαδικά και κυκλοφορεί πάνω από 200 προϊόντα.

Τα Cream Crackers με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνη είναι το Cream Crackers που εντάσσεται τελευταίο στην λίστα των Cream Crackers. Η πρόταση αξίας της επιχείρησης είναι «Το νέο Cream Crackers με κριθάρι, βρώμη & β-γλυκάνη που μειώνει τη χοληστερόλη». Η δήλωση αποστολής είναι, οι καταναλωτές να έχουν την επιλογή προτίμησης ενός γευστικού snack που ταυτόχρονα θα επιδρά θετικά στην υγεία τους.

### Προϊόντα και υπηρεσίες

Οι καθημερινές διατροφικές συνήθειες μπορούν και επιδρούν άμεσα στα επίπεδα χοληστερόλης, χωρίς αυτό να υποβιβάζει τους γενετικούς παράγοντες που οδηγούν σε αυξημένη χοληστερόλη. Πολλοί άνθρωποι καθημερινά αναζητούν υγιεινές λύσεις για την διατήρηση των φυσιολογικών επιπέδων της στο αίμα. Παράδειγμα μιας τέτοιας επιλογής είναι τα Cream Crackers με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνη. Η κατανάλωση τεσσάρων Cream Crackers παρέχει 1g β-γλυκάνης στον οργανισμό, ενώ με βάση τα στοιχεία του EFSA «η κατανάλωση 3g β-γλυκάνης καθημερινά έχει δείξει ότι εξασφαλίζει την ευεργετική δράση της β-γλυκάνης».

Ο ανταγωνισμός πάνω στο συγκεκριμένο προϊόν είναι μεγάλος. Ως άμεσοι ανταγωνιστές του Cracker αυτού λογίζονται τα προϊόντα άλλων εταιριών που έχουν τον ίδιο στόχο (μείωση της χοληστερόλης) είτε έχουν β-γλυκάνες είτε όχι. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το βούτυρο αλείμματος *Becel ProActiv*. Επιπλέον, στην αγορά υπάρχουν και αρτοσκευάσματα άλλων εταιριών με β-γλυκάνες που ως πρόταση αξίας έχουν την μείωση χοληστερόλης.

### Ανάλυση αγοράς

Παγκοσμίως, το ένα τρίτο των ισχαιμικών καρδιακών παθήσεων οφείλεται στην υψηλή χοληστερόλη. Συνολικά, η αυξημένη χοληστερόλη εκτιμάται ότι προκαλεί 2,6

εκατομμύρια θανάτους (4,5% του συνόλου) το έτος. Η αυξημένη ολική χοληστερόλη είναι μια κύρια αιτία επιβάρυνσης ασθενειών τόσο στον ανεπτυγμένο όσο και στον αναπτυσσόμενο κόσμο ως παράγοντας κινδύνου για ισχαιμική καρδιακή νόσο και εγκεφαλικό. Το 2008, ο παγκόσμιος επιπολασμός της αυξημένης ολικής χοληστερόλης μεταξύ των ενηλίκων ήταν 39% (37% για τους άνδρες και 40% για τις γυναίκες) (<https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/indicator-details/3236>).

Σύμφωνα με το άρθρο του Ελληνικού Περιοδικού Καρδιολογίας (2023) η Ελλάδα ανήκει πλέον στις χώρες μεσαίου κινδύνου όσον αφορά τα καρδιαγγειακά νοσήματα. Η υπερχοληστερολαιμία αποτελεί την κύρια αιτία για το 27% των θανάτων από καρδιαγγειακά νοσήματα. Τα δεδομένα αυτά είναι αποτέλεσμα πανελλαδικής έρευνας της Εθνικής Έρευνας Νοσηρότητας και Παραγόντων Κινδύνου (EMENO) για τα έτη 2013-2016. Η αστικοποίηση, τα διατροφικά πρότυπα, η παχυσαρκία, το κάπνισμα και η σωματική αδράνεια είναι μερικοί λόγοι που έχουν οδηγήσει σε αύξηση του επιπολασμού των δυσλιπιδαιμιών. Το EMENO κατέδειξε τον υψηλό επιπολασμό των δυσλιπιδαιμιών στην Ελλάδα, με περισσότερους από τους μισούς ενήλικες να έχουν κάποιο είδος δυσλιπιδαιμίας και το 14% να λαμβάνουν φαρμακευτική αγωγή. Αυτά τα πρόσφατα επιδημιολογικά δεδομένα έδειξαν υψηλότερο ποσοστό δυσλιπιδαιμίας στην Ελλάδα από ό,τι σε άλλες εθνικές και διεθνείς έρευνες, με λιγότερη χρήση φαρμακευτικής αγωγής και σίγουρα συνέβαλαν στην πρόσφατη αναταξινόμηση του ελληνικού πληθυσμού από πληθυσμό με χαμηλό καρδιαγγειακό κίνδυνο σε μεσαίο. Τέλος, το άρθρο καταλήγει πως απαιτούνται επειγόντως πανελλαδικά προγράμματα ευαισθητοποίησης του κοινού για την πρόληψη και τη διαχείριση των δυσλιπιδαιμιών, με στόχο την ανάσχεση του αυξανόμενου ποσοστού καρδιαγγειακών παθήσεων στην Ελλάδα.

Ο προσδιορισμός της αγοράς στόχου είναι ένα από τα σημαντικότερα σημεία του επιχειρηματικού σχεδίου. Αναφορικά με το πλήθος των δυνητικών πελατών διακρίνονται τρία επίπεδα. Το Total Available Market (TAM) αφορά όλους όσους επιθυμεί η Ε.Ι. Παπαδόπουλος Α.Ε. να προσεγγίσει για να προωθήσει το προϊόν. Συγκεκριμένα, κάθε πολίτης που μπορεί να καταναλώσει αρτοσκευάσματα ανήκει στην ομάδα TAM. Ένα πιο περιορισμένο εύρος καταναλωτών εμπεριέχεται στο επίπεδο Served Available Market (SAM) και αφορά το υποσύνολο του TAM στο

οποίο στοχεύει η επιχείρηση κατά κύριο λόγο. Τέλος, το τρίτο επίπεδο είναι το Share of the Market (SOM) και αφορά το υποσύνολο του SAM, το οποίο μπορεί ρεαλιστικά να προσεγγίσει η επιχείρηση άμεσα σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα.

Αναφορικά με την αγορά-στόχο που έχει η επιχείρηση, ορίζει και τον ιδανικό πελάτη της. Στην περίπτωση μας ο ιδανικός πελάτης είναι η 55 χρονών κυρία Βασιλική Ιορδανίδη. Η κυρία Βασιλική είναι εργαζόμενη πλήρους απασχόλησης και έχει οικογένεια. Πριν κάποια χρόνια διαγνώστηκε με ελαφριά υπερχοληστερολαιμία (τιμές ελαφρώς εκτός των ανώτερων ορίων) και από την διάγνωσή της και έπειτα προσπαθεί να προσέχει την διατροφή της. Όμως, κάποιες φορές απέχει από την σωστή διατροφή. Για τον λόγο αυτό, αναζητά προϊόντα που θα την βοηθήσουν με τον έλεγχο των επιπέδων της χοληστερόλης στο αίμα.

#### Σχέδιο marketing και πωλήσεων

Η προσέγγιση της αγοράς οφείλει να είναι ολιστική. Η διαφήμιση του προϊόντος πραγματοποιείται τα έτη 2015 - 2017 μέσω τηλεόρασης, ραδιοφώνου και με την βοήθεια ειδικών διαιτολόγων. Στην συνέχεια για τα επόμενα έτη η διαφήμιση των Cream Crackers με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνες γίνεται μόνο μέσω της διαφήμισης των κλασσικών Cream Crackers. Φυσικά καθ' όλο αυτό το διάστημα σημαντική είναι και η υποστήριξη του προϊόντος στα καταστήματα μέσω καμπάνιας. Σε πολλά από τα ράφια στα οποία βρίσκονται τα προϊόντα υπάρχουν και διακριτικά που υποδεικνύουν τα πλεονεκτήματα αυτών. Το πλάνο των πωλήσεων περιλαμβάνει την σταδιακή αύξηση των πωλήσεων τα πρώτα 2 με 3 χρόνια και την μετέπειτα ελαφριά μείωση και σταθεροποίηση των πωλήσεων.

#### Ορόσημα και δείκτες επίδοσης

Έως το 2015 η εταιρία E.I. Παπαδόπουλος Α.Ε. κυκλοφορούσε στην αγορά 4 πολύ πετυχημένα Cream Cracker. Το επιχειρηματικό πλάνο πίσω από αυτά καθόρισε την επιτυχία τους. Όμως, το νέο προϊόν με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνη έχει μια επιπλέον καινοτομία και έτσι έπρεπε να γίνει μια διαφορετική προσέγγιση.

Η έντονη διαφημιστική καμπάνια ξεκίνησε με την εμφάνιση του προϊόντος στα καταστήματα και έμεινε ενεργή έως την εγκαθίδρυση του αρτοσκευάσματος στην αγορά. Το χρονικό πλαίσιο αυτής της πράξης ήταν 2 έτη με αύξηση κατά το τέλος του πρώτου χρόνου και μετέπειτα μείωση των διαφημίσεων. Η παραγωγή του προϊόντων είναι τμηματική και είναι αποτέλεσμα της ζήτησης.

Οι δείκτες επίδοσης καθορίζουν τις επόμενες κινήσεις της εταιρίας. Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση μας είναι οι πωληθείσες ποσότητες και η κερδοφορία του προϊόντος.

### Οργάνωση και διοικητική ομάδα

Η ομάδα της εταιρία Ε.Ι. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε. που δραστηριοποιείται στον τομέα παραγωγής και ελέγχου των αρτοσκευασμάτων, απαρτίζεται από 1500 άτομα. Η αρμονική συνεργασία θέτει τα θεμέλια για καινοτόμες και επιτυχημένες δημιουργίες. Η επιστημονική ομάδα της Παπαδόπουλου ΑΕ είναι άρτια καταρτισμένη και προσπαθεί να εισάγει την εταιρία σε μια νέα εποχή δίνοντας βάση στα λειτουργικά τρόφιμα, βελτιώνοντας ουσιαστικά την ποιότητα υγείας των καταναλωτών. Οι επιταγές των καιρών δεν ζητούν απλά την εισαγωγή στην αγορά τροφίμων με γεμάτη γεύση. Αυτό που είναι απαραίτητο πλέον, και μάλιστα για πολλούς προαπαιτούμενο είναι η διατροφική αξία των σκευασμάτων δίνοντας βάση στο υγιεινό αποτύπωμα των τροφίμων. Αυτή την πρόκληση επεξεργάζεται και αξιοποιεί πλήρως η ομάδα του Ε.Ι. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε., ούσα καινοτόμος και πρωτοπόρος.

### Χρηματοοικονομικό σχέδιο

Το χρηματοοικονομικό σχέδιο είναι το κλειδί για την βιωσιμότητα της ιδέας. Ως καλή πρακτική λογίζεται η μηνιαία πρόβλεψη εσόδων για όλο το πρώτο έτος και ετήσιες προβλέψεις για τα επόμενα τρία έως πέντε έτη, όπως και έγινε. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται πολλά λογιστικά δεδομένα, όπως ο ισολογισμός, η κατάσταση ταμειακών ροών και ούτω καθεξής, τα οποία όμως δεν εμπίπτουν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

### 3.1.2.1 Προβολή στο Μέλλον

Το Cream Cracker με κριθάρι, βρώμη και β-γλυκάνη είναι ένα προϊόν το οποίο έχει περιθώριο αύξησης πωλήσεων. Η αύξηση αυτή είναι αποτέλεσμα προσέγγισης της αγοράς-στόχου. Καίριο ερώτημα λοιπόν είναι το «πως οι καταναλωτές θα αγοράσουν το προϊόν; Γιατί να επιλέξουν το συγκεκριμένο;». Σίγουρα η διαφήμιση είναι ο πιο δημοφιλής τρόπος. Πλέον το κοινό τείνει να χρησιμοποιεί παραπάνω τα social media παρά την τηλεόραση ή το ραδιόφωνο. Έτσι, πλέον η διαφήμιση του προϊόντος θα μπορούσε να γίνει μέσω ορισμένων «influencer» που ασχολούνται με θέματα διατροφής. Με τον τρόπο αυτό το καταναλωτικό κοινό που έχει ενδιαφέρον προς το προϊόν, θα το γνωρίσει και θα το εμπιστευτεί ευκολότερα.

Τέλος, αξιόλογο θα ήταν η Παπαδόπουλος Α.Ε. να πάρει ενεργά μέρος σε συνέδρια με θέμα την υπερχοληστερολαιμία. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω σχεδόν ένας στους δύο πολίτες της Ελλάδας έχουν αυξημένη χοληστερόλη και από αυτούς λιγότερο από το ένα πέμπτο είναι υπό αγωγή, ενώ σχεδόν ένας στους τέσσερις θανάτους από καρδιακό νόσημα οφείλεται στην υπερχοληστερολαιμία. Τα δεδομένα αυτά υπογραμμίζουν την αναγκαιότητα για ενημέρωση. Η Ε.Ι. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε. μπορεί να πάρει την σκυτάλη και να πρωτοπορήσει για άλλη μια φορά, διοργανώνοντας ή συμμετέχοντας σε ημερίδες που στοχεύουν στην ενημέρωση του κοινού για θέματα που αφορούν την χοληστερόλη και την υγεία. Αυτή η προσέγγιση έχει διττό ρόλο, διότι η εταιρεία αποκτά ένα πιο ανθρωποκεντρικό προφίλ με έμφαση στην προαγωγή της υγείας, ενώ ταυτόχρονα προωθούνται τα προϊόντα της. Στο πλαίσιο αυτό, πολλές εταιρείες συνεργάζονται με ιδρύματα ερευνών και Πανεπιστημιακές ερευνητικές ομάδες, χρηματοδοτώντας τις αντίστοιχες έρευνες με σκοπό την ανάδειξη των ευεργετικών ιδιοτήτων των εκάστοτε προϊόντων ακόμα και σε κλινικό επίπεδο, γεγονός που οδηγεί στην ευκολότερη και πιο άμεση διαφήμισή τους.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διατροφή έχει προεξέχοντα ρόλο στο θέμα της υγείας. Ο σημερινός τρόπος ζωής, στον οποίο συμπεριλαμβάνεται η κακή διατροφή, οδηγεί στην εκδήλωση διαφόρων νοσημάτων, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα την αύξηση του κίνδυνου και συνεπώς της εκδήλωσης καρδιαγγειακών νοσημάτων στον ελληνικό χώρο και παγκοσμίως. Η παρούσα εργασία πραγματεύεται ένα μόριο με πολύ μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον στο πλαίσιο της βελτίωσης της υγείας, την β-γλυκάνη. Η β-γλυκάνη, ένας πολυσακχαρίτης με ισχυρές ενδείξεις πρεβιοτικής δράσης, αποτελεί κλειδί για την μείωση της χοληστερίνης, την προστασία έναντι του διαβήτη και της παχυσαρκίας, σχετίζεται με το αναπνευστικό σύστημα αλλά και με το ανοσοποιητικό, εμφανίζοντας τόσο αντιαλλεργική δράση, όσο και αντικαρκινική. Με αφετηρία την εξαιρετικής σημασίας προσπάθεια της Ε.Ι. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α.Ε. σε αυτό το σπουδαίο τομέα που καλείται υγιεινή διατροφή, η παρούσα εργασία επιχειρεί μια ανασκόπηση της πρόσφατης βιβλιογραφίας που τεκμηριώνει τις ευεργετικές για την υγεία ιδιότητες των β-γλυκανών και παρουσιάζει τις βασικές πτυχές της χρήσης τους σε λειτουργικά αρτοσκευάσματα.

Nutrition plays a prominent role in health. The current lifestyle, which includes poor nutrition, leads to the occurrence of various diseases, with the most typical example being the increase in the risk and therefore the occurrence of cardiovascular diseases in Greece and worldwide. This paper deals with a molecule of great research interest in the context of health improvement,  $\beta$ -glucan. B-glucan, a polysaccharide with strong evidence of prebiotic action, is key to reducing cholesterol, protecting against diabetes and obesity, is related to the respiratory system and the immune system, showing both anti-allergic and anti-cancer effects. Starting from the extremely important effort of the E.I. PAPADOPOULOS S.A. in this important field called healthy nutrition, this paper attempts a review of the recent bibliography documenting the health-beneficial properties of  $\beta$ -glucans and presents the key aspects of their use in functional bakery products.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bhanja, S.K.; Rout, D.; Patra, P.; Sen, I.K.; Nandan, C.K.; Islam, S.S. Water-Insoluble Glucans from the Edible Fungus *Ramaria Botrytis*. *Bioact. Carbohydr. Diet. Fibre* **2014**, *3*, 52–58.
2. Bliss, E. S., & Whiteside, E. (2018). The Gut-Brain Axis, the Human Gut Microbiota and Their Integration in the Development of Obesity. *Frontiers in Physiology*, *9*. doi:10.3389/fphys.2018.00900
3. Boulaka, A., Christodoulou, P., Vlassopoulou, M., Koutrotsios, G., Bekiaris, G., Zervakis, G. I., Pletsas, V. (2020). Genoprotective Properties and Metabolites of  $\beta$ -Glucan-Rich Edible Mushrooms Following Their In Vitro Fermentation by Human Faecal Microbiota. *Molecules*, *25*(15), 3554. doi:10.3390/molecules25153554
4. Chugh, B., & Kamal-Eldin, A. (2020). *Bioactive compounds produced by probiotics in food products*. *Current Opinion in Food Science*, *32*, 76–82. doi:10.1016/j.cofs.2020.02.003
5. Ciecierska, A.; Drywień, M.; Hamulka, J.; Sadkowski, T. Nutraceutical Functions of Beta-Glucans in Human Nutrition. *Rocz. Panstw. Zakl. Hig.* **2019**, *70*, 315–324.
6. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). BARLEYmax. Available online: <https://www.csiro.au/en/research/production/food/BARLEYmax-BUcase-study> (accessed on 24 May 2021).
7. Danik M. Martirosyan. Functional Food Center’s vision on functional food definition and science in comparison to FDA’s health claim authorization and Japan’s Foods for Specified Health Uses. *Functional Foods in Health and Disease* 2020; *10*(11): 465-481
8. Du, B., Meenu, M., Liu, H., & Xu, B. (2019). *A Concise Review on the Molecular Structure and Function Relationship of  $\beta$ -Glucan*. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(16), 4032. doi:10.3390/ijms20164032
9. Ejtahed HS, Mohtadi Nia J, Homayouni Rad A, Niafar M, Asghari Jafarabadi M, Mofid V (2011) The effects of probiotic and conventional yoghurt on diabetes markers and insulin resistance in type 2 diabetic patients: a randomized controlled clinical trial. *Iranian J Endocrinol Metab* *13*(1):1–8

10. Ekström, L. M. N. K., Henningsson Bok, E. A. E., Sjöo, M. E., & Östman, E. M. (2017). Oat  $\beta$ -glucan containing bread increases the glycaemic profile. *Journal of Functional Foods*, 32, 106–111. doi:10.1016/j.jff.2017.02.027
11. Fehlbaum, S., Prudence, K., Kieboom, J., Heerikhuisen, M., van den Broek, T., Schuren, F., Raederstorff, D. (2018). *In Vitro Fermentation of Selected Prebiotics and Their Effects on the Composition and Activity of the Adult Gut Microbiota*. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(10), 3097. doi:10.3390/ijms19103097
12. Felizardo, R. J. F., Watanabe, I. K. M., Dardi, P., Rossoni, L. V., & Camara, N. O. S. (2019). The interplay among gut microbiota, hypertension and kidney diseases: The role of short-chain fatty acids. *Pharmacological Research*, 141, 366–377.
13. Fu, J. T., Shiau, S. Y., Chang, R. C. (2014). Effect of calamondin fiber on rheological, antioxidative and sensory properties of dough and steamed bread. *Journal of Texture Studies*, 45, 367-376.
14. Fu, J. T., Chang, Y. H., Shiau, S. Y. (2015). Rheological, antioxidative and sensory properties of dough and mantou (steamed bread) enriched with lemon fiber. *LWT -Food Science and Technology*, 61, 56-62.
15. Gibson GR, Hutkins R, Sanders ME, Prescott SL, Reimer RA, Salminen SJ, et al. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews. Gastroenterology & Hepatology*. 14 (8): 491–502. doi:10.1038/nrgastro.2017.75. PMID 28611480. S2CID 11827223.
16. Gill S, Vasanthan T, Ooraikul B, Rossnagel B (2002) Wheat bread quality as influenced by the substitution of waxy and regular barley flours in their native and extruded forms. *J Cereal Sci* 36:219–237. doi:10.1006/jcrs.2001.0458
17. Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A., Apesteuguía, A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 216, 51-56.
18. Gularte, M. A., Hera, E. D. I., Gómez, M., Rosell, C. M. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT-Food Science and Technology*, 48, 209-214.

19. Henrion, M., Francey, C., Lê, K.-A., & Lamothe, L. (2019). *Cereal B-Glucans: The Impact of Processing and How It Affects Physiological Responses*. *Nutrients*, 11(8), 1729. doi:10.3390/nu11081729
20. Hooda S, Matte J, Vasanthan T, Zijlstra RT. Dietary oat  $\beta$ -glucan reduces peak net glucose flux and insulin production and modulates plasma incretin in portal vein catheterized grower pigs. *Nutr* 2010;140(9):1564–9.
21. Homayouni A (2009) Letter to the editor. *Food Chem*. 114(3):1073
22. <https://doi.org/10.3390/molecules27041393>
23. Huang, Z.-H., Zhao, Y., Zhu, K.-X., Guo, X.-N., Peng, W., & Zhou, H.-M. (2017). Effect of Barley  $\beta$ -Glucan on the Gluten Polymerization Process in Dough during Heat Treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(29), 6063–6069. doi:10.1021/acs.jafc.7b02011
24. Hughes, J., & Grafenauer, S. (2021). *Oat and Barley in the Food Supply and Use of Beta Glucan Health Claims*. *Nutrients*, 13(8), 2556. doi:10.3390/nu13082556
25. Jalil Mhd, A., Combet, E., Edwards, C., & Garcia, A. (2019). *Effect of  $\beta$ -Glucan and Black Tea in a Functional Bread on Short Chain Fatty Acid Production by the Gut Microbiota in a Gut Digestion/Fermentation Model*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2), 227. doi:10.3390/ijerph16020227
26. Jayachandran, M., Chen, J., Chung, S. S. M., & Xu, B. (2018). A critical review on the impacts of  $\beta$ -glucans on gut microbiota and human health. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. doi:10.1016/j.jnutbio.2018.06.010
27. José J. van den Driessche, Jogchum Plat and Ronald P. Mensink (2018) Effects of superfoods on risk factors of metabolic syndrome: a systematic review of human intervention trials. *Food & Function* 9, 1944–1966
28. Jung, E. S., Park, H. M., Hyun, S. M., Shon, J. C., Singh, D., Liu, K. H., Whon, T. W., Bae, J. W., Hwang, J. S. & Lee, C. H. 2017. The green tea modulates large intestinal microbiome and exo/endogenous metabolome altered through chronic UVB-exposure. *PLoS One*, 12, e0187154.

29. Kurek, M. A., Wyrwisz, J., Wierzbicka, A. (2016). Effect of  $\beta$ -glucan particle size on the properties of fortified wheat rolls. *CyTA-Journal of Food*, 14, 124–130.
30. Liang, Y., & Wen, Z. (2014). Bio-based nutraceuticals from biorefining. *Advances in Biorefineries*, 596–623. doi:10.1533/9780857097385.2.596
31. Mitsou EK, Panopoulou N, Turunen K, Spiliotis V, and Kyriacou A: Prebiotic potential of barley-derived  $\beta$ -glucan at low intake levels: a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical study. *Food Res Int* 43, 1086–1092, 2010.
32. Manning, T. S., & Gibson, G. R. (2004). Prebiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 18(2), 287–298. doi:10.1016/j.bpg.2003.10.008
33. Mitsou, E. K., Saxami, G., Stamoulou, E., Kerezoudi, E., Terzi, E., Koutrotsios, G., Kyriacou, A. (2020). *Effects of Rich in B-Glucans Edible Mushrooms on Aging Gut Microbiota Characteristics: An In Vitro Study. Molecules*, 25(12), 2806. doi:10.3390/molecules25122806
34. Mohebbi, Z., Homayouni, A., Azizi, M. H., & Hosseini, S. J. (2017). *Effects of beta-glucan and resistant starch on wheat dough and prebiotic bread properties. Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 101–110. doi:10.1007/s13197-017-2836-9
35. Mohebbi, Z., Homayouni, A., Azizi, M. H., & Hosseini, S. J. (2017). *Effects of beta-glucan and resistant starch on wheat dough and prebiotic bread properties. Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 101–110. doi:10.1007/s13197-017-2836-9
36. Peng, M., Tabashsum, Z., Anderson, M., Truong, A., Houser, A. K., Padilla, J., Biswas, D. (2020). *Effectiveness of probiotics, prebiotics, and prebiotic-like components in common functional foods. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. doi:10.1111/1541-4337.12565
37. Proserpio, C., Pagliarini, E., Laureati, M., Frigerio, B., & Lavelli, V. (2019). *Acceptance of a New Food Enriched in  $\beta$ -Glucans among Adolescents: Effects of Food Technology Neophobia and Healthy Food Habits. Foods*, 8(10), 433. doi:10.3390/foods8100433
38. Rahar, S., Swami, G., Nagpal, N., Nagpal, M., & Singh, G. (2011). Preparation, characterization, and biological properties of  $\beta$ -glucans.

- Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research, 2(2), 94. doi:10.4103/2231-4040.82953
39. Rezende, E. S. V., Lima, G. C., & Naves, M. M. V. (2021). *Dietary fibers as beneficial microbiota modulators: A proposed classification by prebiotic categories*. *Nutrition*, 89, 111217. doi:10.1016/j.nut.2021.111217
  40. Roberfroid, M., Gibson, G. R., Hoyles, L., McCartney, A. L., Rastall, R., Rowland, I., et al. (2010). Prebiotic effects: Metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition*, 104(Suppl. 2), S1–S63.
  41. Rumberger M, Arch R, Green A. Butyrate and other short-chain fatty acids increase the rate of lipolysis in 3T3-L1 adipocytes. *PeerJ* 2014;2:e611.
  42. Singh, M., Liu, S. X., Vaughn, S. F. (2012). Effect of corn bran as dietary fiber addition on baking and sensory quality. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 1, 348-352.
  43. Singh, R. K., Chang, H. W., Yan, D., Lee, K. M., Ucmak, D., Wong, K., Abrouk, M., Farahnik, B., Nakamura, M., Zhu, T. H., Bhutani, T. & Liao, W. 2017. Influence Of Diet On The Gut Microbiome And Implications For Human Health. *J Transl Med*, 15, 73.
  44. Skendi A, Biliaderis C, Papageorgiou M, Izydorczyk M (2010) Effects of two barley β-glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chem* 119:1159–1167. doi:10.1016/j.foodchem.2009.08.030
  45. Slizewska, K., Kapus´niak, ., Barczynska, R., & ochym, K. (2012). Resistant dextrins as prebiotic. In C.-F. Chang (Ed.), *Carbohydrates Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology*. ISBN: 978-953-51-0864-1, INTECH. <http://dx.doi.org/10.5772/51573>
  46. Song, Q., Wang, Y., Huang, L., Shen, M., Yu, Y., Yu, Q., ... Xie, J. (2020). Review of the relationships among polysaccharides, gut microbiota, and human health. *Food Research International*, 109858. doi:10.1016/j.foodres.2020.109858
  47. Tan, J., McKenzie, C., Potamitis, M., Thorburn, A. N., Mackay, C. R., & Macia, L. (2014). The role of short-chain fatty acids in health and disease. *Advances in Immunology*, 121, 91–119.
  48. Vlassopoulou, M., Yannakoulia, M., Pletsas, V., Zervakis, G. I., & Kyriacou, A. (2021). *Effects of fungal beta-glucans on health – a systematic review of*

- randomized controlled trials. Food & Function, 12(8), 3366–3380. doi:10.1039/d1fo00122a*
49. Volman, J.J.; Ramakers, J.D.; Plat, J. Dietary modulation of immune function by  $\beta$ -glucans. *Physiol. Behav.* 2008, 94, 276–284.
50. Wang, L., Ye, F., Feng, L., Wei, F., & Zhao, G. (2017). *The effects of oat  $\beta$ -glucan incorporation on the quality, structure, consumer acceptance and glycaemic response of steamed bread. Journal of Texture Studies, 48(6), 562–570. doi:10.1111/jtxs.12267*
51. Wang, H., Chen, G., Li, X., Zheng, F., & Zeng, X. (2020). Yeast  $\beta$ -glucan, a potential prebiotic, showed a similar probiotic activity to inulin. *Food & Function.* doi:10.1039/d0fo02224a
52. <https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/3236>
53. McRorie J.W., Jr., McKeown N.M. Understanding the Physics of Functional Fibers in the Gastrointestinal Tract: An Evidence-Based Approach to Resolving Enduring Misconceptions about Insoluble and Soluble Fiber. *J. Acad. Nutr. Diet.* 2017;117:251–264. doi: 10.1016/j.jand.2016.09.021.
54. <https://www.verywellhealth.com/short-chain-fatty-acids-5219806>
55. [https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/DIET162/ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ/Λειτουργικές%20ιδιότητες%20υδατανθράκων-Διατητικές%20ίνες\\_2022.pdf](https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/DIET162/ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ/Λειτουργικές%20ιδιότητες%20υδατανθράκων-Διατητικές%20ίνες_2022.pdf)