



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Εργασία

**«Επίδραση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των φυτικών ινών
στα συμπτώματα των λειτουργικών διαταραχών του κατώτερου
γαστρεντερικού: βιβλιογραφική ανασκόπηση»**



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: Στάμου Αικατερίνη, ΑΜ:2548

Χατζοπούλου Γεωργία-Ελένη, ΑΜ:2539

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: Παφίλη Ζωή

ΣΗΤΕΙΑ, Ιανουάριος 2021



HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
DEPARTMENT OF NUTRITION & DIETETICS SCIENCES

THESIS

for the Undergraduate Degree

**«Influence of the physicochemical properties of dietary fiber on
the symptoms of functional disorders of the lower
gastrointestinal tract: a literature review»**



EDITORS: Stamou Aikaterini, YD:2548

Chatzopoulou Georgia-Eleni, YD:2539

SUPERVISOR: Pafili Zoe

SITIA, January 2021

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.

Αποδέχομαι ότι η Βιβλιοθήκη μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από την ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφωτικό, καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Νιώθουμε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε όσους μας βοήθησαν είτε με άμεσο είτε με έμμεσο τρόπο να διεκπεραιώσουμε την πτυχιακή μας εργασία.

Αρχικά, ευχαριστούμε την κ. Ζωή Παφίλη, την επιβλέπουσα καθηγήτρια της πτυχιακής μας, χωρίς την βοήθεια της οποίας δεν θα μπορούσαμε να την φέρουμε εις πέρας. Η καθοδήγησή της ήταν πολύτιμη.

Ευχαριστούμε επίσης, όλους όσους πίστεψαν σε εμάς, οικογένεια, συγγενείς και φίλους, και μας στήριξαν ψυχολογικά τις στιγμές που ήταν πιο δύσκολες για εμάς αυτήν την περίεργη και δύσκολη χρονιά που πέρασε.

Περίληψη

Το κοινό σημείο των ορισμών που έχουν αποδοθεί στις φυτικές ίνες από το 1953 έως σήμερα, είναι ότι αποτελούν πολυμερή υδατανθράκων που δεν πέτονται ούτε απορροφώντας από το λεπτό έντερο. Πιο πρόσφατα, το 2016 ο FDA ορίζει τις φυτικές ίνες ως άπεπτους διαλυτούς ή αδιάλυτους υδατάνθρακες με 3 ή παραπάνω μονομερή και τη λιγνίνη η οποία βρίσκεται εγγενής και άθικτη στα φυτά. Η κατηγοριοποίησή τους μπορεί να γίνει με βάση τις πηγές που τις περιέχουν, την διαλυτότητά τους, την ζύμωσή τους και τις φυσιολογικές τους επιδράσεις.

Οι κύριες φυσικές πηγές φυτικών ινών είναι τα λαχανικά, τα δημητριακά ολικής άλεσης και τα παράγωγά τους (νιφάδες, πίτουρο και άλευρα), τα φρούτα, οι ξηροί καρποί και τα όσπρια. Οι ίνες αυτές (γνωστές και ως εγγενείς) θεωρούνται επίσης άθικτες επειδή δεν έχουν αφαιρεθεί από τα τρόφιμα. Επιπρόσθετα, ο FDA συμπεριλαμβάνει στις φυτικές ίνες και κάποιους απομονωμένους ή συνθετικούς άπεπτους υδατάνθρακες, όπως η β-γλυκάνη, το ψύλλιο, η κυτταρίνη, το guar gum, η πηκτίνη, το κόμμα χαρουπιού και η υδροξυλο-προπυλο-μεθυλο-κυτταρίνη.

Τις τελευταίες δεκαετίες, υπάρχουν πολλά ερευνητικά δεδομένα που καταδεικνύουν την ευεργετική επίδραση των φυτικών ινών στην πρόληψη και διαχείριση των λειτουργικών διαταραχών του κατώτερου γαστρεντερικού συστήματος. Η επίδραση των φυτικών ινών στη λειτουργικότητα του κατώτερου γαστρεντερικού, εξαρτάται από τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και πιο συγκεκριμένα από τη διαλυτότητα, την ικανότητα συγκράτησης νερού, τη δημιουργία όγκου, τη δεσμευτικότητα, την ζύμωση και το ιξώδες. Υπεύθυνοι μηχανισμοί για τον τρόπο δράσης των φυτικών ινών στη γαστρεντερική οδό, συμπεριλαμβάνουν εκτός των άλλων την αύξηση του όγκου των κοπράνων και του περισταλισμού των τοιχωμάτων του εντέρου, με αποτέλεσμα την μείωση των επιπέδων φλεγμονής, την αλληλεπίδρασή τους με το μικροβίωμα και το ανοσοποιητικό σύστημα μέσω της πρεβιοτικής τους δράσης και την παραγωγή αερίων.

Καθώς όλες οι φυσικές πηγές φυτικών ινών δεν περιέχουν μόνο ένα είδος αλλά ποικιλία αυτών η επίδραση κάθε τρόφιμου στα συμπτώματα των λειτουργικών διαταραχών του γαστρεντερικού δεν είναι ξεκάθαρη ενώ δεν υπάρχουν σαφείς οδηγίες στη διεθνή

βιβλιογραφία σχετικά με τα κατάλληλα τρόφιμα για την διαχείριση ασθενών με συγκεκριμένα συμπτώματα από το κατώτερο γαστρεντερικό.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να γίνει συγκέντρωση των διαθέσιμων πληροφοριών της υπάρχουσας επιστημονικής βιβλιογραφίας σχετικά με την επίδραση των φυτικών ινών στις λειτουργικές διαταραχές του κατώτερου γαστρεντερικού συστήματος.

Απώτερος σκοπός είναι η κατηγοριοποίηση των τροφίμων που περιέχουν φυτικές ίνες ανάλογα με τις φυτικοχημικές τους ιδιότητες (ιξώδες, δημιουργία όγκου, διαλυτότητα, ικανότητα συγκράτησης νερού, δεσμευτικότητα, ζύμωση) και η δημιουργία πινάκων με τα κατάλληλα τρόφιμα για τη διαχείριση των συμπτωμάτων των λειτουργικών διαταραχών του κατώτερου γαστρεντερικού και πιο συγκεκριμένα των: δυσκοιλιότητα, διάρροια, διάταση και παραγωγή αερίων.

Λέξεις – Κλειδιά

Φυτικές ίνες, λειτουργικές διαταραχές, γαστρεντερικό σύστημα, μικροβίωμα, πρεβιοτικά, φυτικοχημικές ιδιότητες.

Abstract

The common denominator of fiber definitions from 1953 to the present is that they are carbohydrate polymers that are not digested or absorbed by the small intestine. More recently, in 2016 the FDA designated fiber as indigestible soluble or insoluble carbohydrates with 3 or more monomers and lignin which is inherent and intact in plants. They can be categorized based on the sources they contain, their solubility, their fermentation and their physiological effects.

The main natural sources of fiber are vegetables, whole grains and their derivatives (flakes, bran and flour), fruits, nuts and legumes. These fibers (also known as intrinsic) are also considered intact because they have not been removed from food. In addition, the FDA includes in the fiber some isolated or synthetic indigestible carbohydrates, such as β -glucan, psyllium, cellulose, guar gum, pectin, locust bean gum and hydroxyl-propyl-methyl-cellulose.

In recent decades, there is a lot of research data that demonstrates the beneficial effect of fiber in the prevention and management of functional disorders of the lower gastrointestinal tract. The effect of fiber on the function of the lower gastrointestinal tract depends on their physicochemical properties and more specifically on solubility, water retention, volume formation, binding, fermentation and viscosity. Mechanisms responsible for the action of fiber in the gastrointestinal tract, including increasing the volume of feces and peristalsis of the intestinal wall, resulting in reduced levels of inflammation, their interaction with the microbiome and the immune system of their prebiotic action and gas production.

As all natural sources of fiber do not contain just one species but a variety of them, the effect of each food on the symptoms of gastrointestinal disorders is not clear and there are no clear guidelines in the international literature on the appropriate foods to manage patients with specific symptoms from the lower gastrointestinal tract.

The purpose of this study is to gather the available information from the existing scientific literature on the effect of fiber on functional disorders of the lower gastrointestinal tract.

The ultimate goal is to categorize foods that contain fiber according to their physicochemical properties (viscosity, volume, solubility, water retention, binding, fermentation) and to create tables with appropriate foods to manage the symptoms of functional disorders.

gastrointestinal and more specifically of: constipation, diarrhea, distention and, gas production.

Keywords

Fiber, functional disorders, gastrointestinal system, microbiota, prebiotics, physicochemical properties.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	v
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	xi
Κατάλογος πινάκων	xii
Συνοτομογραφίες & Ακρωνύμια	xiii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
Κεφάλαιο 1: Φυτικές ίνες.....	3
1.1 Ορισμός- Ιστορική αναδρομή.....	3
1.2 Κατηγοριοποίηση φυτικών ινών	8
1.2.1 Χημική σύσταση	8
1.2.2 Διαιτητικές - λειτουργικές ίνες.....	20
1.3 Χαρακτηριστικά και φυσικοχημικές ιδιότητες	21
1.3.1 Διαλυτότητα	21
1.3.2 Ιξώδες	25
1.3.3 Ικανότητα συγκράτησης νερού	28
1.3.4 Ικανότητα ζύμωσης	29
1.3.5 Δημιουργία όγκου	32
1.3.6 Δεσμευτική ικανότητα.....	35
1.4 Πηγές φυτικών ινών	37
1.4.1 Φυσικές πηγές.....	38
1.4.2 Τεχνητές πηγές	41
Κεφάλαιο 2: Πέψη- Απορρόφηση και Μεταβολισμός φυτικών ινών	46
2.1 Αλλαγές στην χημική δομή των ινών κατά την πέψη	46
2.2 Μεταβολισμός και Απορρόφηση ινών	48
2.3 Βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιδράσεις των φυτικών ινών στην υγεία	50
2.3.1 Βραχυπρόθεσμες (άμεσες) επιδράσεις.....	50
2.3.2 Μακροπρόθεσμες (έμμεσες) επιδράσεις- Πρεβιοτική δράση ινών	52
Κεφάλαιο 3: Λειτουργικές διαταραχές και νόσοι κατώτερου πεπτικού.....	56
3.1 Λειτουργικές διαταραχές κατώτερου πεπτικού	56

3.2 Νόσοι που επηρεάζονται	61
3.3 Επίδραση φυτικών ινών στις λειτουργικές διαταραχές του κατώτερου γαστρεντερικού	63
3.3.1 Για δυσκοιλιότητα	63
3.3.2 Για αέρια, διάταση, πόνος.....	64
3.3.3 Για διάρροια	65
Κεφάλαιο 4: Επίδραση συγκεκριμένων φυτικών ινών και τροφίμων που τις περιέχουν στις λειτουργικές διαταραχές του κατώτερου πεπτικού	66
4.1 Δυσκοιλιότητα	66
4.2 Διάρροια	70
4.3 Σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου.....	79
4.4 Φούσκωμα / αέρια/ μετεωρισμός	84
4.5 Συγκεντρωτικός πίνακας.....	87
Συμπεράσματα	98
Βιβλιογραφία.....	100

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Σχήμα 1.2.1 Δομικά ομόλογα γραμμικών πολυσακχαριτών χιτίνη, χιτοσάνη, κυτταρίνη

Σχήμα 1.3.2-1 Ιξώδη γραμμικά πολυμερή (πάνω) και γραμμικά πολυμερή με μορφή τζελ (κάτω)

Σχήμα 2.2.1 Πιθανός μηχανισμός δράσης των φυτικών ινών στον χρόνο εντερικής διέλευσης και σπλαχνικής υπερευαισθησίας

Σχήμα 2.3.1 Αλλαγές στο συνολικό βάρος υγρών κοπράνων (g/ g dietary fiber) και αντίστοιχα διαστήματα εμπιστοσύνης ανάλογα με τη ζύμωση

Σχήμα 3.1.1 Οι διαταραχές του κατώτερου γαστρεντερικού απεικονιζόμενες σαν ένα συνεχές και όχι σαν ξεχωριστές διαταραχές

Εικόνα 3.1.1 Bristol stool chart

Σχήμα 4.4.1 Μια διεπιστημονική προσέγγιση σε ασθενή με FGID, ιδιαίτερα στο σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου και στο λειτουργικό φούσκωμα

Εικόνα 4.4.1 Σημασία ετικέτας με βάση την περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1.2.1 Κατηγοριοποίηση ινών βάση του βαθμού πολυμερισμού

Πίνακας 1.2.2 Συγκεντρωτικός πίνακας με την περιγραφή των φυτικών ινών

Πίνακας 1.4.1 Συγκεντρωτικός πίνακας πηγών και χρήσης φυτικών ινών

Πίνακας 4.1.1 Μέσος όρος αύξησης της μάζας κοπράνων ανά g ίνας

Πίνακας 4.2.1 Επιδράσεις φυτικών ινών σε διάρροια και δυσκοιλιότητα

Πίνακας 4.2.2 Φυσιολογικές ιδιότητες των διαιτητικών ινών

Πίνακας 4.2.3 Περιεχόμενα ινών στα πιο ευρέως καταναλώσιμα σιτηρά

Πίνακας 4.2.4 Περιεχόμενα ινών σε φρούτα, λαχανικά και όσπρια

Πίνακας 4.2.5 Ποσότητα (σε g) διαλυτών, αδιάλυτων ινών και πηκτίνης σε φρούτα

Πίνακας 4.2.6 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε μαγειρεμένα λαχανικά

Πίνακας 4.2.7 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε ωμά λαχανικά

Πίνακας 4.2.8 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε όσπρια

Πίνακας 4.2.9 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε ψωμιά, δημητριακά,
ζυμαρικά

Πίνακας 4.2.10 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε δημητριακά πρωϊνού

Πίνακας 4.2.11 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε σνακ

Πίνακας 4.2.12 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε πρόσθετα συστατικά

Πίνακας 4.3.1 Τύποι ινών φυσικής προέλευσης και πιθανές επιδράσεις στο ΣΕΕ

Πίνακας 4.5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας τροφίμων ανάλογα με τύπο ίνας και πιθανές
επιδράσεις στις λειτουργικές διαταραχές

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

DP (Degree of Polymerisation)	Βαθμός Πολυμερισμού
IBS (Irritable Bowel Syndrome)	ΣΕΕ (Σύνδρομο Ευερέθιστου Εντέρου)
GOS (Galacto Oligosaccharides)	Γαλακτοολιγосακχαρίτες
FOS (Fructooligosaccharides)	Φρουκτοολιγосακχαρίτες
RS (Resistant Starch)	Ανθεκτικό Άμυλο
RCT (Randomized Control Trial)	Τυχαιοποιημένη Δοκιμή Ελέγχου
NSP (Non Starch Polysaccharides)	Μη Αμυλούχοι Πολυσακχαρίτες
DF (Dietary Fiber)	ΔΙ (Διαιτητικές ίνες)
FDA (Food and Drug Administration)	Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ
GIT (Gastrointestinal Tract)	ΓΟ (Γαστρεντερική Οδός)
IΦNE	Ιδιοπαθή Φλεγμονώδη Νοσήματα Εντέρου
FGID (Functional Gastrointestinal Disorders)	Λειτουργικές Γαστρεντερικές Διαταραχές
AOAC	Ένωση Επίσημων Αναλυτικών Χημικών
AACC	Αμερικανική Ένωση Κλινικής Χημείας
EFSA	Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια Τροφίμων
NDCs	Μη Εύπεπτοι Υδατάνθρακες
WHC (Water Holding Capacity)	Ικανότητα Συγκράτησης Νερού
SCFA	Λιπαρά Οξέα Βραχέας Αλύσου
PC	Φαινολικές Ενώσεις
AX	Αραβινοξυλάνη
XOS	Ξυλο-ολιγосακχαρίτες
AXOS	Αραβινοξυλο-ολιγосακχαρίτες
CD (Crohn's Disease)	Νόσος του Crohn
UC (Ulcerative Colitis)	Ελκώδης Κολίτιδα

IC (Indefinite Colitis)	Ακαθόριστη Κολίτιδα
ADA (American Dietetic Association)	Αμερικανική Ένωση Διαιτολόγων
CI (confidence interval)	Διάστημα εμπιστοσύνης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι φυτικές ίνες έγιναν γνωστές και αναγνωρίστηκε η σπουδαιότητά τους στην δεκαετία του 1950, και πιο συγκεκριμένα το 1953, που ορίστηκαν από τον Hiplsey ως πολυμερή υδατανθράκων που δεν πέπτονται ούτε απορροφώνται από το λεπτό έντερο. Οι ορισμοί που αποδόθηκαν στις φυτικές ίνες ανά τα χρόνια ήταν ποικίλοι, και αυτό λόγω της διαφωνίας που υπήρχε για το ποιες φυτικές ουσίες έχουν τις κατάλληλες ιδιότητες για να συμπεριληφθούν στον ορισμό (Buttriss and Stokes, 2008). Με το πέρασμα των χρόνων, αναπτύχθηκαν νέες μέθοδοι μελέτης και ανάλυσης των φυτικών ινών. Έτσι, ένας πιο πρόσφατος ορισμός που αποδίδει ο FDA είναι ότι "οι φυτικές ίνες αποτελούν άπεπτους διαλυτούς ή αδιάλυτους υδατάνθρακες με 3 ή παραπάνω μονομερή και τη λιγνίνη η οποία βρίσκεται εγγενής και άθικτη στα φυτά (FDA, 2016).

Οι φυτικές ίνες, αποτελούνται κυρίως από πολυμερή υδατανθράκων (μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες), που είναι συστατικά των τοιχωμάτων των φυτικών κυττάρων. Συμπεριλαμβάνουν την κυτταρίνη, την ημικυτταρίνη, τις πηκτίνες και άλλους πολυσακχαρίτες που προέρχονται από φυτά ή φύκια, όπως κόμμεα, φυτοβλέννες και ολιγοσακχαρίτες που δεν πέπτονται, όπως η ινουλίνη, οι φρουκτοολιγοσακχαρίτες και οι γαλακτοολιγοσακχαρίτες (Theuwissen and Mensink, 2008; Jian et al., 2013). Επίσης, φυτικές ίνες θεωρούνται μεταξύ άλλων η β-γλυκάνη και το ανθεκτικό άμυλο (Eswaran, Muir and Chey, 2013).

Με την εξέλιξη των επιστημονικών μέσων, έχουν αναλυθεί αρκετά εκτενώς οι φυτικές ίνες ως προς τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και την επίδρασή τους στην φυσιολογία του οργανισμού. Για τον τρόπο και το σημείο που δρα κάθε τύπος ινών στο γαστρεντερικό σύστημα, παίζει ρόλο η ικανότητα συγκράτησης νερού, το ιξώδες, η διαλυτότητα, η ικανότητα δέσμευσης, η ικανότητα διόγκωσης και ζύμωσης (Guillon and Champ, 2000).

Έχει φανεί ότι οι φυτικές ίνες αποτελούν ένα σημαντικό διαιτητικό συστατικό που παρουσιάζει αποδεδειγμένα πολλά οφέλη για την υγεία. Κάποια από αυτά είναι η βελτίωση της δυσκοιλιότητας, η μείωση της χοληστερόλης στο αίμα, η διαχείριση του σακχαρώδους διαβήτη και η προώθηση της αίσθησης του κορεσμού που μπορεί να βοηθήσει στην μείωση του σωματικού βάρους (Chandalia et al., 2000; Jenkins et al., 2004).

Οι επιδράσεις που έχει κάθε τύπος φυτικών ινών στον οργανισμό και πιο συγκεκριμένα στα συμπτώματα των λειτουργικών διαταραχών του κατώτερου γαστρεντερικού, εξαρτώνται από τον τύπο τους. Τα συμπτώματα αυτά είναι η δυσκοιλιότητα, η διάρροια, η διάταση-μετεωρισμός κι η παραγωγή αερίων που σχετίζονται με την κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν συγκεκριμένους τύπους φυτικών ινών. Τα πιο γνωστά τρόφιμα που περιέχουν ίνες είναι τα δημητριακά ολικής άλεσης, τα φρούτα, τα λαχανικά, τα όσπρια και οι ξηροί καρποί (Eswaran, Muir and Chey, 2013).

Στην παρούσα πτυχιακή, θα γίνει κατηγοριοποίηση των τροφίμων που περιέχουν φυτικές ίνες ανάλογα με τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και θα δημιουργηθούν πίνακες με τα κατάλληλα τρόφιμα για την διαχείριση των παραπάνω συμπτωμάτων, καθώς δεν υπάρχει ακόμα διαθέσιμο κάποιο εγχειρίδιο για την διευκόλυνση των επαγγελματιών υγείας.

Κεφάλαιο 1: Φυτικές ίνες

1.1 Ορισμός- Ιστορική αναδρομή

Οι φυτικές ίνες αποτελούνται από μη αφομοιώσιμους υδατάνθρακες και λιγνίνη που είναι εγγενείς και άθικτες στα φυτά. Οι λειτουργικές ίνες αποτελούνται από απομονωμένους, μη εύπεπτους υδατάνθρακες που έχουν ευεργετικές φυσιολογικές επιδράσεις στον άνθρωπο. Οι συνολικές ίνες είναι το άθροισμα των διαιτητικών ινών και των προστιθέμενων ινών (Ινστιτούτο Ιατρικής, 2001).

“Φυτικές ίνες είναι πολυμερή υδατανθράκων με βαθμό πολυμερισμού (DP) όχι μικρότερο από 3 τα οποία ούτε πέπτονται ούτε απορροφώνται στο λεπτό έντερο”.

Οι φυτικές ίνες αποτελούνται από ένα ή περισσότερα από:

- Βρώσιμα πολυμερή υδατανθράκων που απαντώνται φυσικά στα τρόφιμα καθώς καταναλώνονται.
- Πολυμερή υδατανθράκων, τα οποία έχουν ληφθεί από πρώτες ύλες τροφίμων με φυσικά, ενζυματικά ή χημικά μέσα.
- Πολυμερή συνθετικών υδατανθράκων.

Οι φυτικές ίνες ορίστηκαν για πρώτη φορά από τον Hipsley το 1953 ως συστατικά φυτών ανθεκτικά στην πέψη, που αποτελούν το φυτικό κυτταρικό τοίχωμα, όπως για παράδειγμα, η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη. Το 1976 οι Trowell et al. αναγνώρισαν ότι άλλοι μη εύπεπτοι πολυσακχαρίτες (δηλαδή κόμμεα, βλέννες) σχετίζονται με το φυτικό κυτταρικό τοίχωμα χωρίς να συμβάλλει αυστηρά ένα μέρος τους στην περιεκτικότητα των διαιτητικών ινών της διατροφής (Trowell et al., 1976). Ως εκ τούτου, ο ορισμός επεκτάθηκε. Για κάποιο χρονικό διάστημα, οι ίνες ταξινομήθηκαν είτε ως διαλυτές είτε ως αδιάλυτες, ανάλογα με το αν υπάρχει αντίσταση στην ζύμωση στο παχύ έντερο (αδιάλυτες) ή όχι (διαλυτές) (Stephen & Cummings 1980). Ωστόσο, η κατηγοριοποίηση σε διαλυτές και αδιάλυτες έκτοτε θεωρείται ότι είναι παραπλανητική, επειδή μερικές «αδιάλυτες» ίνες στην πραγματικότητα έχουν υποστεί ζύμωση στο παχύ έντερο με τη διαλυτότητα στο νερό να μην μπορεί πάντοτε να υποδηλώσει φυσιολογικές επιδράσεις. Από τη δεκαετία του 1970, το ενδιαφέρον έχει στραφεί σε άλλα 78 συστατικά που προέρχονται από υδατάνθρακες με φυσιολογικές ιδιότητες, ιδίως ανθεκτικά άμυλα και ολιγοσακχαρίτες. Πράγματι, όσον

αφορά το ανθεκτικό άμυλο, η παρατήρηση ότι ο ρυθμός και η έκταση της πέψης του αμύλου μπορεί να ποικίλει ήταν μια από τις πιο σημαντικές εξελίξεις στην κατανόηση των υδατανθράκων τα τελευταία 30 χρόνια σύμφωνα με τους Cummings and Stephen (2007). Ωστόσο, καμία από αυτές τις κατηγορίες υδατανθράκων (εκ των οποίων και οι δύο αντιστέκονται στην πέψη στο λεπτό έντερο) ικανοποιεί πλήρως μία κατηγορία (διαλυτή ή αδιάλυτη).

Με την πάροδο του χρόνου, έγιναν περαιτέρω βελτιώσεις στη δημοσίευση ορισμών που σχετίζονται τόσο με τις φυσιολογικές εκτιμήσεις (πέψη, απορρόφηση, επιπτώσεις στην υγεία) όσο και σε μεθόδους ανάλυσης. Τα τελευταία χρόνια, διάφορες επιτροπές εμπειρογνομόνων αντιμετώπισαν τις δυσκολίες του ακριβούς προσδιορισμού της σύστασης των διαιτητικών ινών και ακριβώς πώς πρέπει να μετρηθούν. Μερικοί ορισμοί περιορίζονται στο NSP (Non-starch polysaccharides), όπως μετράται από τη μέθοδο Englyst (Englyst & Cummings, 1988; Englyst et al., 1996). Αυτή είναι η προσέγγιση που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της τιμής αναφοράς για τις ίνες που δημοσιεύθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1991 (Υπουργείο Υγείας, 1991). Το NSP μπορεί να ερμηνευθεί ως κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, πηκτίνη, αραβινοξυλάνες, β-γλυκάνη, γλυκομαννάνες, κόμμεα και φυτοβλέννες και υδροκολλοειδή, τα οποία βρίσκονται κυρίως στο φυτικό κυτταρικό τοίχωμα (Cummings & Stephen, 2007). Ωστόσο, άλλοι ορισμοί περιλαμβάνουν επιπρόσθετα τους ολιγοσακχαρίτες, το ανθεκτικό άμυλο και τις ανθεκτικές μαλτοδεξτρίνες, όλα εκ των οποίων περνούν χωρίς πέψη μέσα από το λεπτό και το παχύ έντερο.

Επί του παρόντος, πολλοί διαφορετικοί «επίσημοι» ορισμοί για τις φυτικές ίνες χρησιμοποιούνται σε όλο τον κόσμο. Κοινό σημείο των περισσότερων ορισμών είναι ότι οι φυτικές ίνες δεν είναι εύπεπτες στο λεπτό έντερο, δηλαδή μια κατάσταση κατά την οποία κάποιοι υδατάνθρακες διέρχονται από τον ειλεό στο κόλον χωρίς να υποστούν πέψη. Η πλειοψηφία είναι σύμφωνη με εγκεκριμένες μεθόδους ανάλυσης από την Ένωση Επίσημων Αναλυτικών Χημικών (AOAC), όπως η ενζυμική βαρυμετρική μέθοδος (μέθοδος 985.29). Η Αμερικανική Ένωση Κλινικής Χημείας (AACC, 2001) χρησιμοποιεί ορισμό, ο οποίος περιλαμβάνει και τους ολιγοσακχαρίτες: «Φυτικές ίνες είναι τα υπολείμματα του βρώσιμου μέρους των φυτών ή ανάλογοι υδατάνθρακες που είναι ανθεκτικοί στην πέψη και την απορρόφηση στο ανθρώπινο λεπτό έντερο, με πλήρη ή μερική ζύμωση στο παχύ έντερο. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται οι πολυσακχαρίτες, οι ολιγοσακχαρίτες, η λιγνίνη και συναφείς φυτικές ουσίες. Τέλος, προωθούν ευεργετικές φυσιολογικές επιδράσεις,

συμπεριλαμβανομένης της μείωση ή / και της εξασθένησης της χοληστερόλης στο αίμα ή / και της εξασθένησης της γλυκόζης στο αίμα ».

Στον ορισμό του 2001, το Συμβούλιο Τροφίμων και Διατροφής του Ινστιτούτου Ιατρικής στις ΗΠΑ έχει διαχωρίσει τις «παραδοσιακές» ίνες NSP (που αναφέρονται ως «φυτικές ίνες») από τις άλλες ενώσεις που έχουν λάβει σημαντική ερευνητική προσοχή τα τελευταία χρόνια, και περιγράφονται ως «λειτουργικές ίνες». Δήλωσαν ότι οι διαιτητικές ίνες αποτελούνται από μη εύπεπτους υδατάνθρακες, και λιγνίνη που είναι εγγενείς και άθικτες στα φυτά και ότι οι λειτουργικές ίνες αποτελούνται από απομονωμένους, μη εύπεπτους υδατάνθρακες που έχουν ευεργετικές φυσιολογικές επιδράσεις στους ανθρώπους. Οι συνολικές ίνες είναι το άθροισμα των διαιτητικών και των λειτουργικών ινών (FNB, 2001).

Για περισσότερα από 15 χρόνια, η διεθνής επιτροπή CODEX Alimentarius έχει συζητήσει έναν ορισμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως. Μέσα από τα οκτώ στάδια της διαδικασίας CODEX, ένας ορισμός έχει αναπτυχθεί που αναφέρει ότι φυτικές ίνες σημαίνει: πολυμερή υδατανθράκων με 10 ή περισσότερες μονομερείς μονάδες, τα οποία δεν υδρολύονται από ενδογενή ένζυμα στο λεπτό έντερο των ανθρώπων και ανήκουν στις ακόλουθες κατηγορίες :

- 1) Βρώσιμα πολυμερή υδατανθράκων που απαντώνται φυσικά στα τρόφιμα όπως καταναλώνονται,
- 2) Υδατανθρακικά πολυμερή, τα οποία έχουν ληφθεί από πρώτη ύλη τρόφιμα με φυσικά, ενζυματικά ή χημικά μέσα και τα οποία έχουν αποδειχθεί ότι έχουν μια ωφέλιμη φυσιολογική επίδραση για την υγεία, όπως αποδεικνύεται από γενικά αποδεκτές επιστημονικές αποδείξεις στις αρμόδιες αρχές,
- 3) Συνθετικά πολυμερή υδατανθράκων, τα οποία έχουν αποδειχθεί ότι έχουν φυσιολογική επίδραση προς όφελος της υγείας, όπως αποδεικνύεται από γενικώς αποδεκτές επιστημονικές αποδείξεις στις αρμόδιες αρχές.

Αυτός ο ορισμός έφτασε στο Βήμα 7 της διαδικασίας CODEX, αντανακλώντας μια συναινετική γνώμη, και έχει συγκεντρώσει ευρεία υποστήριξη σε όλο τον κόσμο, αλλά δεν είναι σύμφωνος με τον ορισμό που βασίζεται στο NSP που υιοθετήθηκε από το Υπουργείο Υγείας του Ηνωμένου Βασιλείου το 1991, το οποίο περιλαμβάνει μόνο κλάσματα που σχετίζονται με τα τοιχώματα των φυτικών κυττάρων.

Τον Ιούλιο του 2007, η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) παρείχε γνωμοδότηση προς την Επιτροπή για το θέμα αυτό (EFSA, 2007), για το οποίο υπογραμμίζει ότι το κύριο πρόβλημα στην διαφοροποίηση μεταξύ ινών NSP και «λειτουργικών ινών» είναι ότι καμία αναλυτική μέθοδος δεν έχει την ικανότητα να τις διαχωρίζει μεταξύ τους μόλις αναμιχθούν σε ένα προϊόν διατροφής. Ομοίως, τα NSP από τα τοιχώματα των φυτικών κυττάρων δεν μπορούν να διακριθούν σε σχέση με τα πρόσθετα NSP με παρόμοια χημική δομή (EFSA, 2007). Η επιτροπή EFSA συνιστά ότι οι φυτικές ίνες, πρέπει να συμπεριλαμβάνουν όλους τους μη εύπεπτους υδατάνθρακες, λόγω του βασικού τους ρόλο στο λεπτό έντερο για τις θρεπτικές επιδράσεις των υδατανθράκων στον άνθρωπο. Η EFSA ορίζει τις φυτικές ίνες ως μη εύπεπτους υδατάνθρακες συν την λιγνίνη που περιλαμβάνει:

- NSP: κυτταρίνη, ημικυτταρίνες, πηκτίνες, υδροκολλοειδή (κόμμεα, φυτοβλέννες), β-γλυκάνες.
- Ανθεκτικοί ολιγοσακχαρίτες -φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες (FOS), γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες (GOS), άλλοι ολιγοσακχαρίτες που αντιστέκονται στην πέψη (με τρία ή περισσότερα μονομερή).
- Ανθεκτικό άμυλο: φυσικά έγκλειστο άμυλο, μερικοί τύποι ακατέργαστων κόκκων αμύλου, ανάδρομης αμυλόζης, χημικά και / ή φυσικά τροποποιημένα άμυλα.
- Λιγνίνη που σχετίζεται φυσικά με φυτικές ίνες πολυσακχαρίτες.

Ο ορισμός του CODEX εναπόθεσε σε κάθε εθνική αρχή να αποφασίσει εάν θα συμπεριλάβει ολιγοσακχαρίτες με βαθμό πολυμερισμού μεταξύ 3 και 9 (Jones, 2014). Ωστόσο, καμία από τις μέχρι στιγμής διαθέσιμες αναλυτικές μεθόδους δεν είναι σε θέση να κάνει διάκριση μεταξύ φυτικών ινών με βαθμό πολυμερισμού μικρότερο ή μεγαλύτερο από 10 (Zielinski et al., 2013). Έτσι, ένα μήκος αλυσίδας 9 μπορεί να θεωρηθεί αυθαίρετο, καθώς δεν μπορεί να αποδειχθεί αλλαγή στην φυσιολογική επίδραση μεταξύ βαθμού πολυμερισμού 9 και 10 (Lupton et al., 2009). Έως το 2014, οι περισσότερες χώρες (συμπεριλαμβανομένης της ΕΕ) έχουν συμπεριλάβει ολιγοσακχαρίτες με βαθμό πολυμερισμού 3-9 στον ορισμό των φυτικών ινών. Μέχρι σήμερα, αυτές οι μέθοδοι είναι οι πιο περιεκτικές αν και δεν είναι απόλυτα κατανοητές (Zielinski et al., 2013).

Ιστορική αναδρομή των ενεργειών του FDA σχετικά με τις διαιτητικές ίνες:

27 Μαΐου 2016: Ανακοινώνεται ο τελικός κανόνας της ετικέτας Nutrition and Supplement Facts, ο οποίος περιελάμβανε έναν ορισμό των «φυτικών ινών»: επτά απομονωμένοι ή συνθετικοί μη εύπεπτοι υδατάνθρακες.

Νοέμβριος 2016: Δημοσιεύεται αίτημα για επιστημονικά δεδομένα, πληροφορίες και σχόλια για την υποβολή του προσδιορισμού μεμονωμένων ή συνθετικών μη εύπεπτων υδατανθράκων που θα έπρεπε να προστεθούν στον ορισμό των «φυτικών ινών». Οι κατασκευαστές προϊόντων κλήθηκαν να υποβάλουν στον FDA μια αναφορά που να παρέχει επιστημονικά στοιχεία για ευεργετική φυσιολογική επίδραση των απομονωμένων ή συνθετικών μη εύπεπτων υδατανθράκων στην ανθρώπινη υγεία.

Νοέμβριος 2016: Δημοσιεύεται σχέδιο καθοδήγησης για τη βιομηχανία με τίτλο "Επιστημονική αξιολόγηση των στοιχείων σχετικά με τις ευεργετικές φυσιολογικές επιδράσεις των απομονωμένων ή συνθετικών μη εύπεπτων υδατανθράκων που υποβλήθηκαν ως αναφορά για τους πολίτες".

Φεβρουάριος 2018: Δημοσιεύεται μια τελική καθοδήγηση σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η αξιολόγηση των επιστημονικών στοιχείων που υποβλήθηκαν ως μέρος αυτών των αναφορών πολιτών.

Ιούνιος 2018: Κατατέθηκε αίτημα στον FDA να εξεταστεί το ενδεχόμενο να προστεθούν ορισμένοι απομονωμένοι ή συνθετικοί μη εύπεπτοι υδατάνθρακες στη λίστα εκείνων που πληρούν τον ορισμό των «φυτικών ινών». Επιπλέον, ο FDA εξέδωσε μια καθοδήγηση και δημοσίευσε μια επιστημονική ανασκόπηση για οκτώ απομονωμένους ή συνθετικούς μη εύπεπτους υδατάνθρακες (NDCs) που ο οργανισμός σκοπεύει να προτείνει να προστεθεί στον ορισμό για τις «φυτικών ινών» .

Μάρτιος 2019: Προστίθεται το «διασυνδεδεμένο φωσφορυλιωμένο RS4» στον υπάρχοντα κατάλογο απομονωμένων ή συνθετικών μη εύπεπτων υδατανθράκων που ο FDA σκοπεύει να προτείνει να προστεθεί στον ορισμό των φυτικών ινών.

Ιανουάριος 2020: Προστίθεται η «γλυκομαννάνη» στον υπάρχοντα κατάλογο απομονωμένων ή συνθετικών μη εύπεπτων υδατανθράκων που ο FDA σκοπεύει να προτείνει και να προσθέσει στον ορισμό των φυτικών ινών.

1.2 Κατηγοριοποίηση φυτικών ινών

Όποιος και αν είναι ο ορισμός που χρησιμοποιείται, οι φυτικές ίνες αναφέρονται σε μια χημικά πολύ ετερογενή ομάδα ουσιών. Οι φυτικές ίνες καταλαμβάνουν μία μεγάλη ενότητα των διαιτητικών υδατανθράκων, και για αυτό τον λόγο μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση διαφορετικά χαρακτηριστικά τους. Ένα από αυτά είναι η χημική τους σύσταση, η οποία επηρεάζει σημαντικά τις φυσιολογικές τους επιδράσεις και κατά συνέπεια τη συμπεριφορά τους στο πεπτικό σύστημα, καθώς και ο διαχωρισμός τους σε λειτουργικές και διαιτητικές ίνες.

1.2.1 Χημική σύσταση

Οι φυτικές ίνες, ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των διαιτητικών υδατανθράκων, των οποίων η κύρια ταξινόμηση προτάθηκε στην Διαβούλευση των ειδικών για τους υδατάνθρακες στην ανθρώπινη υγεία που πραγματοποιήθηκε στην Ρώμη το 1997 (FAO, 1998), από την Κοινή Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 2003). Γίνεται με βάση το μοριακό μέγεθος, όπως καθορίζεται από τον βαθμό πολυμερισμού (DP), το είδος του δεσμού (α ή β) και τον χαρακτήρα των μονομερών.

Οι υδατάνθρακες χωρίζονται σε 3 κατηγορίες, όσον αφορά το χημικό τους χαρακτήρα: στα σάκχαρα (DP 1-2), στους ολιγοσακχαρίτες (υδατάνθρακες βραχέας αλύσου) (DP 3-9) και στους πολυσακχαρίτες (υδατάνθρακες μακράς αλύσου) (DP ≥ 10). Σε αυτές τις κατηγορίες έχουν συμπεριληφθεί συνθετικά παράγωγα υδατανθράκων και άλλα δευτερεύοντα συστατικά. Στις φυτικές ίνες βέβαια, δεν περιλαμβάνονται τα σάκχαρα (Cummings and Stephen, 2007) (**Πίνακας 1.2.1**). Όσον αφορά την χημική τους σύσταση, οι ολιγοσακχαρίτες αποτελούν ενώσεις μονοσακχαριτών που συνδέονται μεταξύ τους με γλυκοσιδικούς δεσμούς. Ο βαθμός πολυμερισμού τους ποικίλει από 2 έως 19 μονάδες μονοσακχαριτών (<http://www.britannica.com/eb/article-9057022/oligosaccharide>; British Nutrition Foundation, 1990; Food and Drug Administration, 1993). Από την άλλη, οι πολυσακχαρίτες, θεωρούνται μακρομόρια που αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό μονοσακχαριτών που

ενώνονται μεταξύ τους με γλυκοσιδικούς δεσμούς (IUPAC–IUB Joint Commission on Biochemical Nomenclature, 1996).

Πιο αναλυτικά, οι ολιγοσακχαρίτες είναι είτε μαλτο-ολιγοσακχαρίτες (α-γλυκάνες) που προέρχονται κυρίως από την υδρόλυση του αμύλου είτε μη-α γλυκάνες όπως ραφινόζη, σταχυόζη (α-γαλακτοσιδάσες) είτε φρουκτο- και γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες και άλλοι ολιγοσακχαρίτες. Οι πολυσακχαρίτες χωρίζονται στο άμυλο (α-1:4 και α-1:6 γλυκάνες) και στους μη- αμυλούχους πολυσακχαρίτες (NSPs), των οποίων τα περισσότερα συστατικά είναι από το κυτταρικό τοίχωμα των φυτών, όπως κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και πηκτίνη, αλλά περιλαμβάνουν και κόμμεα, φυτοβλέννες και υδροκολλοειδή. Επίσης, κάποιοι υδατάνθρακες όπως η ινουλίνη και η πολυδεξτρόζη συμπεριλαμβάνονται στις φυτικές ίνες, αλλά δεν ταιριάζουν απόλυτα σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες, καθώς συναντώνται στην φύση σε πολλαπλές μοριακές μορφές (Cummings et al., 1997; Roberfroid, 2005). Επίσης, περιλαμβάνουν μίξη πολυμερών από αλυσίδες διαφορετικών μηκών που ξεπερνούν το όριο ολιγοσακχαρίτη/πολυσακχαρίτη (Borderías, Sánchez-Alonso and Pérez-Mateos, 2005).

Πίνακας 1.2.1 Κατηγοριοποίηση ινών βάση του βαθμού πολυμερισμού (Based on Food and Agriculture Organization/World Health Organization ‘Carbohydrates in Human Nutrition’ report (1998), and Cummings et al., 1997; Gray, 2006).

Βαθμός πολυμερισμού (DP)	Υποομάδα	Πρωταρχικά συστατικά
Ολιγοσακχαρίτες (3-9) (βραχέας αλύσου υδατάνθρακες)	Μαλτοολιγοσακχαρίτες (α-γλυκάνες)	Μαλτοδεξτρίνες
	Μη-α γλυκάνες	Φρουκτάνες (φρουκτο- ολιγοσακχαρίτες κυρίως), γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες
Πολυσακχαρίτες (≥10) (μακράς αλύσου υδατάνθρακες)	Αμυλούχοι	Τροποποιημένο άμυλο
	Μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες (NSPs)	Κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, πηκτίνη, αραβινοξυλάνη, β-γλυκάνες, γλυκομαννάνη, φυτοβλέννες, υδροκολοειδή, κόμμεα, φρουκτάνες (ινουλίνη)
Συνθετικά παράγωγα υδατανθράκων		Πολυδεξτρόζη, μεθυλοκυτταρίνη, Υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη, Ανθεκτικές δεξτρίνες
Άλλα δευτερεύοντα συστατικά		Φυτικό οξύ, Χιτίνη, Χιτοσάνη, Λιγνίνη

A. Ολιγοσακχαρίτες

Στους ολιγοσακχαρίτες ανήκουν οι α-γλυκάνες και οι μη α-γλυκάνες, οι οποίες με τη σειρά τους χωρίζονται στα πρωταρχικά συστατικά των φυτικών ινών.

➤ Α-γλυκάνες

Μαλτοδεξτρίνες

Προέρχονται από το άμυλο και περιλαμβάνουν την μαλτοτριόζη και α-δεξτρίνες που και οι 2 έχουν α-1:4 και α-1:6 δεσμούς και ένα μέσο βαθμό πολυμερισμού 8 (DP8). Χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία τροφίμων σαν γλυκαντικά, σαν υποκατάστατα λίπους και για να τροποποιήσουν την υφή των προϊόντων τροφίμων. Πέπτονται και απορροφώνται σαν τις υπόλοιπες α-γλυκάνες (Cummings and Stephen, 2007).

➤ Μη α-γλυκάνες

Φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες (FOS) (πρεβιοτικό τύπου ινουλίνης)

Οι χημικοί τύποι των FOS είναι οι εξής: $\alpha\text{-Glc}(1\text{-}2)\beta\text{-Fru}(2\text{-}1)$ $\beta\text{-Fru}(\text{N})$ ή $\beta\text{-Fru}(2\text{-}1)\beta\text{-Fru}(\text{N})$ (Capuano, 2016). Οι χημικοί δεσμοί που ενώνουν αυτούς τους ολιγοσακχαρίτες δεν είναι $\alpha\text{-}1,4$ και $\alpha\text{-}1,6$ και συντίθεται κυρίως από σουκρόζη (Oku et al., 1984; Hidaka et al., 1986; Cummings et al., 2001). Η δομή τους είναι μια γραμμική αλυσίδα φρουκτόζης με $\beta(2\text{-} >1)$ δεσμούς. Συνήθως το τελευταίο τους μόριο είναι μόριο γλυκόζης με δεσμό $\beta(2\text{-} >1)$ (Louis, Flint and Michel, 2016). Ο βαθμός πολυμερισμού τους κυμαίνεται από 2-8 (DP 2-8) (Roberfroid et al., 2010).

Έχουν χαρακτηριστεί ως ολιγοσακχαρίτες που δεν πέπτονται (Roberfroid et al., 1993) και έχει αποδειχθεί ότι κάποιοι από αυτούς έχουν πρεβιοτική δράση λόγω της ικανότητας ζύμωσης που έχουν (Borderías, Sánchez-Alonso and Pérez-Mateos, 2005; Jian et al., 2013). Οι φρουκτάνες τύπου ινουλίνης μπορούν να εξαχθούν από φυτά, όπως η ινουλίνη και η ολιγοφρουκτόζη, που παράγονται από μερική υδρόλυση ινουλίνης (ολιγοφρουκτόζη), ή συντίθενται ενζυματικά από σακχαρόζη (FOS). Έχουν αποδειχθεί σε διάφορες μελέτες ότι προωθούν την ανάπτυξη των bifidobacteria, bacteroids και των lactobacilli.

Γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες (GOS)

Έχουν πρεβιοτική δράση. Είναι πολυμερή γαλακτόζης με ένα τελικό μονομερές γλυκόζης με βαθμό πολυμερισμού DP 2-8. Ταξινομούνται σε 2 υποομάδες: το GOS με περίσσεια γαλακτόζης σε C3, C4, C6, και το GOS που παράγεται από λακτόζη μέσω ενζυματικής trans-γλυκοσυλίωσης (Gibson et al., 2010). Ο τύπος GOS που απαντάται στο γενετικό τμήμα των φυτών όπως τα φασόλια και οι πούλπες, αποτελείται από μία $\alpha\text{-γαλακτόζη}$, μία $\alpha\text{-γλυκόζη}$ και μία τελική $\beta\text{-φρουκτόζη}$ (ραφινόζη, σταχυόζη, βερσακόζη). Από την άλλη, το $\beta\text{-GOS}$ έχει τελικό δεσμό $\beta\text{-γλυκόζης}$ και παράγεται εμπορικά χρησιμοποιώντας την ενζυματική δράση της τρανσφεράσης των $\beta\text{-γαλακτοσιδασών}$ στην λακτόζη (Roberfroid et al., 2010).

Ραφινόζη: ο χημικός τύπος της ραφινόζης είναι ο εξής: $\alpha\text{-Gal}(1\text{-}6)\alpha\text{-Glc}(1\text{-}2)\beta\text{-Fru}$ (Capuano, 2016). Είναι κυρίως σακχαρόζη που συνδέεται με μόρια γαλακτόζης με $\alpha\text{-}1,6$ δεσμούς. Είναι τρισακχαρίτης (Horbowicz and Obendorf, 1994).

Σταχυόζη: ο χημικός της τύπος είναι ο εξής: $(\text{Gal})_2 1:6 \text{ Glu } 1:2 \text{ Fru}$ (Capuano, 2016). Είναι τετρασακχαρίτης, ο οποίος αποτελείται κυρίως από σακχαρόζη που συνδέεται με μόρια γαλακτόζης.

Βερμπασκόζη: ο χημικός της τύπος είναι ο εξής: $(\text{Gal})_3 1:6 \text{ Glu } 1:2 \text{ Fru}$ (Capuano, 2016).

Είναι κυρίως σακχαρόζη που συνδέεται με μόρια γαλακτόζης. Πολύ λίγες πληροφορίες είναι διαθέσιμες για την βιοχημεία της βερμυασκόζης. Γενικά είναι γνωστό ότι η βιοσύνθεσή της περιλαμβάνει γαλακτινόλη (Hopf and Kandler, 1974).

B. Πολυσακχαρίτες

Οι πολυσακχαρίτες χωρίζονται στους αμυλούχους και στους μη αμυλούχους πολυσακχαρίτες, οι οποίοι με τη σειρά τους χωρίζονται στα πρωταρχικά συστατικά των φυτικών ινών.

➤ Αμυλούχοι πολυσακχαρίτες

Τροποποιημένο άμυλο: οι αναλογίες αμυλόζης/ αμυλοπηκτίνης σε ένα αμυλούχο τρόφιμο ποικίλλουν και μπορούν να αλλάξουν με την αναπαραγωγή φυτών. Οι διάφορες ποικιλίες ρυζιού έχουν ένα ευρύ φάσμα στην αναλογία αμυλόζης/ αμυλοπηκτίνης (Kennedy and Burlingame, 2003). Διάφορες τεχνικές επιτρέπουν να παραχθεί τροποποιημένο άμυλο για συγκεκριμένους σκοπούς, τροποποιώντας τις καλλιέργειες (Regina et al., 2006). Το τροποποιημένο άμυλο είναι λειτουργικά διαφορετικό, όπως και διατροφικά. Οι διατροφικές του ιδιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον σχηματισμό τροφίμων με περιεχόμενο υψηλό σε ανθεκτικό άμυλο, λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας που απαιτούν για την ζελατινοποίησή τους. Από την άλλη, η χημική τροποποίηση του αμύλου, αποσκοπεί στο να προσδώσει κάποιες ιδιότητες στα τρόφιμα, όπως μείωση του ιξώδους, βελτίωση της σταθερότητας του πηκτώματος, της αίσθησης στο στόμα, της εμφάνισης και της υφής και της αντοχής στη θερμική επεξεργασία.

Ανθεκτικό άμυλο (RS): ο χημικός του τύπος είναι ο α-(1,4)-D-glucose (Caruano, 2016). Αποτελείται από το άμυλο και τα προϊόντα πέψης του αμύλου, όπως μαλτόζη, μαλτοτριόζη και α-δεξτρίνες, που δεν απορροφώνται στο λεπτό έντερο (Englyst et al., 1992; Champ et al., 2003). Αν διαλυτοποιηθεί το μη τροποποιημένο άμυλο, μπορεί να υδρολυθεί από την παγκρεατική α-αμυλάση. Ο ρυθμός βέβαια, και η έκταση που γίνεται αυτό εξαρτάται από διάφορες φυσικές και χημικές ιδιότητές του. Έτσι, υπάρχει μια ταξινόμηση του ανθεκτικού αμύλου που χρησιμοποιείται ευρέως (Englyst and Cummings, 1987). Ταξινομείται σε 4 κατηγορίες:

- RS 1: φυσικά απρόσιτο άμυλο που βρίσκεται κυρίως στα ολικής αλέσεως τρόφιμα. Για παράδειγμα, μερικώς αλεσμένοι κόκκοι και σπόροι και μερικοί πολύ πυκνοί

τύποι επεξεργασμένων αμυλούχων τροφίμων. Είναι σταθερό στη θερμότητα στους περισσότερους τρόπους μαγειρέματος και επιτρέπει τη χρήση του ως συστατικό σε μια μεγάλη ποικιλία συμβατικών τροφίμων (Sajilata, Singhal and Kulkarni, 2006)

- RS 2: κόκκοι ανθεκτικού αμύλου (τύπος B). Είναι ανθεκτικό στην ενζυματική υδρόλυση (μη ζελατινοποιημένο άμυλο).
- RS 3: κρυσταλλικό άμυλο (μετά την επεξεργασία τροφίμων). Πιο συγκεκριμένα, αυτός ο τύπος αμύλου είναι κυρίως ανάδρομη αμυλόζη που σχηματίζεται κατά την ψύξη του ζελατινοποιημένου αμύλου. Οι διαδικασίες θέρμανσης και ψύξης των τροφίμων, αυξάνουν την ποσότητα RS3 σε τρόφιμα όπως η πατάτα. Με λίγα λόγια, το RS3 μετράται χημικά ως το κλάσμα, το οποίο αντιστέκεται στη διασπορά με βρασμό και πέψη ενζύμου. Το RS3 είναι πλήρως ανθεκτικό στην πέψη από παγκρεατικές αμυλάσες.
- RS 4: τροποποιημένο άμυλο (κατασκευασμένο). Περιλαμβάνει άμυλο με χημικούς δεσμούς εκτός από - (1-4) ή - (1-6). Οι χημικές τροποποιήσεις είναι οι λόγοι για την μείωση της πεπτικότητας του αμύλου στο λεπτό έντερο. Η περιεκτικότητα σε τροποποιημένο άμυλο ενός τροφίμου μπορεί να αλλάξει τόσο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ανάλογα με τη θερμοκρασία και την περιεκτικότητα σε νερό, όσο και κατά την προετοιμασία των τροφίμων (Sajilata, Singhal and Kulkarni, 2006).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί το γεγονός ότι υπάρχουν μεγάλες ενδοατομικές διαφορές στο ποσοστό αμύλου που μπορεί να απορροφηθεί στο λεπτό έντερο, καθώς κάποια άτομα μπορούν να απορροφήσουν μεγάλο ποσοστό αμύλου ενώ σε κάποια άλλα το άμυλο θα συμπεριφερόταν ως ανθεκτικό άμυλο.

➤ Μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες (NSPs)

Είναι μη-α-γλυκάνες (Cummings et al., 1997; FAO, 1998; WHO, 2003). Είναι μακρομόρια που αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό μονοσακχαριτών (γλυκόζη) που ενώνονται μεταξύ τους με γλυκοσιδικούς δεσμούς (IUPAC–IUB Joint Commission on Biochemical Nomenclature, 1996) και βρίσκονται κυρίως στο κυτταρικό τοίχωμα των φυτών.

Κυτταρίνη: ο χημικός της τύπος είναι ο β-(1,4)-D-γλυκόζη (Caruano, 2016). Είναι μια ευθεία αλυσίδα με β-1,4 δεσμούς γλυκάνης με βαθμό πολυμερισμού DP 10^3 - 10^6 . Λόγω της γραμμικής, μη διακλαδισμένης φύσης της, τα μόρια κυτταρίνης έρχονται πολύ κοντά μεταξύ τους και δημιουργούν ένα τρισδιάστατο δικτυωτό πλέγμα που σχηματίζει μικροϊνες. Αυτές

αποτελούν τη βάση των ινών κυτταρίνης οι οποίες είναι υφασμένες στο φυτικό κυτταρικό τοίχωμα και της δίνουν δομή. Είναι αδιάλυτη και ανθεκτική στην πέψη από ανθρώπινα ένζυμα (Gray, 2006). Η κυτταρίνη αποτελεί το 10-30% των μη αμυλούχων πολυσακχαριτών στα τρόφιμα (Holland et al., 1988, 1991a, 1992).

Ημικυτταρίνη: αποτελεί μια μεγάλη ομάδα από πολυσακχαρίτες που είναι ετεροπολυμερή και περιλαμβάνουν σάκχαρα εξόζης (6C) (γλυκόζη, γαλακτόζη, μαννόζη, ραμνόζη, γλυκουρονικό και γαλακτουρονικό οξύ) και πεντόζης (5C) (ξυλόζη αραβινόζη). Η ραχοκοκαλιά είναι συνδεδεμένη με δεσμούς β-1,4, και η πλευρική αλυσίδα περιλαμβάνει γαλακτόζη, αραβινόζη και γλυκουρονικό οξύ συνδεδεμένα με δεσμούς β-1,2 και β-1,3 και με βαθμό πολυμερισμού DP 150-200. Χαρακτηριστικό των ημικυτταρινών είναι ότι μπορούν να σχηματίσουν άλατα με μεταλλικά ιόντα, όπως το ασβέστιο και ο ψευδάργυρος. Συνδέεται με την κυτταρίνη στα κυτταρικά τοιχώματα και υπάρχει σε υδατοδιαλυτές και αδιάλυτες μορφές (Gray, 2006).

Πηκτίνη: κοινό σε όλα τα κυτταρικά τοιχώματα αλλά και στο εξωτερικό φλοιό των φρούτων και λαχανικών είναι η πηκτίνη. Είναι ένας ετερογενής πολυσακχαρίτης και πιο συγκεκριμένα ένα πολυμερές D-γαλακτουρονικού οξέος με δεσμούς α-1,4 και με πλευρικές αλυσίδες. Το 10-25% των σακχάρων ραμνόζη, γαλακτόζη και αραβινόζη, μπορεί να υπάρχουν ως πλευρικές αλυσίδες. Χαρακτηριστικά, ο φλοιός πορτοκαλιού περιέχει 30% πηκτίνη, η φλούδα του μήλου 15% και το περίβλημα του κρεμμυδιού 12%. Είναι διαλυτές σε ζεστό νερό και όταν κρυσώσουν σχηματίζουν γέλη, έτσι χρησιμοποιούνται ως πυκνωτικά μέσα σε διάφορα προϊόντα. Περίπου 3 με 11% των ουρονικών οξέων έχουν υποκαταστάσεις μεθυλίου, οι οποίες βελτιώνουν τις ιδιότητες σχηματισμού γέλης της πηκτίνης (παρασκευή μαρμελάδας). Ορισμένα υπολείμματα ακετυλιώνονται. Η δημιουργία συμπλόκων ασβεστίου και μαγνησίου με ουρονικά οξέα είναι χαρακτηριστικό των πηκτινών (Ridley, O'Neill and Mohnen, 2001).

Αραβινοξυλόζη: ο χημικός της τύπος είναι ο β-(1,4)-D-ξυλόζη (Caruano, 2016). Είναι ετεροξυλόζη, δηλαδή πολυμερές γλυκάνης που αποτελείται από ένα σκελετό από β-1,4 συνδεδεμένες D-ξυλοπυρανοσίδες και είναι από τα κύρια συστατικά των τοιχωμάτων των φυτικών κυττάρων (Fincher and Stone, 1986; Fry, 1988). Αποτελεί επίσης, το δεύτερο πιο άφθονο βιοπολυμερές στην φυτική βιομάζα μετά την κυτταρίνη (Gatenholm and Tenkanen, 2004).

Β-γλυκάνη: οι γλυκάνες είναι πολυμερή γλυκόζης, όπου οι σχέσεις μεταξύ των μονομερών είναι μεταβλητές. Έχουν διακλαδισμένη δομή και μικρότερο μέγεθος σε σχέση με την κυτταρίνη (Gray, 2006). Αυτές οι ιδιότητες επηρεάζουν τη διαλυτότητά τους, επιτρέποντάς τους να σχηματίσουν ιξώδη διαλύματα (Bamforth and Martin, 1981).

Γλυκομαννάνη: ο χημικοί της τύποι είναι οι εξής: β (1,4)-D-μανόζη και β- (1,4)-D-γλυκόζη (Caruano, 2016). Είναι ένας φυσικός πολυσακχαρίτης που υπάρχει σε ορισμένα είδη φυτών και μυκήτων. Το μοριακό της βάρος κυμαίνεται από 200.000- 2.000.000 το οποίο ποικίλλει ανάλογα με την προέλευση, την μέθοδο επεξεργασίας και τον χρόνο αποθήκευσης (Wu, Cheng and Chen, 2010).

Φυτοβλέννες: υπάρχουν στα κύτταρα των εξωτερικών στρωμάτων των σπόρων των φυτών και είναι υδατοδιαλυτές ίνες. Το ψύλλιο αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα φυτοβλέννας. Ο ρόλος τους είναι να συγκρατούν νερό και να αποτρέπουν την αποξήρανση. Συνήθως αναμειγνύονται με το ενδοσπέρμιο αποθήκευσης υδατανθράκων των σπόρων. Είναι ουδέτεροι πολυσακχαρίτες, όπως οι ημικυτταρίνες. Χρησιμοποιούνται ευρέως στις βιομηχανίες τροφίμων και φαρμακευτικών προϊόντων ως πυκνωτές και σταθεροποιητές σε μαγιονέζες, σούπες και οδοντόκρεμες αντίστοιχα (Cummings and Stephen, 2007).

Κόμμεα: είναι υδροκολλοειδή και αποτελούν κολλώδη εξιδρώματα που σχηματίζονται στα σημεία τραυματισμού των φυτών και περιέχουν ραχοκοκαλιά γαλακτόζης που συνδέεται με β-1,3 και β-1,6 δεσμούς με πλευρικές αλυσίδες αραβινόζης, γλυκουρονικού οξέος, μεθυλ-γλυκουρονικού οξέος ή γαλακτόζης. Είναι κυρίως διακλαδισμένα ουρονικά οξέα που περιέχουν πολυμερή, όπως το αραβικό κόμμι, το οποίο προέρχεται από το δέντρο της ακακίας που είναι από τα πιο γνωστά κόμμεα φυτών. Πωλείται στο εμπόριο ως κόλλα, αλλά χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων ως πυκνωτικό για την επιβράδυνση κρυστάλλωσης της ζάχαρης. Άλλα κόμμεα φυτών είναι η καράγια (sterculia), γκούαρ, κόμμι χαρουπιού, ξανθάνη και τραγακάνθη, τα οποία έχουν όλα άδεια χρήσης ως πρόσθετα τροφίμων (Saltmarsh, 2000).

Υδροκολλοειδή: τα υδροκολλοειδή περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα μικτών ιξωδών πολυσακχαριτών. Προέρχονται από φυτικά εξιδρώματα (αραβικό κόμμι και τραγάκανθα), σπόρους (κόμμι γκούαρ και χαρουπιού) και εκχυλίσματα φυκιών (άγαρ, καραγενάνη και αλγινικό άλας). Το κόμμι γκούαρ από το είδος φασολιού (Cyamopsis tetragonolobus), και το κόμμι χαρουπιού, είναι παρόμοιες γαλακτομανάννες 1-4b-D με 1-6α-γαλακτόζη μονής πλευρικής αλυσίδας. Έχουν την ικανότητα να αντικαθιστούν την κυτταρίνη στο κυτταρικό

τοίχωμα και παρουσιάζουν ιδιότητες σχηματισμού γέλης. Τα υδροκολλοειδή γενικά, χρησιμοποιούνται σε μικρές ποσότητες ως πυκνωτικοί, σταθεροποιητικοί και γαλακτωματοποιητικοί παράγοντες σε ορισμένα προϊόντα διατροφής (Saha and Bhattacharya, 2010).

Ινουλίνη: ο χημικός τύπος με τον οποίον συναντάται είναι: β -(2,1)-D-φρουκτόζη, με ένα τελικό α -(1,2)-D-γλυκόζη (Caruano, 2016). Η ινουλίνη είναι ένας γενικός όρος που καλύπτει όλες τις γραμμικές φρουκτάνες με β (2-1) γλυκοσιδικούς δεσμούς φρουκτόζης-γλυκόζης. Αυτός ο συγκεκριμένος τύπος γλυκοσιδικού δεσμού δίνει στην ινουλίνη τις μοναδικές και δομικές φυσιολογικές της ιδιότητες. Έχει βαθμό πολυμερισμού (DP 2- >60) (Louis, Flint and Michel, 2016).

Λόγω των β -δεσμών μεταξύ των μονομερών φρουκτόζης, οι φρουκτάνες τύπου ινουλίνης αντιστέκονται στην ενζυματική υδρόλυση από τα πεπτικά ένζυμα του σάλιου και του λεπτού εντέρου, άρα είναι άπεπτες και ζυμώνονται στο παχύ έντερο (Roberfroid, 2007).

Γ. Συνθετικά παράγωγα υδατανθράκων

Πολυδεξτρόζη: συνθετικό παράγωγο κυτταρίνης με DP ~ 12. Συντίθεται από γλυκόζη και σορβιτόλη με γλυκοσιδικούς δεσμούς και έχει την ικανότητα δημιουργίας όγκου, καθώς και πρεβιοτικές ιδιότητες (Mudgil and Barak, 2013).

Μεθυλοκυτταρίνη: συνθετικό παράγωγο κυτταρίνης που δεν πέπτεται σε αντίθεση με την κυτταρίνη (Mudgil and Barak, 2013).

Υδροξυ-προπυλο-μεθυλοκυτταρίνη: συνθετικό παράγωγο κυτταρίνης που δεν πέπτεται σε αντίθεση με την κυτταρίνη (Mudgil and Barak, 2013).

Ανθεκτικές δεξτρίνες: παράγονται με θέρμανση αμύλου σε αλκαλικό pH και ενζυμική επεξεργασία αμύλου, με αποτέλεσμα ένα βαθμό βαθμού πολυμερισμού ίσο με 15 (Mudgil and Barak, 2013).

Δ. Άλλα δευτερεύοντα συστατικά

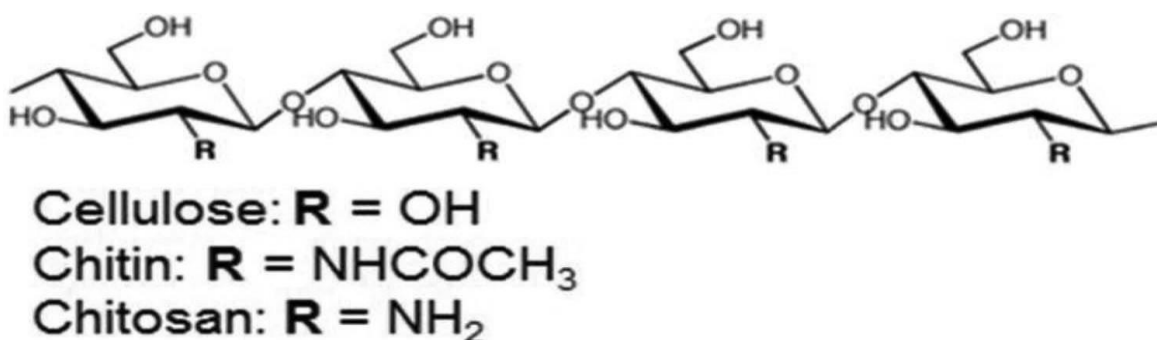
Λιγνίνη: η λιγνίνη δεν είναι πολυσακχαρίτης, αλλά ένα σύνθετο μόριο που αποτελεί ένα ξυλώδες μέρος των κορμών και των σπόρων φρούτων, λαχανικών και του πίτουρου δημητριακών. Συνδέεται χημικά με την ημικυτταρίνη στο τοίχωμα των φυτικών κυττάρων και συνεπώς συνδέεται στενά με τους πολυσακχαρίτες των τοιχωμάτων των φυτικών

κυττάρων (Gray, 2006). Επίσης, σχηματίζεται από φαινολικά πολυμερή που διακλαδίζονται σε μεγάλο βαθμό με ισχυρούς ενδομοριακούς δεσμούς (A and Ferrer, 2011) και φαίνεται να επηρεάζει τη γαστρεντερική φυσιολογία. Παρουσιάζεται στα τρόφιμα με μια «ξυλώδη» μορφή, όπως το σέλινο και το εξωτερικό στρώμα των δημητριακών (Anderson and Bridges, 1988).

Φυτικό οξύ: το φυτικό οξύ (εξαφωσφορική ινοσιτόλη) σχετίζεται με φυτικές ίνες σε ορισμένα τρόφιμα, ιδίως στα δημητριακά. Μπορεί να μειώσει την απορρόφηση των μετάλλων στο λεπτό έντερο καθώς δεσμεύεται έντονα. Άλλες ενώσεις που σχετίζονται με φυτικές ίνες περιλαμβάνουν τανίνες και φυτοστερόλες (Gray, 2006).

Χιτίνη: η χιτίνη είναι ο δεύτερος πιο άφθονος πολυσακχαρίτης (πολυμερές N-ακετυλο-γλυκοζαμίνης) στη Γη. Στη φύση, η χιτίνη μπορεί να βρεθεί σε διαφορετική μορφή σε καβούρια, έντομα ή μύκητες. Μικροσκοπικά, είναι σε κρυσταλλική ή ημι-κρυσταλλική μορφή (Pillai et al. 2009), που κάνει αυτόν τον πολυσακχαρίτη ένα άκαμπτο και ανθεκτικό υλικό που λειτουργεί ως φράγμα στο κυτταρικό τοίχωμα ή στην επιδερμίδα και προστατεύει τους ίδιους τους οργανισμούς. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό ενός άλλου πολυσακχαρίτη: της κυτταρίνης, το δομικό ομόλογο της χιτίνης.

Χιτοσάνη: τροποποιημένη μορφή χιτίνης [β - (1 \rightarrow 4) -συνδεδεμένη D-γλυκοζαμίνη (αποακετυλιωμένη μονάδα) και N-ακετυλο- D-γλουσαμίνη (ακετυλιωμένη μονάδα)]. Σε σύγκριση με τη χιτίνη (Σχήμα 1.2.1), η χιτοσάνη είναι μοναδική και απαντάται μόνο σε μύκητες που έχουν ένζυμα δεακετυλάσης.



Σχήμα 1.2.1 Δομικά ομόλογα γραμμικών πολυσακχαριτών χιτίνη, χιτοσάνη και κυτταρίνη (Azuma et al., 2015).

Πίνακας 1.2.2 Συγκεντρωτικός πίνακας με την περιγραφή των φυτικών ινών

Συστατικό φυτικών ινών	Περιγραφή
Μαλτοδεξτρίνες	<ul style="list-style-type: none"> • Ολιγοσακχαρίτες • DP~8 • Προέρχονται από το άμυλο
Ραφινόζη	<ul style="list-style-type: none"> • Ολιγοσακχαρίτης (τρισακχαρίτης) • Χημικός τύπος: a-Gal(1-6)a-Glc(1-2)b-Fru
Σταχυόζη	<ul style="list-style-type: none"> • Ολιγοσακχαρίτης (τετρασακχαρίτης) • Χημικός τύπος: (Gal)2 1:6 Glu 1:2 Fru
Βερσακόζη	<ul style="list-style-type: none"> • Ολιγοσακχαρίτης • Χημικό τύπος: (Gal)3 1:6 Glu 1:2 Fru
Φρουκτοολιγοσακχαρίτες	<ul style="list-style-type: none"> • Ολιγοσακχαρίτες • Κάποιοι έχουν πρεβιοτική δράση • γραμμική αλυσίδα φρουκτόζης με β(2->1) δεσμούς. Το τελευταίο μόριο είναι γλυκόζη
Γαλακτοολιγοσακχαρίτες	<ul style="list-style-type: none"> • Ολιγοσακχαρίτες • Πολυμερή γαλακτόζης με ένα τελικό μονομερές γλυκόζης • DP 2-8 • Πρεβιοτική δράση
Κυτταρίνη	<ul style="list-style-type: none"> • Πολυσακχαρίτης • περιλαμβάνει ως και 10000 μονομερή γλυκόζης • Γραμμική αλυσίδα • Αδιάλυτη και ανθεκτική στην πέψη • DP 10³-10⁶
Ημικυτταρίνη	<ul style="list-style-type: none"> • Πολυσακχαρίτης • Περιέχει και σάκχαρα εκτός γλυκόζης • Υπάρχει σε υδατοδιαλυτές και αδιάλυτες μορφές • DP 150-200
Πηκτίνη	<ul style="list-style-type: none"> • Πολυσακχαρίτης • Περιλαμβάνει γαλακτουρονικό οξύ και ποικιλία σακχάρων • Διαλυτή σε ζεστό νερό και σχηματισμός γέλης κατά την ψύξη
Αραβινοξυλάνη	<ul style="list-style-type: none"> • Πολυσακχαρίτης • Ετεροξυλάνη
B-γλυκάνη	<ul style="list-style-type: none"> • Πολυσακχαρίτης • Διακλαδισμένη αλυσίδα- πολυμερή γλυκόζης • Σχηματίζει ιξώδη διαλύματα
Γλυκομαννάνη	<ul style="list-style-type: none"> • Χημικός τύπος: β- (1,4)-D-μανόζη και β- (1,4)-D-γλυκόζη • MB: 200.000-2.000.000 • Από ρίζες φυτού konjac • Ιξώδης ίνα
Ανθεκτικό άμυλο	<ul style="list-style-type: none"> • Αποτελείται από άμυλο και προϊόντα

	<p>πέψης αμύλου</p> <ul style="list-style-type: none"> • Δεν απορροφάται στο λεπτό έντερο
Άπεπτοι ολιγοσακχαρίτες	<ul style="list-style-type: none"> • Αποτελούνται από 3 ως 10 μονομερή σακχάρων • Μπορούν να δημιουργηθούν χημικά ή ενζυματικά από μονο- και δι-σακχαρίτες ή από ενζυματική υδρόλυση πολυσακχαριτών • Δεν πέπτονται • DP 3-60
Πολυδεξτρόζη	<ul style="list-style-type: none"> • Συνθετικά παράγωγα κυτταρίνης • Δεν πέπτονται
Μεθυλοκυτταρίνη	<ul style="list-style-type: none"> • Συνθετικά παράγωγα κυτταρίνης • Δεν πέπτονται
Υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη	<ul style="list-style-type: none"> • Συνθετικά παράγωγα κυτταρίνης • Δεν πέπτονται
Ανθεκτικές δεξτρίνες	<ul style="list-style-type: none"> • DP~15 • Από επεξεργασία αμύλου
Φυτοβλέννες	<ul style="list-style-type: none"> • Βρίσκονται στα κύτταρα των εξωτερικών στρωμάτων των σπόρων των φυτών • Ουδέτεροι πολυσακχαρίτες
Κόμμεα	<ul style="list-style-type: none"> • Υδροκολοειδή από φυτικά εξιδρώματα • β-1,3 και β-1,6 δεσμοί
Ινουλίνη	<ul style="list-style-type: none"> • Συνήθως πολυσακχαρίτης • DP 2- >60 • β-(2,1)-D-φρουκτόζη, με ένα τελικό α-(1,2)-D-γλυκόζη
Λιγνίνη	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν είναι πολυσακχαρίτης αλλά συνδέεται χημικά με ημικυτταρίνες στα φυτικά κυτταρικά τοιχώματα • Σχηματίζεται από φαινολικά πολυμερή
Φυτικό οξύ	<ul style="list-style-type: none"> • Σχετίζεται με φυτικές ίνες σε ορισμένα τρόφιμα • Μειώνει απορρόφηση μετάλλων στο λεπτό έντερο καθώς δεσμεύεται εύκολα
Χιτίνη	<ul style="list-style-type: none"> • Πολυσακχαρίτης (πολυμερές N-ακετυλο-γλυκοζαμίνης) • Γραμμική αλυσίδα • Σε καβούρια, έντομα ή μύκητες
Χιτοσάνη	<ul style="list-style-type: none"> • Πολυσακχαρίτης • Γραμμική αλυσίδα • Τροποποιημένη μορφή χιτίνης • Μόνο σε μύκητες

1.2.2 Διαιτητικές - λειτουργικές ίνες

Ένας άλλος διαχωρισμός που θα μπορούσε να γίνει στις ίνες είναι ο διαχωρισμός σε διαιτητικές και λειτουργικές. Οι διαιτητικές ίνες που μπορούν να δηλωθούν στις ετικέτες τροφίμων περιλαμβάνουν ορισμένες φυσικές ίνες που είναι "εγγενείς και άθικτες" στα φυτά και προστιθέμενους απομονωμένους ή συνθετικούς μη εύπεπτους διαλυτούς και αδιάλυτους υδατάνθρακες που έχει προσδιορίσει ο FDA και έχουν ευεργετικά φυσιολογικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία.

Οι λειτουργικές ίνες αναφέρονται σε μη εύπεπτους υδατάνθρακες που είτε εκχυλίζονται και απομονώνονται είτε συντίθενται και παρασκευάζονται και έχουν αποδειχθεί ότι έχουν ευεργετικές επιπτώσεις στην υγεία για τον άνθρωπο. Οι λειτουργικές ίνες περιλαμβάνουν τις β-γλυκάνες, κυτταρίνη, χιτίνες και χιτοσάνη, φρουκτάνες, κόμμεα, λιγνίνη, πηκτίνη, πολυδεξτρόζη και πολυόλες, ψύλλιο, ανθεκτικές δεξτρίνες και ανθεκτικά άμυλα (Smith et al., 2012).

Οι λειτουργικές ίνες αναπτύσσονται συνεχώς από τη βιομηχανία τροφίμων για χρήση ως συστατικά σε τρόφιμα. Ωστόσο, δεν υπάρχουν επαρκή ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις επιδράσεις των νέων λειτουργικών ινών στο γαστρεντερικό σύστημα.

Είναι φυσικό να μην μπορούν να ενσωματωθούν στα προϊόντα όλες οι ίνες με τον ίδιο τρόπο (επίπεδα, μορφές) και στον ίδιο τύπο τροφίμων (ποτά, γαλακτοκομικά προϊόντα, σούπες, σάλτσες, κρέας, σνακ, ζαχαροπλαστική και προϊόντα αρτοποιίας). Οι λειτουργικές τους ιδιότητες είναι οι καθοριστικοί παράγοντες των χρήσεών τους (Ponne, Armstrong & Luyten, 1998). Εξαρτώνται από τα εγγενή χαρακτηριστικά των ινών, τον τρόπο επεξεργασίας των τροφίμων και από τη δομή των τροφίμων (χωρική διάταξη των δομικών στοιχείων και οι αλληλεπιδράσεις τους).

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες των φυτικών ινών διαδραματίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο στη λειτουργικότητά τους: διαστάσεις ινών, πορώδες και γεωχημεία της επιφάνειας, ενυδάτωση, ρεολογικές και ιδιότητες δέσμευσης λίπους. Το χρώμα και η γεύση είναι επίσης σημαντικά. Κάποια παραδείγματα:

- Το ανθεκτικό άμυλο (RS), οι διαλυτές ίνες αραβοσίτου (SCF) και η πουλλουλάνη (P) είναι ίνες με βάση τον αραβόσιτο που μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε τρόφιμα ή ποτά. Μελέτες έχουν δείξει ότι αυτές οι ίνες έχουν καλή ζύμωση

(Maathuis et al., 2009), αλλά η έρευνα σχετικά με τις φυσιολογικές τους επιδράσεις in vivo είναι περιορισμένη.

- Τα κόμμεα χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια για να πυκνώνουν ή να προσδίδουν ιξώδες στην υδάτινη φάση των τροφίμων, να παρέχουν υφή και σώμα και μια πιο σταθερή δομή γενικότερα. Σταθεροποιούν τα γαλακτώματα εναιωρήματος (λάδι σε νερό) και αφρούς (αέριο σε νερό). Ακόμη μπορούν να προσδώσουν σταθερότητα και έλεγχο στην ψύξη και απόψυξη των τροφίμων. Βέβαια, χρησιμοποιούνται σε μικρή ποσότητα (Femenia et al., 1997).
- Οι αδιάλυτες ίνες ή οι σύνθετες διαιτητικές ίνες (όχι αυστηρά αδιάλυτες ή διαλυτές) μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως παράγοντες υφής και δημιουργίας όγκου κοπράνων (Femenia et al., 1997). Αυτές οι επιδράσεις αποδίδονται κυρίως στις ιδιότητες ενυδάτωσης.

1.3 Χαρακτηριστικά και φυσικοχημικές ιδιότητες

Οι φυτικές ίνες αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής. Τα συστατικά κάθε τύπου ινών έχουν διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες, οι οποίες συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με την δράση τους στο γαστρεντερικό σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, ο τρόπος δράσης τους εξαρτάται από την διαλυτότητα, την ικανότητα συγκράτησης νερού, την δημιουργία όγκου, την ικανότητα δέσμευσης, την ζύμωση και το ιξώδες (Guillon and Champ, 2000).

1.3.1 Διαλυτότητα

Οι όροι διαλυτές και αδιάλυτες φυτικές ίνες προέκυψαν από την πρόωμη χημεία των μη αμυλούχων πολυσακχαριτών (NSPs), η οποία έδειξε ότι η κλασματική εκχύλισή τους θα μπορούσε να ελεγχθεί με την αλλαγή του pH των διαλυμάτων. Αυτό ήταν πολύ χρήσιμο στην αρχική κατανόηση των ιδιοτήτων των φυτικών ινών, καθώς επέτρεπε ένα διαχωρισμό σε αυτές που επηρέαζαν την απορρόφηση γλυκόζης και λιπιδίων από το λεπτό έντερο (διαλυτές) και σε αυτές που ήταν αργά και ατελώς ζυμώσιμες και είχαν πιο έντονες επιπτώσεις στο έντερο (αδιάλυτες) (Cummings JH & Stephen AM, 2007).

Βέβαια, πλέον τα υπάρχοντα επιστημονικά δεδομένα δείχνουν ότι το παραπάνω δεν είναι ακριβές, καθώς πολλές αδιάλυτες ίνες ζυμώνονται πλήρως αλλά και πολλές διαλυτές ίνες δεν επηρεάζουν τελικά την απορρόφηση γλυκόζης και λιπιδίων (Cummings and Stephen, 2007). Η διαλυτή και αδιάλυτη φύση των φυτικών ινών καθορίζει την λειτουργικότητά τους και τις φυσιολογικές τους επιδράσεις (Jiménez-Escrig and Sánchez-Muniz, 2000). Η διάκριση μεταξύ τους, οφείλεται στις χημικές ιδιότητες των πηγών των ινών και στις αναλυτικές διαδικασίες που εφαρμόζονται βιομηχανικά, παρά στη σύνθεση ή τις φυσιολογικές τους ιδιότητες (Roberfroid, 1993).

Με βάση τη διαλυτότητα στο νερό λοιπόν, οι φυτικές ίνες είναι δύο τύπων: διαλυτές, όπως πηκτίνες, κόμμεα, ολιγοσακχαρίτες, β-γλυκάνες, ινουλίνη, ψύλλιο, και αδιάλυτες, όπως κυτταρίνη, λιγνίνη, ανθεκτικό άμυλο, χιτίνη (Cummings JH & Stephen AM, 2007). Η χιτοσάνη συμπεριφέρεται κάποιες φορές ως διαλυτή και κάποιες ως αδιάλυτη. Οι ημικυτταρίνες λόγω της δομής τους ταξινομούνται και στις δυο κατηγορίες. Αυτή η διάκριση είναι αυθαίρετη και δεν αντικατοπτρίζει το τεράστιο εύρος διαλυτότητας που μπορεί να βρεθεί και στις φυτικές είναι από την ίδια κατηγορία.

Η διαλυτότητα των φυτικών ινών εξαρτάται από τη χημική τους δομή και τις αλληλεπιδράσεις τους με μόρια νερού. Φυτικές ίνες σαν την κυτταρίνη με γραμμική δομή που έχουν διατεταγμένες ημι-κρυσταλλικές διαμορφώσεις σε διάλυμα, έχουν περιορισμένη διαλυτότητα. Αντίθετα, οι φυτικές ίνες με διακλαδώσεις είναι λιγότερο πιθανό να σχηματίσουν διατεταγμένες δομές σε διαλύματα και επομένως είναι υδατοδιαλυτές. Έτσι, εάν η δομή του πολυσακχαρίτη είναι τέτοια ώστε τα μόρια να ταιριάζουν και να δημιουργούν μια κρυσταλλική συστοιχία, το πολυμερές είναι πιθανό να είναι ενεργειακά πιο σταθερό σε στερεή κατάσταση από ότι σε διάλυμα (Caruano, 2016).

Επίσης, οι ίνες με φορτισμένες και / ή έντονα πολώσιμες ομάδες όπως οι πηκτίνες, είναι γενικά υδατοδιαλυτές, αλλά η διαλυτότητα εξαρτάται κυρίως από το pH και την ιοντική ισχύ του μέσου. Έτσι, οι γραμμικοί πολυσακχαρίτες όπως η κυτταρίνη, λόγω της γραμμικότητάς τους είναι αδιάλυτοι, ενώ οι πολυσακχαρίτες με κάποιες ανωμαλίες στη δομή τους, στον σκελετό ή ως πλευρικές αλυσίδες τείνουν να είναι διαλυτοί (κόμμι γκούάρ, κυτταρινικά πολυμερή με συνδεδεμένες λειτουργικές ομάδες) (Caruano 2016).

Αδιάλυτες ίνες

Οι αδιάλυτες ίνες είναι γνωστές και ως ακατέργαστες, και ως γνωστόν δεν διαλύονται στο νερό, αλλά παρόλα αυτά συγκρατούν νερό. Αυτή η ομάδα ινών περιλαμβάνει κυρίως κυτταρίνη, ημικυτταρίνη, λιγνίνη και δίνει δομή στα φυτικά κυτταρικά τοιχώματα.

Περιέχονται στα δημητριακά ολική αλέσεως, στο πίτουρο, στο σιτάρι, στη βρώμη, στο πίτουρο καλαμποκιού, στον λιναρόσπορο, στους ξηρούς καρπούς, σπόρους, καθώς και σε ορισμένα φρούτα και λαχανικά, όπως το κουνουπίδι, τα πράσινα φασόλια και οι πατάτες, συμπεριλαμβανομένων των φλούδων των φρούτων και των λαχανικών που έχουν ρίζες. Στην πραγματικότητα, η σκληρή, σαν λάστιχο υφή τους, προέρχεται από τις ιδιότητες των αδιάλυτων ινών που περιέχουν (Roberta Larson Duyff and American Dietetic Association, 2002).

Επίσης, οι αδιάλυτες ίνες μετακινούν τις άχρηστες ουσίες του οργανισμού στον εντερικό σωλήνα, χωρίς να βέβαια να πέπτονται. Επειδή έχουν την ικανότητα δημιουργίας όγκου κοπράνων και πιο μαλακής υφής, βοηθούν στην ομαλή λειτουργία του εντέρου και προλαμβάνουν την δυσκοιλιότητα. Μετακινώντας τις άχρηστες ουσίες του οργανισμού διαμέσου του παχέος εντέρου, ως εκ τούτου μειώνουν τον χρόνο εντερικής διέλευσης (Roberta Larson Duyff and American Dietetic Association, 2012). Χαρακτηρίζονται από το πορώδες τους, τη χαμηλή τους πυκνότητα και σχετίζονται με την αύξηση του όγκου των κοπράνων και τη μείωση του χρόνου της εντερικής διέλευσης.

Κυτταρίνη

Το πίτουρο σίτου είναι πλούσια πηγή κυτταρίνης ή αδιάλυτων ινών (Ferguson, Chavan and Harris, 2001). Όντας αδιάλυτο στο νερό, έχει τη δυνατότητα να δεσμεύει νερό που βοηθά στην αύξηση του όγκου των κοπράνων και, συνεπώς, προάγει τις φυσιολογικές κινήσεις του εντέρου. Παρότι οι άνθρωποι δεν είναι σε θέση να αφομοιώσουν την κυτταρίνη, γίνεται μερική πέψη της στο έντερο από ευεργετική μικροχλωρίδα. Περίπου το 50% της κυτταρίνης αποδομείται από φυσική ζύμωση στο παχύ έντερο και παράγει σημαντική ποσότητα λιπαρών οξέων βραχείας αλύσου που τροφοδοτούν τα εντερικά κύτταρα (Mudgil and Barak, 2013).

Ημικυτταρίνη

Είναι μία ετερογενής ομάδα χημικών δομών που βρίσκεται σε φυτικές τροφές σε διαλυτές και αδιάλυτες μορφές (Mudgil and Barak, 2013).

Διαλυτές ίνες

Οι διαλυτές ίνες, όπως φαίνεται και από το όνομά τους, είναι διαλυτές στο νερό και αποτελούν το βρώσιμο μέρος του φυτού που είναι ανθεκτικό στην πέψη, αλλά μπορεί να υποστεί ζύμωση μερικώς ή ολικώς από βακτήρια του παχέος εντέρου παράγοντας λιπαρά οξέα βραχείας αλύσου στο παχύ έντερο. Αντί να δίνουν μια χονδροειδή υφή στα τρόφιμα, συνήθως διαλύονται και δίνουν μια κολλώδη ή πολύ ιξώδη υφή ή υφή τζελ, για παράδειγμα ίνες στο πίτουρο βρώμης (Roberta Larson Duyff and American Dietetic Association, 2012).

Οι διαλυτές ίνες περιλαμβάνουν κατά βάση ιξώδεις ίνες, όπως πηκτίνη, κόμμεα, φυτοβλέννες που εξάγονται από φλοιό ψύλλιου, φρουκτάνες (ινουλίνη, φρουκτοολιγοσακχαρίτες), β-γλυκάνη και κάποιες μη ιξώδεις ίνες, όπως ημικυτταρίνες.

Υπάρχουν σε ορισμένα φρούτα (μπανάνες, μούρα, μήλα, αχλάδια, πορτοκάλια), λαχανικά (καρότο, μπρόκολο, κρεμμύδι, αγκινάρες), βρώμη, κριθάρι, λιναρόσπορο, καθώς και όσπρια (αποξηραμένα φασόλια, μπιζέλια). Περιέχονται ακόμη στο φλοιό του σπόρου ψύλλιο. Όταν μαγειρεύονται, η μαλακή υφή τους οφείλεται στις διαλυτές ίνες που περιέχουν (Roberta Larson Duyff and American Dietetic Association, 2002).

Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι ευθύνονται για την αύξηση του ιξώδους και τη μείωση της γλυκαιμικής απάντησης και της χοληστερόλης στο πλάσμα (Slavin and Greenberg, 2003). Ακόμη, απορροφούν νερό, οδηγώντας σε σχηματισμό γέλης, που αυξάνει το χρόνο διέλευσης των τροφίμων, καθυστερεί την εκκένωση του γαστρικού συστήματος, μειώνει την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών και επιβραδύνει την πέψη.

Πηκτίνη

Είναι διαλυτή σε ζεστό νερό και όταν κρυώσει σχηματίζει γέλη, έτσι χρησιμοποιείται ως πυκνωτικό μέσο σε διάφορα προϊόντα (Mudgil and Barak, 2013).

Φυτοβλέννες

Είναι δομικά παρόμοιες με τα κόμμεα και είναι ιξώδεις, υδατοδιαλυτές ίνες που σχηματίζουν γέλη και περιέχουν έως και 80% διαλυτό πολυσακχαρίτη (Mudgil and Barak, 2013).

Β-γλυκάνες

Πηγή διαλυτών ινών λόγω της επίδρασής τους στην απάντηση στην γλυκαιμία, την ινουλίνη και την χοληστερόλη. Αυτές οι φυσιολογικές λειτουργίες καθιστούσαν την

γλυκάνη λειτουργικό τύπο διαιτητικών ινών. Η ικανότητα μείωσης της χοληστερόλης θεωρείται ότι προκύπτει από επιδράσεις που εκδηλώνονται στην άνω γαστρεντερική οδό, οι οποίες μπορεί να σχετίζονται με την ικανότητά τους να σχηματίζουν ένα πηκτώδες δίκτυο και να μεταβάλλουν το γαστρεντερικό ιξώδες (Mudgil and Barak, 2013).

Μεθυλοκυτταρίνη και υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη

Σε αντίθεση με την κυτταρίνη είναι διαλυτές, αλλά με δυσκολία υπέστη ζύμωση από την μικροχλωρίδα του παχέος εντέρου (Mudgil and Barak, 2013).

Σύγκριση

Στις διαδικασίες επεξεργασίας τροφίμων, η ενσωμάτωση διαλυτών ινών σε τρόφιμα είναι πιο ευεργετική καθώς παρέχει ιξώδες, ικανότητα σχηματισμού πηκτωμάτων και / ή ενεργεί ως γαλακτωματοποιητής, σε σύγκριση με τις αδιάλυτες ίνες. Οι διαλυτές ίνες έχουν μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης νερού από τις αδιάλυτες ίνες. Για τις αδιάλυτες ίνες, εξακολουθεί να υπάρχει λανθασμένη αντίληψη ότι η αύξηση της περιεκτικότητας σε νερό στα κόπρανα που σχετίζεται με την καθαρτική τους δράση οφείλεται στην ικανότητα συγκράτησης νερού (Slavin et al., 2009; Mudgil and Barak, 2013; Taghipoor et al., 2014). Στην πραγματικότητα, οι αδιάλυτες ίνες δεν έχουν κάποια σημαντική αλληλεπίδραση με το νερό στο παχύ έντερο. Παρόλα αυτά, μπορούν να αυξήσουν σημαντικά τόσο την περιεκτικότητα νερού στα κόπρανα (μαλακά κόπρανα) όσο και την συχνότητα και τον όγκο κοπράνων (McRorie, 2015).²

Οι φυτικές ίνες όπως προαναφέρθηκε, μπορούν να χωριστούν σε διαλυτές και αδιάλυτες ανάλογα με τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες (Dikeman and Fahey, 2006; Anderson et al., 2009). Οι διαλυτές φυτικές ίνες μπορούν να διαιρεθούν σε ιξώδεις (σχηματισμός τζελ) και σε μη ιξώδεις (Chutkan et al., 2012).

Επίσης, μπορούν να διαχωριστούν περαιτέρω σε υδατάνθρακες βραχείας και μακράς αλύσου και σε ζυμώσιμα και μη ζυμώσιμα είδη (Heizer, Southern and McGovern, 2009).

1.3.2 Ιξώδες

Μία άλλη σημαντική ιδιότητα των φυτικών ινών είναι το ιξώδες ή η ικανότητα σχηματισμού γέλης. Το ιξώδες ορίζεται ως η αντίσταση στην ροή και σχετίζεται με την ικανότητα των ινών να απορροφούν νερό και να σχηματίζουν ζελατινώδη μάζα. Αυτή η ικανότητα

εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μοριακό βάρος και τη συγκέντρωση κάθε τύπου ινών και συσχετίζεται θετικά με τη διαλυτότητά του. Ωστόσο, δεν είναι και λίγοι οι παράγοντες που σχετίζονται με μεταβολές στο ιξώδες των φυτικών ινών σε διαλύματα. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν ρυθμό διάτμησης, θερμοκρασία, υγρασία, χρόνο, μοριακό βάρος, μέγεθος σωματιδίων, χημική σύνθεση και δομή, συνθήκες επεξεργασίας και όξινες και αλκαλικές συνθήκες (George and McCracken, 2002; Bourne, 2002; Lam and Flores, 2003).

Όσον αφορά για παράδειγμα, την χημική σύνθεση και δομή, οι απομονωμένες λειτουργικές ίνες έχουν μοναδικά χαρακτηριστικά με βάση τον τρόπο με τον οποίο οι αλυσίδες σακχάρου του πολυμερούς αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, όπως με πολλές διακλαδώσεις αλυσίδα σε σύγκριση με ευθεία αλυσίδα (McRorie, 2015). Τα πολυμερή με πολλές διακλαδώσεις, δεν μπορούν να ‘πακεταριστούν’ σε κανονική συστοιχία και φαίνεται ότι δεν έχουν σημαντική επίδραση στο ιξώδες. Έτσι, αναφέρονται ως μη ιξώδη (ινουλίνη, φρουκτοολιγοσακχαρίτες και δεξτρίνες σίτου). Αντίθετα, τα ευθεία ή γραμμικά πολυμερή μπορούν να ‘πακεταριστούν’ σε μια κανονική συστοιχία και όσο μεγαλύτερη είναι η ευθεία αλυσίδα, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση στο ιξώδες. Ένα γραμμικό πολυμερές, στο οποίο οι παρακείμενες αλυσίδες σχηματίζουν διασταυρούμενους δεσμούς, μπορεί να σχηματίσει ένα πήκτωμα ή αλλιώς τζελ (όπως β-γλυκάνη, ψύλλιο και ακατέργαστο κόμμα γκουάρ) (**Σχήμα 1.3.2-1**).

Το ιξώδες είναι μια φυσικοχημική ιδιότητα που απαντάται σε φυτικές ίνες και ειδικά διαλυτές, όπως οι πολυσακχαρίτες, κόμμα, πηκτίνες, ψύλλιο και β-γλυκάνες (Dikeman and Fahey, 2006). Πιο συγκεκριμένα οι διαλυτές ίνες υποδιαιρούνται σε:

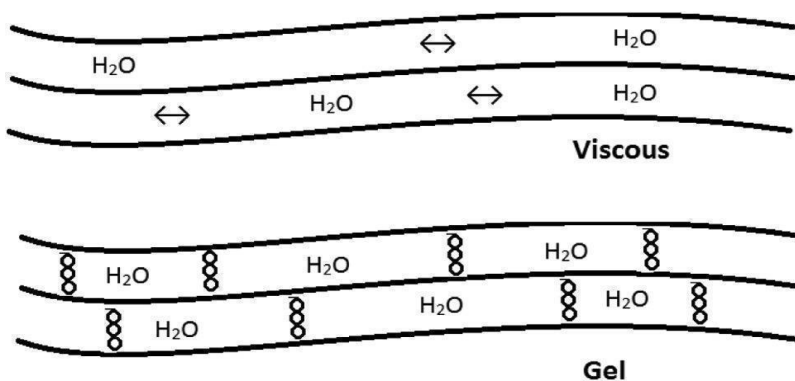
- Χαμηλού ιξώδους ίνες (όπως μεθυλοκυτταρίνη, αραβικό κόμμα)
- Υψηλού Ιξώδους ίνες που σχηματίζουν γέλη (όπως ψύλλιο, β-γλυκάνες, ακατέργαστο κόμμα γκουάρ) και σε
- Μη ιξώδεις ίνες (όπως ινουλίνη, φρουκτοολιγοσακχαρίτες, μερικώς υδρολυμένο κόμμα γκουάρ, δεξτρίνες σίτου).

Αν και τα αδιάλυτα σωματίδια των ινών μπορούν να επηρεάσουν σε ένα βαθμό την μέτρηση του ιξώδους, το ιξώδες δεν αποτελεί ζήτημα όσον αφορά τις αδιάλυτες ίνες. Έτσι, οι διαλυτές ίνες σχηματίζουν τζελ, αυξάνοντας το ιξώδες του περιεχομένου της γαστρεντερικής οδού.

Ο βαθμός της πηκτικότητας των ινών όταν εκτίθενται σε υγρά, εξαρτάται από τη χημική σύνθεση και τη συγκέντρωση του πολυσακχαρίτη (Schneeman, 2009). Λόγω της ιξώδους φύσης τους, τα πηκτώματα φαίνεται να συμπεριφέρονται περισσότερο σαν στερεά παρά σαν υγρά στον γαστρεντερικό σωλήνα. Αυτή η συμπεριφορά των ινών μπορεί να εξηγήσει την καθυστερημένη γαστρική εκκένωση που συχνά σχετίζεται με την πρόσληψη ινών. Η μορφή τζελ μπορεί επίσης να παρέχει λίπανση στα κόπρανα, το οποίο συνεπάγεται με μειωμένη δυσκοιλιότητα. Αυτό είναι συνάρτηση των φυσιολογικών επιδράσεων των ινών αυτών στο παχύ έντερο.

Από τυχαιοποιημένες κλινικές μελέτες έχει φανεί ότι οι ίνες με το υψηλότερο ιξώδες όπως οι πηκτίνες, οι β-γλυκάνες και το κόμμι γκούαρ μειώνουν την όρεξη και δημιουργούν την αίσθηση κορεσμού πιο συχνά από τις ίνες με το μικρότερο ιξώδες (59% vs. 14%). Αυτό συμβάλει στην μείωση της ενεργειακής πρόσληψης (Wanders et al., 2011).

Φαίνεται ότι στο λεπτό έντερο, κλινικά σημαντικά οφέλη για την υγεία εξαρτώνται από το ιξώδες. Μόνο οι ιξώδεις ίνες που σχηματίζουν τζελ έχουν συσχετιστεί με μεταβολικά οφέλη, όπως βελτιωμένο γλυκαιμικό έλεγχο, μείωση της χοληστερόλης, καθυστερημένη γαστρική εκκένωση και βραδύτερο χρόνο διέλευσης μέσω του λεπτού εντέρου, ενώ οι μη ιξώδεις διαλυτές ίνες, όπως ινουλίνη, φρουκτοολιγосακχαρίτες, δεξτρίνη σίτου και οι αδιάλυτες ίνες, όπως πίτουρο σίτου δεν παρέχουν αυτά τα οφέλη (Structure and Function of Dietary Fiber: The Physics of Fiber in the Gastrointestinal Tract, 2020).



Σχήμα 1.3.2-1 Ιξώδη γραμμικά πολυμερή (πάνω) και γραμμικά πολυμερή με μορφή τζελ (κάτω) (McRorie and McKeown, 2017).

1.3.3 Ικανότητα συγκράτησης νερού

Μπορούν να διακριθούν διαφορετικές πτυχές της ενυδάτωσης ινών και έτσι δημιουργείται η ανάγκη για κάποιον σαφή ορισμό. Ειδικότερα, πρέπει να υπάρχει διάκριση μεταξύ «απορρόφησης, πρόσληψης, συγκράτησης και δέσμευσης». Ο ορισμός των ιδιοτήτων ενυδάτωσης που προκύπτουν από το PROFIBRE (Robertson, 1998) είναι:

- Απορρόφηση νερού: «η κινητική της κίνησης του νερού υπό καθορισμένες συνθήκες».
- Διόγκωση: «ο όγκος που καταλαμβάνεται από ένα γνωστό βάρος ινών υπό κάποια συγκεκριμένη συνθήκη».
- Η ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC) είναι η ποσότητα νερού που συγκρατείται από γνωστό βάρος ξηρών ινών (απορροφούν νερό σαν σφουγγάρι) υπό καθορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας, χρόνου μουλιάσματος και διάρκειας και ταχύτητας φυγοκέντρησης.

Η ικανότητα διόγκωσης και κατακράτησης νερού παρέχει μια γενική εικόνα της ενυδάτωσης ινών, καθώς και χρήσιμες πληροφορίες για τρόφιμα που συμπληρώνονται με φυτικές ίνες. Η απορρόφηση νερού παρέχει περισσότερες πληροφορίες για τις ίνες, ιδίως τον όγκο του πόρου του υποστρώματος. Θα βοηθήσει στην κατανόηση της συμπεριφοράς των ινών στα τρόφιμα ή κατά τη διέλευση του εντέρου.

Η χημική σύνθεση, η ανατομία και τα φυσικά χαρακτηριστικά των ινών επηρεάζουν τις τιμές της μέτρησης της WHC. Διαδικασίες, όπως λείανση, ξήρανση, θέρμανση ή μαγείρεμα με εξώθηση για παράδειγμα, υπό την προϋπόθεση ότι τροποποίησαν τις φυσικές ιδιότητες των ινών, επηρεάζουν επίσης τις ιδιότητες ενυδάτωσης (Thibault, Lahaye & Guillon, 1992).

Ωστόσο, καθώς ένα μέρος των διαλυτών ινών χάνεται κατά τη διάρκεια της μέτρησης, είναι αναμενόμενο ότι υπάρχει μια εξίσου αξιοσημείωτη μεταβολή της WHC. Ως εκ τούτου, η ποσότητα του νερού που μετριέται με φυγοκέντρηση είναι γενικά μεγαλύτερη από την ποσότητα του νερού που απορροφάται (Fleury and Lahaye, 1991).

Γενικά, τα συστατικά των πολυσακχαριτών των φυτικών ινών είναι έντονα υδρόφιλα. Το νερό συγκρατείται στις υδρόφιλες θέσεις της ίδιας της ίνας ή σε κενούς χώρους στη μοριακή δομή. Για τις αδιάλυτες ίνες, εξακολουθεί να υπάρχει η λανθασμένη αντίληψη ότι η παρατηρούμενη αύξηση της περιεκτικότητας σε νερό στα κόπρανα που σχετίζεται με το

καθαρτικό αποτέλεσμα, οφείλεται στην ικανότητα συγκράτησης νερού (Slavin et al., 2009; Mudgil and Barak, 2013; Taghipoor et al., 2014).

Στην πραγματικότητα, οι αδιάλυτες ίνες δεν έχουν σημαντική αλληλεπίδραση με το νερό και καμία αξιόλογη ικανότητα συγκράτησης νερού στο παχύ έντερο, ωστόσο μπορούν να αυξήσουν σημαντικά την περιεκτικότητα σε νερό στα κόπρανα (μαλακά κόπρανα) και τον όγκο κοπράνων (McRorie, 2015). Πώς γίνεται όμως αυτό; Τα αδιάλυτα μόρια έχουν μηχανικά ερεθιστική επίδραση στον βλεννογόνο του παχέος εντέρου, διεγείροντας την έκκριση νερού και βλέννας ως αμυντικό μηχανισμό για την προστασία από την τριβή (Tomlin and Read, 1988a).

1.3.4 Ικανότητα ζύμωσης

Ο τύπος και η ποσότητα των φυτικών ινών σε ένα γεύμα μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στη γαστρική εκκένωση, την εντερική διέλευση και την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών, με επακόλουθες επιπτώσεις στις αποκρίσεις των ορμονών του γαστρεντερικού (Lattimer and Haub, 2010). Αφού φτάσουν στο παχύ έντερο, κάποιες από τις φυτικές ίνες θα υποστούν ζύμωση τουλάχιστον εν μέρει με ρυθμό που εξαρτάται από τη δομή τους, αλληλεπιδρώντας με το μικροβίωμα. Αυτό επηρεάζει τη σύνθεση και τη δραστηριότητα των μικροβίων του εντέρου (Conlon and Bird, 2014).

Η ικανότητα ζύμωσης σχετίζεται κυρίως με την λειτουργία του παχέος εντέρου. Οι φυτικές ίνες όταν εισέρχονται στο παχύ έντερο, υπέστη ζύμωση από τη βακτηριακή μικροχλωρίδα του εντέρου. Ο βαθμός της ικανότητας ζύμωσης των ινών είναι μεταβλητός και κυμαίνεται από καθόλου (λιγνίνη) έως πλήρης (πηκτίνη). Η ζύμωση είναι η διαδικασία κατά την οποία τα αναερόβια βακτήρια διασπούν τις φυτικές ίνες, καθώς και άλλα υποστρώματα, για να λάβουν ενέργεια για την ανάπτυξη και διατήρηση της κυτταρικής λειτουργίας, τα οποία είναι σημαντικά για την φυσιολογική δραστηριότητα του παχέος εντέρου (Cummings and Englyst, 1987).

Οι παράγοντες που ελέγχουν τη ζύμωση σχετίζονται με τα διαθέσιμα υποστρώματα για ζύμωση, τη μικροχλωρίδα και τη δραστηριότητά της, καθώς και τον ξενιστή. Η ζύμωση ινών και πρωτεϊνών από βακτήρια του παχέος εντέρου οδηγεί σε μερικά από τα πιο άφθονα και φυσιολογικά σημαντικά προϊόντα, συγκεκριμένα λιπαρά οξέα βραχέας αλύσου (SCFA) που δρουν ως βασικές πηγές ενέργειας για τα βακτήρια του παχέος εντέρου και προάγουν

κυτταρικούς μηχανισμούς που διατηρούν την ακεραιότητα των ιστών (Cummins and Macfarlane, 1991; Topping and Clifton, 2001; Donohoe et al., 2011). Πιο συγκεκριμένα οι πηγές ινών ταχείας ζύμωσης παρέχουν υποστρώματα για την παραγωγή των SCFA από την εντερική μικροχλωρίδα, ενώ οι πηγές ινών με αργή ή ατελή ζύμωση βελτιώνουν την υγεία του εντέρου, προάγοντας καθαριστικό αποτέλεσμα, μειώνοντας τον χρόνο διέλευσης και αυξάνοντας το βάρος των κοπράνων.

Όπως προαναφέρθηκε, πολλά από τα οφέλη για την υγεία που αποδίδονται στις φυτικές ίνες, είναι συνέπεια της ζύμωσής τους από το μικροβίωμα του παχέος εντέρου και τους μεταβολίτες που παράγονται. Οι υδατάνθρακες ζυμώνονται σε οργανικά οξέα που παρέχουν ενέργεια για άλλα βακτήρια, για το επιθήλιο του εντέρου και τους περιφερειακούς ιστούς. Τα SCFA είναι τα κύρια τελικά προϊόντα ζύμωσης των υδατανθράκων και οξειδώνονται για παραγωγή ενέργειας. Αυτά τα ασθενή οξέα (pKa ~ 4,8) βοηθούν στη μείωση του pH εντός του παχέος εντέρου, αναστέλλοντας έτσι την ανάπτυξη και τη δραστηριότητα των παθογόνων βακτηρίων. Άλλα δευτερεύοντα οργανικά οξέα που παράγονται περιλαμβάνουν το γαλακτικό, το ηλεκτρικό και το μυρμηκικό. Τα SCFA διακλαδισμένης αλύσου σαν το ισοβουτυρικό και το ισοβαλερικό προκύπτουν από τη ζύμωση αμινοξέων διακλαδισμένης αλύσου (Windey, De Preter and Verbeke, 2011).

Εκτός των άλλων, είναι αναμενόμενο ότι η ζύμωση των φυτικών ινών ή άλλων υδατανθράκων που δεν πέπτονται από αναερόβια βακτήρια στο παχύ έντερο, συνοδεύεται από παραγωγή αερίων, συμπεριλαμβανομένου του υδρογόνου, του μεθανίου και του διοξειδίου του άνθρακα, τα οποία μπορεί να σχετίζονται με την πρόκληση διάτασης ή μετεωρισμού.

Γενικότερα, η βακτηριακή ανάπτυξη και η μεταβολική δραστηριότητα (ζύμωση) είναι πιο έντονη στο εγγύς κόλον, όπου η διαθεσιμότητα του υποστρώματος είναι μέγιστη (Mitchell et al., 1985; Topping and Clifton, 2001).

Η ικανότητα ζύμωσης των φυτικών ινών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες.

1. Τη χημική δομή των φυτικών ινών. Οι διαλυτοί πολυσακχαρίτες και γενικά οι διαλυτές ίνες υποβάλλονται σε ζύμωση σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό και με μεγαλύτερη ταχύτητα από τα βακτηρίδια του παχέος εντέρου από τις αδιάλυτους αντίστοιχα (Elleuch et al., 2011; Hamaker and Tuncil, 2014). Στις αδιάλυτες ίνες, το πορώδες της ίνας και το μέγεθος των σωματιδίων μέσω του προσδιορισμού της επιφάνειας που είναι διαθέσιμη στα βακτήρια μπορεί να ελέγξει τη ζύμωση (Bobin-

- Dubigeon, Lahaye and Barry, 1997). Για παράδειγμα, η κυτταρίνη και η λιγνίνη (τυπικά αδιάλυτες ίνες), ζυμώνονται ελάχιστα από το μικροβίωμα (Slavin et al., 1981; Monro and Mishra, 2010). Ενώ οι ολιγοσακχαρίτες αραβινοξυλάνης (ΑΟΧ) με $DP < 15$ ζυμώνονται πλήρως στο ανιόν και εγκάρσιο κόλον, το 30% των ΑΟΧ με $DP > 15$ ζυμώνεται στο κατιόν κόλον με διακριτικά πρεβιοτικά αποτελέσματα και στα δύο τμήματα (Sanchez et al., 2009).
2. Οι ολιγοσακχαρίτες ζυμώνονται πιο γρήγορα από τους πολυσακχαρίτες, καθώς ο ρυθμός ζύμωσης εξαρτάται από το μήκος της αλυσίδας. Για παράδειγμα, η ινουλίνη με $DP < 10$ ζυμώνεται ταχύτερα από την ινουλίνη με $DP > 10$ (Roberfroid et al., 1998).
 3. Οι μικρές χημικές διαφορές εντός των φυτικών ινών της ίδιας κατηγορίας μπορούν να αλλάξουν τη δυνατότητα ζύμωσης. Ουσιαστικά, η φύση των μονομερών και των γλυκοσιδικών δεσμών, η παρουσία και η κατανομή κατά μήκος της αλυσίδας ορισμένων λειτουργικών ομάδων ή πλευρικών αλυσίδων μπορεί να ρυθμίσει τη χρήση τους από βακτήρια (Botham, Ryden, Robertson & Ring, 1998). Για παράδειγμα, μερικοί πολυσακχαρίτες που προέρχονται από φύκια (αλγινικά, καραγεννάνη) έχουν υποστεί ζύμωση ελάχιστα, ενώ τα συστατικά τους στοιχεία (μονομερή, διμερή) ζυμώνονται πλήρως (Bobin-Dubigeon, Lahaye & Barry, 1997). Για αραβινοξυλάνες από δημητριακά, ο βαθμός της ζύμωσης έχει αποδειχθεί ότι εξαρτάται από τον βαθμό διακλάδωσης (Glitsù, Gruppe, Schols & Bach Knudsen, 1998).

Όσον αφορά τις διαλυτές ίνες, η ζύμωσή τους μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο σε ορισμένες φυσιολογικές επιδράσεις των ινών. Τα φυτά περιέχουν ποικιλία από ταχείας ζύμωσης, βραδείας ζύμωσης και μη ζυμώσιμες φυτικές ίνες. Τα φρούτα (όπως τα μήλα και οι μπανάνες) και τα λαχανικά (όπως οι πατάτες και τα φασόλια) πιστεύεται ότι ζυμώνονται γρήγορα και μπορεί να συμβάλλουν λιγότερο στην δημιουργία όγκου κοπράνων από άλλες ίνες. Το πίτουρο του ψυλλίου και του σιταριού πιστεύεται ότι ζυμώνεται αργά και βοηθά στην αύξηση του όγκου κοπράνων μέσω ζύμωσης, η οποία λαμβάνει χώρα σε όλο το μήκος του παχέος εντέρου.

Ένας μηχανισμός με τον οποίο οι ίνες προάγουν και διατηρούν την υγεία του εντέρου είναι μέσω της αύξησης της μάζας της πέψης. Οι ατελώς ζυμώσιμες ίνες (αδιάλυτες NSP όπως η κυτταρίνη), αυξάνουν την μάζα της πέψης κυρίως λόγω της φύσης τους και ικανότητας να

προσροφούν νερό. Η αύξηση της μάζας της πέψης διαλύει τις τοξίνες, μειώνει την πίεση εσωτερικά του παχέος εντέρου, μειώνει το χρόνο διέλευσης και αυξάνει τη συχνότητα αφόδευσης. Οι ίνες, μπορούν επίσης να αυξήσουν τη μάζα κοπράνων σε μικρότερο βαθμό, διεγείροντας τη ζύμωση, η οποία οδηγεί σε πολλαπλασιασμό των βακτηρίων και σε αυξημένη βιομάζα (Stephen and Cummings, 1980).

Ένας από τους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την διαδικασία της ζύμωσης είναι ο χρόνος διέλευσης (El Oufir et al., 1996), ο οποίος μπορεί να μεταβάλλει την ποσότητα και τη φύση του διαθέσιμου υποστρώματος για ζύμωση, το περιβάλλον του παχέος εντέρου (pH, πίεση υδρογόνου), την ποσότητα και τη δραστηριότητα της μικροχλωρίδας, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να επηρεάσουν τη σχετική χρήση των διαφόρων υδατανθράκων. Ένας επιταχυνόμενος χρόνος διέλευσης μειώνει το pH, αυξάνει την ποσότητα των υποστρωμάτων που φτάνουν στο παχύ έντερο, την έξοδο των κοπράνων και την απέκκριση της βακτηριακής βιομάζας.

Λόγω του μεγέθους και της διαλυτότητάς τους, τόσο οι φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες όσο και οι γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες είναι υψηλά ζυμώσιμοι. Οι υδατάνθρακες μακράς αλύσου περιλαμβάνουν τέσσερις κύριες ομάδες (Eswaran, Muir and Chey, 2013):

- (1) Διαλυτούς, υψηλά ζυμώσιμους, μη αμυλούχους πολυσακχαρίτες (ανθεκτικό άμυλο, πηκτίνη, ινουλίνη, κόμμι γκουάρ).
- (2) Ενδιάμεσα διαλυτές και ζυμώσιμες ίνες (ψύλλιο / ισπαγγούλα) και βρώμη.
- (3) Αδιάλυτες, αργά ζυμώσιμες ίνες (πίτουρο σίτου, λιγνίνη (λινάρι), φρούτα και λαχανικά).
- (4) Αδιάλυτες, μη ζυμώσιμες ίνες (κυτταρίνη, στερκούλια και μεθυλοκυτταρίνη)

1.3.5 Δημιουργία όγκου

Στον γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου βρίσκονται τρισεκατομμύρια μικροοργανισμοί. Αν και οι περισσότεροι από αυτούς είναι βακτήρια, το έντερο μπορεί να φιλοξενήσει και ζύμες, ευκαρυωτικά μονοκύτταρα, ιούς και μικρά παρασιτικά σκουλήκια. Βέβαια, ο αριθμός, ο τύπος και η λειτουργία τους ποικίλλουν. Η πλειοψηφία τους βρίσκεται στο παχύ έντερο, που συμβάλλουν στην ζύμωση των συστατικών που δεν πέπτονται, κυρίως των υδατανθράκων/ινών και στην δημιουργία όγκου κοπράνων (Conlon and Bird, 2014).

Όταν γίνεται αναφορά στην δημιουργία όγκου κοπράνων, συνήθως εννοούνται οι ίνες που δεν ζυμώνονται στο παχύ έντερο ή αυτές που ζυμώνονται με πολύ αργό ρυθμό από την μικροχλωρίδα.

Αρχικά, η ζύμωση ινών από τη μικροχλωρίδα του παχέος εντέρου επηρεάζει από ότι φαίνεται την δημιουργία όγκου κοπράνων με έμμεσο τρόπο, καθώς διεγείρει την ανάπτυξη και οδηγεί σε αυξημένη μικροβιακή βιομάζα (Flamm et al., 2001).

Μια διατροφή υψηλής περιεκτικότητας φυτικών ινών, καθώς και πολλές πηγές ινών, όπως πίτουρα δημητριακών, ο φλοιός του σπόρου ψύλλιο και η μεθυλοκυτταρίνη αυξάνουν το βάρος των κοπράνων, οδηγώντας έτσι σε φυσιολογικές κενώσεις. Όσο αυξάνεται η πρόσληψη ινών, συνεχίζει να αυξάνεται και το βάρος των κοπράνων και με αυτόν τον τρόπο ομαλοποιείται η συχνότητα αφόδευσης σε μία καθημερινά και ο χρόνος διέλευσης του γαστρεντερικού από 2 έως 4 ημέρες (Southgate and Durnin, 1970).

Εάν οι ίνες ζυμώνονται πλήρως και γρήγορα στο παχύ έντερο, όπως και οι περισσότερες διαλυτές πηγές ινών, δεν υπάρχει αύξηση του βάρους των κοπράνων (Streppel et al., 2005). Οι αδιάλυτες ίνες, όπως η κυτταρίνη και η λιγνίνη, είναι ως επί το πλείστον μη ζυμώσιμες από την μικροχλωρίδα του παχέος εντέρου και αυξάνουν τον όγκο των κοπράνων, λόγω του μεγέθους των σωματιδίων τους και της ικανότητας συγκράτησης νερού (Elleuch et al., 2011).

Εκτός από τις μη ζυμώσιμες ίνες βέβαια, ακόμα και κάποιες ζυμώσιμες έχουν επίδραση στην δημιουργία όγκου κοπράνων. Το πίτουρο σίτου είναι από τους καλύτερους παράγοντες διόγκωσης. Ορισμένες ζυμώσιμες ίνες ημικυτταρίνης, συμπεριλαμβανομένου του λάχανου, αυξάνουν τον όγκο των κοπράνων αυξάνοντας τη χλωρίδα των κοπράνων. Αντίθετα, οι πολύ ζυμώσιμες ίνες, όπως η πηκτίνη, έχουν μικρή επίδραση στην αύξηση του όγκου των κοπράνων. Παρόλα αυτά, οι διαλυτές μη ιξώδεις ίνες και οι διαλυτές ιξώδεις ίνες που έχουν υποστεί ζύμωση μπορούν να αυξήσουν τον όγκο των κοπράνων αυξάνοντας τη βιομάζα και τα υποπροϊόντα ζύμωσης, όπως αέριο και SCFAs (Stephen and Cummings, 1980).

Οι φυτικές ίνες μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη δημιουργία όγκου μέσω της **ικανότητας κατακράτησης νερού**, όπως προαναφέρθηκε (Davies et al., 1986; Pepple and McRorie, 1994; McRorie et al., 1998). Η περιεκτικότητα των κοπράνων σε νερό, πράγματι σχετίζεται με την υφή και την σύσταση των κοπράνων (μαλακά κόπρανα ή δημιουργία όγκου κοπράνων) (McRorie, 2015). Γενικά τα κόπρανα έχουν υγρασία 70-75% και αυτό δεν αλλάζει με την κατανάλωση περισσότερων φυτικών ινών. Εξαίρεση αποτελεί ο φλοιός του

σπόρου ψύλλιο που αυξάνει την συγκέντρωση νερού των κοπράνων στο 80% (Prynne and Southgate, 1979).

Υπάρχουν δύο μηχανισμοί με τους οποίους οι ίνες μπορούν να προκαλέσουν καθαριστικό αποτέλεσμα:

- Τα μεγάλα αδιάλυτα σωματίδια ινών, όπως το πίτουρο σίτου, τα οποία επιδρούν στον βλεννογόνο του παχέος εντέρου και διεγείρουν την έκκριση νερού και βλέννας.
- Οι σχηματισμένες ίνες, όπως το ψύλλιο, έχουν την ικανότητα συγκράτησης νερού, γεγονός το οποίο δεν επιτρέπει την αφυδάτωση στο παχύ έντερο.

Και για τους δύο μηχανισμούς προϋπόθεση είναι οι ίνες να μην ζυμώνονται έτσι ώστε να παραμένουν άθικτες (να υπάρχουν στα κόπρανα), καθώς και να αυξάνουν την περιεκτικότητα των κοπράνων σε νερό, κάτι που οδηγεί σε ογκώδη/ μαλακά κόπρανα (McRorie, 2015).

Πιο αναλυτικά, ο τρίτος παράγοντας που επηρεάζει την δημιουργία όγκου κοπράνων, **το μέγεθος των σωματιδίων των φυτικών ινών** εξαρτάται από τον τύπο των κυτταρικών τοιχωμάτων που υπάρχουν στα τρόφιμα και από τον βαθμό επεξεργασίας τους. Κατά την διέλευση από τον πεπτικό σωλήνα, το μέγεθος των σωματιδίων επηρεάζεται από την διαδικασία της μάσησης, της πολτοποίησης στο στομάχι και της αποδόμησης στο παχύ έντερο. Ορισμένα συστατικά που εμπλέκονται στην συνεκτικότητα των ινών μπορεί να διαλυθούν. Αυτό σημαίνει ότι το μέγεθος των σωματιδίων πριν την κατάποση μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικό για την εκτίμηση της πιθανής δράσης των ινών στον χρόνο διέλευσης (Guillon and Champ, 2000).

Οι ίνες μπορούν να συμβάλλουν στη μείωση της ενεργειακής πυκνότητας των τροφίμων λόγω του όγκου που δημιουργούν και μπορούν να προωθήσουν τον κορεσμό (Buttriss and Stokes, 2008). Τα τρόφιμα πλούσια σε φυτικές ίνες τείνουν να έχουν υψηλό όγκο και χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα και μπορούν να βοηθήσουν στην προώθηση του κορεσμού, τη μείωση της πείνας, την προώθηση της αίσθησης πληρότητας και, ως εκ τούτου, διαδραματίζουν ρόλο στον έλεγχο της ενεργειακής ισορροπίας (Lunn & Buttriss 2007; Slavin & Green 2007). Λόγω της ογκώδους φύσης τους, τα δημητριακά, φρούτα και λαχανικά σε μεγάλες ποσότητες, έχουν την δυνατότητα να επιφέρουν μείωση της πρόσληψης άλλων τροφίμων με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, όπως τα λιπαρά τρόφιμα (Dreher, 2018).

1.3.6 Δεσμευτική ικανότητα

Όσον αφορά την δεσμευτική ικανότητα που έχουν οι φυτικές ίνες και πιο συγκεκριμένα οι πολυσακχαρίτες, φαίνεται ότι μη ομοιοπολικά μπορούν να δεσμεύονται, να προσροφούν ή να παγιδεύουν άλλα διατροφικά συστατικά κατά τη διέλευσή τους από τον γαστρεντερικό σωλήνα (Caruano, 2016).

- Αρχικά συνδέονται με φαινολικές ενώσεις (PC), οι οποίες είναι δευτερογενείς μεταβολίτες φυτών και αποτελούνται από έναν (φαινολικό οξύ) ή πολλαπλούς (πολυφαινόλες) δακτυλίους φαινόλης. Ωστόσο υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες φαινολικών ενώσεων οι οποίες καθορίζονται από τον αριθμό των δακτυλίων, τη σύνδεσή τους, τον αριθμό και τον τύπο των λειτουργικών ομάδων που συνδέονται με αυτές. Οι πολυφαινόλες έχει αποδειχθεί ότι έχουν αντιοξειδωτικές (Hertog et al., 1993), αντιφλεγμονώδεις, ανοσορρυθμιστικές (Ruiz and Haller, 2006, Ruiz et al., 2007; Park et al., 2007), καρδιοπροστατευτικές και αντικαρκινικές δράσεις (Ganry, 2002; Liu, 2004). Οι φαινολικές ενώσεις εντοπίζονται ενδοκυτταρικά σε άθικτα φυτά, ενώ ορισμένα φαινολικά οξέα συνδέονται ομοιοπολικά με αραβινοξυλάνες, λιγνίνη και πηκτίνες του κυτταρικού τοιχώματος. Τα τελευταία θεωρούνται ως δομικό μέρος των φυτικών ινών (Vitaglione et al., 2008). Αυτές οι συνδέσεις μεταξύ φυτικών ινών και φαινολικών ενώσεων μπορούν να σχηματιστούν στο προϊόν κατά την διάρκεια διεργασιών της πέψης, καθώς τα κύτταρα διασπώνται και απελευθερώνεται το ενδοκυτταρικό περιεχόμενο. Ακόμη μπορούν να σχηματιστούν απευθείας στο στόμα μόλις απελευθερωθούν οι φαινολικές ενώσεις από κύτταρα που σπάνε, κατά την μάσηση (Caruano, 2016).

Οι φυσιολογικές επιπτώσεις της αλληλεπίδρασης των φυτικών ινών με τις φαινολικές ενώσεις είναι πολλές: πρώτον ρυθμίζουν την βιοδιαθεσιμότητα των φαινολικών ενώσεων. Δεύτερον, οι PC από την στιγμή που συνδέονται με κάποιο τύπο ινών, δεν απορροφούνται από το λεπτό έντερο, αλλά μπορούν να ελευθερωθούν κατά την ζύμωση στο παχύ έντερο και να απορροφηθούν σε αυτό. Αυτή η μεταφορά στο παχύ έντερο αποτελεί σημαντική φυσιολογική λειτουργία των ινών (Saura-Callixto and Goni, 2006). Τέλος, οι φυτικές ίνες παίζουν προστατευτικό ρόλο για τις PC κατά την διέλευσή τους από το γαστρεντερικό σύστημα, όντας συνδεδεμένες με αυτές.

- Οι φυτικές ίνες συνδέονται επίσης με χολικά άλατα. Τα χολικά άλατα αποτελούνται από στεροϊκά οξέα που συντίθενται στο ήπαρ και εκκρίνονται με τη χολή. Τα χολικά άλατα είναι απαραίτητα για τη γαλακτωματοποίηση των λιπιδίων, την διάσπασή τους σε μικρότερα, τον σχηματισμό μικτών μικκυλίων και για την πέψη και απορρόφηση λιποδιαλυτών βιταμινών (Caruano, 2016).

Η σύνδεση βέβαια μεταξύ φυτικών ινών και χολικών αλάτων έχει κάποιες επιπτώσεις. Πρώτον, θα διευκολύνει την εξάλειψη των χολικών αλάτων στα κόπρανα που πιστεύεται ότι είναι ένας από τους κύριους μηχανισμούς για τη μείωση της χοληστερόλης ορού. Φυσιολογικά, τα χολικά άλατα απορροφώνται στο ανώτερο τμήμα του λεπτού εντέρου και μεταφέρονται έπειτα στο ήπαρ για την εκ νέου σύνθεση χολικών αλάτων που θα εκκριθούν ξανά στην χολή, μέσω της διαδικασίας που ονομάζεται εντεροηπατική κυκλοφορία. Όταν όμως δεσμεύονται με φυτικές ίνες, αποφεύγουν την επαναρρόφηση στο λεπτό έντερο, και έτσι το ήπαρ πρέπει να χρησιμοποιήσει ενδογενή χοληστερόλη για να αναπληρώσει τα χολικά άλατα (καθώς είναι απαραίτητη για την απορρόφησή τους), μειώνοντας έτσι την χοληστερόλη που κυκλοφορεί στο αίμα.

In vivo μελέτες έχουν δείξει επανειλημμένα αυξημένη απέκκριση χολικών αλάτων στα κόπρανα μετά από αυξημένη κατανάλωση φυτικών ινών (Arjmandi and Reevesm, 1992; Lia et al., 1995; Madar and Stark, 1995). Το στρώμα τζελ που σχηματίζεται από τις διαλυτές ίνες που τελικά απεκκρίνονται στα κόπρανα, μπορεί να παγιδεύσει μερικά από τα χολικά άλατα που απελευθερώνονται από τη χοληδόχο κύστη. Αυτό φαίνεται να είναι πιο έντονο στον τελικό ειλεό όπου είναι σημείο επαναρρόφησης των χολικών αλάτων (Elleuch et al., 2011).

Ωστόσο, η αλληλεπίδραση μεταξύ χολικών αλάτων και φυτικών ινών εξαρτάται από τις χημική δομή και των δύο αντίστοιχα. Η λιγνίνη για παράδειγμα, είναι γνωστό ότι δεσμεύει πολύ καλά τα χολικά άλατα (Kosikova et al., 2002). Η ικανότητα αυτή φαίνεται να οφείλεται σε υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις, καθώς αυξάνεται με την οξύτητα, τον βαθμό μεθυλίωσης της λιγνίνης και την υδροφοβικότητα του χολικού αλάτος (Eastwood and Hamilton, 1968). Η κυτταρίνη από την άλλη, φαίνεται να έχει μικρότερη ικανότητα δέσμευσης σε σχέση με άλλους τύπους φυτικών ινών (Story and Kritchevsky, 1976; Vahouny et al., 1980).

Από τις διαλυτές φυτικές ίνες, η β-γλυκάνη είναι γνωστό ότι αυξάνει την απέκκριση των χολικών οξέων στα κόπρανα (Lia et al., 1995; Ellegard and Andersson, 2007), αλλά ο πραγματικός μηχανισμός πίσω από αυτό μπορεί να μην σχετίζεται μόνο με την δεσμευτική ικανότητα με τα χολικά άλατα. Ακόμη, το κόμμι γκουάρ έδειξε να αυξάνει την απέκκριση χολικών αλάτων, καθώς παρατηρήθηκε μείωση της χοληστερόλης *in vivo* από τους Butt et al., (2007), όπως επίσης και η πηκτίνη (Theuwissen and Mensink, 2008).

Εκτός από την χημική δομή που αναφέρθηκε παραπάνω, άλλος ένας παράγοντας για τον προσδιορισμό της έκτασης της δέσμευσης είναι η επιφάνεια των ινών. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των ινών, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα των χολικών αλάτων που συνδέονται με αυτές (Huang and Dural, 1995).

- Τέλος, φυτικές ίνες συνδέονται με μεταλλικά ιόντα. Εμπλέκονται κυρίως οι καρβοξυλικές ομάδες, όπως των πηκτινών, του αλγινικού, των κόμμεων και της καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης. Οι παραπάνω, καθώς και οι θεικές ομάδες των καρραγενών, αποτελούν τις κύριες λειτουργικές ομάδες (Caruano, 2016). Η δεσμευτική αυτή ικανότητα των ινών, μεταξύ άλλων, επηρεάζεται από το pH. Η ικανότητα ανταλλαγής ιόντων είναι προφανώς μεγαλύτερη στο ουδέτερο pH του λεπτού εντέρου σε σύγκριση με το χαμηλότερο pH του στομάχου, λόγω της μεγαλύτερης αναλογίας φορτισμένων όξινων ομάδων. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει και η ιοντική ισχύς των πεπτικών υγρών των ομάδων (Caruano, 2016).

1.4 Πηγές φυτικών ινών

Τα συστατικά των φυτικών ινών ποικίλλουν από τρόφιμο σε τρόφιμο, όπως σημειώνεται σε μια περιεκτική ανασκόπηση του Selvendran (1984). Η σύσταση σε φυτικές ίνες επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Κάποιοι από αυτούς είναι το είδος του φυτού, το στάδιο ωριμότητας και τα μέρη του φυτού που καταναλώνονται. Οι ίνες μπορεί να εμφανίζονται στα τρόφιμα με φυσικό τρόπο ή να δημιουργούνται τεχνητά στο εργαστήριο.

1.4.1 Φυσικές πηγές

Στην παρακάτω ενότητα θα αναφερθούν οι κύριες πηγές των διαφόρων φυτικών ινών που παρατέθηκαν παραπάνω και που συναντώνται εγγενείς και άθικτες στη φύση. Οι φυσικές ίνες (συντά αναφέρονται ως «εγγενείς») εμφανίζονται σε τρόφιμα, όπως λαχανικά, δημητριακά ολικής αλέσεως, φρούτα, πίτουρο δημητριακών, νιφάδες δημητριακών και αλεύρια. Οι ίνες θεωρούνται επίσης «άθικτες» επειδή δεν έχουν αφαιρεθεί από τα τρόφιμα. Τα τρόφιμα που περιέχουν αυτές τις ίνες έχουν αποδειχθεί ωφέλιμα και οι κατασκευαστές δεν χρειάζεται να αποδείξουν ότι παρέχουν ευεργετικές φυσιολογικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (FDA, 2020).

- **Κυτταρίνη:**

Κύριο συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των περισσότερων φυτών. Συναντάται κατά 1/4 στα φρούτα και στους σπόρους και κατά 1/3 στα λαχανικά, στα δημητριακά και στους ξηρούς καρπούς. Το πίτουρο σίτου είναι μια πλούσια πηγή κυτταρίνης ή αδιάλυτων ινών (Gray, 2006). Υψηλά επίπεδα κυτταρίνης βρίσκονται επίσης, σε φυλλώδη λαχανικά και λαχανικά με ρίζες, σε όσπρια και σε μερικά φρούτα, όπως τα αχλάδια και τα μήλα. Πηγές αποτελούν όλα τα φυτά, κάποια φύκια και βακτήρια (Caruano, 2016).

- **Ημικυτταρίνη:**

Περίπου το 1/3 των φυτικών ινών στα λαχανικά, στα φρούτα και στους ξηρούς καρπούς αποτελείται από ημικυτταρίνες (Hu et al., 2009). Οι σπόροι δημητριακών περιέχουν υψηλά επίπεδα των αδιάλυτων ινών κυτταρίνη και ημικυτταρίνες (Lanza and Butrum, 1986; Selvendran, 1984; Gray, 2006).

- **Πηκτίνες:**

Βρίσκονται στο εξωτερικό κυτταρικό τοίχωμα των φυτών καθώς και στις φλούδες των φρούτων περισσότερο αλλά και των λαχανικών. Στα φρούτα υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό πηκτινών, αλλά βρίσκονται και στα λαχανικά, τα όσπρια και τους ξηρούς καρπούς σε ποσοστό 15-20%. Για παράδειγμα η φλούδα του πορτοκαλιού περιλαμβάνει 30% πηκτίνες, του μήλου 15% και του κρεμμυδιού 12% (Ridley, O'Neill and Mohnen, 2001). Επίσης, πηγές αποτελούν τα ζαχαρότευτλα και οι πατάτες (Gray, 2006). Μεγάλο ποσοστό πηκτίνης υπάρχει στα εσπεριδοειδή, στα μήλα, στα βερίκοκα, στα κεράσια, στα αχλάδια, αλλά και σε λαχανικά, όπως τα καρότα.

- **Β-γλυκάνες:**

Αποτελούν ένα σημαντικό συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος στην βρώμη και το κριθάρι, αλλά υπάρχουν και στο σιτάρι σε μικρές ποσότητες (Caruano, 2016). Βρίσκεται ως βασικό συστατικό κυρίως στους σπόρους και στα δημητριακά (αλλά όχι στο ρύζι) μαζί με την αραβινοξυλάνη. Συναντάται πιο συχνά με τη μορφή κυτταρίνης στα φυτά, αλλά μπορεί να βρεθεί και σε μύκητες, μανιτάρια και κάποια βακτήρια (Theuwissen and Mensink, 2008). Παράδειγμα φυτού που τις περιέχει: σίκαλη. Η κυτταρίνη και οι πηκτίνες υπάρχουν σε μικρότερο βαθμό (Burton and Fincher, 2014). Χρησιμοποιούνται επίσης, σε διάφορα προϊόντα όπως το ψωμί (Gray, 2006).

- **Άπεπτοι ολιγοσακχαρίτες (FOS, GOS, ινουλίνη):**

Όσον αφορά τις φρουκτάνες, όπως η ινουλίνη και οι FOS, υπάρχουν σε φυτικές τροφές, κυρίως σε φρούτα, λαχανικά και δημητριακά. Υπάρχουν και σε σπόρους, σιτάρι, σίκαλη. Θεωρούνται ως φυτικές ίνες, καθώς εκτελούν τις ίδιες φυσιολογικές λειτουργίες με τους πολυσακχαρίτες (Van Loo et al., 1995; Ferguson, Chavan and Harris, 2001). Φυσικές πηγές FOS και ινουλίνης είναι η αγκινάρα της Ιερουσαλήμ, η κολλιτσίδα, το ραδίκι, η ρίζα πικραλίδας, τα πράσα, τα κρεμμύδια, τα σπαράγγια, οι μπανάνες, το σκόρδο, το σιτάρι, η σίκαλη (Champ et al., 2003; Andersson et al., 2009).

Χρησιμοποιούνται ήδη σε ορισμένα γαλακτοκομικά προϊόντα, αρτοποιήματα, προϊόντα δημητριακών, επιδόρπια, επεξεργασμένα προϊόντα κρέατος, παιδικές τροφές, ποτά και υποκατάστατα γεύματος.

Όσον αφορά τους GOS, φυσική πηγή αποτελεί η σόγια. Βρίσκονται στα γαλακτοκομικά προϊόντα κυρίως (Mudgil and Barak, 2013).

- **Λιγνίνη:**

Βρίσκεται σε τρόφιμα με ένα 'ξυλώδες' συστατικό, όπως το σέλινο και στα εξωτερικά στρώματα των δημητριακών (Anderson and Bridges, 1988). Η περιεκτικότητα σε λιγνίνη είναι υψηλότερη στα φρούτα, ιδίως στις φράουλες και στα ροδάκινα.

- **Μεθυλοκυτταρίνη:**

Συναντάται σε σπόρους και δημητριακά, σιτηρά, ξηρούς καρπούς, φλούδες φρούτων και λαχανικών (Eswaran, Muir and Chey, 2013).

- **Ραφινόζη:**

Συντίθεται σε φύλλα, ρίζες και κονδύλους από μια ποικιλία φυτικών ειδών και συναντάται πάντα σε σπόρους ανώτερων φυτών. Σε ορισμένα είδη καλλιέργειας, η ραφινόζη αποτελεί ως και 16% της ξηράς ουσίας των σπόρων (Horbowicz and Obendorf, 1994; Muzquiz et al., 1999).

- **Ανθεκτικό άμυλο:**

Τα όσπρια είναι μια κύρια πηγή ανθεκτικού αμύλου, με ποσοστό έως και 35% του αμύλου οσπρίων να διαφεύγει από την πέψη. Μικρές ποσότητες ανθεκτικού αμύλου παράγονται με επεξεργασία και ψήσιμο προϊόντων δημητριακών και σιτηρών. Πολλές νέες λειτουργικές ίνες που προστίθενται όλο και περισσότερο σε επεξεργασμένα τρόφιμα είναι ανθεκτικά άμυλα. Είναι μία από τις πιο άφθονες πηγές άπεπτων υδατανθράκων (Nugent 2005).

Το RS1 είναι ανθεκτικό επειδή συναντάται σε μία φυσικά απρόσιτη μορφή, όπως μερικώς αλεσμένα σιτηρά και σπόροι και σε μερικούς πολύ πυκνούς τύπους επεξεργασμένων αμυλούχων τροφίμων. Τα όσπρια είναι μία από τις κύριες πηγές RS1 λόγω του πάχους των κυτταρικών τοιχωμάτων τους. Οι άγουρες μπανάνες αποτελούν πηγή RS2 (ακατέργαστων κόκκων αμύλου), καθώς και οι πατάτες. Το RS3 παράγεται κατά το μαγείρεμα, την ψύξη και την αποθήκευση τροφίμων (στις πατάτες). Η ακριβής ποσοτικοποίηση είναι δύσκολη, καθώς υπάρχουν πολλοί παράγοντες που την επηρεάζουν όπως ο τρόπος μαγειρέματος και αποθήκευσης (Fuentes-Zaragoza et al., 2010).

Δημητριακά ολικής άλεσης

Τα περισσότερα τρόφιμα που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες, διαθέτουν και διαλυτές και αδιάλυτες ίνες (McKee and Latner, 2000). Τα προϊόντα ολικής άλεσης και πίτουρου είναι οι κύριες πηγές ινών δημητριακών, ενώ οι κύριες πηγές διαλυτών ινών είναι τα φρούτα, τα λαχανικά και προϊόντα από βρώμη και κριθάρι (περιέχουν β-γλυκάνες) (Brennan, 2005).

Γενικά τα τρόφιμα ολικής περιέχουν περίπου 12% φυτικές ίνες και είναι κυρίως κόκκοι δημητριακών που αποτελούνται από φύτρο δημητριακών, ενδοσπέρμιο και πίτουρο, σε σχέση με τους επεξεργασμένους κόκκους που διατηρούν μόνο το ενδοσπέρμιο. Το ενδοσπέρμιο περιλαμβάνει περίπου 80% ολικής άλεσης, ενώ τα ποσοστά που αντιστοιχούν στα συστατικά του φύτρου και του πίτουρου ποικίλλουν μεταξύ των διαφορετικών σιτηρών. Για παράδειγμα, το πίτουρο αποτελεί το 6% του καλαμποκιού και το 16% του σιταριού.

Στα επεξεργασμένα δημητριακά, το περισσότερο από το πίτουρο και το φύτρο απομακρύνονται, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι φυτικές ίνες και άλλα συστατικά όπως βιταμίνες, ιχνοστοιχεία, φυτικό οξύ, λιγνάνες, φαινολικές ενώσεις και φυτοοιστρογόνα. Έτσι τα επεξεργασμένα σιτηρά έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άμυλο από ότι τα ολικής άλεσης (Slavin et al., 1999). Εκτός όμως από το άμυλο, τα σιτηρά περιέχουν και σημαντικές ποσότητες ολιγοσακχαριτών. Το αλεύρι σίτου για παράδειγμα περιλαμβάνει από 1 ως 4% φρουκτάνη. Επίσης, η φρουκτάνη βρίσκεται στη σίκαλη και στο κριθάρι με τους πολύ νέους πυρήνες κριθαριού να περιέχουν 22% φρουκτάνη (Van Loo et al., 1995).

Οι κύριοι κόκκοι δημητριακών περιλαμβάνουν σιτάρι, ρύζι και καλαμπόκι, ενώ οι δευτερεύοντες κόκκοι περιλαμβάνουν βρώμη, σίκαλη, κριθάρι, σόργο και κεχρί (Potter, 1996). Τα κοινά δημητριακά ολικής περιλαμβάνουν το σιτάρι, τη βρώμη και το κριθάρι. Κάποια πίτουρα (τα εξωτερικά σκληρά στρώματα δημητριακών) που προέρχονται από τρόφιμα, όπως πολλά ψωμιά και δημητριακά, περιέχουν ως 25% φυτικές ίνες (Weickert and Pfeiffer, 2008).

1.4.2 Τεχνητές πηγές

Εκτός από τις εγγενείς και άθικτες ίνες, ο FDA (2020) έχει αναγνωρίσει τους ακόλουθους απομονωμένους ή συνθετικούς μη εύπεπτους υδατάνθρακες που πληρούν τον ορισμό των διαιτητικών ινών:

- **Αραβινοξυλάνη:**

Βρίσκεται ως βασικό συστατικό κυρίως στους σπόρους και στα δημητριακά (αλλά όχι στο ρύζι) μαζί με την β-γλυκάνη. Ένα δημητριακό που την περιέχει σε μεγάλη ποσότητα είναι η σίκαλη (Andersson et al., 2009). Η κυτταρίνη και οι πηκτίνες υπάρχουν σε μικρότερο βαθμό (Burton and Fincher, 2014).

Η ενζυματική υδρόλυση της αραβινοξυλάνης (AX) (πολυσακχαρίτης) αποδίδει ολιγοσακχαρίτες αραβινοξυλάνης, που αποτελούνται από αραβινοξυλο-ολιγοσακχαρίτες (AXOS) και ξυλο-ολιγοσακχαρίτες (XOS). Αυτή η αντίδραση λαμβάνει χώρα κατά την παραγωγή AXOS και προϊόντων διατροφής που προέρχονται από δημητριακά, όπως ψωμί και μπύρα, καθώς και στο παχύ έντερο κατά την κατάποση της αραβινοξυλάνης (Broekaert et al., 2011).

Οι ολιγοσακχαρίτες αραβινοξυλάνης μπορούν να δημιουργηθούν στο παχύ έντερο των ζώων με μικροβιακή αποικοδόμηση της αραβινοξυλάνης ή μπορεί να υπάρχουν ως έχει σε επεξεργασμένα τρόφιμα ή μπορεί να παρασκευαστούν από πηγές πλούσιες σε αραβινοξυλάνη και να χρησιμοποιηθούν ως συστατικό τροφής.

Οι AXOS και XOS δηλαδή οι (A)XOS, παράγονται σε επεξεργασμένα προϊόντα διατροφής με βάση τα δημητριακά, όπως ψωμί, ζυμαρικά, μπισκότα και μπύρα. Σε τέτοια προϊόντα δημιουργούνται μέσω της αλληλεπίδρασης με τις ενδοξυλανάσες που προέρχονται από τα δημητριακά (Broekaert et al., 2011).

- **Υδροκολλοειδή:**

Συναντώνται σε φυτικά εξιδρώματα (αραβικό κόμμα και τραγάκανθος), σπόρους (γκουάρ και χαρούπι), εκχυλίσματα φυκιών (άγαρ, καραγενάνες, αλγινικά) και χρησιμοποιούνται κυρίως στα γαλακτοκομικά προϊόντα (Saha and Bhattacharya, 2010).

- **Άπεπτοι ολιγοσακχαρίτες (FOS, GOS, ινουλίνη):**

Οι FOS και η ινουλίνη χρησιμοποιούνται ήδη σε ορισμένα γαλακτοκομικά προϊόντα, αρτοποιήματα, προϊόντα δημητριακών, επιδόρπια, επεξεργασμένα προϊόντα κρέατος, παιδικές τροφές, ποτά και υποκατάστατα γεύματος.

Όσον αφορά τους GOS παρότι φυσική πηγή αποτελεί η σόγια, παράγονται και βιομηχανικά και χρησιμοποιούνται σε γαλακτοκομικά προϊόντα (Mudgil and Barak, 2013).

- **Ανθεκτικό άμυλο:**

Κάποιες μορφές ανθεκτικού αμύλου αποτελούν φυσικές πηγές ινών, όμως το RS2 και πιο συγκεκριμένα τα άμυλα αυξημένης αμυλόζης, παράγονται βιομηχανικά. Το RS4 θεωρείται επίσης τεχνητή πηγή ινών (Fuentes-Zaragoza et al., 2010).

- **Πολυδεξτρώση:**

Χρησιμοποιείται σε ορισμένα προϊόντα χαμηλών θερμίδων ως παράγοντας διόγκωσης για την αντικατάσταση των σακχάρων στα τρόφιμα και για την παροχή συγκεκριμένης υφής. Χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό σε αρτοποιήματα, μπάρες δημητριακών, προϊόντα ζαχαροπλαστικής, επιδόρπια, ζελατίνες, σάλτσες και dressing σαλάτας. Αποδίδει περίπου 1kcal/gr (Auerbach et al., 2007).

Η πολυδεξτρώση μεταβολίζεται παρόμοια με άλλα συστατικά διαλυτών ινών και γενικά πιστεύεται ότι περιέχει ~ 90% φυτικές ίνες, πράγμα που σημαίνει ότι το μεγαλύτερο μέρος

της προσλαμβανόμενης πολυδεξτρόζης περνά μέσω της γαστρεντερικής οδού άπεπτη. Στο παχύ έντερο, η πολυδεξτρόζη μπορεί να υποστεί ζύμωση από τη μικροχλωρίδα του εντέρου.

- **Γλυκομαννάνη:**

Προέρχεται από την ρίζα του φυτού konjac (κινέζικο βότανο που χρησιμοποιούνταν για ιατρικό σκοπό) (CP C, 2010). Χρησιμοποιείται είτε ως συμπλήρωμα διατροφής είτε ως γαλακτωματοποιητής και πυκνωτικό μέσο στην επεξεργασία τροφίμων (ιξώδεις ίνες) (Li et al., 2019). Αποτελεί έναν τύπο διαλυτών, ζυμώσιμων φυτικών ινών, οι οποίες μπορούν επίσης να εξαχθούν από ορισμένους μύκητες (Gao and Nishinari, 2004).

- **Χιτοσάνη:** παράγεται εμπορικά από την απακετυλίωση της χιτίνης (Caruano, 2016).
- **Φυτικό οξύ:** βρίσκεται κυρίως σε σπόρους δημητριακών (Torre, Rodriguez and Saura-Calixto, 1991).
- **Χιτίνη:** Βρίσκεται στους μύκητες και στον σκελετό των αρθρόποδων και των εντόμων (Caruano, 2016).

Πίνακας 1.4.1 Συγκεντρωτικός πίνακας πηγών και χρήσης φυτικών ινών

	Υποομάδα	Συστατικά φυτικών ινών	Πηγές	Χρήση
Ολιγοσακχαρίτες	A-γλυκάνες	Μαλτοδεξτρίνες		Σαν γλυκαντικά, σαν υποκατάστατα λίπους, για τροποποίηση υφής προϊόντων
	Μη α-γλυκάνες	Φρουκτάνες (FOS, ινουλίνη)	Λαχανικά (αγκινάρα ιερουσαλήμ, κολλιτσίδα, ραδίκι, ρίζα πικραλίδας, πράσα, κρεμμύδια, σπαράγγια, σκόρδο), φρούτα (πχ μπανάνες), δημητριακά, σπόροι, σιτάρι, σικάλη	Γαλακτοκομικά προϊόντα, Επιδόρπια, Αρτοποιήματα, Προϊόντα δημητριακών, Επεξεργασμένα προϊόντα κρέατος, Παιδικές τροφές, Ποτά, Υποκατάστατα γεύματος
		GOS	Σόγια, παράγεται και βιομηχανικά	Γαλακτοκομικά προϊόντα
Πολυσακχαρίτες	Αμυλούχοι	Τροποποιημένο άμυλο	Κύρια πηγή: όσπρια,	

			RS1: σιτηρά, σπόροι, όσπρια, RS2: άγουρες μπανάνες, RS3: παράγεται κατά το μαγείρεμα, ψύξη και αποθήκευση τροφίμων	
	Μη αμυλούχοι (NSPs)	Κυτταρίνη	Όλα τα φυτά, ¼ στα φρούτα (όπως αχλάδια, μήλα) και στους σπόρους, 1/3 στα λαχανικά και στα λαχανικά με ρίζες, στους ξηρούς καρπούς και στα δημητριακά, κάποια φύκια, βακτήρια	
		Ημικυτταρίνη	1/3 στα λαχανικά, φρούτα και στους ξηρούς καρπούς, σπόροι, δημητριακά	
		Πηκτίνη	Εξωτερικά τοιχώματα φυτών, κυρίως σε φλούδες φρούτων (πορτοκάλια 30%, μήλο 15%, αχλάδια, βερίκοκα, κεράσια), αλλά και σε λαχανικά (κρεμμύδια 12%, καρότα, πατάτες), όσπρια, ξηροί καρποί (15-20%), ζαχαρότευτλα	
		Αραβινοξυλάνη	Σπόροι, δημητριακά (ψωμί, ζυμαρικά)(όχι ρύζι), σίκαλη	Όπως μπισκότα, μύρα
		B-γλυκάνες	Βρώμη, κριθάρι, σιτάρι (μικρές ποσότητες), σπόροι και δημητριακά(όχι	Όπως ψωμί

			ρύζι), σίκαλη, κάποια μανιτάρια, μύκητες και βακτήρια	
		Γλυκομαννάνη		Συμπλήρωμα διατροφής, γαλακτωματοποιητής, πυκνωτικό μέσο
		Φυτοβλέννες	Κύτταρα εξωτερικών στρωμάτων των σπόρων των φυτών	
		Υδροκολλοειδή	Φυτικά εξιδρώματα (αραβικό κόμμα, τραγάκανθος), σπόροι (γκουάρ, χαρούπι), Εκχυλίσματα φυκιών (άγαρ, κραγενάνες, αλγινικά)	Όπως γαλακτοκομικά προϊόντα
		Κόμμεα		
Συνθετικά παράγωγα υδατανθράκων		Πολυδεξτρόζη		
		Μεθυλοκυτταρίνη		
		Υδροξυ-προπυλο-μεθυλοκυτταρίνη		
		Ανθεκτικές δεξτρίνες		
Άλλα δευτερεύοντα συστατικά		Φυτικό οξύ	Δημητριακά	
		Χιτίνη	Βρίσκεται σε καβούρια, έντομα, μύκητες	
		Χιτοσάνη	Βρίσκεται σε μύκητες	
		Λιγνίνη	Τρόφιμα με ξυλώδες συστατικά (σέλινο), εξωτερικά στρώματα δημητριακών, φρούτα (φράουλες, ροδάκινα)	

Κεφάλαιο 2: Πέψη- Απορρόφηση και Μεταβολισμός φυτικών ινών

Η συμπεριφορά των φυτικών ινών κατά την πέψη είναι το κλειδί για την κατανόηση της φυσιολογικής τους επίδρασης. Είναι σαφές ότι η συστηματική επίδραση στην υγεία πηγάζει από μια πολύπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών μηχανισμών που λειτουργούν ταυτόχρονα και σε όλο το μήκος της γαστρεντερικής οδού. Η συμπεριφορά των τελικών προϊόντων, βάσει των ιδιοτήτων τους θα καθορίσουν και τις φυσιολογικές επιδράσεις στην υγεία.

2.1 Αλλαγές στην χημική δομή των ινών κατά την πέψη

Η πέψη είναι ένα σύνθετο φυσιολογικό γεγονός που έχει εξελιχθεί για να εξασφαλίσει την πιο αποτελεσματική απορρόφηση θρεπτικών συστατικών από τα τρόφιμα. Λαμβάνει χώρα στην γαστρεντερική οδό που μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ανοιχτό κανάλι που περιλαμβάνει την στοματική κοιλότητα, τον οισοφάγο, το στομάχι, το λεπτό έντερο (αποτελείται από δωδεκαδάκτυλο, νήστιδα και ειλεό) και το παχύ έντερο (ανιόν, εγκάρσιο, κατιόν, σιγμοειδές, ορθό και πρωκτό). Το επιθήλιο είναι το εσωτερικό στρώμα του βλεννογόνου, όπου πραγματοποιούνται οι περισσότερες εκκριτικές, πεπτικές και απορροφητικές διεργασίες το οποίο καλύπτεται πάντα με ένα λεπτό στρώμα βλέννας που έχει προστατευτικές και μηχανικές λειτουργίες. Οι εκκριτικοί αδένες σχετίζονται με την γαστρεντερική οδό και παρέχουν νερό, πεπτικά ένζυμα, ορμόνες και άλλα συστατικά απαραίτητα για τις πεπτικές διεργασίες, όπως πρωτόνια, χολικά άλατα (Caruano, 2016).

Παρά την αντίληψη των φυτικών ινών ως ένα αδρανές υλικό, υφίστανται πράγματι δομικές και χημικές αλλαγές που επηρεάζουν τη συμπεριφορά τους κατά την πέψη. Στους φυτικούς ιστούς, οι ίνες είναι μέρος ακέραιων κυτταρικών τοιχωμάτων που κατά την διαδικασία της πέψης μπορούν να υποστούν επεξεργασία (Caruano, 2016).

Η πορεία της τροφής κατά μήκος της γαστρεντερικής οδού υποβοηθάται τόσο από τα ένζυμα της πέψης όσο και από τις μοναδικές ιδιότητες των οργάνων του πεπτικού συστήματος, όπως φαίνεται παρακάτω.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας της τροφής στο στόμα, το μηχανικό στρες αναγκάζει τα κυτταρικά τοιχώματα να σπάσουν και να δημιουργηθούν μικρότερα θραύσματα. Το επίπεδο κατακερματισμού έχει σημαντικό αντίκτυπο στη βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών.

Κατά τη διέλευση από το στομάχι και το έντερο, οι φυτικές ίνες θα απορροφήσουν νερό και θα διογκωθούν σε διαφορετικό βαθμό ανάλογα με την ιδιότητα ενυδάτωσης του κάθε τύπου ινών. Η διόγκωση ακολουθείται από μερική διαλυτοποίηση των διαλυτών ινών από τα κυτταρικά τοιχώματα (θραύσματα) και των σωματιδίων από τα πεπτικά υγρά. Παρά το ότι ορισμένες φυτικές ίνες είναι εύκολα διαλυτές όταν βρίσκονται σε απομονωμένη μορφή, η διαλυτοποίηση είναι περιορισμένη όταν εξακολουθούν να αποτελούν μέρος μιας δομής κυτταρικού τοιχώματος, λόγω των ισχυρών χημικών αλληλεπιδράσεων με άλλα συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις μπορούν να γίνουν λιγότερο δυνατές καθώς προχωρά η διαδικασία της πέψης. Έχει φανεί ότι η πέψη συστατικών των πρωτεϊνών του κυτταρικού τοιχώματος που είναι διασυνδεδεμένα με φυτικές ίνες, αυξάνει τη διαλυτότητα τους (Robertson et al., 1997). Έτσι, ακόμη και αν υποβοηθάται θερμοδυναμικά, η διαδικασία της διαλυτοποίησης μπορεί να μην ολοκληρωθεί εντός της χρονικής κλίμακας της πέψης του γεύματος. Ως αποτέλεσμα της διαλυτοποίησης αυξάνεται η ποσότητα των διαλυτών ινών στα υγρά της γαστρεντερικής οδού. Μόλις διαλυθούν, τα μόρια των φυτικών ινών μπορούν να παραμείνουν διασπαρμένα ή συσσωματωμένα σε διαφορετικό βαθμό, παράγοντας κolloειδή σωματίδια (Ulmius et al., 2012). Ταυτόχρονα, η διαλυτοποίησή τους από το κυτταρικό τοίχωμα μεταβάλλει τη διαπερατότητα του κυτταρικού τοιχώματος σε πεπτικά υγρά ενώ η διαλυτοποίηση του υλικού των ινών από σωματίδια μπορεί να μειώσει το μέγεθός τους (Hardacre et al., 2014) και να αλλάξει την επιφάνεια των σωματιδίων και την δομή, αυξάνοντας τα κενά μεταξύ των σωματιδίων και τους πόρους και έτσι τις ιδιότητες ενυδάτωσης και σύνδεσης του εναπομείναντος υλικού.

Εκτός από τις δομικές αλλαγές, οι φυτικές ίνες υφίστανται και χημικές αλλαγές στο λεπτό έντερο. Εξ ορισμού οι φυτικές ίνες είναι ανθεκτικές στην υδρόλυση από τα ανθρώπινα πεπτικά ένζυμα, ωστόσο η παγκρεατική λιπάση και άλλες εστεράσες μπορεί να επιφέρουν κάποια υδρολυτική επίδραση σε έναν βαθμό (Miller et al., 1995). Στο πολύ χαμηλό pH του στομάχου οι γλυκοσιδικοί δεσμοί μεταξύ συστατικών μονοσακχαριτών και εστέρων μπορούν να υποστούν όξινη υδρόλυση. Η σταθερότητα του γλυκοσιδικού δεσμού κατά την όξινη υδρόλυση εξαρτάται από τα σάκχαρα που εμπλέκονται, την ανομερική μορφή του σακχάρου, τη θέση εντός του μορίου και την παρουσία υποκαταστατών στο μόριο του

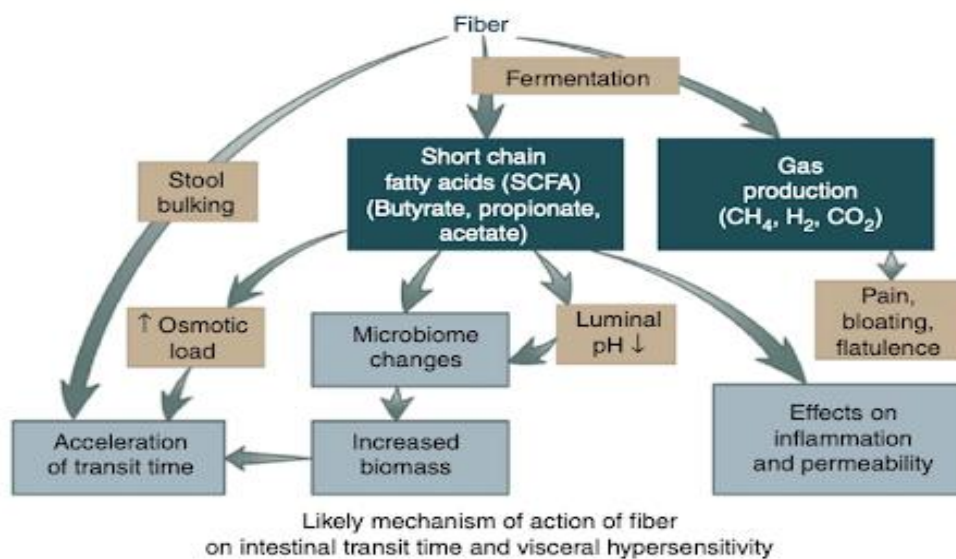
σακχάρου (Berlitz et al., 2009). Γενικά, οι ουδέτεροι πολυσακχαρίτες είναι πιο σταθεροί σε χαμηλό pH σε σύγκριση με πολυανιονικούς πολυσακχαρίτες (Smidsrod et al., 1966). Βάσει περιορισμένου αριθμού μελετών, μπορεί να προκύψει το συμπέρασμα ότι οι φυτικές ίνες διατηρούν σε μεγάλο βαθμό τη χημική τους δομή κατά τη διάρκεια της γαστρικής πέψης, αλλά μπορεί να συμβεί κάποια υδρόλυση, ειδικά εάν το γαστρικό pH παραμένει χαμηλό. Για παράδειγμα, τα τμήματα αραβινόζης μπορεί να απελευθερώνονται περιορισμένα από πλευρικές αλυσίδες αραβινοξυλάνης αλλά η γραμμική αλυσίδα ξυλάνης παραμένει άθικτη (Zhang et al., 2003). Αντιθέτως, οι Mikhaleva et al., (2011) ανέφεραν ένα ποσοστό υδρόλυσης της πηκτίνης της τάξης του 7-18% μετά την πέψη σε pH 1,9 για 4 ώρες. Η υδρόλυση είχε ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση αναγωγικών σακχάρων και θραυσμάτων της γραμμικής αλυσίδας της πηκτίνης. Σε σύγκριση με τις πηκτίνες και τις αραβινοξυλάνες, η β-γλυκάνη είναι ανθεκτική σε πολύ χαμηλό pH για μεγάλο χρονικό διάστημα (Johansson et al., 2006).

Επιπλέον, μια μικροβιακή κοινότητα βρίσκεται στον ειλέο, η οποία βασίζεται επίσης στη ζύμωση υδατανθράκων ως πηγή ενέργειας. Η ζυμωτική δράση της μικροχλωρίδας του ειλεού είναι πολύ έντονη σε ορισμένα ζώα όπως οι χοίροι (Millar and Chesson, 1984) αλλά ελάχιστα είναι γνωστά στους ανθρώπους. Μελέτες σε ασθενείς με ειλεοστομία υποδηλώνουν ότι ένα μικρό αλλά σημαντικό κλάσμα φυτικών ινών μπορεί να αποδομηθεί από τη μικροχλωρίδα του ειλεού (Tornquist et al., 1986; Livesey et al., 1995; Sundberg et al., 1996). Μόλις βρεθούν στο παχύ έντερο οι φυτικές ίνες υφίστανται πολύ έντονη ζύμωση από το τοπικό μικροβίωμα. Ως αποτέλεσμα, όλες οι ζυμώσιμες ίνες αποικοδομούνται αφήνοντας υπολείμματα και διαλυτά μη ζυμώσιμα μόρια ινών τα οποία στη συνέχεια αποβάλλονται ως απόβλητα.

2.2 Μεταβολισμός και Απορρόφηση ινών

Οποιοσδήποτε μη αφομοιωμένος υδατάνθρακας που φτάνει στο παχύ έντερο θα υποστεί ζύμωση (εν μέρει ή ολικά) από τα βακτήρια του παχέος εντέρου για την παραγωγή λιπαρών οξέων βραχείας αλυσού (SCFAs) και ενός αριθμού αερίων, συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα, του υδρογόνου και του μεθανίου (Cummings and Macfarlane, 1991; Cummings, Macfarlane and Englyst, 2001). Η ζύμωση ινών επηρεάζει επίσης τον όγκο των κοπράνων και τον χρόνο της εντερικής διέλευσης (**Σχήμα 2.1.1**) με έμμεσο τρόπο, καθώς η ζύμωση από την μικροχλωρίδα του παχέος εντέρου αυξάνει την ανάπτυξή τους και

οδηγεί σε αυξημένη μικροβιακή βιομάζα (Flamm et al., 2001). Έτσι, ο τύπος των ινών που καταναλώνεται οδηγεί σε προσαρμογή και αλλαγή του μικροβιώματος. Οι διαιτητικές ίνες μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη διόγκωση απευθείας μέσω κατακράτησης νερού (Davies et al., 1986; McRorie, Meerveld and Rudolph, 1998; McRorie et al., 1998). Ωστόσο, η ανεπιθύμητη παρενέργεια της κατανάλωσης ινών και της επακόλουθης ζύμωσης είναι η παραγωγή αερίων. Αυτά τα αέρια είναι συχνά άοσμα και μπορεί με τη σειρά τους να προκαλέσουν ανεπιθύμητη δυσφορία και φούσκωμα σε πολλά άτομα.



Σχήμα 2.2.1 Πιθανός μηχανισμός δράσης των φυτικών ινών στον χρόνο εντερικής διέλευσης και σπλαχνικής υπερευαισθησίας (Eswaran, Muir and Chey, 2013)

Η εντερική μικροχλωρίδα ζυμώνει μερικώς ή πλήρως υδατάνθρακες που αντιστέκονται στην πέψη και την απορρόφηση στο λεπτό έντερο. Τα προϊόντα ζύμωσης, όπως τα SCFA's διαδραματίζουν έναν βασικό φυσιολογικό ρόλο. Οι υδατάνθρακες που διαφεύγουν της πέψης, φτάνουν στο παχύ έντερο μεταβάλλοντας τη σύσταση και αυξάνοντας το βάρος των κοπράνων και την συχνότητα αφόδευσης. Με υψηλότερη πρόσληψη φυτικών ινών το βάρος των κοπράνων τείνει να είναι μεγαλύτερο και ο χρόνος διέλευσης μειώνεται, κάτι το οποίο μπορεί να συμβάλει στην πρόληψη των λειτουργικών διαταραχών του παχέος εντέρου, όπως η δυσκοιλιότητα, η εκκολπωματίτιδα και οι τύποι του καρκίνου του παχέος εντέρου (Elleuch et al., 2011). Οι περισσότεροι υδατάνθρακες που δεν απορροφώνται έχουν καθαριστικό αποτέλεσμα, με την αύξηση της βακτηριακής μάζας ή με τις οσμωτικές τους επιδράσεις.

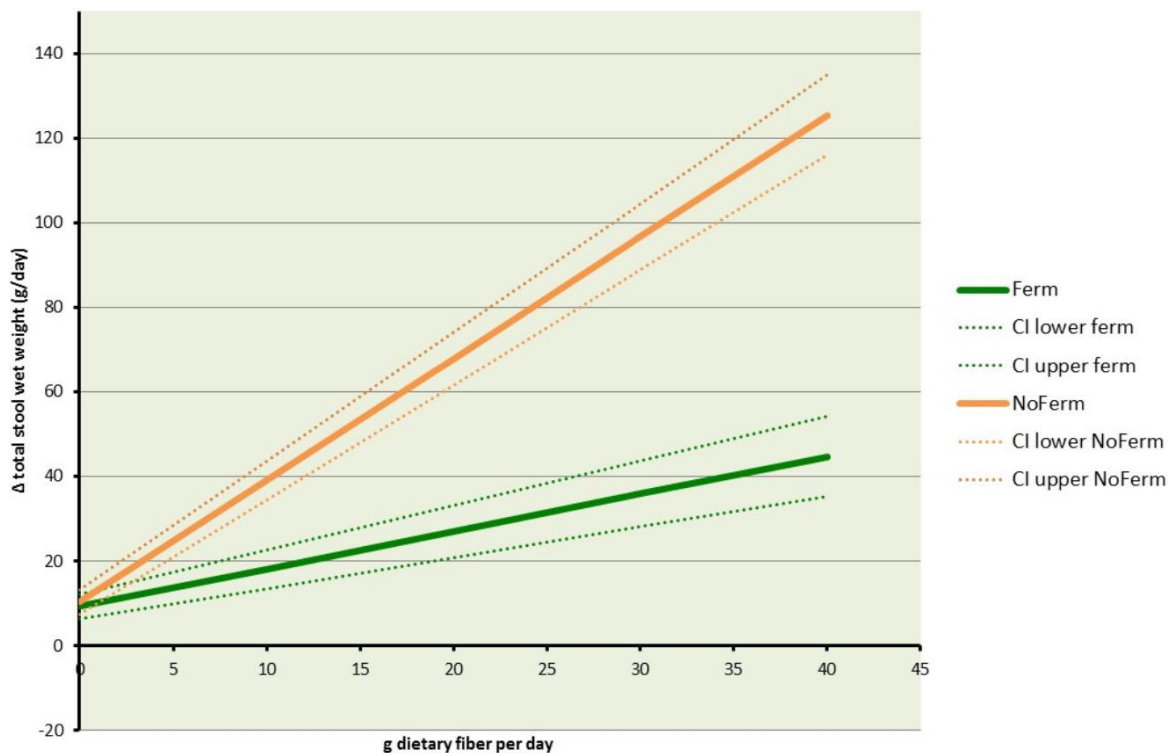
2.3 Βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιδράσεις των φυτικών ινών στην υγεία

Μετά την κατανάλωση κάποιων τροφίμων που περιέχουν συγκεκριμένους τύπους φυτικών ινών, μπορεί να παρατηρηθεί η εμφάνιση φυσιολογικών επιδράσεων στο κατώτερο γαστρεντερικό σύστημα, ως αποτέλεσμα των φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων και της δράσης τους, όχι μόνο σε βάθος χρόνου (έμμεσα) αλλά ακόμα και σε σύντομο χρονικό διάστημα (άμεσα).

2.3.1 Βραχυπρόθεσμες (άμεσες) επιδράσεις

Ως άμεση επίδραση των φυτικών ινών ως συστατικών της τροφής, θα μπορούσαν να οριστούν τα φυσιολογικά αποτελέσματα που προκύπτουν σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την κατανάλωση κάποιου τρόφιμου που περιέχει ίνες. Τα αποτελέσματα αυτά, αναφέρονται στα συμπτώματα του κατώτερου γαστρεντερικού και πιο συγκεκριμένα στο φούσκωμα, στη διάταση/ μετεωρισμό, στον κοιλιακό πόνο και στην αύξηση των κενώσεων.

Μία βραχυπρόθεσμη επίδραση των φυτικών ινών, αποτελεί το ότι οι λιγότερο ζυμώσιμες ίνες, όπως το πίτουρο σίτου, συμβάλλουν περισσότερο στο συνολικό βάρος υγρών κοπράνων (**Σχήμα 2.3.1**). Αυτό πιθανόν οφείλεται στην υψηλή τους ικανότητα συγκράτησης νερού σε σχέση με τις πιο ζυμώσιμες ίνες, καθώς και στην αντίσταση στη ζύμωση από τα βακτήρια του παχέος εντέρου (Lawton et al., 2013; De Vries, Miller and Verbeke, 2015). Όσον αφορά το χρόνο διέλευσης, παρατηρήσεις σε υγιή άτομα, προτείνουν ότι ο φυσιολογικός χρόνος διέλευσης ποικίλει από 40 ως 60 ώρες (Muller-Lissner, 1988; Degen and Phillips, 1996). Ο χρόνος διέλευσης ομαλοποιείται με την αύξηση της κατανάλωσης ινών, ανεξάρτητα από τον τύπο τους. Στην περίπτωση όμως, που ο χρόνος διέλευσης είναι ιδανικός (μεταξύ 24 με 48 ώρες), η επιπλέον κατανάλωση ινών δεν επιφέρει κάποια αλλαγή (De Vries et al., 2016).



Σχήμα 2.3.1 Αλλαγές στο συνολικό βάρος υγρών κοπράνων (g/ g dietary fiber) και αντίστοιχα διαστήματα εμπιστοσύνης ανάλογα με τη ζύμωση. Ferm: more fermentable (περισσότερο ζυμώσιμες), NoFerm: less fermentable (λιγότερο ζυμώσιμες), CI: confidence interval (διάστημα εμπιστοσύνης) (De Vries et al., 2016).

Έως πρόσφατα το περισσότερο ενδιαφέρον των μελετών είχε συγκεντρωθεί γύρω από τους διαιτητικούς περιορισμούς των FODMAP's (Fermentable Oligo- Di-, Monosaccharides and Polyols), δηλαδή ζυμώσιμοι ολιγοσακχαρίτες, δισακχαρίτες, μονοσακχαρίτες και πολυόλες, οι οποίοι είναι υδατάνθρακες βραχείας αλύσου που ζυμώνονται στο παχύ έντερο (Shepherd et al., 2008), για την διαχείριση των συμπτωμάτων των λειτουργικών γαστρεντερικών διαταραχών. Οι περιορισμοί αυτοί αφορούν ασθενείς με Σύνδρομο Ευερέθιστου Εντέρου, οι οποίοι φαίνεται ότι καταναλώνοντας τρόφιμα υψηλά σε FODMAP's εμφανίζουν συμπτώματα. Έτσι συστήνεται να αποφεύγονται τα τρόφιμα που είναι πηγές αυτών των ινών (Staudacher et al., 2012; Camilleri and Acosta, 2014). Η αφαίρεση από την διατροφή των τροφίμων υψηλά σε FODMAP's, έχει σημειώσει ένα αντίκτυπο στο μικροβίωμα του εντέρου με άγνωστα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα στην υγεία. Βραχυπρόθεσμα όμως, η αποφυγή τους συμβάλλει στη μείωση των συμπτωμάτων.

Μία ακόμη βραχυπρόθεσμη επίδραση των φυτικών ινών, μπορεί να θεωρηθεί το γεγονός ότι οι αδιάλυτες ίνες μεταβάλλουν τη λειτουργία του παχέος εντέρου, αυξάνοντας την

περιεκτικότητα των κοπράνων σε νερό και τον όγκο τους (Riottot, Sacquet and Leprince, 1984; Tomlin and Read, 1988). Προσδιορίστηκε αργότερα ότι οι αδιάλυτες ίνες αυξάνουν τη μάζα των κοπράνων και τον ρυθμό διέλευσης του παχέος εντέρου μέσω μηχανικής διέγερσης/ερεθισμού του βλεννογόνου του εντέρου, προκαλώντας έκκριση και περισταλτικότητα (Tomlin and Read, 1988a).

Από την άλλη, οι διαλυτές μη ιξώδεις ίνες και οι διαλυτές ιξώδεις ίνες που έχουν υποστεί ζύμωση αυξάνουν τον όγκο των κοπράνων αυξάνοντας τη βιομάζα και τα υποπροϊόντα της ζύμωσης, όπως τα αέρια και τα SCFA (Stephen and Cummings, 1980). Με βάση αυτές τις παρατηρήσεις, έχει προταθεί ότι οι ίνες βελτιώνουν τις FGID's μέσω της επιτάχυνσης της ορθο-πρωκτικής διέλευσης και μέσω της μείωσης των πιέσεων εντός του παχέος εντέρου (Camilleri, 2001; Camilleri, Heading and Thompson, 2002).

Η κατανάλωση ινών μπορεί στην πραγματικότητα να καθυστερήσει τη διέλευση των αερίων, καθυστερώντας την προώθηση του βλωμού στο ορθό (Gonlachanvit, 2004). Έτσι, η πρόσληψη ορισμένων τύπων ινών, εκτός από την αύξηση της παραγωγής αερίων από την χλωρίδα του παχέος εντέρου, μπορεί να προκαλέσει φούσκωμα μέσω της κατακράτησης αερίων. Οι διαλυτές ιξώδεις ίνες που έχουν υποστεί ελάχιστη ζύμωση έχουν υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού / δημιουργία γέλης που διατηρείται σε όλο το παχύ έντερο και οδηγεί σε αλλαγή της μορφής των κοπράνων (μαλακώνει τα σκληρά κόπρανα στη δυσκοιλιότητα, ομαλοποιεί τα υγρά κόπρανα στη διάρροια) (McCorrie, Pepple and Rudolph, 1998; Marlett and Fischer, 2003).

2.3.2 Μακροπρόθεσμες (έμμεσες) επιδράσεις- Πρεβιοτική δράση ινών

Αν μπορούσε να δοθεί ένας απλός ορισμός για τις μακροπρόθεσμες επιδράσεις των φυτικών ινών, θα ήταν τα φυσιολογικά αποτελέσματα που παρατηρούνται στον ανθρώπινο οργανισμό στο βάθος του χρόνου, μέσω της συστηματικής χορήγησης συγκεκριμένων τύπων ινών. Ένας μακροπρόθεσμος μηχανισμός που έχει βρεθεί να επιφέρει αλλαγές στα γαστρεντερικά συμπτώματα είναι η ανάπτυξη του μικροβιώματος μέσω της χορήγησης πρεβιοτικών.

Τα πρεβιοτικά είναι συνήθως διαιτητικοί υδατάνθρακες, έχοντας δύο κύριες κατηγορίες που ικανοποιούν τα κριτήρια για την κατηγοριοποίησή τους, με αυτές να είναι:

1. Οι φρουκτάνες τύπου ινουλίνης, που είναι πολυμερή της φρουκτόζης.

2. Οι γαλακτοολιγοσακχαρίτες (GOS), που λόγω των τριών ειδών δεσμών τους στα φυτά μπορούν να υποστούν ζύμωση από οποιαδήποτε βακτήρια που έχουν στην διάθεσή τους ένα από τα τρία ένζυμα για την πέψη τους (Wilson and Whelan, 2017).

Τα πρεβιοτικά είναι άπεπτες, επιλεκτικά ζυμώσιμες φυτικές ίνες που επιλεκτικά προωθούν την ανάπτυξη ενός ή περισσότερων βακτηριακών ειδών στην γαστρεντερική οδό. Με τον τρόπο αυτό προσφέρουν ευεργετικά οφέλη για την υγεία του ξενιστή και συγκεκριμένα του ανθρώπου. Ο μηχανισμός μέσω του οποίου παρουσιάζονται τα οφέλη στην ανθρώπινη υγεία αποδίδεται στη ρύθμιση του ανοσοποιητικού συστήματος και στην παραγωγή των μεταβολικών προϊόντων των βακτηρίων που βρίσκονται στο γαστρεντερικό σύστημα. Στους ανθρώπους, η συμπληρωματική χορήγηση πρεβιοτικών οδηγεί σε αύξηση της παραγωγής συγκεκριμένων βακτηρίων του εντέρου, όπως bifidobacteria, στην διαμόρφωση του ανοσοποιητικού συστήματος και ανάλογα με την αύξηση των εκάστοτε βακτηρίων, παραγωγή SCFA's (Wilson and Whelan, 2017).

Η αλλαγή της σταθερής κατάστασης του εντερικού περιβάλλοντος λαμβάνει χώρα όταν ο πληθυσμός του εντερικού μικροβιώματος, προσωρινά ή μόνιμα, μεταβάλλεται με το γεγονός αυτό να ορίζεται ως “δυσβίωση”. Η δράση των πρεβιοτικών μπορεί να οριστεί ως “η επιλεκτική διέγερση της παραγωγής ή/και της δραστηριότητας από έναν ή έναν περιορισμένο αριθμό από γένη/ είδη μικροβίων στο μικροβίωμα του εντέρου που επιφέρουν οφέλη για την υγεία του ξενιστή” (Roberfroid et. al., 2010).

Τα κύρια χαρακτηριστικά που διακρίνουν τα πρεβιοτικά είναι:

1. Άπεπτα από τα ενδογενή ένζυμα στο ανθρώπινο έντερο.
2. Επιλεκτικά ζυμώσιμα από συγκεκριμένα γένη/είδη βακτηρίων που συνυπάρχουν στο εντερικό μικροβίωμα.
3. Η παρουσία τους έχει ως αποτέλεσμα την στοχευμένη ανάπτυξη συγκεκριμένων βακτηρίων που παρέχουν ευεργετικά οφέλη για τον ξενιστή (Roberfroid et al., 2010).

Τα οφέλη αυτά είναι ποικίλα και μπορούν να συμπεριλαμβάνουν τη ρύθμιση του ανοσοποιητικού συστήματος μέσω της αύξησης των εντερικών ανοσογλοβινών και των ανοσορυθμιστικών ιντερλευκινών, καθώς και τη μείωση στις προφλεγμονώδεις ιντερλευκίνες. Στα σημαντικά οφέλη, κατατάσσεται επίσης η παραγωγή SCFA's (όπως το ακετονικό, το προπιονικό, το βουτυρικό) καθώς και η παραγωγή γαλακτικού, το οποίο μειώνει το pH που με την σειρά του ενδεχομένως διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην

διαμόρφωση εχθρικών συνθηκών για την συμβίωση εντεροπαθογόνων ευαίσθητα σε όξινο περιβάλλον (Wilson and Whelan, 2017).

Επιδράσεις στο μικροβίωμα από διαιτητικές πηγές πρεβιοτικών

Υπάρχουν στοιχεία ότι οι δίαιτες υψηλές σε φυτικά προϊόντα και φυτικές ίνες και κατά συνέπεια υψηλές σε φυσικά προερχόμενους άπεπτους ολιγοσακχαρίτες, επηρεάζουν την εντερική μικροχλωρίδα. Σε δυο μελέτες στις οποίες έγινε σύγκριση μεταξύ της δίαιτας Δυτικού-τύπου και της δίαιτα σε αγροτικές περιοχές της Αφρικής και συμπεριέλαβε τόσο παιδιά όσο και ενήλικες, φαίνεται ότι στους Αφρικανικούς πληθυσμούς η δίαιτα που ακολουθείται είναι υψηλότερη σε ίνες και συνδέεται με μεγαλύτερη αναλογία σταθεροποίησης των βακτηριοειδών προς τα συνολικά στελέχη και υψηλότερη περιεκτικότητα βουτυρικού οξέος στα κόπρανα (De Fillipo et al., 2010; O'Keefe et al., 2015).

Η θεραπευτική προσέγγιση της ανάπτυξης των bifidobacteria με την χρήση συγκεκριμένων πρεβιοτικών είναι υποσχόμενη. Ωστόσο, ως σήμερα, έχουν πραγματοποιηθεί μόνο μερικές τυχαιοποιημένες δοκιμές ελέγχου που να διερευνούν την επίδραση των πρεβιοτικών στο ΣΕΕ. Αναφορικά, δύο μελέτες σε ενήλικες με ΣΕΕ όπου τους χορηγήθηκαν δόσεις 6 γρ/μέρα ολιγοφρουκτόζης και 20g/μέρα ινουλίνης δεν παρουσίασε βελτίωση στα συμπτώματα ή στις μετρήσεις των αφοδεύσεων (Whelan K. 2013).

Η ειδικότητα των βακτηρίων σε σχέση με τις πρεβιοτικές ίνες που μπορούν να χρησιμοποιήσουν, μπορεί να παρουσιάζει διαφορές. Το βακτηριακό γονιδίωμα διαθέτει συγκεκριμένα γονίδια, τα οποία εκφράζονται σε ειδικά ένζυμα, τα οποία εν τέλη με τη σειρά τους καθορίζουν αν μπορεί να μεταβολιστεί κάποιο πρεβιοτικό. Έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες μελέτες στις οποίες έχει αποδειχθεί ότι η συμπληρωματική χορήγηση φρουκτάνων τύπου-ινουλίνης αυξάνουν την ανάπτυξη του πληθυσμού των βακτηρίων του γένους bifidobacteria σε υγιείς ανθρώπους (Roberfroid et al., 2010). Σε μία διπλά-τυφλή διασταυρούμενη μελέτη, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο (placebo), που έγινε σε 30 υγιείς εθελοντές, χορηγήθηκαν 5 ή 8 γρ/μέρα ινουλίνης για 2 εβδομάδες και το αποτέλεσμα ήταν ότι ο αριθμός στα bifidobacteria αυξήθηκε και με τις δύο δόσεις. Παρόλα αυτά, παρουσιάστηκε μεγαλύτερη ανταπόκριση στη δόση των 8 γρ/μέρα. Τα άτομα που είχαν ήδη αυξημένο αριθμό βακτηρίων κατά την έναρξη της μελέτης, παρουσίασαν μικρότερη ανταπόκριση στο συμπλήρωμα, κάτι το οποίο υποδηλώνει ότι η χορήγηση ινουλίνης έχει

πιο στατιστικά σημαντική αποτελεσματικότητα σε άτομα με χαμηλότερες αρχικές συγκεντρώσεις σε πληθυσμό των συγκεκριμένων βακτηρίων (Kolida et al., 2007). Βάσει των παραπάνω, η πιθανή χορήγηση ινουλίνης μπορεί να παρουσιάσει ευεργετικά οφέλη για την υγεία.

Τα ολόκληρα φρούτα επίσης μπορούν να χαρακτηριστούν ως πηγή πρεβιοτικών, καθώς παρέχουν μια σημαντική πηγή ζυμώσιμων ινών για την ενίσχυση της πρεβιοτικής δράσης στο παχύ έντερο, κάτι το οποίο μπορεί να συμβάλλει σε ένα μεγάλο εύρος από οφέλη για την ανθρώπινη υγεία. Καθώς τα φρούτα ωριμάζουν μετά την συγκομιδή, τα τρισδιάστατα στοιχεία των ενυδατωμένων ινών του κυτταρικού τοιχώματος, όπως η πηκτίνη, η ημικυτταρίνη και η κυτταρίνη αποσυντίθενται ολοένα και περισσότερο, επιτρέποντας έτσι την είσοδο περισσότερων μικροβίων και την ενίσχυση της ευαισθησίας στη ζύμωση (Tuohy et al., 2012; Paniagua et al., 2014; Low et al., 2015; Williams et al., 2017; Chung et al., 2017).

Η κατεργασία της τροφής στο ανώτερο γαστρεντερικό σύστημα διασπά σε μεγαλύτερο βαθμό ολόκληρο το φρούτο σε μικρότερα σωματίδια και καταστρέφει την επιφάνεια του κυτταρικού του τοιχώματος, δίνοντας την δυνατότητα για ακόμη μεγαλύτερη βακτηριακή ενζυματική διάσπαση και ζύμωση στο παχύ έντερο. Τα αμυλώδη φρούτα, όπως η μπανάνα, παρέχουν ίνες τόσο από τα κυτταρικά τοιχώματα όσο και από το ανθεκτικό άμυλο το οποίο φυλάσσεται μέσα στα κύτταρα (Langkilde et al., 2002; Garcia-Mantrana et al., 2018).

Κεφάλαιο 3: Λειτουργικές διαταραχές και νόσοι κατώτερου πεπτικού

Οι λειτουργικές διαταραχές του γαστρεντερικού συστήματος (FGID) είναι πολύ συχνές. Μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες, περίπου 25 εκατομμύρια Αμερικανοί εκτιμάται ότι έχουν τουλάχιστον ένα FGID (Miele, 2004). Ως λειτουργικές διαταραχές του κατώτερου πεπτικού, μπορούν να χαρακτηριστούν κάποια συμπτώματα του γαστρεντερικού συστήματος, τα οποία όμως δεν σχετίζονται αποκλειστικά με κάποια νόσο. Μπορεί να εμφανίζονται λόγω κατανάλωσης συγκεκριμένων τύπων ινών και των φυσιολογικών τους επιδράσεων (Rome IV, 2016).

3.1 Λειτουργικές διαταραχές κατώτερου πεπτικού

Σύμφωνα με την τελευταία ενημέρωση του Οργανισμού της Ρώμης, επαναπροσδιορίστηκαν οι λειτουργικές γαστρεντερικές διαταραχές και τα διαγνωστικά κριτήρια (κριτήρια Ρώμης IV). Πιο συγκεκριμένα, προστέθηκαν νέες αναγνωρισμένες διαταραχές και έγιναν σημαντικές αλλαγές στα κριτήρια (Rome IV, 2016). Πλέον, οι διαταραχές του κατώτερου πεπτικού ορίστηκαν ως διαταραχές αλληλεπίδρασης του εντέρου-εγκεφάλου, οι οποίες συνδυάζονται με κάποιο από τα παρακάτω:

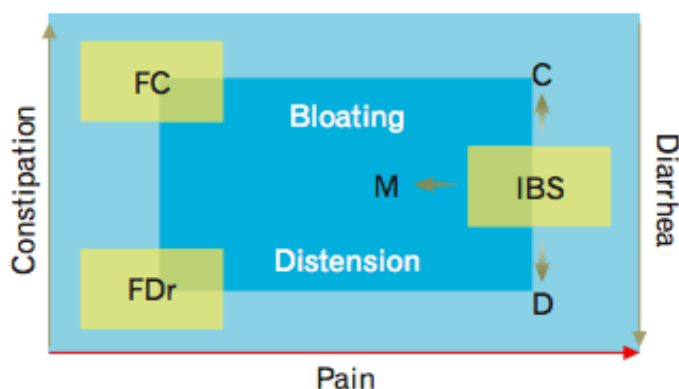
- Διαταραχή κινητικότητας
- Ευαισθησία του εντέρου
- Τροποποίηση βλεννογόνου και ανοσολογικής λειτουργίας
- Τροποποίηση μικροβιώματος εντέρου
- Τροποποίηση επεξεργασίας κεντρικού νευρικού συστήματος

Οι συνήθεις λειτουργικές διαταραχές που αφορούν τη λειτουργία του κατώτερου πεπτικού με βάση τα κριτήρια Ρώμης IV για ενήλικες, είναι:

- το σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου (ΣΕΕ) με επικρατέστερη τη δυσκοιλιότητα ή τη διάρροια ή και τα 2 ή μη ταξινομήσιμο,

- η διάταση-μετεωρισμός,
- η λειτουργική δυσκοιλιότητα,
- η λειτουργική διάρροια,
- η απροσδιόριστη λειτουργική διαταραχή,
- η δυσκοιλιότητα που προκαλείται από οπιοειδή.

Οι παραπάνω διαταραχές, μπορεί να συνυπάρχουν ή να προκαλεί η μία την άλλη και απεικονίζονται σαν ένα συνεχές και όχι σαν μεμονωμένες λειτουργικές διαταραχές (**Σχήμα 3.1.1**). Οι πιο κοινές νόσοι του κατώτερου γαστρεντερικού, όπου παρατηρούνται συνήθως τα παραπάνω συμπτώματα είναι τα ιδιοπαθή φλεγμονώδη νοσήματα του εντέρου (ελκώδης κολίτιδα (UC), νόσος Crohn (CD), ακαθόριστη κολίτιδα (IC)) και η εκκολπωμάτωση.



Σχήμα 3.1.1 Οι διαταραχές του κατώτερου γαστρεντερικού απεικονιζόμενες σαν ένα συνεχές και όχι σαν ξεχωριστές διαταραχές (Drossman and Hasler, 2016; Keefe et al., 2016).

Σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου (ΣΕΕ)

Το σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου εμφανίζεται όλο και περισσότερο τη σημερινή εποχή και επηρεάζει περίπου το 10-15% του παγκόσμιου πληθυσμού και είναι πιο διαδεδομένο σε άτομα κάτω των 45 ετών (Menees and Chey, 2018).

Τα κριτήρια Ρώμης IV απαιτούν ότι οι ασθενείς είχαν υποτροπιάζον κοιλιακό άλγος κατά μέσο όρο τουλάχιστον 1 ημέρα την εβδομάδα κατά τους προηγούμενους 3 μήνες, με έναρξη των συμπτωμάτων τουλάχιστον 6 μήνες πριν την διάγνωση, που σχετίζεται με 2 ή περισσότερα από τα ακόλουθα (Schmulson and Drossman, 2017):

- με την αφόδευση (μπορεί να αυξηθεί ο κοιλιακός πόνος ή να παραμείνει αμετάβλητος κατά την αφόδευση)
- με μια αλλαγή στην συχνότητα των κοπράνων
- με μια αλλαγή στον τύπο ή την εμφάνιση των κοπράνων.

Εκτός από τα παραπάνω, ο πάσχων μπορεί να έχει και κάποια επιπλέον γαστρεντερικά συμπτώματα, όπως διαφορετική διέλευση κοπράνων (με μεγαλύτερη δυσκολία), βλεννόρροια, φούσκωμα, μετεωρισμό και παραγωγή αερίων. Ο όρος δυσφορία έχει αφαιρεθεί από τα κριτήρια του ΣΕΕ.

Υπάρχουν 4 τύποι του ΣΕΕ, οι οποίοι παραμένουν στην ταξινόμηση της Ρώμης IV. Αυτοί περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- IBS-D (κυριαρχεί η διάρροια). Περισσότερο από το ένα τέταρτο (25%) των κινήσεων του εντέρου τύπος 6-7 με το Bristol Stool Chart και λιγότερο από το ένα τέταρτο (25%) τύπος 1-2.
- IBS-C (κυριαρχεί η δυσκοιλιότητα). Περισσότερο από το ένα τέταρτο (25%) των κινήσεων του εντέρου τύπος 1-2 με το Bristol Stool Chart και λιγότερο από το ένα τέταρτο (25%) τύπος 6-7.
- IBS-M (συνδυασμός διάρροιας και δυσκοιλιότητας). Περισσότερο από το ένα τέταρτο (25%) των κινήσεων του εντέρου τύπος 1-2 με το Bristol Stool Chart και περισσότερο από το ένα τέταρτο (25%) τύπος 6-7.
- IBS-U (μη ταξινομήσιμος). Οι ασθενείς πληρούν τα κριτήρια για το IBS, αλλά οι συνήθειες του εντέρου με βάση τις κενώσεις και τα συμπτώματα δεν μπορούν να ταξινομηθούν σε έναν από τους 3 παραπάνω τύπους (Schmulson and Drossman, 2017).

Ένα χαρακτηριστικό που διαχωρίζει τους υποτύπους IBS-C και IBS-D από τη λειτουργική δυσκοιλιότητα και τη διάρροια αντίστοιχα, είναι ο βαθμός του πόνου. Όταν υπάρχει λίγος ή καθόλου πόνος, οι ασθενείς μπορεί να έχουν λειτουργική διάρροια ή δυσκοιλιότητα, ενώ αν υπάρχει μεγαλύτερος βαθμός πόνου οι ασθενείς ταξινομούνται ως IBS-C ή IBS-D (Rome IV, 2016).

Δυσκοιλιότητα

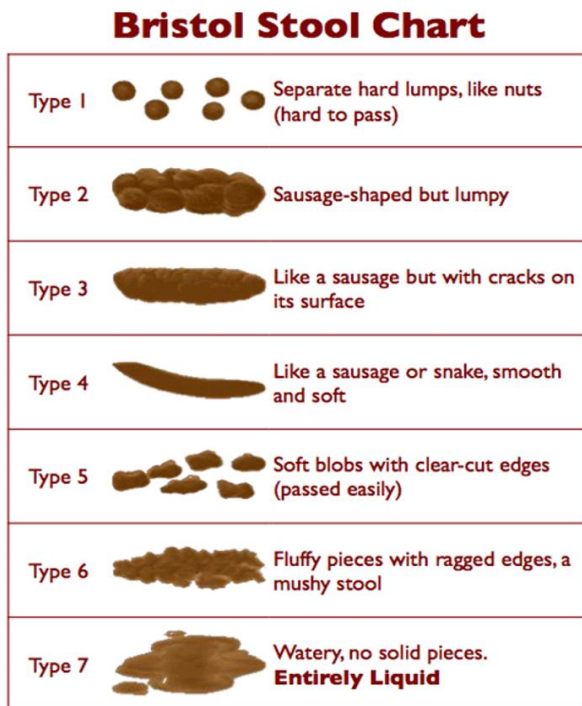
Η δυσκοιλιότητα αποτελεί μια συχνή λειτουργική διαταραχή, της οποίας ο επιπολασμός παγκοσμίως είναι περίπου 16% στους ενήλικες και 33,5% σε άτομα άνω των 60 ετών (Forootan, Bagheri and Darvishi, 2018). Απασχολεί ένα μεγάλο ποσοστό ανθρώπων και συχνά αποτελεί εμπόδιο τόσο στις καθημερινές δραστηριότητες όσο και στην ψυχολογία. Η δυσκοιλιότητα αφορά το πρόβλημα στη συχνότητα των κενώσεων και στην όψη των κοπράνων. Μπορεί να είναι χρόνια ιδιοπαθής (ή λειτουργική) η οποία πιθανόν να υπάρχει χωρίς κάποια συγκεκριμένη αιτία, ή να είναι δυσκοιλιότητα η οποία αποτελεί σύμπτωμα κάποιας νόσου (Ford et al., 2014).

Σύμφωνα με τα κριτήρια της Ρώμης IV για τη λειτουργική δυσκοιλιότητα, ένας ασθενής πρέπει να έχει παρουσιάσει τουλάχιστον 2 από τα ακόλουθα συμπτώματα κατά τους προηγούμενους 3 μήνες, με έναρξη των συμπτωμάτων τουλάχιστον 6 μήνες πριν την διάγνωση (Schmulson and Drossman, 2017):

1. Τουλάχιστον 2 από τα παρακάτω
 - Λιγότερες από 3 αυθόρμητες κενώσεις την εβδομάδα
 - Εργώδης κένωση για >25% των κενώσεων
 - Σκληρά κόπρανα στο >25% των κενώσεων
 - Αίσθημα απόφραξης στην ορθοπρωκτική χώρα (ή αίσθημα ατελούς κένωσης) για τουλάχιστον >25% των κενώσεων
 - Υποβοηθητικές μανούβρες για κένωση για >25% των κενώσεων μήνες
2. Τα μαλακά κόπρανα σπάνια υπάρχουν χωρίς την χρήση καθαρτικών.
3. Ανεπαρκή κριτήρια για IBS.

Για τον χαρακτηρισμό της υφής των κοπράνων, χρησιμοποιείται ένα εργαλείο, το Bristol stool chart (**Εικόνα 3.1.1**), το οποίο απεικονίζει 7 κατηγορίες κοπράνων (Lewis and Heaton, 1997):

- ο τύπος 1-2 υποδηλώνει δυσκοιλιότητα
- ο τύπος 3-4 υποδηλώνει ιδανική υφή κοπράνων, καθώς είναι πιο εύκολο να περάσουν
- ο τύπος 5-7 μπορεί να υποδηλώνει διάρροια



Εικόνα 3.1.1 Bristol stool chart (Lewis and Heaton, 1997).

Διάρροια

Η διάρροια αποτελεί ακόμα μία λειτουργική διαταραχή, που αφορά ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού, ενήλικες και παιδιά. Μπορεί να είναι οξεία (1-2 μέρες περίπου) ή χρόνια (διαρκεί πάνω από 4 εβδομάδες). Η κλινική διάρροια ορίζεται ως αυξημένη έξοδος κοπράνων (200-250gr/day), υδαρή και χωρίς έλεγχο. Επίσης, χαρακτηρίζεται από >3 κενώσεις την ημέρα (McRorie et al., 2000). Η χαλάρωση αναφέρεται σε μια μικρή αύξηση της συχνότητας των κινήσεων του εντέρου και σε μια πιο μαλακή συνοχή των κοπράνων (Livesey, 2001). Οι τύποι διάρροιας είναι οι εξής (Shaffer, 2014):

- ωσμωτική (αυξημένο ωσμωτικό φορτίο κοπράνων λόγω δυσασπορρόφησης υδατανθράκων, δυσανεξίας στη λακτόζη). Η ωσμωτική διάρροια σταματάει με τη νηστεία ή με την αποφυγή της υπαίτιας ουσίας, όπως λακτόζη, σορβιτόλη.
- εκκριτική (αυξημένη απέκκριση ύδατος και ηλεκτρολυτών από κύτταρα βλεννογόνου, από εντεροτοξίνες, βακτηρίδια, ιούς, παράσιτα). Η εκκριτική διάρροια δεν σταματάει με τη νηστεία.
- εξιδρωματική-φλεγμονώδης (φλεγμονή, καταστροφή βλεννογόνου). Συμβαίνει κυρίως στις ΙΦΝΕ (νόσος Crohn και ελκώδης κολίτιδα), στην κοιλιοκάκη, στη δυσεντερία που σχετίζεται με μικροοργανισμούς (DuPont, 2009).

- κινητική (πολύ γρήγορη κίνηση του φαγητού στο έντερο)

Κοιλιακό άλγος

Αποτελεί μια διαταραχή που χαρακτηρίζεται από αίσθηση έντονης δυσφορίας στην κοιλιακή περιοχή (ICD-10-CM, 2021).

Διάταση-μετεωρισμός

Σύμφωνα με τα κριτήρια ICD-10-CM (2021) είναι διαταραχή που χαρακτηρίζεται από κατάσταση υπερβολικών αερίων στον πεπτικό σωλήνα. Διαγιγνώσκεται όταν επικρατεί κοιλιακό φούσκωμα υποκειμενικό και/ή όταν είναι αντικειμενικό/ορατή αύξηση στην κοιλιακή περιοχή, τα οποία επικρατούν σε σχέση με άλλα συμπτώματα. Σύμφωνα με τα κριτήρια της Ρώμης IV αναγνωρίζεται ότι η κοιλιακή διάταση μπορεί να συνοδεύεται και από άλλα συμπτώματα, όπως ήπιος κοιλιακός πόνος ή/και μικρές ανωμαλίες στην κίνηση του εντέρου (Drossman and Hasler, 2016).

Παραγωγή αερίων

Είναι η ανεπιθύμητη παρενέργεια της πρόσληψης κάποιων ινών και της επακόλουθης ζύμωσής τους. Τα αέρια αυτά, με τη σειρά τους προκαλούν συχνά ανεπιθύμητη δυσφορία, φούσκωμα και μετεωρισμό σε πολλά άτομα (Eswaran, Muir and Chey, 2013).

3.2 Νόσοι που επηρεάζονται

Τα κριτήρια της Ρώμης IV θέτουν την διάγνωση και για τις νόσους του γαστρεντερικού, όχι μόνο για κάποιες από τις λειτουργικές διαταραχές. Με βάση αυτά ορίζονται τα παρακάτω:

Ελκώδης κολίτιδα

Είναι μία χρόνια ιδιοπαθής φλεγμονώδης νόσος του εντέρου, η οποία προσβάλλει μόνο το παχύ έντερο και πιο συγκεκριμένα το βλεννογόνο του παχέος εντέρου και χαρακτηρίζεται από υφέσεις και εξάρσεις (Haskey and Gibson, 2017). Είναι πολυπαραγοντική νόσος και ξεκινάει συνήθως από το ορθό και επεκτείνεται στα εγγύς τμήματα του παχέος εντέρου. Σύμφωνα με επιδημιολογικά δεδομένα, οι ηλικιακές ομάδες που συνήθως εμφανίζεται η νόσος είναι 30-40 ετών (Torres et al., 2012).

Κάποια βασικά συμπτώματα της νόσου είναι η διάρροια, η εμφάνιση αίματος στα κόπρανα, η κοιλιακή δυσφορία. Ο κοιλιακός πόνος είναι λιγότερο συχνός σε σχέση με τη νόσο Crohn (Baumgart and Sandborn, 2007).

Νόσος Crohn

Είναι μια χρόνια ιδιοπαθής φλεγμονώδης νόσος του εντέρου που προκαλείται από μία ακατάλληλη φλεγμονώδη ανοσολογική απάντηση του εντερικού βλεννογόνου κατά των βακτηρίων του μικροβιώματος σε άτομα με γενετική ευαισθησία (Whelan, 2013). Είναι πολυπαραγοντική νόσος και μπορεί να επηρεάσει οποιοδήποτε σημείο του γαστρεντερικού, από το στόμα μέχρι τον πρωκτό και χαρακτηρίζεται από υφέσεις και εξάρσεις (Haskey and Gibson, 2017). Πιο συχνά εμφανίζεται σε ηλικιακό εύρος εφήβων και ατόμων έως 35 ετών, καθώς και σε άτομα 60 έως 80 ετών (Ranjbar, 2015).

Ανεξάρτητα από το σημείο του γαστρεντερικού που προσβάλλει η νόσος, τα πιο συνήθη γαστρεντερικά συμπτώματα που αναφέρονται είναι (Mekhjian et al., 1979):

- Πόνος κάτω και δεξιά στην κοιλιακή περιοχή που συχνά ανακουφίζεται κατά την αφόδευση.
- Παρατεταμένη μη αιμορραγική διάρροια που οδηγεί συχνά σε απώλεια βάρους και πιθανά σύνδρομα δυσαπορρόφησης.
- Δυσκοιλιότητα, καθώς το τοίχωμα του εντέρου μπορεί να γίνει πιο παχύ και ο εντερικός αυλός στενεύει.

Ακαθόριστη κολίτιδα

Η ακαθόριστη κολίτιδα είναι μια ενδιάμεση κατάσταση της ελκώδους κολίτιδας και της νόσου Crohn. Δεν υπάρχει σαφής διάκριση μεταξύ των νόσων. Αναφέρεται στο 10-15% των ατόμων με ΙΦΝΕ και μπορεί να υπάρχουν συμπτώματα και από τις δύο νόσους (Guindi, 2004).

Εκκολπωμάτωση

Η εκκολπωμάτωση είναι η κατάσταση όπου υπάρχουν εκκολπώματα, δηλαδή κήλες του βλεννογόνου στο μυϊκό στρώμα του τοιχώματος του παχέος εντέρου. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ασυμπτωματική, αλλά όταν εμφανιστούν συμπτώματα, τότε ονομάζεται εκκολπωματική νόσος. Εκκολπωματίτιδα είναι η κατάσταση όπου υπάρχει φλεγμονή στα εκκολπώματα. Η νόσος εμφανίζεται περίπου στο 30% των ατόμων ηλικίας 60 ετών και στο

70% των ατόμων ≥ 80 ετών. Ορισμένα από τα γαστρεντερικά συμπτώματα είναι παρόμοια με αυτά του IBS, δηλαδή μετεωρισμός, κοιλιακός πόνος, φούσκωμα, μεταβολή της λειτουργίας του εντέρου, όπως δυσκοιλιότητα (Carabotti and Annibale, 2018; Rezapour, Ali and Stollman, 2018).

Σε κάποιες προοπτικές μελέτες κοόρτης φάνηκε να συσχετίζεται η αυξημένη πρόσληψη φυτικών ινών με την πρόληψη εμφάνισης της νόσου. Πιο συγκεκριμένα ενήλικες με αυξημένη πρόσληψη διαιτητικών ινών, είχαν περίπου 40% μειωμένο σχετικό κίνδυνο εμφάνισης εκκολπωματικής νόσου. Αυτό μάλλον οφείλεται στην καλύτερη λειτουργία του εντέρου, που πρακτικά σημαίνει ότι η πιθανότητα παρουσίας της δυσκοιλιότητας που σχετίζεται άμεσα με την φλεγμονή, μειώνεται (Strate et al., 2016; Liu et al., 2017).

3.3 Επίδραση φυτικών ινών στις λειτουργικές διαταραχές του κατώτερου γαστρεντερικού

Για αρκετά χρόνια επικρατούσε η άποψη ότι οι φυτικές ίνες δεν βοηθούσαν σε αυτές τις λειτουργικές διαταραχές και κατ'επέκταση στις νόσους που εμφανίζονται. Όμως, με βάση τα πιο σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα φαίνεται ότι κάποιοι τύποι φυτικών ινών έχουν θετική επίδραση στα συμπτώματα αυτά ανάλογα με τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες. Διαφορετικοί τύποι ινών έχουν διαφορετικά αποτελέσματα σε κάθε σύμπτωμα (Chutkan et al., 2012).

3.3.1 Για δυσκοιλιότητα

Για την κατανόηση του πώς ένας τύπος ινών έχει καθαρτικό αποτέλεσμα, είναι σημαντική η κατανόηση των κινήσεων του παχέος εντέρου, όπου το 95% των κινήσεων είναι τμηματικά (αναμειγμένα) κύματα πίεσης που διευκολύνουν την απορρόφηση νερού και ηλεκτρολυτών, και το 5% είναι μεταδιδόμενα (περισταλτικά) που ωθούν το περιεχόμενο προς τον πρωκτό (Bassotti, Crowell and Whitehead, 1993; Mcrorie, Meerveld and Rudolph, 1998; Bassotti et al., 1999).

Αρχικά, δεν προάγουν όλες οι ίνες μία κανονικότητα στις κενώσεις, δηλαδή καθημερινή αποβολή ογκωδών, μαλακών και εύκολων στην διέλευση κοπράνων. Είναι πολύ σημαντικό με την κατανάλωση κατάλληλων ινών να υπάρχει και αύξηση του όγκου κοπράνων και αύξηση του περιεχομένου των κοπράνων σε νερό, ώστε να υπάρχει δράση κατά της δυσκοιλιότητας. Βασικές προϋποθέσεις για να επιτευχθεί ένα καθαρτικό αποτέλεσμα είναι οι ίνες να μην είναι ζυμώσιμες (ώστε να παραμένουν άθικτες στο παχύ έντερο και να αυξάνουν τον όγκο κοπράνων) και να έχουν την ικανότητα συγκράτησης νερού (για να οδηγούν σε μαλακά κόπρανα που είναι εύκολο να περάσουν). Αυτό μπορεί να γίνει με κατανάλωση τροφίμων που περιέχουν αδιάλυτες ίνες και διαλυτές ίνες που σχηματίζουν γέλη αντίστοιχα. Τα αδιάλυτα σωματίδια ινών μπορούν να διεγείρουν την έκκριση νερού ως αμυντικό μηχανισμό για την προστασία από την τριβή, καθώς έχουν μηχανικά ερεθιστική επίδραση στο βλεννογόνο του παχέος εντέρου (McRorie, 2015). Το μέγεθος των σωματιδίων των ινών από ότι φαίνεται θέλει ιδιαίτερη προσοχή. Σε μελέτες φάνηκε ότι τα μεγάλα/χονδρά σωματίδια ινών, παρέχουν ένα σημαντικό καθαρτικό αποτέλεσμα, ενώ λεπτά/μαλακά σωματίδια οδηγούν σε αποτέλεσμα δυσκοιλιότητας (Eswaran, Muir and Chey, 2013).

Ωστόσο, σε ασθενείς με σοβαρή δυσκοιλιότητα, η αυξημένη πρόσληψη διαιτητικών ινών μπορεί να φέρει μη επιθυμητά αποτελέσματα και να επιδεινώσει τον πιθανό κοιλιακό πόνο και την διάταση (Bove, 2012).

3.3.2 Για αέρια, διάταση, πόνο

Για να περιοριστεί η ταχεία αύξηση παραγωγής αερίων, φουσκώματος/διάτασης και κοιλιακού πόνου/δυσφορίας φαίνεται ότι προτιμάται η κατανάλωση μακράς αλύσου, διαλυτών και πολύ αργά ζυμώσιμων ινών, οι οποίες παράγουν λιπαρά οξέα βραχέας αλύσου (όπως βουτυρικό οξύ). Συνεπώς καλή θα ήταν η αποφυγή των βραχέας αλύσου και πολύ ζυμώσιμων ινών, οι οποίες επιδεινώνουν τα συμπτώματα αυτά (El-Salhy et al., 2017).

Επίσης, οι απομονωμένοι ή συνθετικοί τύποι διαιτητικών ινών, όπως μη εύπεπτοι ολιγοσακχαρίτες ή ανθεκτικό άμυλο, έχει αναφερθεί ότι προκαλούν γαστρεντερικά συμπτώματα όπως μετεωρισμός/φούσκωμα. Γενικά όμως, αυτά τα συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως με υψηλή πρόσληψη διαιτητικών ινών και τις περισσότερες φορές είναι παροδικά.

Όσον αφορά το ΣΕΕ, μια σειρά μελετών, ανάμεσά τους και δύο τυχαιοποιημένες κλινικές δοκιμές, έδειξαν ότι οι βασικές πηγές διαιτητικών ινών όπως πίτουρο, δημητριακά, φρούτα και λαχανικά μπορεί να επιδεινώσουν τα συμπτώματα, καθώς κάποια από τα τρόφιμα αυτά περιέχουν μεγάλες ποσότητες FODMAP, οι οποίοι είναι υψηλά ζυμώσιμοι από τα βακτήρια του παχέος εντέρου (Shepherd et al., 2008). Έτσι συστήνεται να αποφεύγονται τα τρόφιμα που είναι πηγές αυτών των ινών (Staudacher et al., 2012; Camilleri and Acosta, 2014). Σε γενικά πλαίσια, η χαμηλή σε FODMAP's διαίτα, βρέθηκε ότι βελτιώνει τον κοιλιακό πόνο και την διάταση, αλλά όχι την δυσκοιλιότητα. Σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα, τα προβιοτικά δεν έχει φανεί να βοηθούν στην ελάττωση των συμπτωμάτων (Mearin et al., 2016).

Σε μία μετα-ανάλυση φάνηκε ότι μια διαίτα πλούσια σε φυτικές ίνες μπορεί να είναι χρήσιμη για την βελτίωση της δυσκοιλιότητας, αλλά όχι για την ανακούφιση του κοιλιακού πόνου και της διάτασης σε ασθενείς με ΣΕΕ. Επίσης, οι διαλυτές φυτικές ίνες αποδείχθηκε ότι ευνοούν τους ασθενείς αυτούς (Bijkerk et al., 2004).

Υπάρχουν περιορισμένες μελέτες που αφορούν τη χρήση της διαίτας χαμηλή σε FODMAP's στη διαχείριση λειτουργικών γαστρεντερικών διαταραχών της νόσου Crohn. Δεν μπορεί όμως με βάση τα επιστημονικά δεδομένα να διεξαχθεί κάποιο συμπέρασμα, καθώς μόνο μία μελέτη έχει ερευνήσει την επίδραση της διαίτας αυτής στο μικροβίωμα (Gearry et al., 2009; Halmos et al., 2016). Με βάση την διαθέσιμη επιστημονική βιβλιογραφία, η χρησιμότητα της διαίτας αυτής σε άτομα με δυσκοιλιότητα δεν υποστηρίζεται (Mearin et al., 2016).

3.3.3 Για διάρροια

Οι διαλυτές ίνες που είναι ελάχιστα ζυμώσιμες, λόγω του ότι έχουν την ικανότητα να συγκρατούν νερό και να σχηματίζουν γέλη, βοηθούν στο σχηματισμό των κοπράνων σε περίπτωση διάρροιας (Chutkan et al., 2012).

Κεφάλαιο 4: Επίδραση συγκεκριμένων φυτικών ινών και τροφίμων που τις περιέχουν στις λειτουργικές διαταραχές του κατώτερου πεπτικού

Οι φυτικές ίνες λοιπόν, συστήνονται για την αντιμετώπιση των λειτουργικών διαταραχών του κατώτερου πεπτικού συστήματος, και κατ' επέκταση για την αντιμετώπιση ίσως κάποιων νοσημάτων που εμφανίζονται αυτές οι διαταραχές ως συμπτώματα. Έχει αποδειχθεί ότι μέσω της διατροφής σίγουρα πρέπει να γίνεται προσπάθεια για βελτίωση των συμπτωμάτων αυτών. Πιο κάτω αναλύονται τα τρόφιμα στα οποία βρίσκονται οι συγκεκριμένοι τύποι φυτικών ινών, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζουν συγκεκριμένα συμπτώματα των λειτουργικών διαταραχών του κατώτερου πεπτικού.

4.1 Δυσκοιλιότητα

Όσον αφορά την δυσκοιλιότητα, οι διαιτητικές ίνες είναι η πρώτη σύσταση σε έναν ασθενή μαζί βέβαια με την επαρκή κατανάλωση νερού και άσκηση, καθώς η έλλειψη ινών στην διατροφή είναι πολλές φορές η αιτία εμφάνισης της δυσκοιλιότητας (Trowell, 1976; Tucker et al., 1981).

Το ψύλλιο ως τύπος ινών που σχηματίζει γέλη και δεν ζυμώνεται στο παχύ έντερο, οδηγεί σε ογκώδη, μαλακά κόπρανα που είναι εύκολο να περάσουν. Αυτό συμβαίνει καθώς παραμένει άθικτο σε όλο το παχύ έντερο και διατηρεί την ικανότητά του να συγκρατεί νερό. Υπάρχουν αρκετές μελέτες που αποδεικνύουν την δράση αυτή του ψυλλίου (McRorie, 2015).

Μία μεγάλη μονά-τυφλή τυχαιοποιημένη κλινική μελέτη, συμπεριλάμβανε 201 ασθενείς πρωτοβάθμιας περίθαλψης που έλαβαν ως θεραπεία το ψύλλιο για 2 εβδομάδες και κάποιοι το εικονικό φάρμακο (placebo). Τα αποτελέσματα ήταν ότι 87% των ασθενών που πήραν

ψύλλιο, ανέφεραν βελτίωση στα συμπτώματα, σε σύγκριση με το 47% που πήραν το εικονικό φάρμακο. Υπήρξε επίσης, σημαντική βελτίωση στον κοιλιακό πόνο/δυσφορία και στην πίεση κατά την αφόδευση (Fenn et al., 1986).

Σε μία διπλά-τυφλή τυχαιοποιημένη κλινική μελέτη 4 εβδομάδων (2 εβδομάδες βασική γραμμή θεραπείας και θεραπεία 2 εβδομάδων), συμμετείχαν 170 ασθενείς με χρόνια ιδιοπαθή δυσκοιλιότητα και μελετήθηκε η μαλακτική δράση στα κόπρανα με την πρόσληψη ψυλλίου (5,1g 2 φορές/ημέρα) σε σχέση με το docusate, ένα μαλακτικό κοπράνων (100mg 2 φορές/ημέρα). Τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν ότι το ψύλλιο βοήθησε περισσότερο στην αύξηση της περιεκτικότητας σε νερό των κοπράνων (μαλακότερα κόπρανα) και στην έξοδο και συχνότητα των κοπράνων (McRorie et al., 1998).

Σε μία άλλη τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη με εικονικό φάρμακο μελέτη, διερευνήθηκαν οι επιδράσεις του ψυλλίου (10,5g/ημέρα για 4 εβδομάδες) σε 48 ασθενείς με χρόνια δυσκοιλιότητα. Το αποτέλεσμα ήταν μείωση του κοιλιακού πόνου, μείωση του χρόνου διέλευσης, αύξηση συχνότητας κενώσεων (τριπλή αύξηση) και μαλακότερα κόπρανα με το ψύλλιο, σε σχέση με το εικονικό φάρμακο (Vega et al., 2015).

Γενικότερα, το ψύλλιο έχει αποδειχθεί ότι έχει θετική επίδραση στη μορφή και σύσταση των κοπράνων και ότι βελτιώνει τα συμπτώματα σε ασθενείς με χρόνια δυσκοιλιότητα (McRorie, Pepple and Rudolph, 1998; Ashraf et al., 2007), καθώς και σε ασθενείς με χρόνια διάρροια (Qvitzau, Matzen and Madsen, 1988; Wenzl et al., 1995), με νόσο Crohn (Fujimori et al., 2007).

Η γλυκομαννάνη, όντας ένας τύπος ινών με αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού, εμφανίζει ευεργετική δράση για την δυσκοιλιότητα και προάγει τις περισταλτικές κινήσεις του εντέρου (Mizutani and Mitsuoka, 1982; Wu and Chen, 2011b; Wu et al., 2011a; Chong, 2013).

Σε μια διασταυρούμενη RCT, συμμετείχαν 22 υγιείς άνδρες και γυναίκες όπου κατανάλωσαν 7 χουρμάδες (50 gr) έναντι επεξεργασμένου υδατάνθρακα. Διαπιστώθηκε ότι μια μερίδα χουρμάδες δεν αύξησε σημαντικά τα υγιή βακτήρια και τα SCFA, αλλά υπήρξε βελτίωση στην συχνότητα των κενώσεων και στις συγκεντρώσεις αμμωνίας (Eid et al., 2015).

Όσον αφορά τα δαμάσκηνα, μια παράλληλη RCT όπου συμμετείχαν 120 ενήλικες με δυσκοιλιότητα (δίαιτα χαμηλών ινών), έδειξε ότι 80gr δαμάσκηνων (6 gr ινών), αύξησαν

σημαντικά τα Bifidobacteria, καθώς και το βάρος των κοπράνων και τη συχνότητα των κενώσεων, και είχαν την τάση για αυξημένη παραγωγή SCFA και για χαμηλότερο pH κοπράνων (Lever et al., 2019).

Μια πρόσφατη προοπτική, τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη μονά τυφλή μελέτη 8 εβδομάδων εξέτασε τη θεραπεία με αποξηραμένα δαμάσκηνα (6g ινών/ ημέρα) σε σύγκριση με το ψύλλιο (6g ινών/ ημέρα) σε 40 ασθενείς (Attaluri et al., 2011). Τα αποξηραμένα δαμάσκηνα δεν περιέχουν μόνο φυτικές ίνες αλλά και σορβιτόλη και φρουκτάνες, μη απορροφήσιμους υδατάνθρακες που όταν ζυμώνονται από βακτήρια του παχέος εντέρου, δημιουργούν ένα οσμωτικό φορτίο που αλλάζει τη συχνότητα και τη σύσταση των κοπράνων. Η θεραπεία με τα αποξηραμένα δαμάσκηνα οδήγησε σε μεγαλύτερη βελτίωση της δυσκοιλιότητας, καθώς αυξήθηκαν οι ακούσιες κινήσεις του εντέρου και βελτιώθηκε η συνοχή των κοπράνων (μαλακότερα κόπρανα) σε σύγκριση με τη θεραπεία με ψύλλιο. Παρόλα αυτά και το ψύλλιο βελτίωσε τα συμπτώματα σε σχέση με την έναρξη της μελέτης (McRorie et al., 2000). Αργότερα, μία πιο πρόσφατη μετα-ανάλυση και μια συστηματική ανασκόπηση (αποτελούταν από 4 RCTs) επιβεβαίωσαν ότι η κατανάλωση 2 μερίδες δαμάσκηνα/ημέρα (περίπου 100g) είναι εξίσου ωφέλιμες για την δυσκοιλιότητα σε σχέση με 2 μερίδες ψύλλιο/ημέρα (Lever et al., 2014).

Από μία RCT που περιλάμβανε 80 Κινέζους ενήλικες με δυσκοιλιότητα, διαπιστώθηκε ότι η πηκτίνη βελτίωσε σημαντικά τη δυσκοιλιότητα (Tian, Gong and Li, 2016). Επίσης, μια διασταυρωμένη RCT έδειξε ότι η αυξημένη κατανάλωση ολόκληρων φρούτων και λαχανικών μείωσε το χρόνο διέλευσης των κοπράνων κατά 14 ώρες, αύξησε τις ημερήσιες κενώσεις και το βάρος κοπράνων σε σχέση με 100% χυμούς φρούτων και λαχανικών (Kelsay, Behall and Prather, 1978).

Γενικά, οι ιξώδεις φυτικές ίνες σε ολόκληρα φρούτα, που είναι χαμηλά ως μέτρια ζυμώσιμες στο παχύ έντερο, ανακουφίζουν αποτελεσματικά τα συμπτώματα της δυσκοιλιότητας. Για τα μάνγκο για παράδειγμα, μία παράλληλη RCT έδειξε ότι 300g (2 μερίδες)/ημέρα φρέσκων μάνγκο (περίπου 5g ινών μάνγκο) βοήθησαν σημαντικά στην χρόνια δυσκοιλιότητα ενηλίκων κατά 60% (όπως συχνότητα κενώσεων, πόνος) σε σχέση με την αρχή της μελέτης (Venancio et al., 2018). Για τα ακτινίδια επίσης, η κατανάλωση 2 μερίδων/ημέρα έχει τα ίδια αποτελέσματα με το μάνγκο, καθώς ο τύπος ίνας που περιέχει είναι διαλυτός πολύ ιξώδης με μέτρια ζύμωση (Chan, 2007).

Δύο ακόμη μελέτες χρησιμοποίησαν αδιάλυτες ίνες, πίτουρο σίτου η μία (Badiali et al., 1995) και ψωμί σίκαλης η άλλη (Hongisto et al., 2005). 24 ασθενείς έλαβαν 20g πίτουρο σίτου/ ημέρα ή placebo. Δεν υπήρξε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στην απόκριση με αυτήν την θεραπεία. Στη μελέτη με το ψωμί σίκαλης, συμμετείχαν 29 γυναίκες, οι οποίες κατανάλωναν 37g σίκαλη/ημέρα ή ψωμί χαμηλής περιεκτικότητας σε ίνες (6,6g ινών/ημέρα) για 3 εβδομάδες. Στο τέλος της μελέτης φάνηκε ότι η μέση διαφορά στον αριθμό των κοπράνων ημερησίως ήταν 0,3 μεγαλύτερη για όσους κατανάλωναν το ψωμί σίκαλης σε σχέση με το ψωμί χαμηλό σε ίνες. Επίσης, με την κατανάλωση ψωμιού σίκαλης μειώθηκε η δυσκολία αφόδευσης και τα κόπρανα έγιναν πιο μαλακά. Όμως, αναφέρθηκαν περισσότερα συμπτώματα όπως φούσκωμα, κοιλιακός πόνος και μετεωρισμός με την κατανάλωση ψωμιού σίκαλης. Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι η σίκαλη είναι μερικώς ζυμώσιμη και η υψηλή δόση (37g/d) ξεκίνησε απευθείας στα άτομα χωρίς να γίνει με σταδιακή εισαγωγή.

Όσον αφορά το ψωμί σίκαλης και την δράση του στην δυσκοιλιότητα, πραγματοποιήθηκε μια μελέτη με 51 συμμετέχοντες, 22-78 ετών, οι οποίοι έκαναν χρήση καθαρτικών. Τα κριτήρια για να συμπεριληφθούν στην μελέτη ήταν τα εξής: 5 κενώσεις/εβδομάδα χωρίς καθαρτικά ή 7 κενώσεις/εβδομάδα με καθαρτικά και δυσκοιλιότητα. Τα κριτήρια αποκλεισμού περιλάμβαναν γαστρεντερικές νόσους (όπως εκκολπωματική νόσος, έλκη, κοιλιοκάκη). Ο σκοπός της μελέτης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης του ψωμιού σίκαλης και του καλλιεργημένου βουτυρογάλακτος στην δυσκοιλιότητα, σε σύγκριση με τα καθαρτικά. Το αποτέλεσμα ήταν ότι το ψωμί σίκαλης ανακούφισε τα συμπτώματα της ήπιας δυσκοιλιότητας διευκολύνοντας την αφόδευση, μαλακώνοντας τα κόπρανα και αυξάνοντας την συχνότητα κενώσεων (Tack and Müller-Lissner, 2009).

Υπάρχουν πολλά τρόφιμα που έχουν φυσική υπακτική δράση και μπορούν να ωφελήσουν στην δυσκοιλιότητα, επειδή περιέχουν άπεπτους υδατάνθρακες και άλλες ενώσεις με φυσικές καθαρτικές ιδιότητες. Κάποια από αυτά είναι το λάχανο, τα φρούτα με σπόρους, το ψωμί ολικής, η βρώμη, τα οξέα των λαχανικών (οξαλικό οξύ), η αλόη, το ραβέντι, τα σύκα, τα δαμάσκηνα, τα σμέουρα, οι φράουλες, τα βρασμένα μήλα, ο ταμάρινθος (Marteau and Flourié, 2001).

Από έρευνες φαίνεται ότι με την κατανάλωση συγκεκριμένων ινών τροποποιείται το βάρος των κοπράνων ανάλογα. Για παράδειγμα, το βάρος των κοπράνων αυξήθηκε 5,4g / g ινών πίτουρου σίτου (κυρίως αδιάλυτη ίνα), 4,7g / g φρούτων και λαχανικών (διαλυτές και

αδιάλυτες ίνες), 3,5g / g απομονωμένης κυτταρίνης (αδιάλυτη ίνα) και 1,2g / g απομονωμένης πηκτίνης (διαλυτή ίνα) (**Πίνακας 4.1.1**) (Cummings, 1993).

Πίνακας 4.1.1 Μέσος όρος αύξησης της μάζας κοπράνων ανά g ίνας (Spiller, 2019)

Τύπος ίνας	Βάρος (g/g ίνας)	Σχόλια
σίτος	5,4	κυρίως πίτουρο
φρούτα και λαχανικά	4,7	καρότο, αρακάς, λάχανο, μήλο, πατάτα, μπανάνα, δαμάσκηνα
κόμμεα και βλέννες	3,7	ψύλλιο, τραγάκανθος, άγαρ, αραβικό κόμμι
κυτταρίνη	3,5	καρβοξυλ-μεθυλοκυτταρίνη, μεθυλοκυτταρίνη
βρώμη	3,4	πίτουρο βρώμης
καλαμπόκι	3,3	γεύμα καλαμποκιού ή πίτουρο
όσπρια	2,2	προϊόντα σόγιας
πηκτίνη	1,2	ο βαθμός μεθοξυλίωσης δεν είναι σημαντικός

Επίσης, οι Cummings και οι συνάδελφοί του εξέτασαν και αυτοί τη μέση αύξηση του βάρους κοπράνων μετά από την κατανάλωση 1g κάποιων ινών και βρήκαν ότι: αύξηση 7,2g / g ακατέργαστου πίτουρου, 6g / g φρούτων και λαχανικών, 4g / g ψύλλιου, 3,4g / g βρώμης, 1,5g / g οσπρίων και 1,3g / g πηκτίνης (Elia and Cummings, 2007).

4.2 Διάρροια

Όσον αφορά τη διάρροια, προτείνονται όπως έχει προαναφερθεί κυρίως διαλυτές ίνες. Αν μια διαλυτή ίνα που σχηματίζει γέλη, μπορεί να αντισταθεί στη ζύμωση και να διατηρήσει την ικανότητα συγκράτησης νερού που έχει, μπορεί να δώσει σχήμα στα κόπρανα και να τα κάνει πιο σκληρά (Brodribb and Groves, 1978). Για παράδειγμα η δεξτρίνη σίτου έχει αποδειχθεί ότι βοηθάει στη διάρροια. Δύο καλά ελεγχόμενες διασταυρούμενες κλινικές μελέτες έδειξαν ότι 10-15g δεξτρίνης σίτου/ ημέρα οδήγησαν τόσο στην μείωση του αριθμού κενώσεων /ημέρα όσο και στην μείωση της περιεκτικότητας νερού στα κόπρανα

(μικρότερα και σκληρότερα κόπρανα) σε υγιή άτομα (van den Heuvel et al., 2004; van den Heuvel et al., 2005).

Μια άλλη μελέτη αξιολόγησε το αλεσμένο πίτουρο σίτου και κατέληξε στο ότι προστέθηκε στην ξηρή μάζα των κοπράνων, μειώνοντας την περιεκτικότητα σε νερό στα κόπρανα, κάτι το οποίο οδήγησε σε σκληρότερα κόπρανα σε υγιή άτομα (Wrick et al., 1983).

Για τις μπανάνες, έγιναν 4 RCTs σε ενήλικες και παιδιά, οι οποίες διαπίστωσαν ότι οι μπανάνες και οι νιφάδες μπανάνας, ήταν πολύ πιο αποτελεσματικές στη μείωση της σοβαρότητας της διάρροιας από παθογόνα βακτήρια (σοβαρή δυσεντερία Shigellosis, Clostridium difficile) σε σύγκριση με τρόφιμα ελέγχου, δίαιτες με βάση το ρύζι ή την τυπική ιατρική θεραπεία (Mitsou et al., 2011; Rabbani et al., 2009; Rabbani et al., 2001; Emery et al., 1997).

Το κόμμα γκουάρ (διαλυτή ίνα) έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματικό στην πρόληψη και τη θεραπεία της διάρροιας (Homman et al., 1994; Rushdi, Pichard and Khater, 2004).

Ομοίως, υπάρχουν μερικές μελέτες που συνδέουν ορισμένους τύπους ινών με τη βελτίωση συγκεκριμένων τύπων διάρροιας. Έχει αποδειχθεί ότι ένα μείγμα γαλακτοολιγοσακχαριτών είναι αποτελεσματικό στην πρόληψη και τη θεραπεία της διάρροιας του ταξιδιώτη (Drakoularakou et al., 2009), το πίτουρο και το πίτουρο βρώμης έχουν δείξει αποτελεσματικότητα στη θεραπεία της διάρροιας που σχετίζεται με αναστολείς πρωτεάσης (Sherman and Fish, 2000). Ωστόσο, δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για να καθοριστούν συγκεκριμένες συστάσεις.

Στους Πίνακες 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4 φαίνεται η πιθανή επίδραση μερικών ινών με βάση κάποιες από τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, στη σύσταση των κοπράνων (δυσκοιλιότητα ή διάρροια).

Πίνακας 4.2.1 Επιδράσεις φυτικών ινών σε διάρροια και δυσκοιλιότητα (McRorie and McKeown, 2017)

	Χωρίς ικανότητα συγκράτησης νερού			Ικανότητα συγκράτησης νερού			
		Διαλυτές, μη ιξώδεις			Ιξώδεις/ σχηματισμός τζελ		
Χαρακτηριστικό	Διαλυτό πίτουρο σίτου	Δεξτρίνη σίτου	Ινουλίνη	Ιξώδης μεθυλοκυτταρίνη	Μερικώς υδρολυμένο κόμμα	B-γλυκάνη	Ψόλλιο

					γκουάρ		
Παράδειγμα	All bran					Βρώμη quaker	
Πηγή	Σίτος	Χημικά τροποποιημένο άμυλο σίτου	Ρίζα κичωρίου	Χημικά τροποποιημένος πολτός ξύλου	Γκουάρ φασολιών	Βρώμη, κριθάρι	Φλοιός σπόρου ψύλλιο
Φυσική πηγή;	Φυσική	Ημισυνθετικό	Φυσική	Ημισυνθετικό	Επεξεργασμένο (↓ ιξώδες)	Φυσική	Φυσική
Βαθμός ζύμωσης	Ελάχιστα	Καλά ζυμώσιμο	Εύκολα ζυμώσιμο	Μη ζυμώσιμος	Εύκολα ζυμώσιμο	Εύκολα ζυμώσιμο	Μη ζυμώσιμο
Δυσκοιλιότητα/μαλακτικό κοπράνων	Ναι (αν τα μόρια είναι μεγάλα)			Ναι (αν τα μόρια είναι μεγάλα)			Ναι
Διάρροια/κανονικοποίηση κοπράνων							Ναι

Πίνακας 4.2.2 Φυσιολογικές ιδιότητες των διαιτητικών ινών (Cummings and Stephen, 2007)

	Πηγή SCFA (άρα ζυμώσιμες)	Πρεβιοτική δράση	Αύξηση κενώσεων
Μαλτοδεξτρίνες			
Ολιγοσακχαρίτες (όχι α-γλυκάνες)	✓	✓	
Ανθεκτικό άμυλο	✓		✓
NSP (μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες)	✓		✓

Πίνακας 4.2.3 Περιεχόμενο ινών στα πιο ευρέως καταναλώσιμα σιτηρά (FSA, 2002; European Commission, 2007).

χαμηλό (λιγότερο από 3g ινών /100g)		μέτριο (3-6g ινών /100g)		υψηλό (≥6g /100g ινών)	
πηγή	g NSP/ 100g	πηγή	g NSP/ 100g	πηγή	g NSP/ 100g
άσπρο ρύζι	0.1	αλεύρι σίτου άσπρο	3.1	δημητριακά all bran	24.5
καστανό ρύζι	0.8	ψωμί σίτου	4.3	παξιμάδι	11.7
porridge	0.8	διογκωμένος σίτος	5.6	νιφάδες πίτουρου βρώμης	10
πατατάκια ρυζιού	0.7	ψωμί σίκαλης	4.4	τεμαχισμένο σιτάρι	9.8
άσπρα σπαγγέτι	1.2	σπαγγέτι ολικής	3.5	δημητριακά weetabix	9.7
άσπρο ψωμί	1.5	καστανό ψωμί	3.5	αλεύρι σίτου ολικής	9

Πίνακας 4.2.4 Περιεχόμενο ινών σε φρούτα, λαχανικά και όσπρια (FSA, 2002; European Commission, 2007).

χαμηλό (<3g ινών /100g)		μέτριο (3-6g ινών /100g)		υψηλό (≥6g /100g ινών)	
πηγή	g NSP/ 100g	πηγή	g NSP/ 100g	πηγή	g NSP/ 100g
μπρόκολο	2.3	ψητά φασόλια	3.8	κόκκινα φασόλια	6.2
καρότα	2.5	λαχανάκια βρυξελλών	3.1	σύκα	6.9
μήλα (χωρίς φλούδα)	1.6	φασόλια βουτύρου	5.2	βερίκοκα	6.3
μήλα (με φλούδα)	1.8	ρεβύθια	4.3		
αχλάδια (χωρίς φλούδα)	1.7	φακές	3.8		
αχλάδια (με φλούδα)	2.2	αβοκάντο	3.4		

φλούδα)					
ψητή πατάτα (χωρίς φλούδα)	1.4	φρούτα του παθους	3.3		
ψητή πατάτα (με φλούδα)	2.7				

Στους παρακάτω συγκεντρωτικούς Πίνακες 4.2.5, 4.2.6, 4.2.7, 4.2.8, 4.2.9, 4.2.10, 4.2.11, 4.2.12 παρατίθεται η σύσταση τροφίμων σε g σε ίνες και πιο αναλυτικά σε διαλυτές και αδιάλυτες ίνες, ώστε στη συνέχεια να βοηθήσουν στην κατανόηση της επίδρασης κάθε τρόφιμου στο γαστρεντερικό σύστημα ανάλογα με τον τύπο ινών που περιέχει το καθένα.

Πίνακας 4.2.5 Ποσότητα (σε g) διαλυτών, αδιάλυτων ινών και πηκτίνης σε φρούτα (Hudnall and American Dietetic Association, 1998; USDA, 2017)

	Μέγεθος μερίδας	Ίνες			
		Συνολικές (g)	Διαλυτές (g)	Αδιάλυτες (g)	*Πηκτίνη (g)
ΦΡΟΥΤΑ					
μήλο	1 μέτριο	3.7	1.0	2.8	1.4
μπανάνα	1 μέτρια	2.7	0.7	2.1	0.7
μύρτιλλα	½ φλιτζάνι	2.0	0.2	1.7	1.2
βατόμουρα	1 φλιτζάνι	7.6	0.8	6.7	2.0
πεπονάκι	½ μέτριο	1.9	0.5	1.4	0.5
κεράσια	10	1.6	0.5	1.1	1.0
σύκα	1	3.0	0.6	2.4	1.0
γκρέιπφρουτ	½ μέτριο	1.4	1.2	0.3	0.9
πράσινα σταφύλια	½ φλιτζάνι	0.8	0.3	0.5	0.2
ακτινίδιο	1 μέτριο	2.6	0.6	2	1.0
πορτοκάλι	1 μέτριο	3.1	1.8	1.3	1.0
βανίλιες	2	1.8	0.6	1.2	0.5
ροδάκινο	1 μέτριο	1.7	0.7	1.0	0.7

ανανάς	½ φλιτζάνι	0.9	0.3	0.6	0.8
αχλάδι	1 μέτριο	4.0	2.2	1.8	
σμέουρα	½ φλιτζάνι	4.2	0.4	3.8	1.6
φράουλες	½ φλιτζάνι	1.8	0.5	1.3	1.0
καρπούζι	½ φλιτζάνι	0.4	0.2	0.2	0.3
μάνγκο	1 φλιτζάνι	2.6	1.0	1.6	0.8
παπάγια	1 φλιτζάνι	2.5	0.4	2.0	0.7
ρόδι	1 φλιτζάνι	7.0	2.0	5.0	2.4
βερίκοκα	2	1.4	0.7	0.7	0.5
αβοκάντο	⅓	3.4	1.2	2.2	1.2
χουρμάδες	5-6	3.1	0.5	2.6	1.0
αποξηραμένα σύκα	3	5.2	2.2	3.0	1.7
δαμάσκηνα	5	3.1	0.5	2.6	1.0
σταφίδες	¼ φλιτζάνι	1.6	0.4	1.1	0.7
πουρές μήλου	½ φλιτζάνι	1.5	0.5	1.1	

- **Πηκτίνη:** αποτελεί περίπου το 35% (εύρος 20-40%) των συνολικών ινών.

Πίνακας 4.2.6 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε μαγειρεμένα λαχανικά (Hudnall and American Dietetic Association, 1998; USDA, 2017)

	Μέγεθος μερίδας	Ίνες		
		Συνολικές (g)	Διαλυτές (g)	Αδιάλυτες (g)
ΜΑΓΕΙΡΕΜΕΝΑ ΛΑΧΑΝΙΚΑ				
σπαράγγια	½ φλιτζάνι	1.8	0.7	1.1
μπρόκολο	½ φλιτζάνι	2.8	1.4	1.4
λαχανάκια βρυξελλών	½ φλιτζάνι	3.8	1.9	1.9
καλαμπόκι	½ φλιτζάνι	2	0.3	1.7
πράσινα φασόλια	½ φλιτζάνι	2	0.9	1.2

αρακάς	½ φλιτζάνι	4.4	1.3	3.1
πατάτα ψημένη με φλούδα	1 μέτρια	2.9	1.2	1.7
σπανάκι	½ φλιτζάνι	2.9	0.6	2.3
γλυκοπατάτα ψητή	1 μέτρια	3.4	1.3	2.2
κολοκύθι	½ φλιτζάνι	1.3	0.5	0.7

Πίνακας 4.2.7 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε ωμά λαχανικά (Hudnall and American Dietetic Association, 1998; USDA, 2017)

		Ίνες		
		Συνολικές	Διαλυτές	Αδιάλυτες
ΩΜΑ ΛΑΧΑΝΙΚΑ				
καρότα	1 μέτριο	2.2	1.1	1.1
σέλινο	1 κοτσάνι	0.7	0.2	0.4
αγγούρι	½ φλιτζάνι	0.4	0.1	0.3
μαρούλι (romaine)	1 φλιτζάνι	0.7	0.2	0.5
μανιτάρια	½ φλιτζάνι	0.4	0.1	0.4
σπανάκι	1 φλιτζάνι	1.5	0.5	1.1
τομάτα	1 μέτρια	1.4	0.1	1.2

Πίνακας 4.2.8 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε όσπρια (Hudnall and American Dietetic Association, 1998; USDA, 2017)

		Ίνες		
		Συνολικές	Διαλυτές	Αδιάλυτες
ΌΣΠΡΙΑ				

ΜΑΓΕΙΡΕΜΕΝ Α				
φασόλια	½ φλιτζάνι	6.3	2.1	4.2
κόκκινα φασόλια	½ φλιτζάνι	5.7	2.9	2.9
φακές	½ φλιτζάνι	7.8	0.6	7.2
φασόλια σόγιας	½ φλιτζάνι	5.4	2.4	3

Πίνακας 4.2.9 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε ψωμιά, δημητριακά, ζυμαρικά (Hudnall and American Dietetic Association, 1998; USDA, 2017)

		Ίνες		
		Συνολικές	Διαλυτές	Αδιάλυτες
ΨΩΜΙΑ, ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ, ΖΥΜΑΡΙΚΑ				
κριθάρι	½ φλιτζάνι	4.3	0.9	3.3
ψωμί ολικής	1 φέτα	2	0.3	1.6
ψωμί rumpfernickel (από αλεσμένη σίκαλη)	1 φέτα	1.6	0.8	0.8
γαλλικό ψωμί	1 φέτα	0.8	0.5	0.3
άσπρο ψωμί	1 φέτα	0.6	0.3	0.3
στρογγυλό ψωμάκι (του μπέργκερ)	1/2	0.6	0.2	0.4
μακαρόνια (μαγειρεμένα)	½ φλιτζάνι	0.9	0.4	0.6
πίτα	1/2	0.6	0.3	0.3
καστανό ρύζι (μαγειρεμένο)	½ φλιτζάνι	1.8	0.1	1.6
άσπρο ρύζι (μαγειρεμένο)	½ φλιτζάνι	0.3	0.1	0.2

Πίνακας 4.2.10 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε δημητριακά πρωϊνού (Hudnall and American Dietetic Association, 1998; USDA, 2017)

		Ίνες		
		Συνολικές	Διαλυτές	Αδιάλυτες
ΔΗΜΗΤΡΙΑΚΑ ΠΡΩΪΝΟΥ				
100% πίτουρο	30g	9.7	0.8	9
νιφάδες πίτουρου	30g	4.7	0.5	4.3
νιφάδες καλαμποκιού	30g	1	0.1	1
γκρανόλα	30g	2.4	1.4	1.1
πόρριτζ (μαγειρεμένο)	½ φλιτζάνι	2	0.9	1.1
δημητριακά βρώμης ολικής	30g	2.9	1.3	1.5

Πίνακας 4.2.11 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε σνακ (Hudnall and American Dietetic Association, 1998; USDA, 2017)

		Ίνες		
		Συνολικές	Διαλυτές	Αδιάλυτες
ΣΝΑΚ				
τσιπς καλαμποκιού	30g	1.4	0	1.4
dip χούμους	2 κσ	2	0.6	1.4
φυστίκια ψημένα	¼ φλιτζάνι	3.4	0.7	2.7
ποπ-κορν	3 φλιτζάνια	3.6	0.1	3.5
πρέτσελς	30g	0.9	0.3	0.7
ηλιόσποροι	¼ φλιτζάνι	3.4	0.7	2.7
καρύδια	¼ φλιτζάνι	1.2	0.4	0.8

Πίνακας 4.2.12 Ποσότητα (σε g) διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε πρόσθετα συστατικά (Hudnall and American Dietetic Association, 1998; USDA, 2017)

		Ίνες		
		Συνολικές	Διαλυτές	Αδιάλυτες
ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ				
λιναρόσπορος	1 κσ	1.6	0.8	0.7
κόμμεα	3g	2.8	2.8	0
πίτουρο βρώμης	1 κσ	0.9	0.4	0.5
ψύλλιο	1κσ	6	4.8	1.2
πίτουρο ρυζιού	1κσ	1.1	0.1	1
φύκι	1κσ	0.4	0.4	0
πίτουρο σίτου	1κσ	1.6	0.1	1.5
φύτρο σίτου	1 κσ	0.9	0.2	0.7

4.3 Σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου

Μια κοινά αποδεκτή προσέγγιση για την αντιμετώπιση των συμπτωμάτων του Συνδρόμου Ευερέθιστου Εντέρου είναι η αύξηση των φυτικών ινών. Από το 1972 όπου οι Burkitt et al. πρότειναν για πρώτη φορά ότι οι φυτικές ίνες ενδεχομένως συμβάλλουν στην προστασία των ατόμων στις αγροτικές περιοχές από συγκεκριμένες γαστρεντερικές διαταραχές, η σύσταση για αύξηση των φυτικών ινών έγινε ευρέως γνωστή και παραμένει έως σήμερα. Παρόλα αυτά, η επιστημονική κοινότητα είναι διχασμένη σχετικά με την χρήση των φυτικών ινών στο ΣΕΕ και αυτό επάγεται στο ότι εμφανίζει μεγάλη ετερογένεια ως προς τα συμπτώματά του, τη σύγχυση του ορισμού των φυτικών ινών, την έλλειψη μελετών καλής ποιότητας, καθώς και των συγκρουόμενων αποτελεσμάτων τους.

Το 1977 οι Manning et al. εξέτασαν την επίδραση μιας δίαιτας χαμηλής ή υψηλής σε ίνες για 6 εβδομάδες στον κοιλιακό πόνο και τη συχνότητα κένωσης του εντέρου σε 26 ασθενείς με ΣΕΕ. Τα άτομα που ακολουθούσαν τη δίαιτα αυξημένων ινών, έλαβαν επιπρόσθετα 20gr.

πίτουρο σιταριού την ημέρα. Οι ερευνητές βρήκαν σημαντική βελτίωση στην συχνότητα του πόνου καθώς και στην σοβαρότητά του. Η συνήθεια του εντέρου θεωρήθηκε ως «βελτιωμένη» στην ομάδα αυξημένων ινών και η συχνότητα κενώσεων του εντέρου βελτιώθηκε επίσης μέτρια.

Μια ακόμη έρευνα σε 100 ασθενείς με ΣΕΕ διαπίστωσε ότι το 55% των ασθενών αισθάνθηκε χειρότερα και μόνο το 10% αισθάνθηκε καλύτερα μετά την χορήγηση πίτουρου (Francis et Whorwell, 1994).

Έχει βρεθεί ότι οι διαλυτές κολλώδεις φυτικές ίνες, όπως το ψύλλιο, ζυμώνονται ελάχιστα στο παχύ έντερο. Το τζελ που δημιουργείται διατηρείται κατα την διέλευση του από το έντερο και αυτό ρυθμίζει την σύσταση των κοπράνων (McRorie et al., 1998a; McRorie et al., 1998b; Marlett and Fischer, 2003).

Η γενική σύσταση για τους ασθενείς με ΣΕΕ είναι η πρόσληψη 20-35 γρ. φυτικών ινών την ημέρα προκειμένου να μειωθούν συμπτώματα όπως αυτά του μετεωρισμού και του κοιλιακού πόνου (Alaimo et al.,1994; Briefel et al.,1997; Bellini et al.,2014; Furnari et al.,2015), με την συμπληρωματική χορήγηση ψυλλίου να επιδρά θετικά στην βελτίωση των συμπτωμάτων του ΣΕΕ (McRorie et al., 1998; McRorie, 2015; Rutten et al., 2015; Shah and Lacy, 2016).

Μια άλλη RCT με χορήγηση ψυλλίου σε 80 ασθενείς με ΣΕΕ, έδειξε σημαντική βελτίωση στην δυσκοιλιότητα και στο χρόνο διέλευσης, χωρίς όμως να παρουσιάζεται βελτίωση στο φούσκωμα και στον κοιλιακό πόνο (Prior et Whorwell, 1987).

Σε πρόσφατη μετα-ανάλυση που αξιολόγησε τη συμπλήρωση διαιτητικών ινών σε 14 τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές στις οποίες συμμετείχαν 906 ασθενείς με ΣΕΕ, διαπιστώθηκε ότι η συμπλήρωση ινών (ειδικά με ψύλλιο) ήταν αποτελεσματική στη βελτίωση των γενικών συμπτωμάτων του ΣΕΕ σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο (Moayyedi et al., 2014).

Μια μελέτη κοορτής παρατήρησε ότι οι ασθενείς με ΣΕΕ έχουν σημαντικά μειωμένη ποικιλία μικροβίων, βακτηρίων που παράγουν βουτυρικό οξύ και Methanobacteria σε σύγκριση με υγιή άτομα. Αυτό σχετίζεται με δυσβίωση μικροοργανισμών στο παχύ έντερο, μειωμένη λειτουργία του εντερικού φραγμού και μειωμένη απόρριψη του υδρογόνου του παχέος εντέρου που συνδέεται με την περίσσεια του κοιλιακού αερίου (Pozuelo et al., 2015).

Όσον αφορά τα πρεβιοτικά (βραχέας αλύσου, υψηλής ζύμωσης φυτικές ίνες), έχει προταθεί ότι η πρόσληψή τους θα πρέπει να περιορίζεται, προς αποφυγή της εμφάνισης συμπτωμάτων όπως τα αέρια, το φούσκωμα, ο κοιλιακός πόνος και η δυσφορία σε αντίθεση με την κατανάλωση ινών μακράς αλύσου, διαλυτών και πιο αργά ζυμώσιμων, όπως είναι η πηκτίνη φρούτων η οποία φαίνεται να βοηθάει στον έλεγχο των συμπτωμάτων του ΣΕΕ (Nagarajana et al., 2015; El Salhy et al., 2017).

Μια Κινεζική RCT, η οποία μελέτησε την διάρροια σε άτομα με ΣΕΕ, βρήκε ότι η πηκτίνη αύξησε σημαντικά τα *Bifidobacteria*, μείωσε τα συνολικά *Clostridium* sp., τα συμπτώματα της νόσου, τα επίπεδα κυτοκίνης και την ποιότητας ζωής βάση του Bristol stool chart (Xu et al., 2015).

Άλλη μια RCT η οποία μελέτησε την δυσκοιλιότητα στο ΣΕΕ έδειξε ότι η κατανάλωση 2 ακτινιδίων την ημέρα μείωσε σημαντικά τον χρόνο διέλευσης του παχέος εντέρου, αύξησε την συχνότητα αφόδευσης και βελτίωσε γενικότερα την λειτουργία του εντέρου (Chang et al., 2010).

Ένα διατροφικό σχήμα που έχει προταθεί για την μείωση του κινδύνου εμφάνισης του ΣΕΕ και παρεμπόδισης έξαρσης του σε ήδη ασθενείς, είναι η κατανάλωση των παρακάτω φρούτων χαμηλών σε FODMAP (2-3 μερίδες/ ημέρα), αφήνοντας μεταξύ της κατανάλωσης των μερίδων 2-3 ώρες για αποφυγή υπερφόρτωσης του γαστρεντερικού συστήματος: μπανάνες, βατόμουρα, πορτοκάλια, γκρέιπφρουτ, σταφύλια, πεπόνια, αβοκάντο, ακτινίδια, λεμόνια, λάιμ, μανταρίνια, φρούτα του πάθους, σμέουρα, φράουλες (Cozma-Petruț et al., 2017).

Έχει αποδειχθεί ότι η βάση για τη γένεση πολλών λειτουργικών συμπτωμάτων του κατώτερου γαστρεντερικού, είναι η διάταση του αυλού του εντέρου (Mertz H., 2000; Salvioli et al., 2006). Η διάταση του αυλού όχι μόνο προκαλεί τα συμπτώματα του πόνου, του φουσκώματος και της κοιλιακής διάστασης, αλλά μπορεί επίσης να οδηγήσει σε δευτερογενείς αλλαγές κινητικότητας (Goldstein et al., 2000). Με βάση τα παραπάνω, φαίνεται ότι η μείωση ή η αφαίρεση συγκεκριμένων τροφίμων -που προκαλούν διάταση του αυλού του εντέρου- από τη διατροφή, οδηγεί σε βελτίωση των συμπτωμάτων που χαρακτηρίζουν το ΣΕΕ. Πιο συγκεκριμένα τα τρόφιμα υψηλά σε FODMAP's, βάση την περιεκτικότητά τους σε ίνες (FOS) είναι:

Λαχανικά: αγκινάρες, σπαράγγια, παντζάρια, λαχανάκια Βρυξελλών, μπρόκολο, λάχανο, μάραθος, σκόρδο, πράσα, μπάμιες, κρεμμύδια, μπιζέλια.

Δημητριακά: σιτάρι και σίκαλη όταν καταναλώνονται σε μεγάλες ποσότητες (ψωμί, ζυμαρικά, κουσκούς, κράκερ, μπισκότα).

Όσπρια: ρεβίθια, φακές, κόκκινα φασόλια, ψητά φασόλια.

Φρούτα: καρπούζι, μήλο, λευκά ροδάκινα, λωτός.

Επίσης, τα τρόφιμα χαμηλά σε FODMAP's βάση την περιεκτικότητά τους σε ίνες (FOS) είναι:

Λαχανικά: μπαμπού, καρότο, σέλινο, πιπεριά, καλαμπόκι, μελιτζάνα, πράσινα φασόλια, μαρούλι, σχοινόπρασο, κολοκύθα, κρεμμύδι (μόνο πράσινο), τομάτα.

Υποκατάστατα κρεμμυδιού / σκόρδου: λάδι εμποτισμένο με σκόρδο.

Δημητριακά: χωρίς γλουτένη, προϊόντα ψωμιού / δημητριακών (Gibson and Shepherd 2010).

Μια μη τυχαιοποιημένη μελέτη, διερεύνησε τη χρησιμότητα της διαίτας «υψηλής περιεκτικότητας σε ίνες» (30g ινών / ημέρα) για την περίθαλψη 72 ασθενών με ΣΕΕ (όλοι οι υπότυποι). Αυτή η μελέτη έδειξε βελτίωση στα σκληρά κόπρανα, την συχνότητα κένωσης του εντέρου, την διάρροια ή το φούσκωμα (Lambert et al., 1991).

Από μια άλλη μελέτη, προέκυψε ότι υπάρχει η κοινή αντίληψη ανάμεσα σε πολλούς επαγγελματίες υγείας, ότι η ελλιπής πρόσληψη ινών είναι η κύρια αιτία των συμπτωμάτων του ΣΕΕ και το 94% θα παρότρυνε διαιτητική θεραπεία βάσει αυτής της παραδοχής (Bijkerk et al., 2003). Βάσει της κατηγοριοποίησης των ινών σε υδατάνθρακες βραχείας και μακράς αλύσου, τα χαρακτηριστικά διαλυτότητας και ζύμωσης μπορούν να συσχετίσουν τα φυσιολογικά αποτελέσματα στο ΣΕΕ με την κατανάλωση διαιτητικών πηγών συγκεκριμένων τύπων ινών (**Πίνακας 4.3.1**) (Elia and Cummings, 2007; Heizer, Southern and McGovern, 2009; Chouinard, 2011; Biesiekierski et al., 2011).

Πίνακας 4.3.1 Τύποι ινών φυσικής προέλευσης και πιθανές επιδράσεις στο ΣΕΕ (Eswaran, Muir and Chey, 2013)

Τύπος ίνας	Μήκος αλυσίδας	Πηγές	Πιθανά οφέλη για το ΣΕΕ	Πιθανοί κίνδυνοι για το ΣΕΕ
Διαλυτοί υψηλής ζύμωσης ολιγοσακχαρίτες (περιλαμβάνει	Βραχείας αλύσου υδατάνθρακες	-Όσπρια, ξηροί καρποί και σπόροι -Σιτάρι, σίκαλη -Κρεμμύδια,	-Αδύναμο καθαρτικό αποτέλεσμα. -Δεν επιταχύνει τον χρόνο διέλευσης.	-Σε ασθενείς με ΣΕΕ η γρήγορη ζύμωση μπορεί να συμβάλλει στην παραγωγή

τους FOS , GOS)		σκόρδο, αγκινάρα	-Επιλεκτική ανάπτυξη συγκεκριμένων μικροβίων (Bifidobacteria). -SCFA: πολύ γρήγορα ζυμώσιμα στον τελικό ειλέο και το εγγύς κόλον για την παραγωγή SCFA. -Παραγωγή αερίων: υψηλή.	αερίων, στην διάταση και τα γαστρεντερικά συμπτώματα. -Έχει λάβει μέρος ένας μεγάλος αριθμός μελετών στο ΣΕΕ – με ανάμεικτα αποτελέσματα.
Διαλυτές υψηλής ζύμωσης ‘ίνες’ (όπως ανθεκτικό άμυλο-RS, πηκτίνη, γκουαργκαμ και ινουλίνη)	Μακράς αλύσου υδατάνθρακες	-Όσπρια -Ψωμί σίκαλης, κριθάρι -Άγουρες μπανάνες -Φαγόπυρο , κεχρί , βρώμη -Μαγειρεμένα και παγωμένα – ζυμαρικά, πατάτα και ρύζι	-Ηπιο καθαρτικό αποτέλεσμα. -Δεν επιταχύνει τον χρόνο διέλευσης. Μπορεί να επιβραδύνει την απορρόφηση από το λεπτό έντερο. -Αυξάνει συνολικά τα είδη βακτηρίων αλλά όχι επιλεκτικά τα bifidobacteria. -SCFA: ταχέως ζυμώσιμα στο εγγύς κόλον για την παραγωγή SCFA. Το RS είναι μία εξαιρετικά καλή ουσία για την παραγωγή του βουτυρικού των SCFA. -Παραγωγή αερίων: μέτρια.	-Σε ασθενείς με ΣΕΕ η γρήγορη ζύμωση μπορεί να συμβάλλει στην παραγωγή αερίων, στη διάταση και τα γαστρεντερικά συμπτώματα. -Δεν έχουν λάβει μέρος καλά σχεδιασμένες μελέτες στο IBS .
Ενδιάμεσα διαλυτές ζυμώσιμες ‘ίνες’ (ψύλλιο /ισπαγγούλα) και βρώμη	Μακράς αλύσου υδατάνθρακες	Ο σπόρος του φυτού <i>Plantago ovata</i> , και βρώμη	-Καλό καθαρτικό αποτέλεσμα. -Επιταχύνει τον χρόνο διέλευσης. -Αυξάνει συνολικά τα είδη βακτηρίων αλλά υπάρχουν λίγα δεδομένα για επιλεκτική ανάπτυξη. -SCFA:μετρίως ζυμώσιμα κατά μήκος του παχέος εντέρου για την παραγωγή SCFA . -Παραγωγή αερίων: μέτρια.	-Σε ασθενείς με ΣΕΕ μελέτες έχουν δείξει κάποια θετική επίδραση στο καθαρτικό αποτέλεσμα. -Παρενέργειες αερίων/ διάτασης έχουν παράγει ανάμεικτα αποτελέσματα για κάποιους ασθενείς με ΣΕΕ.
Αδιάλυτες αργά ζυμώσιμες ‘ίνες’ (όπως πίτουρο σιταριού, λιγνίνη)	Μακράς αλύσου υδατάνθρακες	-Κάποια λαχανικά και φρούτα -Πίτουρο σιταριού	-Καλό καθαρτικό αποτέλεσμα. -Επιταχύνει τον χρόνο διέλευσης .	-Σε ασθενείς με ΣΕΕ το πίτουρο σιταριού δεν έχει φανεί να είναι αποτελεσματικό. Μία

(σπόροι), φρούτα και λαχανικά)		-Δημητριακά ολικής αλέσεως -Σίκαλη -Καστανό ρύζι, ζυμαρικά ολικής αλέσεως, κινόα. -Λιναρόσπορος.	-Εξισορρόπηση των βακτηρίων: αυξάνει συνολικά τα είδη βακτηρίων άλλα υπάρχουν λίγα δεδομένα για επιλεκτική ανάπτυξη. -SCFA: αργά ζυμώσιμα κατά μήκος του παχέος εντέρου για την παραγωγή SCFA . -Παραγωγή αερίων: μέτρια προς υψηλή.	κύρια παρενέργεια ήταν η υπέρμετρη παραγωγή αερίων και το φούσκωμα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην παρουσία υψηλών ποσοτήτων φρουκτάνων οι οποίες σχετίζονται με το πίτουρο σιταριού. -Τα συμπτώματα που σχετίζονται με το πίτουρο σιταριού μπορεί να μην είναι αποδεκτά από πολλούς ασθενείς .
Αδιάλυτες μη ζυμώσιμες 'ίνες' (όπως κυτταρίνη, στερκούλια και μεθυλοκυτταρίνη)	Μακράς αλύσου υδατάνθρακες	-Κόκκοι και δημητριακά με υψηλή περιεκτικότητα σε ίνες -Ξηροί καρποί και σπόροι -Φλούδες από φρούτα και λαχανικά	-Καλό καθαρτικό αποτέλεσμα. -Επιταχύνει τον χρόνο διέλευσης . -Εξισορρόπηση των βακτηρίων: δεν υπάρχουν δεδομένα για επιλεκτική ανάπτυξη. -SCFA: πτωχώς ζυμώσιμα -Παραγωγή αερίων: χαμηλή.	-Λιγότερες ιδιότητες σχηματισμών αερίων. -Αυτός ο τύπος ίνας μπορεί να έχει καλύτερα χαρακτηριστικά για την αντιμετώπιση της δυσκοιλιότητας στους ασθενείς με ΣΕΕ. - Ωστόσο, έχουν ολοκληρωθεί λίγες καλά σχεδιασμένες μελέτες.
¹ Χρήση της τυπικής (όχι υπερβάλλουσας) δόσης από αυτούς τους υδατάνθρακες.				

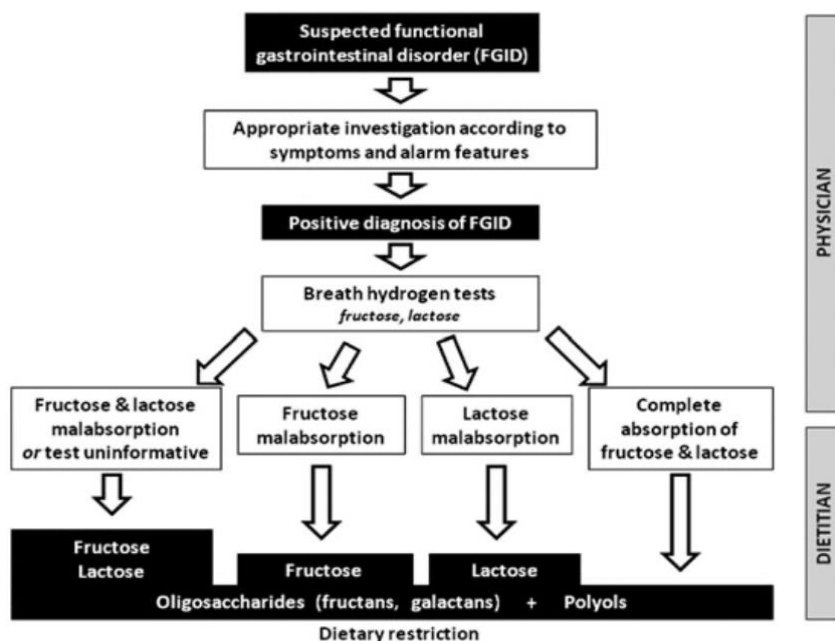
4.4 Φούσκωμα / αέρια/ μετεωρισμός

Τα επιστημονικά ευρήματα για τα άτομα που εμφανίζουν ως σύμπτωμα το φούσκωμα είναι περιορισμένα. Μια μελέτη έδειξε ελαφρώς αυξημένο μετεωρισμό σε ανθρώπους που καταναλώνουν 10-15g/ ημέρα ενός παρασκευάσματος AXOS (Gratsen et al., 2003; Cloetens et al., 2009). Το τελευταίο αποτέλεσμα φαίνεται τυπικά κατά την κατανάλωση υψηλών δόσεων (20g/ ημέρα) ευρέως χρησιμοποιούμενων πρεβιοτικών, όπως η ινουλίνη (Bouhnik et al., 1999). Κατά την κατανάλωση XOS σε δόση 3,8g/ ημέρα για 3 εβδομάδες, δεν παρατηρήθηκε κάποια επίδραση στον μετεωρισμό (Chung et al., 2007).

Ενώ θεωρούνται από καιρό ως μη εύπεπτα συστατικά που προάγουν τον μετεωρισμό στην διατροφή του ανθρώπου, υπάρχουν πιο δεδομένα που υποδηλώνουν ευεργετική επίδραση των ολιγοσακχαριτών ραφινόζης στη μικροχλωρίδα του εντέρου (Tortuer, 1997).

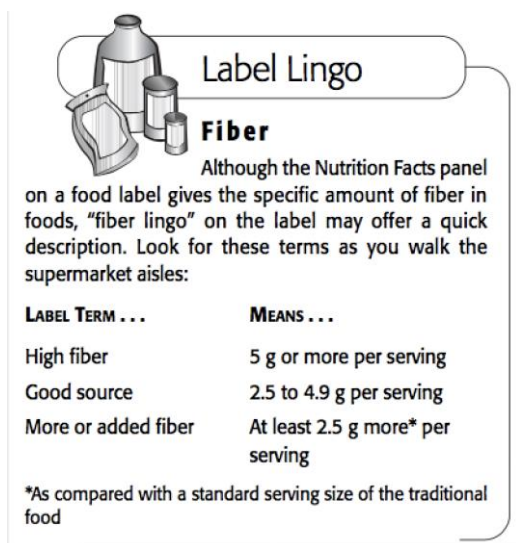
Σε μία τυχαιοποιημένη, διπλά-τυφλή, διασταυρούμενη μελέτη συμμετείχαν 20 υγιή άτομα (10 άνδρες και 10 γυναίκες) μεταξύ 18 και 60 ετών, οι οποίοι κατανάλωσαν ως τύπο φυτικών ινών την μαλτοδεξτρίνη ή 20-25g διαλυτή ίνα αραβοσίτου ή ανθεκτικό άμυλο, μόνες ή σε συνδυασμό με πουλλουράνη. Η μελέτη είχε 5 περιόδους θεραπείας, οι οποίες ήταν 7 μέρες με 3 εβδομάδες διακοπή μεταξύ των περιόδων. Τα δείγματα των κοπράνων συλλέγονταν την 7^η μέρα κάθε περιόδου θεραπείας. Οι παραπάνω ίνες είναι ίνες με βάση τον αραβόσιτο οι οποίες μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε τρόφιμα. Τα συμπεράσματα από αυτή την μελέτη ήταν ότι δεν παρατηρήθηκε κάποια αξιοσημείωτη καθαρτική δράση από τις ίνες αραβοσίτου. Επίσης, το ανθεκτικό άμυλο ήταν καλά ανεκτό και διέφερε μόνο από την μαλτοδεξτρίνη στο ότι προκαλούσε μετεωρισμό την 6^η μέρα θεραπείας. Και κάποιες άλλες μελέτες ανέφεραν μετεωρισμό με δόσεις ανθεκτικού αμύλου από 10-39g/d (Phillips et al., 1995; Stewart et al., 2010; Martinez et al., 2010). Παρότι οι ίνες αραβοσίτου και το ανθεκτικό άμυλο ήταν σχετικά καλά ανεκτές, σε συνδυασμό με πουλλουράνη, οδηγούσαν σε αύξηση των γαστρεντερικών συμπτωμάτων. Μελέτες *in vitro* έδειξαν ότι η πουλλουράνη ζυμώνεται γρήγορα και αυξάνει την παραγωγή αερίων. Αν αυτό ισχύει και *in vivo*, τότε εξηγούνται τα συμπτώματα που προκαλεί (Maathuis et al., 2009; Spears et al., 2007). Οι ίνες αραβοσίτου αύξησαν την συνολική παραγωγή SCFA, ενώ το ανθεκτικό άμυλο βελτίωσε την αναλογία βουτυρικού, κάτι που σημαίνει ότι η ζύμωση αυτών των ινών μπορεί να έχει ευεργετικά αποτελέσματα στο παχύ έντερο, αλλά απαιτείται παραπάνω έρευνα σε αυτό το θέμα.

Δύο ακόμη μελέτες χρησιμοποίησαν αδιάλυτες ίνες, πίτουρο σίτου η μία (Badiali et al., 1995) και ψωμί σίκαλης η άλλη (Hongisto et al., 2005). 24 ασθενείς έλαβαν 20g πίτουρο σίτου/ ημέρα ή placebo. Δεν υπήρξε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στην απόκριση με αυτήν την θεραπεία. Στη μελέτη με το ψωμί σίκαλης, συμμετείχαν 29 γυναίκες, οι οποίες κατανάλωναν 37g σίκαλη/ημέρα ή ψωμί χαμηλής περιεκτικότητας σε ίνες (6,6g ινών/ημέρα) για 3 εβδομάδες. Στο τέλος της μελέτης, αναφέρθηκαν περισσότερα συμπτώματα όπως φούσκωμα, κοιλιακός πόνος και μετεωρισμός με την κατανάλωση ψωμιού σίκαλης. Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι η σίκαλη είναι μερικώς ζυμώσιμη και η υψηλή δόση (37g/d) ξεκίνησε απευθείας στα άτομα χωρίς να γίνει με σταδιακή εισαγωγή.



Σχήμα 4.4.1 Μια διεπιστημονική προσέγγιση σε ασθενή με FGID, ιδιαίτερα στο σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου και στο λειτουργικό φούσκωμα (Gibson and Shepherd, 2010).

Το ΣΕΕ και το λειτουργικό φούσκωμα είναι από τις πιο κοινές FGIDs και φαίνεται να χρησιμοποιούν ως κοινή γραμμή διαιτητικής παρέμβασης την διατροφή χαμηλή σε FODMAP's, στην οποία ανήκουν μεταξύ άλλων οι διαιτητικές ίνες των φρουκτο-ολιγοσακχαριτών (FOS) (Σχήμα 4.4.1).



Εικόνα 4.4.1 Σημασία ετικέτας με βάση την περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες (ADA, 2002).

Στην Αμερικανική Ένωση Διαιτολόγων (ADA) του 2002, παρουσιάστηκε το πρότυπο της διατροφής με φυτικές ίνες σε σχέση με το φούσκωμα και τα αέρια ως συμπτώματα. Σύμφωνα με αυτό, προτείνεται η μείωση της κατανάλωσης τροφίμων υψηλά σε φυτικές ίνες (εικόνα 4.4.1) για την ανακούφιση της παραγωγής αερίων, και ειδικότερα τροφίμων όπως τα όσπρια, τα οποία είναι από τα πιο κοινώς αναφερόμενα για την παραγωγή αυτών των δυσάρεστων συμπτωμάτων. Άλλα τρόφιμα ή συστατικά που σχετίζονται με τις διαιτητικές πηγές των ινών και έχουν αναφερθεί ότι προκαλούν φούσκωμα και αέρια είναι: το φύτρο σίτου, τα κρεμμύδια, τα καρότα, το σέλινο, οι μπανάνες, οι σταφίδες, τα αποξηραμένα βερίκοκα και ο χυμός δαμάσκηνου. Στην κατηγορία των οσπρίων και συγκεκριμένα στα φασόλια παρουσιάζεται ως τεχνική προετοιμασίας το μούλιασμα σε νερό και το παρατεταμένο μαγείρεμά τους, κάτι το οποίο έχει φανεί να μειώνει την συγκέντρωση των ουσιών που προκαλούν τα αέρια.

4.5 Συγκεντρωτικός πίνακας

Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 4.5.1) αποτελεί τη συγκέντρωση όλων των στοιχείων της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και επιπρόσθετων πηγών και περιλαμβάνει μια λίστα τροφίμων που περιέχουν φυτικές ίνες, και τις πιθανές τους επιδράσεις στις λειτουργικές διαταραχές του κατώτερου γαστρεντερικού. Βέβαια, δεν υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των μελετών και των πηγών τροφίμων, η οποία να υποδεικνύει ότι κάποιο τρόφιμο βάση του τύπου ινών έχει συγκεκριμένη επίδραση στις λειτουργικές διαταραχές.

Για τον λόγο αυτό, μπορεί να εκφραστεί μόνο η πιθανή τους δράση.

Πίνακας 4.5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας τροφίμων ανάλογα με τύπο ίνας και πιθανές επιδράσεις στις λειτουργικές διαταραχές

Τρόφιμα	Τύπος ινών	Φυσικοχημικές ιδιότητες	Πιθανές επιδράσεις στις λειτουργικές διαταραχές	Πηγές
Φρούτα				
Αβοκάντο	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: Μείωση έξαρσης, βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Cozma-Petruț et al., 2017) (Nagarajana et al., 2015; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας	(Tian, Gong and Li, 2016)
Ακτινίδιο	Κυτταρίνη (NSP)/ Ημικυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, μη ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	Βελτίωση δυσκοιλιότητας (μείωση κοιλιακού πόνου, αύξηση συχνότητας κενώσεων, μείωση χρόνου διέλευσης)	(Chan, 2007)
			ΣΕΕ: μείωση έξαρσης, βελτίωση δυσκοιλιότητας (αύξηση κενώσεων)	(Cozma-Petruț et al., 2017) (Chang et al., 2010)
Αχλάδι	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Nagarajana et al., 2015 ; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Tian, Gong and Li, 2016)
Βανίλιες ^a	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Nagarajana et al., 2015 ; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Tian, Gong and Li, 2016)

Βατόμουρα	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: Μείωση έξαρσης, βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Cozma-Petruț et al., 2017) (Nagarajana et al., 2015 ; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Tian, Gong and Li, 2016)
Βερίκοκο	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Nagarajana et al., 2015 ; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας	(Tian, Gong and Li, 2016)
Γκρέιπφρουτ	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: Μείωση έξαρσης, βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Cozma-Petruț et al., 2017) (Nagarajana et al., 2015 ; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας	(Tian, Gong and Li, 2016)
Δαμάσκηνα (αποξηραμένα)	Ημικυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, ελάχιστα ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	Βελτίωση δυσκοιλιότητας (αύξηση συχνότητας κενώσεων, φυσική υπακτική δράση)	(Lever et al., 2014) (Lever et al., 2019) (Marteau and Flourié, 2001)
Καρπούζι	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο. Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων.	(Gibson and Shepherd 2010)
Κεράσια	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Cozma-Petruț et al., 2017) (Nagarajana et al., 2015 ; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Tian, Gong and Li, 2016)
Λωτός	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνος, διάρροια/ δυσκοιλιότητα.	(Gibson and Shepherd 2010)

			Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων	
Μάνγκο	Μη επαρκή στοιχεία	Ιξώδεις, χαμηλά έως μέτρια ζυμώσιμες ίνες	Βελτίωση δυσκοιλιότητας (μείωση κοιλιακού πόνου, αύξηση συχνότητας κενώσεων)	(Venancio et al., 2018)
Μανταρίνι	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: Μείωση έξαρσης, βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Cozma-Petruț et al., 2017) (Nagarajana et al., 2015 ; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Tian, Gong and Li, 2016)
Μήλο	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Cozma-Petruț et al., 2017) (Nagarajana et al., 2015 ; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Tian, Gong and Li, 2016)
Πουρές/ χυμός μήλου	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	Βελτίωση διάρροιας	(Emery et al., 1997)
Μπανάνα (άγουρη)	Ανθεκτικό άμυλο (RS2) (πολυσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες ίνες	ΣΕΕ: μέτρια επίδραση σε παραγωγή αερίων και διάταση. Ήπια βελτίωση δυσκοιλιότητας (ήπια αύξηση κενώσεων).	(Eswaran, Muir and Chey, 2013)
			Μέτρια παραγωγή αερίων και λειτουργικό φούσκωμα.	(ADA, 2002)
Μπανάνα (ώριμη)	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες,	Βελτίωση διάρροιας.	(Emery et al., 1997) (Rabbani et al., 2001)

		ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: Μείωση έξαρσης, βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Rabbani et al., 2009) (Mitsou et al., 2011) (Cozma-Petruț et al., 2017) (Nagarajana et al., 2015 ; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Tian, Gong and Li, 2016)
Πεπόνι	Μη επαρκή στοιχεία		Μείωση έξαρσης ΣΕΕ	(Cozma-Petruț et al., 2017)
Πορτοκάλι	Πηκτίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: Μείωση έξαρσης, βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και διάρροιας.	(Cozma-Petruț et al., 2017) (Nagarajana et al., 2015 ; El Shalhy et al., 2017) (Xu et. al., 2015)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Tian, Gong and Li, 2016)
Ροδάκινο (λευκό)	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνος, διάρροια/ δυσκοιλιότητα. Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων	(Gibson and Shepherd 2010)
Σύκα	Μη επαρκή στοιχεία		Βελτίωση δυσκοιλιότητας. Φυσική υπακτική δράση.	(Marteau and Flourié, 2001)
Φράουλες	Μη επαρκή στοιχεία		ΣΕΕ: μείωση έξαρσης	(Cozma-Petruț et al., 2017)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας Φυσική υπακτική δράση	(Marteau and Flourié, 2001)
Χουρμάδες	Μη επαρκή στοιχεία		Βελτίωση δυσκοιλιότητας (αύξηση συχνότητας κενώσεων)	(Eid et al., 2015)

Λαχανικά				
Αγκινάρα	FOS (ολιγοσακχαρίτης), ινουλίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο, υψηλή παραγωγή αερίων. Λειτουργικό φούσκωμα.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹ (Gibson and Shepherd 2010)
Αρακάς	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο Λειτουργικό φούσκωμα, /υψηλή παραγωγή αερίων	(Gibson and Shepherd 2010)
Καρότο ^β	Κυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, μη ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μειωμένη παραγωγή αερίων, βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Gibson and Shepherd 2010) (Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Κιχώριο (ραδίκι)	FOS (ολιγοσακχαρίτης), ινουλίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο, μέτρια προς υψηλή παραγωγή αερίων.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Κουνουπίδι	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο. Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων	(Gibson and Shepherd 2010)
Κρεμμύδι	FOS (ολιγοσακχαρίτης), ινουλίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο, υψηλή παραγωγή αερίων. Λειτουργικό φούσκωμα και αέρια.	(Gibson and Shepherd 2010) (Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹ (ADA, 2002)
Λάχανο	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο, υψηλή παραγωγή αερίων.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
			Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων	(Gibson and Shepherd 2010)
			Βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Marteau and Flourié, 2001)

			Φυσική υπακτική δράση	
Λαχανάκια Βρυξελλών	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο, υψηλή παραγωγή αερίων.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
			Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων	(Gibson and Shepherd 2010)
			Φυσική υπακτική δράση	(Marteau and Flourié, 2001)
Μαρούλι	Κυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, μη ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μειωμένη παραγωγή αερίων, βελτίωση δυσκοιλιότητας (μειώνει τον χρόνο διέλευσης, αύξηση κενώσεων)	(Gibson and Shepherd 2010) (Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Μπάμιες	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο. Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων	(Gibson and Shepherd 2010)
Μπρόκολο	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο, υψηλή παραγωγή αερίων. Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων.	(Gibson and Shepherd 2010) (Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Πατάτα (μαγειρεμένη και κρύα)	Ανθεκτικό άμυλο RS3 (πολυσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μέτρια παραγωγή αερίων, διάταση, ήπια βελτίωση δυσκοιλιότητας	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Παντζάρι	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο, υψηλή παραγωγή αερίων. Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹ (Gibson and Shepherd 2010)

Πράσο	FOS (ολιγοσακχαρίτης), ινουλίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο, υψηλή παραγωγή αερίων. Λειτουργικό φούσκωμα και αέρια.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹ (Gibson and Shepherd 2010)
Σέλινο	Λιγνίνη (δευτερεύον συστατικό)	Αδιάλυτες, αργά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μέτρια προς υψηλή παραγωγή αερίων, βελτίωση δυσκοιλιότητας (μείωση του χρόνου διέλευσης).	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
			Πιθανό λειτουργικό φούσκωμα και αέρια.	(ADA, 2002)
Σκόρδο	FOS (ολιγοσακχαρίτης), ινουλίνη (NSP)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο, υψηλή παραγωγή αερίων.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
			Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων.	(Gibson and Shepherd 2010)
Σπανάκι	Κυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, μη ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μειωμένη παραγωγή αερίων, βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Σπαράγγια	FOS (ολιγοσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο. Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹ (Gibson and Shepherd 2010)
Τομάτα ^γ	Ημικυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, αργά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μείωση συμπτωμάτων	(Gibson and Shepherd 2010)
Δημητριακά- Σιταρά				
Κριθάρι	Β-γλυκάνη (NSP)	Μερικώς διαλυτή και ζυμώσιμη, υψηλού ιξώδους ίνα/ σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: μέτρια επίδραση σε παραγωγή αερίων και διάταση, ήπια	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹

			βελτίωση δυσκοιλιότητας.	
Κινόα ^δ	Ημικυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, αργά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μέτρια προς υψηλή παραγωγή αερίων, βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Μακαρόνια, άσπρα (μαγειρεμένα και κρύα)	Ανθεκτικό άμυλο RS3 (πολυσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μέτρια παραγωγή αερίων, διάταση, ήπια βελτίωση δυσκοιλιότητας	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Μακαρόνια, ολικής	Κυτταρίνη (NSP)/ Ημικυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, μη ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μειωμένη παραγωγή αερίων, βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Ρύζι, άσπρο (μαγειρεμένο και κρύο)	Ανθεκτικό άμυλο RS3 (πολυσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μέτρια παραγωγή αερίων, διάταση, ήπια βελτίωση δυσκοιλιότητας	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Ρύζι, καστανό	Κυτταρίνη (NSP)/ Ημικυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, μη ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μειωμένη παραγωγή αερίων, βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Σίκαλη	Αραβινοξυλάνη (NSP)	Αδιάλυτες, μερικώς ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	Βελτίωση ήπιας δυσκοιλιότητας (αύξηση συχνότητας κενώσεων) Ήπια αύξηση μετεωρισμού, κοιλιακού πόνου, φουσκώματος.	(Hongisto et al., 2005) (Tack and Muller-Lissner, 2009) (Gibson and Shepherd 2010)
Βρώμη, νιφάδες	B-γλυκάνη (NSP)	Μερικώς διαλυτές και ζυμώσιμες, υψηλού ιξώδους ίνες/ σχηματισμός τζελ	ΣΕΕ: βελτίωση δυσκοιλιότητας, μέτρια παραγωγή αερίων Βελτίωση δυσκοιλιότητας (μείωση του χρόνου διέλευσης, φυσική υπακτική δράση).	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹ (Marteau and Flourié, 2001)

Πίτουρο σίτου	Κυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, μη ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	Μεγάλα μόρια σίτου: βελτίωση δυσκοιλιότητας (μείωση χρόνου διέλευσης, αύξηση συχνότητας κενώσεων).	(Cummings, 1993) (Elia and Cummings, 2007)
			Αλεσμένο πίτουρο σίτου: βελτίωση διάρροιας.	(Wrick et al., 1983)
			Βελτίωση σε συχνότητα και σοβαρότητα κοιλιακού πόνου	(Manning et al., 1977)
			ΣΕΕ: φούσκωμα και παραγωγή αερίων.	(Gibson and Shepherd 2010)
Αλεύρι σίτου	FOS (ολιγοσακχαρίτες)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο. Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Αλεύρι σίτου ολικής	Κυτταρίνη (NSP)/ Ημικυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, ελάχιστα ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μειωμένη παραγωγή αερίων, βελτίωση δυσκοιλιότητας.	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Φαγόπυρο	Μη επαρκή στοιχεία	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες ίνες	ΣΕΕ: ήπια παραγωγή αερίων, διάταση, ήπια βελτίωση δυσκοιλιότητας	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Κεχρί	Μη επαρκή στοιχεία	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες ίνες	ΣΕΕ: ήπια παραγωγή αερίων, διάταση, ήπια βελτίωση δυσκοιλιότητας	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Όσπρια				
Ρεβύθια	Ανθεκτικό άμυλο RSI (πολυσακχαρίτης)	Διαλυτές, υψηλά ζυμώσιμες, ιξώδεις ίνες / Διαλυτές,	ΣΕΕ: προκαλεί φούσκωμα, πόνο, υψηλή παραγωγή αερίων	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹ (Gibson and Shepherd 2010)
Φασόλια				

Κόκκινα φασόλια	/FOS(ολιγοσακχαρίτης)	υψηλά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	Λειτουργικό φούσκωμα, υψηλή παραγωγή αερίων	(ADA, 2002)
Φακές				
Φασόλια σόγιας				
Ξηροί καρποί				
Ξηροί καρποί γενικά	Κυτταρίνη (NSP)/ Ημικυτταρίνη (NSP)	Αδιάλυτες, μη ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μέτρια προς υψηλή παραγωγή αερίων, βελτίωση δυσκοιλιότητας	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Λιναρόσπορος	Λιγνίνη (δευτερεύον συστατικό)	Αδιάλυτες, αργά ζυμώσιμες, μη ιξώδεις ίνες	ΣΕΕ: μέτρια προς υψηλή παραγωγή αερίων, βελτίωση δυσκοιλιότητας (μείωση του χρόνου διέλευσης)	(Eswaran, Muir and Chey, 2013) ¹
Πρόσθετα συστατικά				
Ψύλλιο	Φυτοβλέννα (NSP)	Μερικώς διαλυτές και ζυμώσιμες, υψηλού ιξώδους που σχηματίζουν τζελ ίνες	Βελτίωση χρόνιας δυσκοιλιότητας (μείωση κοιλιακού πόνου και χρόνου διέλευσης, αύξηση συχνότητας κενώσεων).	(Fenn et al., 1986) (McRorie, Pepple and Rudolph, 1998) (McRorie et al., 1998) (ASHRAF et al., 2007) (Lever et al., 2014) (McRorie et al., 2015) (Vega et al., 2015)
			Βελτίωση χρόνιας διάρροιας.	(Qvitau, Matzen and Madsen, 1988) (Wenzl et al., 1995)
			ΣΕΕ: Βελτίωση γενικών συμπτωμάτων και δυσκοιλιότητας (αύξηση συχνότητας κενώσεων)	(Rutten et al., 2015) (Shah and Lacy, 2016) (Moayyedi et al., 2014)

^α(Rubatzky, 1998), ^β(Nawirska and Kwaśniewska, 2005), ^γ(Claye, Idouraine and Weber, 1996), ^δ(Zhang et al. 2020a).

¹Δεν υπήρχαν ξεκάθαρα αποτελέσματα όσον αφορά τις επιδράσεις στο ΣΕΕ, από τη διαθέσιμη βιβλιογραφία, καθώς τα αποτελέσματα των μελετών αναφέρονταν στις λειτουργικές διαταραχές γενικότερα και όχι συγκεκριμένα στο ΣΕΕ.

Συμπεράσματα

Οι φυτικές ίνες αποτελούν απαραίτητο στοιχείο στη διατροφή του ανθρώπου και για τον λόγο αυτό, προκύπτει έντονο ενδιαφέρον για τις φυσιολογικές τους επιδράσεις στον οργανισμό. Στην παρούσα εργασία, έγινε συστηματική ανασκόπηση της επιστημονικής βιβλιογραφίας σχετικά με τις φυσικοχημικές ιδιότητες των φυτικών ινών, των πηγών των τροφίμων που τις περιέχουν, καθώς και της διαδικασίας της πέψης, του μεταβολισμού και της απορρόφησής τους. Επίσης, αναφέρεται η πρεβιοτική δράση συγκεκριμένων τύπων ινών και η επίδρασή τους στο μικροβίωμα, για την οποία προκύπτουν ολοένα και περισσότερες μελέτες. Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στην επίδραση των διαφορετικών τύπων ινών στα συμπτώματα των λειτουργικών διαταραχών του κατώτερου πεπτικού, ως αποτέλεσμα των φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων.

Μπορεί οι φυτικές ίνες να μην αποτελούν πανάκεια για την αντιμετώπιση των λειτουργικών διαταραχών του κατώτερου πεπτικού, αλλά έχει βρεθεί ότι υπάρχει ισχυρή σύσταση για την βελτίωση των συμπτωμάτων μέσω της διατροφής. Παρότι βέβαια ορισμένοι τύποι φυτικών ινών φαίνεται να έχουν θετικό αντίκτυπο στα συμπτώματα αυτά, πολλές φορές έχουν και αρνητικό αντίκτυπο, κάτι το οποίο συμβαίνει για ποικίλους λόγους.

Σκοπός της εργασίας ήταν να συσχετιστούν οι λειτουργικές διαταραχές του κατώτερου πεπτικού με τον τύπο ινών κάθε τροφίμου που περιέχει φυτικές ίνες, και να δημιουργηθεί ένας οδηγός για την διαιτητική αντιμετώπιση των συμπτωμάτων μέσω της ήδη υπάρχουσας βιβλιογραφίας. Η κατανόηση του μηχανισμού δράσης αλλά και των φυσικών πηγών των φυτικών ινών, αποτελεί εργαλείο για τους διαιτολόγους προκειμένου να μπορέσουν να σχεδιάσουν εξατομικευμένη διαιτολογική παρέμβαση, η οποία θα άπτεται σε κάθε μία λειτουργική διαταραχή από αυτές που μελετήθηκαν.

Ωστόσο, βάσει των παραπάνω, προκύπτουν κάποιοι περιορισμοί. Η σύσταση ενός τρόφιμου μπορεί να παρουσιάζει ποικιλομορφία ως προς τις ίνες που περιέχει και αυτό φαίνεται να επηρεάζει και τις φυσιολογικές του επιδράσεις. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός, ότι ο τρόπος μαγειρέματος των τροφίμων επηρεάζει την σύστασή τους ως προς την περιεκτικότητά τους σε ίνες, γεγονός που οφείλεται τόσο στις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, όσο και στη χημική τους σύσταση. Χαρακτηριστικό αυτού του φαινομένου είναι το καρότο, το οποίο ωμό είναι

γνωστό ότι χαρακτηρίζεται από τις ιδιότητες που έχει η κυτταρίνη, ενώ υπό θερμική επεξεργασία, από αυτές της πηκτίνης.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το ποσοστό διαλυτών και αδιάλυτων ινών σε ένα τρόφιμο, δεν είναι από μόνο του αρκετό για να διεξαχθεί κάποιο συμπέρασμα σχετικά με το ποιός τύπος ίνας επηρεάζει πιο πολύ τις επιδράσεις στα συμπτώματα των λειτουργικών διαταραχών του κατώτερου πεπτικού. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την ετερογένεια και την πολυπαραγοντικότητα των λειτουργικών διαταραχών του κατώτερου πεπτικού, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν μπορεί να εκφραστεί με απόλυτη βεβαιότητα ότι ένα συγκεκριμένο τρόφιμο βάσει του τύπου ίνας που περιέχει θα έχει και την ανάλογη επίδραση σε κάποια διαταραχή. Έτσι, στον συγκεντρωτικό πίνακα αυτής της ανασκόπησης, η κατηγοριοποίηση των ινών γίνεται με κριτήριο τον τύπο ινών που μέσω μελετών βρέθηκαν να έχουν φυσιολογικές επιδράσεις στο κατώτερο πεπτικό του ανθρώπου και όχι με κριτήριο τη μεγαλύτερη συγκέντρωση ινών στο τρόφιμο αυτό.

Τέλος, από τις μελέτες που εξέτασαν τις επιδράσεις συγκεκριμένων τροφίμων στις λειτουργικές διαταραχές, φαίνεται ότι ο σχεδιασμός τους έγινε με βάση τον υπό μελέτη πληθυσμό και των διαιτητικών του συνηθειών. Κάτι το οποίο θα είχε ιδιαίτερη αξία, είναι ο σχεδιασμός μιας μελέτης που θα έχει ως σκοπό την παρατήρηση των συμπτωμάτων του κατώτερου γαστρεντερικού συστήματος έπειτα από την κατανάλωση οσπρίων στον ελληνικό πληθυσμό. Δεδομένης της υψηλής κατανάλωσης οσπρίων που βασίζεται στην κουλούρα και στο προτύπου της μεσογειακής διατροφής, αυτή η κατηγορία τροφίμων είναι μια ευρέως διαδεδομένη για την παραγωγή συμπτωμάτων.

Συμπερασματικά, από τη συγκεκριμένη εργασία φαίνεται ότι υπάρχουν περιορισμένα δεδομένα σχετικά με την επίδραση των τροφίμων στις λειτουργικές διαταραχές του κατώτερου γαστρεντερικού με βάση τον τύπο ινών που περιέχουν. Από το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον αυξημένο επιπολασμό των συγκεκριμένων διαταραχών, προκύπτει η ανάγκη διενέργειας περισσότερων μελετών όσον αφορά την επίδραση της κατανάλωσης τροφίμων πλούσιων σε φυτικές ίνες στις λειτουργικές διαταραχές του κατώτερου γαστρεντερικού.

Βιβλιογραφία

- A, R. and Ferrier, D.R. (2011). *Biochemistry: Lippincott's illustrated reviews*. Baltimore: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins.
http://www.uobabylon.edu.iq/eprints/paper_11_9137_715.pdf
- AACC (American Association of Cereal Chemists) (2001) AACC Dietary Fiber Technical Committee. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World* 46: 112–26.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK223586/>
- Ajani, U.A., Ford, E.S., Mokdad, A.H. (2004). Dietary fiber and C reactive protein: findings from national health and nutrition examination survey data. *J. Nutr.* 134: 1181–1185.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15113967/>
- Anderson, J.W. and Bridges, S.R. (1988). Dietary fiber content of selected foods. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 47(3), pp.440–447. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2831703/>
- Anderson, J.W., Baird, P., Davis Jr, R.H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V. and Williams, C.L. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67(4), pp.188–205.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19335713/>
- Andersson, R., Fransson, G., Tietjen, M. and Åman, P. (2009). Content and Molecular-Weight Distribution of Dietary Fiber Components in Whole-Grain Rye Flour and Bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), pp.2004–2008. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19219994/>
- Ansari, R., Attari, F., Razjouyan, H., Etemadi, A., Amjadi, H., Merat, S. and Malekzadeh, R. (2008). Ulcerative colitis and irritable bowel syndrome: relationships with quality of life. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 20(1), pp.46–50. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18090990/>
- AOAC. (2012). *AOAC official methods of analysis*. (18th ed.). AOAC international, Gaithersburg, USA.
- ASHRAF, W., PARK, F., LOF, J. and QUIGLEY, E.M.M. (2007). Effects of psyllium therapy on stool characteristics, colon transit and anorectal function in chronic idiopathic constipation. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 9(6), pp.639–647. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8824651/>
- Attaluri, A., Donahoe, R., Valestin, J., Brown, K. and Rao, S.S.C. (2011). Randomised clinical trial: dried plums (prunes) vs. psyllium for constipation. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 33(7), pp.822–828. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21323688/>
- Azuma K, Izumi R, Osaki T, Ifuku S, Morimoto M, Saimoto H, Minami S, Okamoto Y. 2015. Chitin, chitosan, and its derivatives for wound healing: old and new materials. *J Funct Biomater*. 6:104–142.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25780874/>
- Badiali, D., Corazziari, E., Habib, F.I., Tomei, E., Bausano, G., Magrini, P., Anzini, F. and Torsoli, A. (1995). Effect of wheat bran in treatment of chronic nonorganic constipation. *Digestive Diseases and Sciences*, 40(2), pp.349–356. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7851201/>
- Bamforth, C.W. and Martin, H.L. (1981). β -GLUCAN AND β -GLUCAN SOLUBILASE IN MALTING AND MASHING. *Journal of the Institute of Brewing*, 87(6), pp.365–371.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2050-0416.1981.tb04052.x>
- Bassotti, G., Crowell, M.D. and Whitehead, W.E. (1993). Contractile activity of the human colon: lessons from 24 hour studies. *Gut*, 34(1), pp.129–133. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1374115/>

- Bassotti, G., Iantorno, G., Fiorella, S., Bustos-Fernandez, L. and Bilder, C.R. (1999). Colonic motility in man: features in normal subjects and in patients with chronic idiopathic constipation. *The American Journal of Gastroenterology*, 94(7), pp.1760–1770.
- Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009). *Food chemistry*. 4th ed. Berlin, Germany: Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9783662072790>
- Bellini, M., Gambaccini, D., Salvadori, S., Tosetti, C., Urbano, M.T., Costa, F., Monicelli, P., Mumolo, M.G., Ricchiuti, A., De Bortoli, N. and Marchi, S. (2013). Management of chronic constipation in general practice. *Techniques in Coloproctology*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10151-013-1093-9>
- Bhutani V.P., Joshi V.K., Plum. (1995), in: *Fruit Science and Technology, Production, Composition, Storage and Processing* (eds. D.K. Salunkhe, S.S. Kadam). Marcel Dekker, Inc, New York, pp. 203–241. <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-fc2bfe52-eb67-47e8-b89c-4bf3bfb98869>
- Biesiekierski, J.R., Rosella, O., Rose, R., Liels, K., Barrett, J.S., Shepherd, S.J., Gibson, P.R. and Muir, J.G. (2011). Quantification of fructans, galacto-oligosaccharides and other short-chain carbohydrates in processed grains and cereals. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 24(2), pp.154–176. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21332832/>
- Bijkerk, C.J., Muris, J.W.M., Knottnerus, J.A., Hoes, A.W. and De Wit, N.J. (2004). Systematic review: the role of different types of fibre in the treatment of irritable bowel syndrome. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 19(3), pp.245–251. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14984370/>
- Bijkerk, C.J., Wit, N.J. de, Stalman, W.A., Knottnerus, J.A., Hoes, A.W. and Muris, J.W. (2003). Irritable Bowel Syndrome in Primary Care: The Patients' and Doctors' Views on Symptoms, Etiology and Management. *Canadian Journal of Gastroenterology*, 17(6), pp.363–368. https://www.nursingcenter.com/journalarticle?Article_ID=1001676&Journal_ID=54035&Issue_ID=1001673
- Bobin-Dubigeon, C., Lahaye, M. and Barry, J.-L. (1997). Human Colonic Bacterial Degradability of Dietary Fibres from Sea-Lettuce (*Ulva* sp). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73(2), pp.149–159. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199702\)73:2<149::AID-JSFA685>3.0.CO](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199702)73:2<149::AID-JSFA685>3.0.CO)
- Borderías, A.J., Sánchez-Alonso, I. and Pérez-Mateos, M. (2005). New applications of fibres in foods: Addition to fishery products. *Trends in Food Science & Technology*, 16(10), pp.458–465. <https://europepmc.org/article/agr/ind43756954>
- Botham, R. L., Ryden, P., Robertson, J. A., & Ring, S. G. (1998). Structural features of polysaccharides and their influence on fermentation behaviour. In F. Guillon, et al., *Proceedings of the PRO-FIBRE Symposium, Functional properties of non digestible carbohydrates* (pp. 46±49). Nantes: Imprimerie Parenthés. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6480914/>
- Bouhnik, Y., Vahedi, K., Achour, L., Attar, A., Salfati, J., Pochart, P., Marteau, P., Flourie, B., Bornet, F., and Rambaud, J. C. (1999). Short-chain fructo-oligosaccharide administration dose-dependently increases fecal bifidobacteria in healthy humans. *J. Nutr.* 129: 113, 2286–2286. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9915885/>
- Bourne, M.C. (2002). *Food texture and viscosity concept and measurement*. San Diego Academic Press. [http://154.68.126.6/library/Food%20Science%20books/batch1/Food%20Texture%20and%20Viscosity,%20Elsevier%20\(2002\),%200121190625.pdf](http://154.68.126.6/library/Food%20Science%20books/batch1/Food%20Texture%20and%20Viscosity,%20Elsevier%20(2002),%200121190625.pdf)
- Bove, A. (2012). Consensus statement AIGO/SICCR diagnosis and treatment of chronic constipation and obstructed defecation (Part II: Treatment). *World Journal of Gastroenterology*, 18(36), p.4994. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3460325/>

- Brennan, C.S. (2005). Dietary fibre, glycaemic response, and diabetes. *Molecular Nutrition & Food Research*, 49(6), pp.560–570. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15926145/>
- Briefel, R.R., McDowell, M.A., Alaimo, K., Caughman, C.R., Bischof, A.L., Carroll, M.D. and Johnson, C.L. (1995). Total energy intake of the US population: the third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1991. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62(5), pp.1072S-1080S. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7484924/>
- Briefel, R.R., Sempos, C.T., McDowell, M.A., Chien, S. and Alaimo, K. (1997). Dietary methods research in the third National Health and Nutrition Examination Survey: underreporting of energy intake. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 65(4), pp.1203S-1209S. <https://academic.oup.com/ajcn/article/65/4/1203S/4655730>
- British Nutrition Foundation (1990). Complex Carbohydrates in Foods: Report of the British Nutrition Foundation's Task Force. Chapman and Hall: London. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/9006382>
- Brodribb, A.J. and Groves, C. (1978). Effect of bran particle size on stool weight. *Gut*, 19(1), pp.60–63. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/624508/>
- Broekaert, W.F., Courtin, C.M., Verbeke, K., Van de Wiele, T., Verstraete, W. and Delcour, J.A. (2011). Prebiotic and Other Health-Related Effects of Cereal-Derived Arabinoxylans, Arabinoxylan-Oligosaccharides, and Xylooligosaccharides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(2), pp.178–194. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21328111/>
- Burkitt, D.P., Walker, A.R.P. and Painter, N.S. (1972). EFFECT OF DIETARY FIBRE ON STOOLS AND TRANSIT-TIMES, AND ITS ROLE IN THE CAUSATION OF DISEASE. *The Lancet*, 300(7792), pp.1408–1411. [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(72\)92974-1/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(72)92974-1/fulltext)
- Burton, R.A., Fincher, G.B. (2014). Evolution and development of cell walls in cereal grains. *Front. Plant Sci.* 5: 1-15. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4161051/>
- Butt, M.S., Shahazadi, N., Sharif, M.K., Nasir, M. (2007). Guar gum: a miracle therapy for hypercholesterolemia, hyperglycemia and obesity. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 47(4): 389-396. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17457723/>
- Buttriss, J.L. and Stokes, C.S. (2008). Dietary fibre and health: an overview. *Nutrition Bulletin*, 33(3), pp.186–200. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-3010.2008.00705.x>
- Camilleri, M. (2001). Management of the irritable bowel syndrome. *Gastroenterology*, 120(3), pp.652–668. [https://www.gastrojournal.org/article/S0016-5085\(01\)39115-1/abstract](https://www.gastrojournal.org/article/S0016-5085(01)39115-1/abstract)
- Camilleri, M. and Acosta, A. (2014). Re: Halmos et al, A Diet Low in FODMAPs Reduces Symptoms of Irritable Bowel Syndrome. *Gastroenterology*, 146(7), pp.1829–1830. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24076059/>
- Camilleri, M., Heading, R.C. and Thompson, W.G. (2002). Consensus report: clinical perspectives, mechanisms, diagnosis and management of irritable bowel syndrome. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 16(8), pp.1407–1430.
- Capuano, E. (2016). The behavior of dietary fiber in the gastrointestinal tract determines its physiological effect. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(16), pp.3543–3564. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27229126/>
- Carabotti, M. and Annibale, B. (2018). Treatment of diverticular disease: an update on latest evidence and clinical implications. *Drugs in Context*, 7, pp.1–11. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29623099/>

- Champ M, Langkilde AM, Brouns F, Kettlitz B, Le Bail-Collet Y (2003). Advances in dietary fibre characterization. 2. Consumption, chemistry, physiology and measurement of resistant starch; implications for health and food labelling. *Nutr Res Rev* 16, 143–161. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19087387/>
- Chan, A.O.O. (2007). Increasing dietary fiber intake in terms of kiwifruit improves constipation in Chinese patients. *World Journal of Gastroenterology*, 13(35), p.4771. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17729399/>
- Chandalia, M., Garg, A., Lutjohann, D., von Bergmann, K., Grundy, S.M. and Brinkley, L.J. (2000). Beneficial Effects of High Dietary Fiber Intake in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *New England Journal of Medicine*, 342(19), pp.1392–1398. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10805824/>
- Chang, C.-C., Lin, Y.-T., Lu, Y.-T., Liu, Y.-S. and Liu, J.-F. (2010). Kiwifruit improves bowel function in patients with irritable bowel syndrome with constipation. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, [online] 19(4), pp.451–457. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21147704/>
- Chong, E. S. L. (2013). A potential role of probiotics in colorectal cancer prevention: review of possible mechanisms of action. *J. Microbiol. Biotechnol.* 30 (2), 351–374. doi: 10.1007/s11274-013-1499-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24068536/>
- Chung, W.S.F., Meijerink, M., Zeuner, B., Holck, J., Louis, P., Meyer, A.S., Wells, J.M., Flint, H.J. and Duncan, S.H. (2017). Prebiotic potential of pectin and pectic oligosaccharides to promote anti-inflammatory commensal bacteria in the human colon. *FEMS microbiology ecology*, [online] 93(11). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29029078/>
- Chung, Y.C., Hsu, C.K., Ko, C.Y. and Chan, Y.C. (2007). Dietary intake of xylooligosaccharides improves the intestinal microbiota, fecal moisture, and pH value in the elderly. *Nutrition research*. [online] <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300843360>
- Chutkan, R., Fahey, G., Wright, W.L. and McRorie, J. (2012). Viscous versus nonviscous soluble fiber supplements: Mechanisms and evidence for fiber-specific health benefits. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*, 24(8), pp.476–487. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22845031/>
- Claye, S.S., Idouraine, A. and Weber, C.W. (1996). Extraction and fractionation of insoluble fiber from five fiber sources. *Food Chemistry*, 57(2), pp.305–310. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00250-2](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00250-2)
- Cloetens, L. (2009). In vivo evaluation of the gastrointestinal effects of arabinoxylan–oligosaccharides in healthy subjects. Doctoral thesis in Medical Sciences. Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium, pp 199. https://www.researchgate.net/publication/28360913_Vivo_Evaluation_of_the_Gastrointestinal_Effects_of_Arabinoxylan-Oligosaccharides_in_Healthy_Subjects
- CODEX Alimentarius (CODEX). (2010). Guidelines on Nutrition Labeling CAC/GL 2–1985 as Last Amended 2010. Rome: FAO. http://www.fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXG%2B2-1985%252FCXG_002e.pdf
- Conlon, M. and Bird, A. (2014). The Impact of Diet and Lifestyle on Gut Microbiota and Human Health. *Nutrients*, 7(1), pp.17–44. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4303825/>
- Cozma-Petruț, A., Loghin, F., Miere, D. and Dumitrașcu, D.L. (2017). Diet in irritable bowel syndrome: What to recommend, not what to forbid to patients! *World Journal of Gastroenterology*, 23(21), p.3771. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28638217/>
- CP C (2010). *Pharmacopoeia of the People's Republic of China*. 1st edition. Beijing: China Chemical Industry Press. [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceI](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceI)

[D=1560761](#)

- Cummings JH & Stephen AM (2007) Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition* 61 (Suppl. 1): 5–18. <https://www.nature.com/articles/1602936>
- Cummings JH, Macfarlane GT, Englyst HN (2001). Prebiotic digestion and fermentation. *Am J Clin Nutr* 73, 415S–420S. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11157351/>
- Cummings JH, Roberfroid MB, Andersson H, Barth C, Ferro-Luzzi A, Ghos Y et al. (1997). A new look at dietary carbohydrate: chemistry, physiology and health. *Eur J Clin Nutr* 51, 417–423. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9234022/>
- Cummings, J.H. and Macfarlane, G.T. (1991). The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon. *Journal of Applied Bacteriology*, 70(6), pp.443–459. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1938669/>
- Davies, G.J., Crowder, M., Reid, B. and Dickerson, J.W. (1986). Bowel function measurements of individuals with different eating patterns. *Gut*, 27(2), pp.164–169. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3005140/>
- Degen, L.P. and Phillips, S.F. (1996). Variability of gastrointestinal transit in healthy women and men. *Gut*, 39(2), pp.299–305. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8977347/>
- De Filippo C, Cavalieri D, Di Paola M et al. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2010; 107: 14691–96. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20679230/>
- De Vries, J.W., Prosky, L., Li, B., and Cho, S. (1999). A historical perspective on defining dietary fiber. *Cereal Foods World*. **44**: 367–369. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.1144&rep=rep1&type=pdf>
- De Vries, J., Miller, P.E. and Verbeke, K. (2015). Effects of cereal fiber on bowel function: A systematic review of intervention trials. *World Journal of Gastroenterology*, 21(29), p.8952. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4528039/>
- de Vries, J., Birkett, A., Hulshof, T., Verbeke, K. and Gibes, K. (2016). Effects of Cereal, Fruit and Vegetable Fibers on Human Fecal Weight and Transit Time: A Comprehensive Review of Intervention Trials. *Nutrients*, 8(3), p.130. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4808860/>
- Definition, Specificity, Function, and Application in Gastrointestinal Disorders.” *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, vol. 32, 28 Feb. 2017, pp. 64–68, 10.1111/jgh.13700. Accessed 7 May 2019. https://www.researchgate.net/publication/314125845_Prebiotic_inulin-type_fructans_and_galacto-oligosaccharides_definition_specificity_function_and_application_in_gastrointestinal_disorders_Prebiotic_fructans_and_GOS
- Department of Health (1991) Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients for the United Kingdom, Report on Health and Social Subjects, No. 41. H.M. Stationery Office: London. <https://sites.google.com/site/mentalhealthawarenessbooks/dietary-reference-values-of-food-energy-and-nutrients-for-the-united-kingdom-report-of-the-panel-on-dietary-reference-values-of-the-committee-on-reports-of-health-and-social-subjects>
- Dhital, S., Gidley, M.J., Warren, F.J. (2015b). Inhibition of α -amylase activity by cellulose: Kinetic analysis and nutritional implications. *Carbohydr. Polym.* 123: 305–312. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25843863/>
- Dhital, S., Warren, F.J., Butterworth, P.J., Ellis, P.R., Gidley, M.J. (2015a). Mechanisms of Starch Digestion by α -amylase—structural Basis for Kinetic Properties. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* DOI:10.1080/10408398.2014.922043. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25751598/>

- Dikeman, C.L. and Fahey, G.C. (2006). Viscosity as Related to Dietary Fiber: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(8), pp.649–663. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17092830/>
- Donohoe, D.R., Garge, N., Zhang, X., Sun, W., O’Connell, T.M., Bunker, M.K. and Bultman, S.J. (2011). The microbiome and butyrate regulate energy metabolism and autophagy in the mammalian colon. *Cell metabolism*, 13(5), pp.517–26. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21531334>.
- Drakoularakou, A., Tzortzis, G., Rastall, R.A. and Gibson, G.R. (2009). A double-blind, placebo-controlled, randomized human study assessing the capacity of a novel galacto-oligosaccharide mixture in reducing travellers’ diarrhoea. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(2), pp.146–152. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19756029/>
- Dreher, M. (2018). Whole Fruits and Fruit Fiber Emerging Health Effects. *Nutrients*, 10(12), p.1833. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6315720/>
- Drossman, D.A. and Hasler, W.L. (2016). Rome IV—Functional GI Disorders: Disorders of Gut-Brain Interaction. *Gastroenterology*, 150(6), pp.1257–1261. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27147121/>
- DuPont, H.L., 2009. Bacterial diarrhea. *N. Engl. J. Med.* 361, 1560–1569. https://enotes.tripod.com/diarrhea_bacterial2009.pdf
- Eastwood, M.A., Hamilton, D. (1968). Studies on the adsorption of bile salts to non-absorbed components of diet. *Biochim. Biophys. Acta* 152: 165–173. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5645448/>
- EFSA (European Food Safety Authority) (2007) Statement of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to dietary fibre. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2007.1060>
- Eid, N., Osmanova, H., Natchez, C., Walton, G., Costabile, A., Gibson, G., Rowland, I. and Spencer, J.P.E. (2015). Impact of palm date consumption on microbiota growth and large intestinal health: a randomised, controlled, cross-over, human intervention study. *British Journal of Nutrition*, 114(8), pp.1226–1236. <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/impact-of-palm-date-consumption-on-microbiota-growth-and-large-intestinal-health-a-randomised-controlled-crossover-human-intervention-study/ED43BF5EF097AD6486B9BA81A9BCD2F2>
- El Oufir, L., Flourie, B., Bruley des Varannes, S., Barry, J.-L., Cloarec, D., Bornet, F., & Galmiche, J. P. (1996). Relationships between transit time, fermentation products, and hydrogen consuming flora in healthy humans. *Gut*, 38, 870±877. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1383195/>
- Elia M, Cummings JH (2007). Physiological aspects of energy metabolism and gastrointestinal effects of carbohydrates. *Eur J Clin Nutr* 61 (Suppl 1), S40–S74. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17992186/>
- Ellegard, L., Andersson, H. (2007). Oat bran rapidly increases bile acid excretion and bile acid synthesis: an ileostomy study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 61: 938–945. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17251929/>
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), pp.411–421. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.2408&rep=rep1&type=pdf>
- El-Salhy, M., Ystad, S.O., Mazzawi, T. and Gundersen, D. (2017). Dietary fiber in irritable bowel syndrome (Review). *International Journal of Molecular Medicine*, 40(3), pp.607–613. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5548066/>
- Emery, E.A., Ahmad, S., Koethe, J.D., Skipper, A., Perlmutter, S. and Paskin, D.L. (1997). Banana Flakes Control Diarrhea in Enterally Fed Patients. *Nutrition in Clinical Practice*, 12(2), pp.72–75. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9155405/>

- Englyst HN & Cummings JH (1988) Improved method for measurement of dietary fibre as non-starch polysaccharides in plant foods. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 71: 808–14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2458334/>
- Englyst HN, Cummings JH (1986). Digestion of the polysaccharides of banana (*Musa paradisiaca sapientum*) in man. *Am J Clin Nutr* 44, 42–50. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3014853/>
- Englyst HN, Cummings JH (1987). Resistant starch, a ‘new’ food component: a classification of starch for nutritional purposes. In: Morton ID (ed). *Cereals in a European Context*. Ellis Horwood: Chichester. pp 221–233.
- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J Clin Nutr* 46, S33–S50. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1330528/>
- Englyst HN, Quigley ME, Englyst KN et al. (1996) Dietary fibre. Measurement by the Englyst NSP procedure, measurement by the AOAC procedure. Explanation of the differences. *Journal of the Association of Public Analysts* 32: 1–52.
- Eswaran, S., Muir, J. and Chey, W.D. (2013). Fiber and functional gastrointestinal disorders. *The American journal of gastroenterology*, 108(5), pp.718–27. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23545709/>
- European Commission (2007) Corrigendum to Regulation (EC) No 1924/2006 of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods. *Official Journal of the European Union* L 12: 3–18. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32006R1924>
- FAO (1998). Carbohydrates in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome. Report of a Joint FAO/ WHO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Paper no. 66. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9743703/>
- FEMENIA, A., LEFEBVRE, A.-C., THEBAUDIN, J.-Y., ROBERTSON, J.A. and BOURGEOIS, C.-M. (1997). Physical and Sensory Properties of Model Foods Supplemented with Cauliflower Fiber. *Journal of Food Science*, 62(4), pp.635–639. [j.1365-2621.1997.tb15426.x](https://doi.org/10.1365-2621.1997.tb15426.x)
- Ferguson, L.R., Chavan, R.R. and Harris, P.J. (2001). Changing Concepts of Dietary Fiber: Implications for Carcinogenesis. *Nutrition and Cancer*, 39(2), pp.155–169. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11759275/>
- Fincher, G.B. and Stone, B.A. (1986). Cell walls and their components in cereal grain technology. In: *Advances in Cereal Science and Technology*. pp. 207– 295. Pomeranz, Y., Ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.
- Fischer, M.H., Yu, N., Gray, G.R., Ralph, J., Anderson, L. and Marlett, J.A. (2004). The gel-forming polysaccharide of psyllium husk (*Plantago ovata* Forsk). *Carbohydrate Research*, 339(11), pp.2009–2017. <https://naldc.nal.usda.gov/download/13813/PDF>
- Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L. and Roberfroid, M. (2001). Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(5), pp.353–362. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20014091091841>
- Fleury, N. and Lahaye, M. (1991). Chemical and physico-chemical characterisation of fibres from *Laminaria digitata* (kombu breton): A physiological approach. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55(3), pp.389–400. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740550307>
- FNB (Food and Nutrition Board) (2001) Dietary Reference Intakes: Proposed Definition of Dietary Fiber. The National Academies Press: Washington, DC. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK223587/>
- Food and Drug Administration (1993). Food labelling: mandatory status of nutrition labelling and nutrient

- content revision, format for nutrition label. Fed Regist 58, 2079–2228.
- Ford, A.C., Chey, W.D., Talley, N.J., Malhotra, A., Spiegel, B.M.R. and Moayyedi, P. (2009). Yield of Diagnostic Tests for Celiac Disease in Individuals With Symptoms Suggestive of Irritable Bowel Syndrome. *Archives of Internal Medicine*, 169(7), p.651. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19364994/>
- Ford, A.C., Moayyedi, P., Lacy, B.E., Lembo, A.J., Saito, Y.A., Schiller, L.R., Soffer, E.E., Spiegel, B.M.R. and Quigley, E.M.M. (2014). American College of Gastroenterology Monograph on the Management of Irritable Bowel Syndrome and Chronic Idiopathic Constipation. *American Journal of Gastroenterology*, 109, pp.S2–S26. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25091148/>
- FRANCIS, C. (1994). Bran and irritable bowel syndrome: time for reappraisal. *The Lancet*, 344(8914), pp.39–40. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7912305/>
- Fry, S.C. (1988). *The Growing Plant Cell Wall: Chemical and Metabolic Analysis*. 1st ed. Caldwell: The Blackburn Press.
- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M.J., Sánchez-Zapata, E. and Pérez-Álvarez, J.A. (2010). Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International*, 43(4), pp.931–942. <https://rahadiandimas.staff.uns.ac.id/files/2013/05/Journal-Resistant-starch-as-functional-ingredient-A-review.pdf>
- Fujimori, S., Tatsuguchi, A., Gudis, K., Kishida, T., Mitsui, K., Ehara, A., Kobayashi, T., Sekita, Y., Seo, T. and Sakamoto, C. (2007). High dose probiotic and prebiotic cotherapy for remission induction of active Crohn's disease. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 22(8), pp.1199–1204. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17688660/>
- Furnari, M., de Bortoli, Nicola, Martinucci, I., Giorgia, B., Elisa, M., Moscatelli, A., del Nero, L., Revelli, M., Savarino, E., Giannini, E.G. and Savarino, V. (2015). Optimal management of constipation associated with irritable bowel syndrome. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, p.691. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4425337/>
- Ganry, O. (2002). Phytoestrogen and breast cancer prevention. *Eur. J.Cancer Prev.* 11: 519–522. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12457102/>
- Gao, S. and Nishinari, K. (2004). Effect of Degree of Acetylation on Gelation of Konjac Glucomannan. *Biomacromolecules*, 5(1), pp.175–185. https://lipozene.com/documents/Glucomannan_and_Obesity.pdf
- Garcia-Mantrana, I., Selma-Royo, M., Alcantara, C. and Collado, M.C. (2018). Shifts on Gut Microbiota Associated to Mediterranean Diet Adherence and Specific Dietary Intakes on General Adult Population. *Frontiers in Microbiology*, 9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29867803/>
- Gatenholm, P. and Tenkanen, M. (2004). Preface. **In: Hemicelluloses: Science and Technology**. pp. 15–16. Gatenholm, P. and Tenkanen, M., Eds., Oxford University Press, Oxford.
- Gearry, R.B., Irving, P.M., Barrett, J.S., Nathan, D.M., Shepherd, S.J. and Gibson, P.R. (2009). Reduction of dietary poorly absorbed short-chain carbohydrates (FODMAPs) improves abdominal symptoms in patients with inflammatory bowel disease—a pilot study. *Journal of Crohn's and Colitis*, 3(1), pp.8–14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24076059/>
- George, J. and McCracken, K.J. (2002). Effects of acid and alkali concentration on in vitro measurement of wheat viscosity. *Animal Feed Science and Technology*, 98(3–4), pp.237–244. https://www.researchgate.net/publication/248331208_Effects_of_acid_and_alkali_concentration_on_in_vitro_measurement_of_wheat_viscosity
- Gibson, G.R., Scott, K.P., Rastall, R.A., Tuohy, K.M., Hotchkiss, A., Dubert-Ferrandon, A., Gareau, M., Murphy, E.F., Saulnier, D., Loh, G., Macfarlane, S., Delzenne, N., Ringel, Y., Kozianowski, G.,

- Dickmann, R., Lenoir-Wijnkoop, I., Walker, C. and Buddington, R. (2010). Dietary prebiotics: current status and new definition. *Food Science & Technology Bulletin: Functional Foods*, 7(1), pp.1–19. <https://isappscience.org/publications/dietary-prebiotics-current-status-and-new-definition/>
- Gibson, P.R. and Shepherd, S.J. (2010). Evidence-based dietary management of functional gastrointestinal symptoms: The FODMAP approach. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 25(2), pp.252–258. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20136989/>
- Gibson, P.R. and Shepherd, S.J. (2010). Evidence-based dietary management of functional gastrointestinal symptoms: The FODMAP approach. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 25(2), pp.252–258. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20136989/>
- Glitsù, L. V., Gruppe, H., Schols, H. A., & Bach Knudsen, K. E. (1998). The degradation of rye arabinoxylans in pigs is influenced by their structural characteristics. In F. Guillon, et al., Proceedings of the PROFIBRE Symposium, Functional properties of non digestible carbohydrates (pp. 42±45). Nantes: Imprimerie ParentheÀ ses.
- Goldstein, R., Braverman, D. and Stankiewicz, H. (2000). Carbohydrate malabsorption and the effect of dietary restriction on symptoms of irritable bowel syndrome and functional bowel complaints. *The Israel Medical Association journal: IMAJ*, 2(8), pp.583–587. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10979349/>
- Gonlachavit, S. (2004). Inhibitory actions of a high fibre diet on intestinal gas transit in healthy volunteers. *Gut*, 53(11), pp.1577–1582. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1774297/>
- Grasten, S., Liukkonen, K.H., Chrevatidis, A., El-Nezami, H., Poutanen, K., and Mykkanen, H. (2003). Effects of wheat pentosan and inulin on the metabolic activity of fecal microbiota and on bowel function in healthy humans. *Nutr. Res.* 23: 1503–1514. <https://cris.vtt.fi/en/publications/effects-of-wheat-pentosan-and-inulin-on-the-metabolic-activity-of>
- Gray J (2006) *Dietary Fibre: Definition, Analysis, Physiology and Health*. International Life Sciences Institute: Brussels. <http://www.sci epub.com/reference/11660>
- Guillon, F. and Champ, M. (2000). Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, 33(3–4), pp.233–245. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996900000387>
- Guindi, M. (2004). Indeterminate colitis. *Journal of Clinical Pathology*, 57(12), pp.1233–1244. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15563659/>
- Halmos, E.P., Christophersen, C.T., Bird, A.R., Shepherd, S.J., Muir, J.G. and Gibson, P.R. (2016). Consistent Prebiotic Effect on Gut Microbiota With Altered FODMAP Intake in Patients with Crohn’s Disease: A Randomised, Controlled Cross-Over Trial of Well-Defined Diets. *Clinical and Translational Gastroenterology*, 7(4), p.e164. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27077959/>
- Hamaker, B.R., Tuncil, Y. (2014). A Perspective on the Complexity of Dietary Fiber Structures and Their Potential Effect on the Gut Microbiota. *J. Mol. Biol.* 426(23): 3838–3850. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25088686/>
- Hardacre, A.K., Yap, S.-Y., Lentle, R.G., Janssen, P.W.M., Monro, J.A. (2014). The partitioning of water in aggregates of undigested and digested dietary particles. *Food Chem.* 142: 446–454.
- Haskey, N. and Gibson, D. (2017). An Examination of Diet for the Maintenance of Remission in Inflammatory Bowel Disease. *Nutrients*, 9(3), p.259. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28287412/>
- Heizer, W.D., Southern, S. and McGovern, S. (2009). The Role of Diet in Symptoms of Irritable Bowel Syndrome in Adults: A Narrative Review. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(7), pp.1204–1214. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19559137/>

- Hertog, M.G., Feskens, E.J., Hollman, P.C., Katan, M.B., Kromhout, D. (1993). Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. *Lancet* 342: 1007–1011. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8105262/>
- Hidaka H, Eida T, Takizawa T, Tokunaga T, Tashiro Y (1986). Effects of fructooligosaccharides on intestinal flora and human health. *Bifidobacteria Microflora* 5, 37–50. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0271531700002748>
- Hipsley, E.H. (1953). Dietary —fibrel and pregnancy toxaemia. *Brit. Med. J.* 2: 420-422. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2029234/>
- Holland B, Unwin ID, Buss DH (1992). Fruit and Nuts. First Supplement to 5th Edition of McCance and Widdowson's the Composition of Foods. Her Majesty's Stationery Office: London. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/food.19930370136>
- Holland B, Unwin ID, Buss DH (eds) (1988). Cereals and Cereal Products. Royal Society of Chemistry: Cambridge. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/food.19880321031>
- Holland B, Unwin ID, Buss DH (eds) (1991a). Vegetables, Herbs and Spices. Royal Society of Chemistry: Cambridge. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/food.19920360456>
- Homann, H.-H., Kemen, M., Fuessenich, C., Senkal, M. and Zumtobel, V. (1994). Reduction in Diarrhea Incidence by Soluble Fiber in Patients Receiving Total or Supplemental Enteral Nutrition. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 18(6), pp.486–490. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7602722/>
- Hongisto, S.-M., Pajananen, L., Saxelin, M. and Korpela, R. (2005). A combination of fibre-rich rye bread and yoghurt containing *Lactobacillus* GG improves bowel function in women with self-reported constipation. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60(3), pp.319–324. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16251881/>
- Hopf, H. and Kandler, O. (1974). Biosynthesis of Umbelliferose in *Aegopodium podagraria*. *Plant Physiology*, 54(1), pp.13–14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16658828/>
- Horbowicz, M. and Obendorf, R.L. (1994). Seed desiccation tolerance and storability: Dependence on flatulence-producing oligosaccharides and cyclitols—review and survey. *Seed Science Research*, 4(4), pp.385–405. <https://www.cambridge.org/core/journals/seed-science-research/article/abs/seed-desiccation-tolerance-and-storability-dependence-on-flatulence-producing-oligosaccharides-and-cyclitolsreview-and-survey/6033370882CA249E23E5C488BA6C2D8B>
- Hu, G., Huang, S., Cao, S. and Ma, Z. (2009). Effect of enrichment with hemicellulose from rice bran on chemical and functional properties of bread. *Food Chemistry*, 115(3), pp.839–842. <https://europepmc.org/article/agr/ind44182852>
- Huang, C.-M., Dural, N. (1995). Adsorption of bile acids on cereal type food fibers. *J. Food Process. Eng.* 18: 243-266. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-4530.1995.tb00366.x>
- Hudnall, M. and American Dietetic Association (1998). *Carbohydrates : what you need to know*. Minneapolis, Mn: Chronimed Pub. <https://dietitiansaustralia.org.au/smart-eating-for-you/smart-eating-fast-facts/nourishing-nutrients/carbohydrates-what-you-need-to-know/>
- Hunt R , Fedorak R , Frohlich J et al. (1993). Therapeutic role of dietary fibre . *Can Fam Physician*, 39 : 897 – 900 , 3 – 10 .
- IUPAC–IUB Joint Commission on Biochemical Nomenclature (1996). Nomenclature of carbohydrates. www.chem.qmul.ac.uk/iupac/2carb/.

- Jenkins, D.J.A., Marchie, A., Augustin, L.S.A., Ros, E. and Kendall, C.W.C. (2004). Viscous dietary fibre and metabolic effects. *Clinical Nutrition Supplements*, 1(2), pp.39–49. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1744116104000250>
- Jian, H.-L., Zhu, L.-W., Zhang, W.-M., Sun, D.-F. and Jiang, J.-X. (2013). Enzymatic production and characterization of manno-oligosaccharides from *Gleditsia sinensis* galactomannan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 55, pp.282–288. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813013000329>
- Jiménez-Escrig, A. and Sánchez-Muniz, F.J. (2000). Dietary fibre from edible seaweeds: Chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research*, 20(4), pp.585–598. <https://www.semanticscholar.org/paper/Dietary-fibre-from-edible-seaweeds%3A-Chemical-and-on-Jiménez-Escrig-Sánchez-Muniz/bdede371a46a6c5d63a873c632461190ed686fae>
- Johansson, L., Virkki, L., Anttila, H., Esselstrom, H., Tuomainen, P., Sontag-Strohm, T. (2006). Hydrolysis of β -glucan. *Food Chem.* 97: 71–79. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814605002773>
- Jones, J.M. (2014). CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the ‘_fiber gap’. *Nutr. J.* 13: 34–43. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24725724/>
- Keefer, L., Drossman, D.A., Guthrie, E., Simrén, M., Tillisch, K., Olden, K. and Whorwell, P.J. (2016). Centrally Mediated Disorders of Gastrointestinal Pain. *Gastroenterology*, 150(6), pp.1408–1419. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27144628/>
- Kelsay, J.L., Behall, K.M. and Prather, E.S. (1978). Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subjects I. Bowel transit time, number of defecations, fecal weight, urinary excretions of energy and nitrogen and apparent digestibilities of energy, nitrogen, and fat. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 31(7), pp.1149–1153. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/665565/>
- Kennedy G, Burlingame B (2003). Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chem* 80, 589–596. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814602005071>
- Klurfeld, D.M., Davis, C.D., Karp, R.W., Allen-Vercoe, E., Chang, E.B., Chassaing, B., Fahey, G.C., Hamaker, B.R., Holscher, H.D., Lampe, J.W., Marette, A., Martens, E., O’Keefe, S.J., Rose, D.J., Saarela, M., Schneeman, B.O., Slavin, J.L., Sonnenburg, J.L., Swanson, K.S., Wu, G.D. and Lynch, C.J. (2018). Considerations for best practices in studies of fiber or other dietary components and the intestinal microbiome. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 315(6), pp.E1087–E1097. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30130151/>
- Kolida S, Meyer D, Gibson GR. A double-blind placebo-controlled study to establish the bifidogenic dose of inulin in healthy humans. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2007; 61: 1189–95. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17268410>
- Kosikova, B., Slamenova, D., Mikulasova, M., Horvathova, E., Labaj, J. (2002). Reduction of carcinogenesis by bio-based lignin derivatives. *Biomass Bioenerg.* 23: 153–159. <https://www.cheric.org/research/tech/periodicals/view.php?seq=383632>
- Lam, C.D. and Flores, R.A. (2003). Effect of Particle Size and Moisture Content on Viscosity of Fish Feed. *Cereal Chemistry Journal*, 80(1), pp.20–24. https://www.researchgate.net/profile/Rolando_Flores/publication/228693555_Effect_of_Particle_Size_and_Moisture_Content_on_Viscosity_of_Fish_Feed/links/543281750cf22395f29c1578/Effect-of-Particle-Size-and-Moisture-Content-on-Viscosity-of-Fish-Feed.pdf

- Lambert, J.P., Morrison, V., Brunt, P.W., Mowat, N.A.G., Eastwood, M.A. and Dickerson, J.W.T. (1991). Dietary fibre intake of irritable bowel patients prescribed a high fibre diet. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 4(3), pp.155–164. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-277X.1991.tb00093.x>
- Langkilde, A.M., Champ, M. and Andersson, H. (2002). Effects of high-resistant-starch banana flour (RS2) on in vitro fermentation and the small-bowel excretion of energy, nutrients, and sterols: an ileostomy study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 75(1), pp.104–111. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11756067/>
- Lanza, E., and R.R. Butrum. 1986. A critical review of food fiber analysis and data. *J. Am. Diet. Assoc.* 86:732-743. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3011875/>
- Lattimer, J.M. and Haub, M.D. (2010). Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. *Nutrients*, [online] 2(12), pp.1266–1289. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3257631/>
- Lawton, C., Walton, J., Hoyland, A., Howarth, E., Allan, P., Chesters, D. and Dye, L. (2013). Short Term (14 Days) Consumption of Insoluble Wheat Bran Fibre-Containing Breakfast Cereals Improves Subjective Digestive Feelings, General Wellbeing and Bowel Function in a Dose Dependent Manner. *Nutrients*, 5(4), pp.1436–1455. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23609776/>
- Le, C. (2011). The role of psyllium fibre supplementation in treating irritable bowel syndrome Record Status Bibliographic details PubMedID Indexing Status MeSH Dietary Fiber /therapeutic use; Dietary Supplements; Humans; Irritable Bowel Syndrome /diet therapy; Phytotherapy; Psyllium /therapeutic use AccessionNumber Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE) Produced by the Centre for Reviews and Dissemination. *Dietetic Practice and Research*, 72(1), pp.107–114. <https://www.crd.york.ac.uk/CRDWeb/PrintPDF.php>
- Lever, E., Cole, J., Scott, S.M., Emery, P.W. and Whelan, K. (2014). Systematic review: the effect of prunes on gastrointestinal function. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 40(7), pp.750–758. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25109788/>
- Lever, E., Scott, S.M., Louis, P., Emery, P.W. and Whelan, K. (2019). The effect of prunes on stool output, gut transit time and gastrointestinal microbiota: A randomised controlled trial. *Clinical Nutrition*, [online] 38(1), pp.165–173. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261561418300037>
- Lewis, S.J. and Heaton, K.W. (1997). Stool Form Scale as a Useful Guide to Intestinal Transit Time. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 32(9), pp.920–924. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9299672/>
- Li, J., Sun, F., Zhou, H., Yang, J., Huang, C. and Fan, H. (2019). A Systematic Review Exploring the Anticancer Activity and Mechanisms of Glucomannan. *Frontiers in Pharmacology*, 10. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31507423/>
- Lia, A., Hallmans, G., Sandberg, A.S., Sundberg, B., Aman, P., Andersson, H. (1995). Oat beta- glucan increases bile acid excretion and a fiberrich barley fraction increases cholesterol excretion in ileostomy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 62: 1245–1251. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7491888/>
- Liu, P.-H., Cao, Y., Keeley, B.R., Tam, I., Wu, K., Strate, L.L., Giovannucci, E.L. and Chan, A.T. (2017). Adherence to a Healthy Lifestyle is Associated With a Lower Risk of Diverticulitis among Men. *American Journal of Gastroenterology*, 112(12), pp.1868–1876. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5736501/>
- Liu, R.H. (2004). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *J. Nutr.* 134: 3479S–385S. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15570057/>

- Livesey, G. (2001). Tolerance of low-digestible carbohydrates: a general view. *British Journal of Nutrition*, 85(S1), pp.S7–S16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11321031/>
- Livesey, G., Wilkinson, J.A., Roe, M., Faulks, R., Clark, S., Brown, J.C., Kennedy, H., Elia, M. (1995). Influence of the physical form of barley grain on the digestion of its starch in the human small intestine and implications for health. *Am. J. Clin. Nutr.* 61: 75–81. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7825542/>
- Louis, P., Flint, H.J. and Michel, C. (2016). How to Manipulate the Microbiota: Prebiotics. *Microbiota of the Human Body*, pp.119–142. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27161355/>
- Low, D.Y., Williams, B.A., D’Arcy, B.R., Flanagan, B.M. and Gidley, M.J. (2015). In vitro fermentation of chewed mango and banana: particle size, starch and vascular fibre effects. *Food & Function*, 6(8), pp.2464–2474. https://www.researchgate.net/publication/280221441_In_vitro_fermentation_of_chewed_mango_and_banana_Particle_size_starch_and_vascular_fibre_effects
- Lunn J & Buttriss JL (2007) Carbohydrates and dietary fibre. *Nutrition Bulletin* 32: 21–64. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-3010.2008.00705.x>
- Lupton, J.R., Betteridge, V.A., Pijls, L.T.J. (2009). Codex final definition of dietary fibre: Issues of implementation. *Qual. Assur. Saf. Crops. Food* 1: 206–212. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1757-837X.2009.00043.x>
- M.P. Bennet, S., Ohman, L. and Simren, M. (2015). Gut Microbiota as Potential Orchestrators of Irritable Bowel Syndrome. *Gut and Liver*, 9(3). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25918261/>
- Maathuis, A., Hoffman, A., Evans, A., Sanders, L. and Venema, K. (2009). The Effect of the Undigested Fraction of Maize Products on the Activity and Composition of the Microbiota Determined in a Dynamic In Vitro Model of the Human Proximal Large Intestine. *Journal of the American College of Nutrition*, 28(6), pp.657–666. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20516265/>
- Madar, Z., Stark, A. (1995). Possible mechanism by which dietary fibres affect lipid metabolism. *Agro Food Ind. Hi-Tech* 6: 40–42.
- Manning, A.P., Harvey, R.F., Heaton, K.W. and Uglow, P. (1977). WHEAT FIBRE AND IRRITABLE BOWEL SYNDROME. *The Lancet*, 310(8035), pp.417–418. [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(77\)90605-5/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(77)90605-5/fulltext)
- Marlett, J.A. and Fischer, M.H. (2003). The active fraction of psyllium seed husk. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), pp.207–209. <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-nutrition-society/article/active-fraction-of-psyllium-seed-husk/394888987FF5A7F3EF1C9E8AFA74241B>
- Marlett, J.A., Kajs, T.M. and Fischer, M.H. (2000). An unfermented gel component of psyllium seed husk promotes laxation as a lubricant in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(3), pp.784–789. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10966900/>
- Marteau, P. and Flourié, B. (2001). Tolerance to low-digestible carbohydrates: symptomatology and methods. *British Journal of Nutrition*, 85(S1), pp.S17–S21. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11321024/>
- Martínez, I., Kim, J., Duffy, P.R., Schlegel, V.L. and Walter, J. (2010). Resistant Starches Types 2 and 4 Have Differential Effects on the Composition of the Fecal Microbiota in Human Subjects. *PLoS ONE*, 5(11), p.e15046. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21151493/>
- McKee, L.H. and Latner, T.A. (2000). *Plant Foods for Human Nutrition*, 55(4), pp.285–304.

- McRorie, Daggy, Morel, Diersing, Miner and Robinson (1998). Psyllium is superior to docusate sodium for treatment of chronic constipation. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 12(5), pp.491–497. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9663731/>
- McRorie, J., Meerveld, B.G.-V. and Rudolph, C. (1998). Characterization of propagating contractions in proximal colon of ambulatory mini pigs. *Digestive Diseases and Sciences*, 43(5), pp.957–963.
- McRorie, J., Meerveld, B.G.-V. and Rudolph, C. (1998). *Digestive Diseases and Sciences*, 43(5), pp.957–963.
- McRorie, J., Pepple, S. and Rudolph, C. (1998). *Digestive Diseases and Sciences*, 43(4), pp.738–745.
- McRorie, J., Pepple, S. and Rudolph, C. (1998). Effects of fiber laxatives and calcium docusate on regional water content and viscosity of digesta in the large intestine of the pig. *Digestive Diseases and Sciences*, 43(4), pp.738–745.
- McRorie, J., Zorich, N., Riccardi, K., Bishop, L., Filloon, T., Wason, S. and Giannella, R. (2000). Effects of olestra and sorbitol consumption on objective measures of diarrhea: impact of stool viscosity on common gastrointestinal symptoms. *Regulatory toxicology and pharmacology: RTP*, 31(1), pp.59–67. <https://europepmc.org/article/med/10715225>
- McRorie, J.W. (2015). Evidence-Based Approach to Fiber Supplements and Clinically Meaningful Health Benefits, Part 2. *Nutrition Today*, 50(2), pp.90–97. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25972619/>
- McRorie, J.W. and McKeown, N.M. (2017). Understanding the Physics of Functional Fibers in the Gastrointestinal Tract: An Evidence-Based Approach to Resolving Enduring Misconceptions about Insoluble and Soluble Fiber. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 117(2), pp.251–264. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27863994/>
- Mearin, F., Ciriza, C., Mínguez, M., Rey, E., Mascort, J.J., Peña, E., Cañones, P. and Júdez, J. (2016). Clinical Practice Guideline: Irritable bowel syndrome with constipation and functional constipation in the adult. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27230827/>
- Mekhjian, H.S., Switz, D.M., Melnyk, C.S., Rankin, G.B. and Brooks, R.K. (1979). Clinical features and natural history of Crohn's disease. *Gastroenterology*, 77(4), pp.898–906. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/381094/>
- Menees, S. and Chey, W. (2018). The gut microbiome and irritable bowel syndrome. *F1000Research*, 7, p.1029. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6039952/>
- Mertz, H., Morgan, V., Tanner, G., Pickens, D., Price, R., Shyr, Y. and Kessler, R. (2000). Regional cerebral activation in irritable bowel syndrome and control subjects with painful and non painful rectal distention. *Gastroenterology*, 118(5), pp.842–848. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10784583/>
- Miele, E. (2004). Functional Gastrointestinal Disorders in Children: An Italian Prospective Survey. *PEDIATRICS*, 114(1), pp.73–78. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15231910/>
- Mikhaleva, N.Y., Borisenkov, M.F., Gyunter, E.A., Popeiko, O.V., Ovodov, Y.S. (2011). Effect of Successive Acid and Enzymatic Hydrolysis on the Structure and Antioxidant Activity of Pectins. *Russ. J. Bioorganic. Chem.* 37: 822-828. <https://link.springer.com/article/10.1134/S1068162011070156>
- Millar, P., Chesson, A. (1984). Modifications to swede (*Brassica napus* L.) anterior to the terminal ileum of pigs: some implications for the analysis of dietary fibre. *Br. J. Nutr.* 52: 583- 594. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6093857/>
- Miller, J.C., Buchanan, C.J., Eastwood, E.A., Fry, S.C. (1995). The solubilisation and hydrolysis of spinach cell wall polysaccharides in gastric and pancreatic fluids. *J. Sci. Food Agric.* 68: 389- 394. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740680319>
- Mitchell, B.L., Lawson, M.J., Davies, M., Grant, A.K., Roediger, W.E.W., Illman, R.J. and Topping, D.L.

- (1985). Volatile fatty acids in the human intestine: Studies in surgical patients. *Nutrition Research*, 5(10), pp.1089–1092.
- Mitsou, E.K., Kougia, E., Nomikos, Tz., Yannakoulia, M., Mountzouris, K.C. and Kyriacou, A. (2011). Effect of banana consumption on faecal microbiota: A randomised, controlled trial. *Anaerobe*, 17(6), pp.384–387. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21524710/>
- Mizutani, T., and Mitsuoka, T. (1982). Effect of Konjac mannan on spontaneous liver tumorigenesis and fecal flora in C3H/He male mice. *Cancer Lett.* 17 (1), 27–32. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7151052/>
- Moayyedi, P., Quigley, E.M.M., Lacy, B.E., Lembo, A.J., Saito, Y.A., Schiller, L.R., Soffer, E.E., Spiegel, B.M.R. and Ford, A.C. (2014). The Effect of Fiber Supplementation on Irritable Bowel Syndrome: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Gastroenterology*, 109(9), pp.1367–1374. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25070054/>
- Monro, J.A., Mishra, S. (2010). Digestion-resistant remnants of vegetable vascular and parenchyma tissues differ in their effects in the large bowel of rats. *Food Dig.* 1: 47-56. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13228-010-0005-y?shared-article-renderer>
- Mudgil, D. and Barak, S. (2013). Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, pp.1–6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23831534/>
- Muller-Lissner, S.A. (1988). Effect of wheat bran on weight of stool and gastrointestinal transit time: a meta analysis. *BMJ*, [online] 296(6622), pp.615–617. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2545244/pdf/bmj00274-0031.pdf>
- Muzquiz, M., Burbano, C., Pedrosa, M.M., Folkman, W. and Gulewicz, K. (1999). Lupins as a potential source of raffinose family oligosaccharides. *Industrial Crops and Products*, 9(3), pp.183–188. <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-da8128b6-4549-3522-b8be-e8be268f92c7>
- Nagarajan, N., Morden, A., Bischof, D., King, E.A., Kosztowski, M., Wick, E.C. and Stein, E.M. (2015). The role of fiber supplementation in the treatment of irritable bowel syndrome. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 27(9), pp.1002–1010. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26148247/>
- Nawirska, A. and Kwaśniewska, M. (2005). Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chemistry*, 91(2), pp.221–225. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.10.005>
- Nugent AP (2005) Health properties of resistant starch. *Nutrition Bulletin* 30: 27–54. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-3010.2005.00481.x>
- Nutrition, C. for F.S. and A. (2020). Questions and Answers on Dietary Fiber. *FDA*. https://www.fda.gov/food/food-labeling-nutrition/questions-and-answers-dietary-fiber#naturally_occurring_fiber
- O’Keefe, S.J.D., Li, J.V., Lahti, L., Ou, J., Carbonero, F., Mohammed, K., Posma, J.M., Kinross, J., Wahl, E., Ruder, E., Vippera, K., Naidoo, V., Mtshali, L., Tims, S., Puylaert, P.G.B., DeLany, J., Krasinskas, A., Benefiel, A.C., Kaseb, H.O., Newton, K., Nicholson, J.K., de Vos, W.M., Gaskins, H.R. and Zoetendal, E.G. (2015). Fat, fibre and cancer risk in African Americans and rural Africans. *Nature Communications*, 6(1). <https://www.nature.com/articles/ncomms7342>
- Oku T, Tokunaga T, Hosoya N (1984). Non-digestibility of a new sweetener ‘Neosugar’ in the rat. *J Nutr* 114, 1574–1581. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6332183/>
- Paniagua, C., Posé, S., Morris, V.J., Kirby, A.R., Quesada, M.A. and Mercado, J.A. (2014). Fruit softening and pectin disassembly: an overview of nanostructural pectin modifications assessed by atomic force microscopy. *Annals of Botany*, 114(6), pp.1375–1383. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25063934/>

- Park, J.S., Woo, M.S., Kim, D.H., Hyun, J.W., Kim, W.K., Lee, J.C., Kim, H.S. (2007). Anti-inflammatory mechanisms of isoflavone metabolites in lipopolysaccharide-stimulated microglial cells. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 320: 1237–1245. <https://koreauiv.pure.elsevier.com/en/publications/anti-inflammatory-mechanisms-of-isoflavone-metabolites-in-lipopol>
- Pepple, S.C. and McRorie, J.W. (1994). Manometric recordings of propagating contractions in proximal colon of ambulatory yucatan mini pigs. *Gastroenterology*, 107(4), p.1244.
- Phillips, J., Muir, J.G., Birkett, A., Lu, Z.X., Jones, G.P., O’Dea, K. and Young, G.P. (1995). Effect of resistant starch on fecal bulk and fermentation-dependent events in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62(1), pp.121–130. <https://research.monash.edu/en/publications/effect-of-resistant-starch-on-fecal-bulk-and-fermentation-depende>
- Pillai CKS, Paul W, Sharma CP. 2009. Chitin and chitosan polymers: chemistry, solubility, and fiber formation. *Prog Polymer Sci.* 34(7):641–678. http://www.mtdna.or.kr/neowiz/board/up_files/files_17/Chitin_Chitosan_polymers_chemistrySolubilityFiberFormation.pdf
- Ponne, C. T., Armstrong, D. R., & Luyten, H. (1998). Influence of dietary fibres on textural properties of food. In F. Guillon, et al., *Proceedings of the PROFIBRE Symposium, Functional properties of non digestible carbohydrates* (pp. 61±65). Nantes: Imprimerie ParentheÁses.
- Potter, J.D. (1996). Food and Phytochemicals, Magic Bullets and Measurement Error: A Commentary. *American Journal of Epidemiology*, 144(11), pp.1026–1027.
- Pozuelo, M., Panda, S., Santiago, A., Mendez, S., Accarino, A., Santos, J., Guarner, F., Azpiroz, F. and Manichanh, C. (2015). Reduction of butyrate- and methane-producing microorganisms in patients with Irritable Bowel Syndrome. *Scientific Reports*, 5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4523847/>
- Prior, A. and Whorwell, P.J. (1987). Double blind study of ispaghula in irritable bowel syndrome. *Gut*, 28(11), pp.1510–1513. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3322956/>
- Prynne, C.J. and Southgate, D.A.T. (1979). The effects of a supplement of dietary fibre on faecal excretion by human subjects. *British Journal of Nutrition*, 41(3), pp.495–503. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/465439/>
- Qvitzau, S., Matzen, P. and Madsen, P. (1988). Treatment of Chronic Diarrhoea: Loperamide versus Ispaghula Husk and Calcium. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 23(10), pp.1237–1240. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3074458/>
- Rabbani, G.H., Ahmed, S., Hossain, M.I., Islam, R., Marni, F., Akhtar, M. and Majid, N. (2009). Green Banana Reduces Clinical Severity of Childhood Shigellosis. *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 28(5), pp.420–425. <https://experts.umn.edu/en/publications/green-banana-reduces-clinical-severity-of-childhood-shigellosis-a>
- Rabbani, G.H., Tekka, T., Zaman, B., Majid, N., Khatun, M. and Fuchs, G.J. (2001). Clinical studies in persistent diarrhea: Dietary management with green banana or pectin in Bangladeshi children. *Gastroenterology*, 121(3), pp.554–560. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11522739/>
- Ranjbar, R. (2015). The Incidence and Prevalence of Crohn’s Disease in Global Scale. *SOJ Immunology*, 3(2). <https://symbiosisonlinepublishing.com/immunology/immunology25.pdf>
- Regina A, Bird A, Topping D, Bowden S, Freeman J, Barsby T et al. (2006). High-amylose wheat generated by RNA interference improves indices of large-bowel health in rats. *Proc Natl Acad Sci USA* 103, 3546–3551. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16537443/>

- Rezapour, M., Ali, S. and Stollman, N. (2018). Diverticular Disease: An Update on Pathogenesis and Management. *Gut and Liver*, 12(2), pp.125–132. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5832336/>
- Ridley, B.L., O'Neill, M.A. and Mohnen, D. (2001). Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling. *Phytochemistry*, 57(6), pp.929–967. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11423142/>
- Ridley, B.L., O'Neill, M.A. and Mohnen, D. (2001). Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling. *Phytochemistry*, 57(6), pp.929–967. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942201001133>
- Riottot, M., Sacquet, E. and Leprince, C. (1984). Effect of Wheat Bran upon Gastro-Intestinal Transit in Germ-Free and Conventional Rats. *Digestion*, 29(1), pp.37–41.
- Roberfroid M (2005). Inulin-type Fructans. *Functional Food Ingredients*. CRC Press: Boca Raton. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17951492/>
- Roberfroid M, Gibson GR, Delzenne N (1993). The biochemistry of oligofructose, a non-digestible fiber: an approach to calculate its caloric value. *Nutr Rev* 51, 137–146. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8332285/>
- Roberfroid M, Gibson GR, Hoyles L et al. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *Br. J. Nutr.* 2010; 104: S1–S63. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20920376/>
- Roberfroid, M. (1993). Dietary fiber, inulin, and oligofructose: A review comparing their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33(2), pp.103–148. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8257475/>
- Roberfroid, M. (2007). Prebiotics: The Concept Revisited. *The Journal of Nutrition*, 137(3), pp.830S–837S. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17311983/>
- Roberfroid, M., Gibson, G.R., Hoyles, L., McCartney, A.L., Rastall, R., Rowland, I., Wolvers, D., Watzl, B., Szajewska, H., Stahl, B., Guarner, F., Respondek, F., Whelan, K., Coxam, V., Davicco, M.-J., Léotoing, L., Wittrant, Y., Delzenne, N.M., Cani, P.D., Neyrinck, A.M. and Meheust, A. (2010). Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition*, 104(S2), pp.S1–S63. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20920376/>
- Roberfroid, M.B., Van Loo, J.A.E., Gibson, G.R. (1998). The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *J. Nutr.* 128: 11–19. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9430596/>
- Roberta Larson Duyff and American Dietetic Association (2012). *American Dietetic Association complete food and nutrition guide*. Hoboken, Nj: John Wiley & Sons. <http://154.68.126.6/library/Food%20Science%20books/batch2/Complete%20Food%20and%20Nutrition%20Guide/Complete%20Food%20and%20Nutrition%20Guide.pdf>
- Robertson, J. A. (1998). Summary of the conclusions of the working group on hydration properties of @bre and resistant starch. In F. Guillon, et al., *Proceedings of the PROFIBRE Symposium, Functional properties of non digestible carbohydrates* (pp. 11±15). Nantes: Imprimerie ParentheÁ ses.
- Ruiz, P.A., Braune, A., Hölzswimmer, G., Quintanilla-Fend, L., Haller, D. (2007). Quercetin inhibits TNF-induced NF-kappaB transcription factor recruitment to proinflammatory gene promoters in murine intestinal epithelial cells. *J. Nutr.* 137: 1208–1215. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17449583/>
- Ruiz, P.A., Haller, D. (2006). Functional diversity of flavonoids in the inhibition of the proinflammatory NF-kappaB, IRF, and Akt signaling pathways in murine intestinal epithelial cells. *J. Nutr.* 136: 664–671. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16484540/>

- Rushdi, T.A., Pichard, C. and Khater, Y.H. (2004). Control of diarrhea by fiber-enriched diet in ICU patients on enteral nutrition: a prospective randomized controlled trial. *Clinical Nutrition*, 23(6), pp.1344–1352. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15556256/>
- Rutten, J.M.T.M., Korterink, J.J., Venmans, L.M.A.J., Benninga, M.A. and Tabbers, M.M. (2015). Nonpharmacologic Treatment of Functional Abdominal Pain Disorders: A Systematic Review. *PEDIATRICS*, 135(3), pp.522–535. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25667239/>
- Saha, D. and Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), pp.587–597. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23572691/>
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S. and Kulkarni, P.R. (2006). Resistant Starch? A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(1), pp.1–17. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1541-4337.2006.tb00076.x>
- Saltmarsh ME (2000). *Essential Guide to Food Additives*. Leatherhead Publishing: Leatherhead. http://pustaka.unp.ac.id/file/abstrak_kki/EBOOKS/Essential%20Guide%20to%20Food%20Additives.pdf
- Salvioli, B., Serra, J., Azpiroz, F. and Malagelada, J.-R. (2006). Impaired Small Bowel Gas Propulsion in Patients with Bloating During Intestinal Lipid Infusion. *The American Journal of Gastroenterology*, 101(8), pp.1853–1857. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16817837/>
- Sanchez, J.I., Marzorati, M., Grootaert, C., Baran, M., Van Craeyveld, V., Courtin, C.M., Broekaert, W.E., Delcour, J.A., Verstaete, W., Van de Wiele, T. (2009). Arabinoxylan- oligosaccharides (AXOS) affect the protein/carbohydrate fermentation balance and microbial population dynamics of the Simulator of Human Intestinal Microbial Ecosystem. *J. Microb. Biotechnol.* 2: 101–113. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21261885/>
- Saura-Callixto, F., Goni, I. (2006). Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chem.* 94: 442-447. https://www.researchgate.net/publication/222569836_Antioxidant_capacity_of_the_Spanish_Mediterranean_Diet
- Schmulson, M.J. and Drossman, D.A. (2017). What Is New in Rome IV. *Journal of Neurogastroenterology and Motility*, 23(2), pp.151–163. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5383110/>
- Schneeman, B.O. (2009). Dietary Fiber and Gastrointestinal Function. *Nutrition Reviews*, 45(7), pp.129–132. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3037453/>
- Selvendran, R.R. 1984. The plant cell wall as a source of dietary fiber: chemistry and structure. *Am. J. Clin. Nutr.* 39:320-337 . <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6320629/>
- Shaffer, E.A. (2014). Diarrhea. Reference Module in Biomedical Sciences. <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/diarrhea>
- Shah, S.L. and Lacy, B.E. (2016). Dietary Interventions and Irritable Bowel Syndrome: A Review of the Evidence. *Current Gastroenterology Reports*, 18(8). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27372289/>
- SHEPHERD, S., PARKER, F., MUIR, J. and GIBSON, P. (2008). Dietary Triggers of Abdominal Symptoms in Patients With Irritable Bowel Syndrome: Randomized Placebo-Controlled Evidence. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 6(7), pp.765–771. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18456565/>
- Sherman, D.S. and Fish, D.N. (2000). Management of Protease Inhibitor--Associated Diarrhea. *Clinical Infectious Diseases*, 30(6), pp.908–914. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10854364/>

- Silvester KR, Englyst HN, Cummings JH (1995). Ileal recovery of starch from whole diets containing resistant starch measured in vitro and fermentation of ileal effluent. *Am J Clin Nutr* 62, 403–411. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7625349/>
- Slavin J & Green H (2007) Dietary fibre and satiety. *Nutrition Bulletin* 32: S32–42. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-3010.2007.00603.x>
- Slavin, J., Savarino, V., Paredes-Diaz, A. and Fotopoulos, G. (2009). A Review of the Role of Soluble Fiber in Health with Specific Reference to Wheat Dextrin. *Journal of International Medical Research*, 37(1), pp.1–17. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19215668/>
- Slavin, J.L. and Greenberg, N.A. (2003). Partially hydrolyzed guar gum. *Nutrition*, 19(6), pp.549–552. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12781858/>
- Slavin, J.L., Brauer, P.M., Marlett, J.A. (1981). Neutral detergent fiber, hemicellulose and cellulose digestibility in human subjects. *J. Nutr.* 111: 287-297. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6257867/>
- Slavin, J.L., Martini, M.C., Jacobs, D.R. and Marquart, L. (1999). Plausible mechanisms for the protectiveness of whole grains. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70(3), pp.459s–463s. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10479218/>
- Smidsrod, O., Haug, A., Larsen, B. (1966). The influence of pH on the rate of hydrolysis of acidic polysaccharides. *Acta Chem. Scand.* 20: 1026-1034. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5965125/>
- Smith, J.L., Groff, J.L., Sareen and Firm, C. (2012). Studyguide for Advanced nutrition and human metabolism, 6th ed. by Sareen S. Gropper, Jack L. Smith, James L. Groff. Cram 101 Inc.
- Southgate, D.A.T. and Durnin, J.V.G.A. (1970). Calorie conversion factors. An experimental reassessment of the factors used in the calculation of the energy value of human diets. *British Journal of Nutrition*, 24(2), pp.517–535. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25972618/>
- Spears, J.K., Karr-Lilienthal, L.K., Bauer, L.L., Murphy, M.R. and Fahey, G.C. (2007). In vitro fermentation characteristics of selected glucose-based polymers by canine and human fecal bacteria. *Archives of Animal Nutrition*, 61(1), pp.61–73. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17361949/>
- Staudacher, H.M., Lomer, M.C.E., Anderson, J.L., Barrett, J.S., Muir, J.G., Irving, P.M. and Whelan, K. (2012). Fermentable Carbohydrate Restriction Reduces Luminal Bifidobacteria and Gastrointestinal Symptoms in Patients with Irritable Bowel Syndrome. *The Journal of Nutrition*, 142(8), pp.1510–1518. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22739368/>
- Stephen AM, Haddad AC, Phillips SF (1983). Passage of carbohydrate into the colon. Direct measurements in humans. *Gastroenterology* 85, 589–595. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6873605/>
- Stephen, A.M. and Cummings, J.H. (1980). Mechanism of action of dietary fibre in the human colon. *Nature*, 284(5753), pp.283–284. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7360261/>
- Stewart, M.L., Nikhanj, S.D., Timm, D.A., Thomas, W. and Slavin, J.L. (2010). Evaluation of the Effect of Four Fibers on Laxation, Gastrointestinal Tolerance and Serum Markers in Healthy Humans. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 56(2), pp.91–98. <https://www.karger.com/article/Abstract/275962>
- Story, J.A., Kritchevsky, D. (1976). Comparison of the Binding of Various Bile Acids and Bile Salts In Vitro by Several Types of Fiber. *J. Nutr.* 106: 1292-1294. <https://europepmc.org/article/med/956912>
- Strate, L.L., Keeley, B.R., Cao, Y., Wu, K., Giovannucci, E. and Chan, A.T. (2016). 659 Major Dietary Patterns and Risk of Incident Diverticulitis. *Gastroenterology*, 150(4), p.S133.
- Streppel, M.T., Arends, L.R., van 't Veer, P., Grobbee, D.E. and Geleijnse, J.M. (2005). Dietary fiber and blood pressure: a meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. *Archives of internal medicine*, 165(2), pp.150–6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK71478/>

- Structure and Function of Dietary Fiber: The Physics of Fiber in the Gastrointestinal Tract. (2020). *Cereal Foods World*, 65(3). <https://www.cerealsgrains.org/publications/cfw/2020/May-June/Pages/CFW-65-3-0028.aspx>
- Sundberg, B., Wood, P.J., Lia, A., Andersson, H., Sandberg, A.-S., Hallmans, G., Aman, P. (1996). Mixed-linked b-glucan from breads of different cereals is partly degraded in the human ileostomy model. *Am. J. Clin. Nutr.* 64: 878–885. https://www.researchgate.net/publication/14265682_Mixed-linked_b-glucan_from_breads_of_different_cereals_is_partly_degraded_in_the_human_ileostomy_mod
- Tack, J. and Müller-Lissner, S. (2009). Treatment of Chronic Constipation: Current Pharmacologic Approaches and Future Directions. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 7(5), pp.502–508. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19138759/>
- Taghipoor, M., Barles, G., Georgelin, C., Licois, J.R. and Lescoat, P. (2014). Digestion modeling in the small intestine: Impact of dietary fiber. *Mathematical Biosciences*, 258, pp.101–112. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25305586/>
- Theuwissen, E. and Mensink, R.P. (2008). Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & Behavior*, 94(2), pp.285–292. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18302966/>
- Thibault, J.-F., Lahaye, M., & Guillon, F. (1992). Physicochemical properties of food plant cell walls. In T. F. Schweizer, & C. Edwards, *Dietary fibre, a component of food. Nutritional function in health and disease*. ILSI Europe (pp. 21±39). Berlin: Springer-verlag.
- Tian, H., Gong, J. and Li, N. (2016). Capsulized vs Fresh Fecal Microbiota Transplantation in Patients with Slow Transit Constipation: A Randomized Clinical Trial. *American Journal of Gastroenterology*, 111, pp.S246–S247.
- Tomlin, J. and Read, N.W. (1988a). Laxative properties of indigestible plastic particles. *BMJ*, 297(6657), pp.1175–1176.
- Tomlin, J. and Read, N.W. (1988b). The relation between bacterial degradation of viscous polysaccharides and stool output in human beings. *British Journal of Nutrition*, 60(3), pp.467–475.
- Topping, D.L. and Clifton, P.M. (2001). Short-Chain Fatty Acids and Human Colonic Function: Roles of Resistant Starch and Nonstarch Polysaccharides. *Physiological Reviews*, 81(3), pp.1031–1064. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11427691/>
- Tornquist, H., Rissanen, A., Andersson, H. (1986). Balance studies in patients with intestinal resection, how long is enough? *Br. J. Nutr.* 56: 11-16. <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/EEE5359FA6C75818C8E59CB8D2D2B05B/S000711458600082Xa.pdf/balance-studies-in-patients-with-intestinal-resection-how-long-is-enough.pdf>
- Torre, M., Rodriguez, A.R. and Saura-Calixto, F. (1991). Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *Critical reviews in food science and nutrition*, [online] 30(1), pp.1–22. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1657026>
- Torres, J., Billioud, V., Sachar, D.B., Peyrin-Biroulet, L. and Colombel, J.-F. (2012). Ulcerative Colitis as A Progressive Disease: The Forgotten Evidence. *Inflammatory Bowel Diseases*, 18(7), pp.1356–1363. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22162423/>
- Tortuero F, Fernández E, Rupérez P, Moreno M (1997). Raffinose and lactic acid bacteria influence fermentation and serum cholesterol in rats. *Nutr Res*, 17: 41–49 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027153179600231X>
- Trowell H, Southgate DAT, Wolever TMS et al. (1976) Dietary fibre redefined. *Lancet* 1: 967. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/57372/>

- Trowell, H. (1976). Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 29(4), pp.417–427. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/773166/>
- Tucker, D.M., Sandstead, H.H., Logan, G.M., Klevay, L.M., Mahalko, J., Johnson, L.K., Inman, L. and Inglett, G.E. (1981). Dietary Fiber and Personality Factors as Determinants of Stool Output. *Gastroenterology*, 81(5), pp.879–883. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6269944/>
- Tuohy, K.M., Conterno, L., Gasperotti, M. and Viola, R. (2012). Up-regulating the Human Intestinal Microbiome Using Whole Plant Foods, Polyphenols, and/or Fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(36), pp.8776–8782. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22607578/>
- Ulmius, M., Adapa, S., Onning, G., Nilsson, L. (2012). Gastrointestinal conditions influence the solution behaviour of cereal β -glucans in vitro. *Food Chem.* 1: 536-540. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814611010272>
- Vahouny, G.V., Tombes, R., Cassidy, M.M., Kritchevsky, D., Gallo, D.D. (1980). Dietary Fibers: V. Binding of Bile Salts, Phospholipids and Cholesterol from Mixed Micelles by Bile Acid Sequestrants and Dietary Fibers. *Lipids* 15: 1012-1018. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6261073/>
- van den Heuvel, E.G.H.M., Wils, D., Pasman, W.J., Saniez, M.-H. and Kardinaal, A.F.M. (2005). Dietary supplementation of different doses of NUTRIOSE®FB, a fermentable dextrin, alters the activity of faecal enzymes in healthy men. *European Journal of Nutrition*, 44(7), pp.445–451. https://www.researchgate.net/publication/8037072_van_den_Heuvel_EGHM_Wils_D_Pasman_WJ_Saniez_MH_Kardinaal_AFM_Dietary_supplementation_of_different_doses_of_NutrioseRFB_a_fermentable_dextrin_alters_the_activity_of_faecal_enzymes_in_healthy_men_Eur_J
- Van Loo, J., Coussement, P., De Leenheer, L., Hoebregs, H. and Smits, G. (1995). On the presence of Inulin and Oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(6), pp.525–552. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8777017/>
- Vega, A.B., Perelló, A., Martos, L., García Bayo, I., García, M., Andreu, V., Abad, A. and Barenys, M. (2015). Breath methane in functional constipation: response to treatment with Ispaghula husk. *Neurogastroenterology & Motility*, 27(7), pp.945–953. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25952409/>
- Venancio, V.P., Kim, H., Sirven, M.A., Tekwe, C.D., Honvoh, G., Talcott, S.T. and Mertens-Talcott, S.U. (2018). Polyphenol-rich Mango (*Mangifera indica*L.) Ameliorate Functional Constipation Symptoms in Humans beyond Equivalent Amount of Fiber. *Molecular Nutrition & Food Research*, 62(12), p.1701034. <https://europepmc.org/article/med/29733520>
- Vitaglione, P., Napolitano, A., Fogliano, V. (2008). Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends Food Sci. Technol.* 19: 451–463. https://www.researchgate.net/publication/223672565_Cereal_dietary_fibre_A_natural_functional_ingredient_to_deliver_phenolic_compounds_into_the_gut
- W.J., Bakker, M., Saniez, M.-H. and Kardinaal, A.F.M. (2004). Short-term digestive tolerance of different doses of NUTRIOSE®FB, a food dextrin, in adult men. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(7), pp.1046–1055. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15220947/>
- Wanders, A.J., van den Borne, J.J.G.C., de Graaf, C., Hulshof, T., Jonathan, M.C., Kristensen, M., Mars, M., Schols, H.A. and Feskens, E.J.M. (2011). Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials. *Obesity Reviews*, p.no-no. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21676152/>

- Weickert, M.O. and Pfeiffer, A.F.H. (2008). Metabolic Effects of Dietary Fiber Consumption and Prevention of Diabetes. *The Journal of Nutrition*, 138(3), pp.439–442. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18287346/>
- Wenzl, H.H., Fine, K.D., Schiller, L.R. and Fordtran, J.S. (1995). Determinants of stool looseness in diarrhea. *Gastroenterology*, 108(4), p.A337. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7768377/>
- Whelan, K. (2013). Mechanisms and effectiveness of prebiotics in modifying the gastrointestinal microbiota for the management of digestive disorders. *Proceedings of the Nutrition Society*, 72(3), pp.288–298. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23680358/>
- WHO (2003). Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series no. 916. World Health Organization: Geneva. <https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/trs916/en/>
- Williams, B., Grant, L., Gidley, M. and Mikkelsen, D. (2017). Gut Fermentation of Dietary Fibres: Physico-Chemistry of Plant Cell Walls and Implications for Health. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(10), p.2203. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29053599/>
- Wilson, B. and Whelan, K. (2017). Prebiotic inulin-type fructans and galacto-oligosaccharides: definition, specificity, function, and application in gastrointestinal disorders. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 32, pp.64–68. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28244671/>
- Windey, K., De Preter, V. and Verbeke, K. (2011). Relevance of protein fermentation to gut health. *Molecular Nutrition & Food Research*, 56(1), pp.184–196. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22121108/>
- Wrick, K.L., Robertson, J.B., Van Soest, P.J., Lewis, B.A., Rivers, J.M., Roe, D.A. and Hackler, L.R. (1983). The Influence of Dietary Fiber Source on Human Intestinal Transit and Stool Output. *The Journal of Nutrition*, 113(8), pp.1464–1479.
- Wu, W. T., Cheng, H. C., and Chen, H. L. (2011a). Ameliorative effects of konjac glucomannan on human faecal beta-glucuronidase activity, secondary bile acid levels and faecal water toxicity towards Caco-2 cells. *Br. J. Nutr.* 105 (4), 593–600. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21144106/>
- Wu, W.-T., and Chen, H.-L. (2011b). Effects of Konjac Glucomannan on putative risk factors for colon carcinogenesis in rats fed a high-fat diet. *J. Agric. Food Chem.* 59 (3), 989–994. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21208006/>
- Wu, W.-T., Cheng, H.-C. and Chen, H.-L. (2010). Ameliorative effects of konjac glucomannan on human faecal β -glucuronidase activity, secondary bile acid levels and faecal water toxicity towards Caco-2 cells. *British Journal of Nutrition*, 105(4), pp.593–600. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21144106/>
- Xu, L., Yu, W., Jiang, J., Feng, X. and Li, N. (2015). [Efficacy of pectin in the treatment of diarrhea predominant irritable bowel syndrome]. *Zhonghua Wei Chang Wai Ke Za Zhi = Chinese Journal of Gastrointestinal Surgery*, 18(3), pp.267–271. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25809332/>
- Zhang, D., Wang, L., Tan, B., & Zhang, W. (2020). Dietary fibre extracted from different types of whole grains and beans: A comparative study. *International Journal of Food Science & Technology*, 55, 2188–2196. <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.14472>
- Zhang, P., Zhang, Q., Whistler, R.L. (2003). L-Arabinose Release from Arabinoxylan and Arabinogalactan Under Potential Gastric Acidities. *Cereal Chem.* 80(3): 252–254. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1094/CCHEM.2003.80.3.252>
- Zielinski, G., DeVries, J.W., Craig, S.A., Bridges, A.R. (2013). Dietary Fiber in Codex Alimentarius: Current Status and Ongoing Discussion. *Cereal Food Worlds* 58(3): 148-152.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Dietary-Fiber-Methods-in-Codex-Alimentarius%3A-Status-Zielinski-Devries/910f8f5cd8eba2a8c2698f655b52ed6830971084>

<https://www.fda.gov/FoodGuidances>

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11497328/>

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23357797/>

<https://www.britannica.com/science/oligosaccharide>

<https://www.icd10data.com/ICD10CM/Codes/R00-R99/R10-R19/R14-/R14.3>

<https://theromefoundation.org/rome-iv/whats-new-for-rome-iv/>